



Меліорація ґрунтів

та оптимізація ґрунтових процесів

П.С. Лозовіцький

П.С. Лозовіцький

# Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів



**П.С. Лозовіцький**

# **Меліорація ґрунтів**

## **та оптимізація ґрунтових процесів**

**Підручник для вищих учбових закладів**

Київ – 2014

УДК 631.6 (075.3)

ББК 40.6

Л 72

Розглянуто та схвалено вченою радою Університету Новітніх технологій  
Міністерства освіти й науки України  
(протокол №5/12-1 від 9 лютого 2012 р.)

Розглянуто та схвалено вченою радою Державної екологічної академії  
післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних  
ресурсів України (протокол № 3-13 від 4.10.2013 р.)

Лозовіцький П.С. Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів.  
Підручник – 2014 - 528 с.

Рецензенти:

**Юхновський Василь Юрійович**, д-р с-г наук, професор, директор НДІ  
лісівництва та декоративного садівництва Національного університету  
біоресурсів і природокористування України.

**Сніжко Сергій Іванович**, д. геогр. наук, професор, завідувач кафедри  
метеорології та кліматології географічного факультету Київського  
національного університету імені Тараса Шевченка.

**Гринь Юрій Іванович**, д. техн. наук, професор, зав. лабораторії засобів  
поливу Інституту гідротехніки і меліорації УААН.

В підручнику наведено відомості з історії розвитку меліорації. Висвітлено фактори ґрунтоутворення й еволюцію ґрунтів при різних видах меліорацій. Приведено елементи постійно діючої зрошувальної та конструкції й види осушувальної систем, їх складових частин, основні елементи поливного режиму, техніку поливу, види поливів, види дренажу. Викладено питання якості води в джерелах зрошення, методи її іригаційної оцінки, заходи поліпшення хімічного складу перед поливами, впливу зрошувальної води, терміну зрошення, гіпсування й вапнування на зміну хімічного складу й властивостей меліорованих ґрунтів, порових розчинів і ґрунтових вод. Розглянуто процеси переміщення вологи й солей при зволоженні й промивках ґрунтів, зміну гідрогеологічних умов під впливом меліорації. Розглянуто питання меліорації кислих, засолених, солонцюватих ґрунтів і солонців з врахуванням екологічних вимог до меліоративних заходів, а також вимог до культуртехнічних і протиерозійних меліорацій.

Для студентів географічних та агрономічних факультетів університетів із спеціальностей гідрологія, гідрохімія, гідроекологія, меліорація, агрономія, екологія.

ISBN

© П.С. Лозовіцький 2014

## ВСТУП В МЕЛІОРАЦІЮ

Однією з умов існування людей на землі є збереження ґрунтів, покращення їх режиму й властивостей, підвищення родючості. Разом із цим на земній кулі відбувається систематичне зменшення площі ґрунтів, які використовуються у сільськогосподарському користуванні.

Зменшення площі ґрунтів пов'язано з урбанізацією, ростом міст, населених пунктів, доріг, комунікацій, розвитком гірничої промисловості, відчуженням земель у зв'язку з розвитком гідроенергетики й іншими причинами.

Крім того кожний тиждень населення земної кулі збільшується на 1 млн. 250 тис. чоловік. Це зумовлює зниження площі ріллі й інших угідь, що припадають на одну людину. Збільшення чисельності населення визначає необхідність зростання виробництва продовольчих товарів і сільськогосподарської сировини. Цього можна досягти при різкому зростанні родючості ґрунтів, збільшенні виходу продукції з одиниці площі. Останнє досягається за рахунок впровадження в практику землеробства досягнень селекції, хімізації, механізації, електрифікації, меліорації.

### Загальні відомості про меліорацію ґрунтів

*Меліорація* (від латинського слова *melioratio* – покращання) – це зміна природних умов шляхом регулювання водного й повітряного режимів ґрунту в сприятливому для сільськогосподарських культур напрямку.

*Меліорація та оптимізація меліоративних систем* – досягнення найбільш раціональної екологічної рівноваги (з точки зору довготривалої перспективи розвитку господарства й збереження умов життя людей) з допомогою сприятливого сполучення екологічних компонентів і територій з різним ступенем перетворення людиною. Як правило, оптимізація меліоративних систем регіонально підпорядкована певним господарським цілям. Здійснюється не тільки з допомогою компонентного й територіального методів, але й завдяки застосуванню комплексу спеціальних технічних засобів.

Меліорація підвищує родючість ґрунту, покращує його водний, повітряний, тепловий і сольовий режими, регулює мікроклімат в



приземному шарі атмосфери, створює сприятливі умови для росту, розвитку рослин і отримання високих врожаїв, а також для кращого виробничого використання сільськогосподарських машин й механізмів.

**Меліорація ґрунтів** — є одним з напрямків прикладної екології, в межах якого досліджуються, прогнозуються, моделюються і створюються нові ґрунтові й рослинні системи, де їхня діяльність спрямована на поліпшення геофізичних, геохімічних, санітарно-гігієнічних, біотичних, інтродукційних, просторових і естетичних характеристик екосистем.

**В результаті вивчення курсу студенти повинні знати** суть та об'єм сучасних понять меліорації та оптимізації меліоративних систем, бути добре ознайомленими з видами меліорацій (водна, хімічна й ін.), знати основні заходи та схеми технологічних процесів різних видів меліорації та вміти оцінювати зв'язок між розробленими способами меліорації із властивостями й режимами ґрунтів, зумовленими їх генезисом та складом.

Природно-кліматичні умови на більшій частині території України несприятливі для ведення гарантованого високоефективного сільського господарства. У степовій зоні періодично в середньому через кожні 3-4 роки повторюються посухи, на Поліссі й Прикарпатті - посівний період характеризується надлишковим зволоженням. Це зумовлює низьку продуктивність землеробства й веде до невитриманої у часі стабільної урожайності сільськогосподарських культур. Для усунення нерівномірності природних умов даної території протягом вегетаційного періоду необхідно застосовувати розраховані на тривалий час заходи з оптимізації природного середовища, основу яких складають меліорації.

**За А.Н. Костяковим, сільськогосподарські меліорації являють собою систему організаційно-господарських і технічних заходів, що мають ціль корінного покращання несприятливих природних (гідрологічних, ґрунтових, агрокліматичних) умов із ціллю найбільш ефективного використання земельних ресурсів у відповідності з потребами народного господарства.**

**Меліоративне природне середовище** – штучно створені людиною чисто технічні зрошувальні та осушувальні меліоративні системи (споруди, греблі, водосховища, будинки, насосні станції, канали, асфальтні дороги, трубопроводи, лінії електропередач, поливні машини й т.п.) та природні елементи (повітря, сонячна

енергія, опади й т.п.) не спроможні до самопідтримання й саморегулювання навіть у відносно короткі проміжки часу.

Від звичних агротехнічних заходів (оранка, боронування й т.п.), які проводяться щорічно, меліорація відрізняється перш за все тривалим і корінним впливом на ґрунти; основні меліоративні заходи функціонують десятки років.

Але варто завжди пам'ятати, що меліорація являє собою лише частину складного комплексу заходів, направлених на оптимізацію процесу сільськогосподарського й лісгосподарського виробництва, загального підвищення продуктивності ґрунтів.

Отже, **меліорація** є елементом землекористування взагалі й землеробства частково. Її ефективність тим вища, чим вищий загальний рівень землеробства. І навпаки, чим нижчий рівень землеробства, тим менш ефективні меліоративні заходи.

### **Види меліорацій**

За впливом на ґрунти й рослини розрізняють шість основних видів меліорації: агрономічні, біологічні, хімічні, гідротехнічні, культурно-технічні й теплові.

**При агрономічних меліораціях** родючість земель підвищують вірним вибором глибини й напрямку оранки, поглибленням родючого шару ґрунту, поєднанням оранки з прокладанням глибоких борозен, гряд і валиків, залуженням крутих схилів, снігозатримання й ін. Цей вид меліорації не потребує спеціальних фінансових затрат, тому що виконується, як правило, вже наявними у господарстві машинами й засобами виробництва.

Агротехнічні протиерозійні заходи охоплюють елементи системи землеробства, у першу чергу порядок використання землі в сівозміні й систему механічного обробітку. За допомогою цієї групи заходів вирішують задачі захисту ґрунтів від ударної дії дощових крапель, збільшення протиерозійної стійкості й вбирної здатності ґрунтів, скорочення обсягу й інтенсивності стоку, зниження швидкості стоку води в тимчасових руслах на поверхні ґрунту, запобігання концентрації стоку на ріллі, створення умов для безпечного скидання надлишку талої або дощової води.

**При лісотехнічних меліораціях** покращення стану ґрунтів (рухомі піски, круті схили, яри й ін.) досягають засадженням їх деревною або трав'янистою рослинністю у сполученні з деревною,

створенням лісових смуг, використання деревної рослинності для транспірації вологи й пониження рівня ґрунтових вод. Біологічні властивості ряду рослин можуть бути використані для розсолення поверхневих шарів ґрунтів. Рослини-сидерати покращують структуру ґрунту, підвищують їх родючість.

**При хімічних меліораціях ґрунти** (содові, солонці й ін.) покращують внесенням вапна, гіпсу, дефекаційного мулу, повареної солі, сірчаної кислоти, синтетичного каучуку, томасшлаків, фосфоритної муки. Для боротьби із заростанням меліоративних каналів і прилеглих земель бур'янами використовують різні гербіциди, для зниження фільтрації з водоймищ і великих каналів – полімерні матеріали.

**При гідротехнічних меліораціях** підвищення родючості земель досягають зміною їх водного режиму (зрошенням, будівництвом гребель, водосховищ, осушувальних каналів і ін.). У степових районах для затримання весняних талих вод влаштовують лимани. У передгірних районах для боротьби з водною ерозією будують тераси. У засушливих зонах півдня України нестачу вологи у вегетаційний період компенсують зрошенням. На півночі держави надлишок природного зволоження земель відводять за допомогою осушувальних меліорацій.

Гідротехнічні меліорації потребують значних капіталовкладень. Тому для їх проведення необхідно проводити техніко-економічне обґрунтування. Найбільшу економічну ефективність від меліорації отримують при комплексному їх застосуванні: коли зрошення поєднується дренажуванням земель, а осушення – із періодичним зрошенням; гідротехнічні меліорації – із вірною організацією праці, високим рівнем агротехніки, внесенням необхідних доз добрив; закріплення крутих схилів і ярів – з облаштуванням водовідвідних каналів і валів, лотків і перепадів із лісовими насадженнями й залуженням; облаштування ставків і водосховищ – із зрошенням земель і риборозведенням; осушення земель – із меліоративною оранкою, гіпсуванням, підбором культур-освоювачів.

Крім того, для вірного освоєння зрошуваних, осушених і еродованих земель велике значення має вибір виду й сорту культур і чергування їх у сівозмінах загального й спеціального призначення.

Комплекс заходів для зниження ерозії ґрунтів включає агротехнічні, лісомеліоративні й гідротехнічні. Механізм дії будь-якого протиерозійного заходу полягає в зменшенні швидкості руху

води на схилі, або в збільшенні розвиваючої швидкості потоку. Перше досягається шляхом скорочення витрати поверхневого стоку, збільшення шорсткості поверхні, зменшення мікророзчленованості схилу, довжини ліній стоку води й ухилу на окремих ділянках схилу. Друге — шляхом підвищення водостійкості структури ґрунту, захисту її від руйнування краплями дощу й збільшення міжагрегатного зчеплення за рахунок зв'язування коренями рослин.

**Культурно-технічні меліорації** – комплекс технічних заходів, які забезпечують приведення до сприятливого стану поверхні земель і кореневмісного шару, придатних для вирощування культурних рослин. Досягається шляхом видалення з поверхні й ґрунту каміння, чагарників, пеньків, засипання ям, розбирання валів, викорчовування деревини, витягування похованої деревини й ін.

**Теплові меліорації** направлені на зміну теплового режиму ґрунтів з допомогою заходів з трансформації гранулометричного складу поверхневих горизонтів (систематичне снігозатримання, мульчування поверхні й ін.).

До складу меліорацій входять також будівництво внутрігосподарських і польових доріг, необхідних для інтенсивного використання меліорованих земель, спорудження водосховищ для регулювання стоку річок.

Для запобігання несприятливого впливу меліорацій на природу застосовують природоохоронні заходи (водопої й переходи через канали для диких тварин, рибозахисні споруди на насосних станціях, збереження й насадження окремих лісових масивів або смуг дерев і т.п.).

## **Історія розвитку меліорацій**

Меліорація ґрунтів за своєю тривалістю співставна з історією людської цивілізації. Розвиток крупних іригаційних систем, організоване водокористування тісно пов'язані з виникненням крупних рабовласницьких держав, появою централізованого управління.

У басейнах річок Теджей і Мургаб за 10000 років до н.е. існувало зрошення. Історичні документи свідчать про те, що штучне зрошення в широких масштабах застосовувалось більше 4000 років назад у Єгипті, Месопотамії, Китаї, Урарту, Індії. У долинах річок Тигр і Євфрат до наших днів збереглися залишки найбільшого

зрошувального каналу Нарван, побудова якого відноситься до періоду найдревніших цивілізацій, які існували в Межиріччі. Довжина каналу – 400 км, ширина – 120 м, глибина – від 9 до 15 м.

За свідченням древньогрецького історика Стратона, у I ст. н.е. в Закавказзі у Ширванському степу зрошувалось землі більше, ніж у Єгипті й Вавілоні. Зрошення дозволяло збирати 2-3 врожаї на рік. Археологічні дослідження у басейні Аральського моря, виконані з використанням аерофотозйомки, показали, що площа зрошення в III-IV ст. до н.е. перевищувала сучасну площу іригації.

Розвиток меліорацій у світі відбувався дуже бурхливо: 1800 р. – 8 млн. га, 1900 – 48, 1949 – 92, 1959 – 149, 1974 – 200-225, 1990 р. – 250-275 млн. га.

Площа зрошуваних земель на Землі на початку XXI ст. становила понад 260 млн. га, що складає 16 % від земель, що обробляються. У Пакистані, Єгипті, Японії усі оброблювані землі є меліорованими, у Італії, Китаї меліоровані землі становлять 60-65 % від усіх оброблюваних. Нині на земній кулі нараховується більше 500 млн. га земель, які потребують зрошення.

Поруч із зрошувальними у світі існують і осушувальні меліорації. Протягом багатьох тисячоліть населення Єгипту, Бірми, Індії, В'єтнаму, Китаю споруджувало у долинах річок дамби для захисту заплав від паводків. Геродот біля 2500 років тому описав одну із перших дренажних систем в долині Нілу. Дренаж як меліоративний захід отримав широке розповсюдження в античний період у Греції. У I ст. до н.е. Катон в трактаті “Про землеробство” описав відкриття дренажної системи, яку застосовували в Древньому Римі для осушення ґрунтів на виноградниках і оливкових плантаціях. Багато із цих систем функціонують до цього часу. У X ст. у Європі почались роботи з облаштування осушувальних систем у басейні Північного моря. Особливо інтенсивними вони були у XII-XIV ст. Осушувались крупні болота, приморські низовини, дельти річок, приозерні пониження.

В Англії у 1252 р. при королі Генріху III був прийнятий перший закон про осушення сільськогосподарських земель, який став основою для розвитку меліорації у наступні століття. Перша система закритого дренажу у Європі була побудована в Англії у кінці XV ст.

У XVI-XVII ст. у Голландії почалось будівництво польдерних осушувальних систем з перекачуванням дренажних вод із каналів у море з допомогою вітряних млинів.

Поява гончарного дренажу відноситься приблизно до 1810 р. В Англії гончарний трубчастий дренаж був введений у сільськогосподарське виробництво в середині XIX ст. Це була аграрна революція у цій державі. В 1846 р. парламентським актом дренаж сільськогосподарських земель був признаний національним надбанням. За період 1846-1873 рр. у Англії було осушено 4 млн. га, тобто щорічно осушували по 150 тис. га. У 1880 р. площа осушених земель в цій країні склала 6,2 млн. га. Нині загальна площа щорічного будівництва дренажу складає біля 100 тис. га.

У країнах гумідного клімату Європейського континенту й США нині спостерігається швидкий ріст площі осушених ґрунтів. Так, щорічні темпи приросту площі дренажованих земель у Німеччині складали 65 тис. га. У США до кінця 60-х років закритим гончарним дренажем було осушено біля 40 млн. га і відкритою мережею біля 20 млн. га із 100 млн. га перезволожених земель.

У Фінляндії із загальної площі сільськогосподарських земель, рівної 3,5 млн. га тільки 12 % може бути використано у землеробстві без дренажу. Нині у країні осушено закритим дренажем 0,9 млн. га, тобто 36 % від сільськогосподарських угідь, 52 % угідь осушені мережею відкритих каналів. Отже у цій країні осушена майже вся площа сільськогосподарських земель, що перезволожені.

У Росії інтенсивне осушення боліт було розпочато Петром I у зв'язку з освоєнням узбережжя Фінської затоки, будівництвом Петербурга і інших міст, фортець, заводів. У 1917 р. в Росії було осушено 1200 тис. га, а площа зрошення становила 4080 тис. га. У 1993 р. за даними Міністерства сільського господарства Росії були меліоровані 11,1 млн. га (зрошення – 6,1, осушення – 5 млн. га) або 5,3 % від сільськогосподарських угідь.

Площа зрошуваних земель у СРСР в 1975 р. становила 17,8 млн. га, а осушених 13,8, при тому, що оброблялось 232,3 млн. га. Площа перезволожених земель СРСР становила 100 млн. га.

### **Розвиток меліорацій в Україні**

Перші спроби регулярного зрошення в Україні були започатковані у другій половині XIX століття для зрошення овочів. У звіті Катеринославського земельного управління за 1915 р., відмічалось, що у Вище-Тарасівці вирощували 21

десятину овочів на поливних землях із механічною подачею води за допомогою двигуна потужністю 10 кінських сил. На кінець 1919 р. в Україні налічувалось 17,6 тис. га зрошуваних земель та 430 тис. га осушуваних.

У післяреволюційний період виконання планів ГОЕЛРО, побудова гідроелектростанцій та великих штучних водойм сприяли розширенню площ зрошення. Так, у 1941 р. в Україні площа поливних земель досягла 90 тис га, в 1950 – 158, в 1960 – 268, в 1965 – 540,3 тис. га.

У перші післявоєнні роки (1945-1951) виконували роботи з відновлення зруйнованих меліоративних систем. Після 1951 р. у зв'язку з будівництвом на Дніпрі Каховської гідроелектростанції й створенням Каховського водосховища, яке знаходиться в центрі посушливої зони, були створені умови для зрошення великих масивів земель на півдні України та в Автономній Республіці Крим. У 1951-1965 рр. побудовано й введено в експлуатацію Кам'янську (14 тис. га), Інгулецьку (62,7 тис. га), Краснознам'янську (63 тис. га) зрошувальні системи.

В цей період були створені ще 22 державні зрошувальні системи з інших джерел зрошення: Татарбунарська (31,4 тис. га, р. Дунай), Бортницька (22,8 тис. га, стічні води м. Києва), Салгирська (8,1 тис. га, р. Салгир) і ін. До 1961 року канали зрошувальних систем будували із земляним руслом. Пізніше почали вдосконалювати будівництво меліоративних систем із застосуванням проти фільтраційного облицювання русел каналів монолітним бетоном.

У період 1948-1968 рр. побудовано багато осушувальних систем: Ірпінська (7,5 тис. га), Трубізька (37,3 тис. га), Замисловицька (11,5 тис. га), Солокійська (13,3 тис. га), Чорний Мочар (10,8 тис. га) і ін.

За період 1965-1990 рр. площі поливних земель в Україні збільшились майже у чотири з половиною рази – від 540,3 тис. га до 2,6 млн. га, а осушені – від 1,3 млн. до 3,3 млн. га.

В цей період на Дніпрі введено в дію Кременчуцьку, Дніпро-Дзержинську, Київську та Канівську гідроелектростанції, побудовано Північнокримський канал, канали Дніпро-Кривий Ріг, Дніпро-Донбас, водовід Дніпро-Миколаїв і ін. Це дозволило перерозподілити водні ресурси держави і забезпечити ними промислові райони Придніпров'я, Кривого Рогу, Харкова, Донбасу, Криму та створити потужну іригаційну мережу для зрошення земель у посушливих районах Степу.

На початок 1984 р. в державі було побудовано багато закритих зрошувальних систем на площі 1,72 млн. га, або 75 % загальної площі зрошення, тоді як у 1965 р. такі системи займали площу лише 37 тис. га. На закритих зрошувальних системах застосовували широкозахватну дощувальну техніку типу “Фрегат”, “Волжанка”, “Дніпро”, “Кубань”.

У 1965-1985 роках щорічно вводилось у експлуатацію близько 100 тис. га зрошуваних земель, у 1986-1990 роках приріст площ зрошення зменшився до 20-30 тис. га в рік, а з 1991 року зростання площ зрошення призупинено взагалі.

Досвід і практика тривалого використання поливних земель у світі й Україні свідчать про високу економічну ефективність зрошення як меліоративного заходу. Врожайність сільськогосподарських культур в умовах зрошення зростає у два-три рази і більше. Займаючи біля 8 % орних площ України, зрошувані землі забезпечують потреби населення виробництвом близько 20 % загальної маси сільськогосподарської продукції. У південних областях частка продукції вирощена, на зрошуваних землях значно вища. У Херсонській області вона становить 46 %, Запорізькій – 30, Одеській – 29, Миколаївській – 28 %. В Автономній Республіці Крим на поливних землях вирощується 76 % кормів, 90 – овочів, близько 70 % фруктів (Коваленко П.І., 2001).

Нині в Україні спостерігається занепад галузі меліорації. За останні 18 років у меліорацію майже не вкладалися кошти. Землі меліоративних систем частково або повністю розпайовані. Меліоративна техніка (поливні системи й машини) у більшості господарств вичерпали свій ресурс і не оновлюються. З колись наявних 2,6 млн. га зрошуваних ґрунтів, нині поливається не більше 600 тис. га. На території майже половини осушувальних систем відвідні канали замулені й спостерігається підтоплення ґрунтів. Частина осушених земель Полісся не використовується як орні й заросла кущами, чагарниками, самотніми деревами.

Нині в Україні не будують великих державних зрошувальних систем, а створюють невеликі за площею (від 10 до 500 га) системи краплинного зрошення для вирощування овочів, поливу садів, виноградників, які є більш економічними й ефективними з точки зору використання води, екологічного навантаження на землі й оточуюче середовище. Саме такий підхід до розвитку меліорації в державі є найбільш доцільним у найближчій перспективі.



## Частина 1

### ЗРОШУВАЛЬНІ МЕЛІОРАЦІЇ

***Зрошення – штучне зволоження ґрунту й поверхні рослин шляхом подання води з водного джерела.***

У зрошуваному землеробстві екологічною системою, що виконує заплановані господарські функції розглядають агроландшафт, який включає певну інфраструктуру і складається з ряду підсистем: гідромеліоративної, лісомеліоративної, водозахисної, протиерозійної, природоохоронної.

Управління екологічною безпекою зрошуваних земель вимагає створення системи комплексної оцінки їх екологічного стану, яка буде враховувати вплив природних і антропогенних факторів, сільськогосподарських і меліоративних технологій, які використовували на досліджуваній ділянці, накопиченні даних тривалих моніторингових досліджень, аналізувати зміни, формувати висновки, пропонувати конкретні рішення зі збереження й відновлення родючості ґрунту, створення екологічного паспорту земельної ділянки, та пропонувати господарю екологічно-безпечні сільськогосподарські технології, придатні саме для даного типу земельної ділянки.

Екологічна оцінка зрошуваних земель має бути заснована на простому принципі: легше виявити й запобігти негативні зміни в навколишньому середовищі на стадії планування, ніж виправляти їх на стадії здійснення проекту.

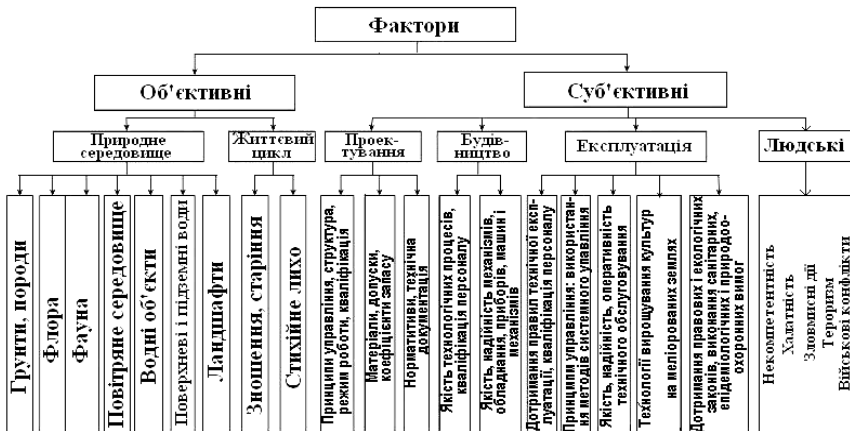
Теоретичною основою обґрунтування й розроблення наукових основ управління екологічною безпекою зрошуваних земель є система наукових знань і практичного досвіду, що накопичена за більш ніж 70-річну практику зрошення земель в Україні та багатовікового досвіду світового зрошуваного землеробства.

Основою методології дослідження зрошуваних ґрунтів є системний підхід, який в ієрархії рівнів відіграє роль «зв'язуючої ланки» між методологіями окремих напрямків досліджень і формує інформацію комплексного екологічного стану зрошуваних земель і їх стійкості. Усі параметри зміни властивостей і показників ґрунтів, якості поливної води, екологічного стану вирощеної продукції мають контролюватися за встановленими критеріями у нормативних документах та Державних стандартах України.

## Розділ 1

# ФАКТОРИ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ ТА ГІДРОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕЛІОРАЦІЇ

Тривале екологічно безпечне використання зрошуваних ґрунтів і функціонування зрошувальних систем можливе при врахуванні як об'єктивних так і суб'єктивних факторів, де перші включають природне середовище й життєвий цикл, а другі – проектування, будівництво, експлуатацію та людські (рис. 1.1).



*Рис. 1.1. Класифікація факторів, що визначають екологічну безпеку й надійність тривалої роботи зрошувальних систем*

**Фактор – умова, рушійна сила, причина будь-якого явища.**

Природне середовище зрошуваних ґрунтів охоплює ґрунти й материнські породи, флору, фауну, повітряне середовище, водні об'єкти, поверхневі, ґрунтові й підземні води, ландшафти. Усі ланки природного середовища зрошуваних ґрунтів мають функціонувати взаємозалежно під постійним людським контролем.

Життєвий цикл кожної антропогенної системи (зрошувальної) визначають такі фактори як зношення споруд, доріг, комунікацій, машин і механізмів, старіння нормативно-правової бази, обладнання й обчислювальної техніки та непередбачуване стихійне лихо.

Серед суб'єктивних факторів, що мають негативний вплив на природне середовище зрошуваних ґрунтів визначальними є людські: некомпетентність, халатність, зловмисні дії, тероризм і військові конфлікти.

Оскільки ґрунти є безпосереднім об'єктом меліорації, то для раціонального її застосування необхідний перш за все всебічний аналіз факторів ґрунтоутворення. Ґрунти формуються під впливом наступних факторів: клімату, материнських гірських порід, рельєфу, рослинності й тваринного світу, віку території (рис. 1.2).

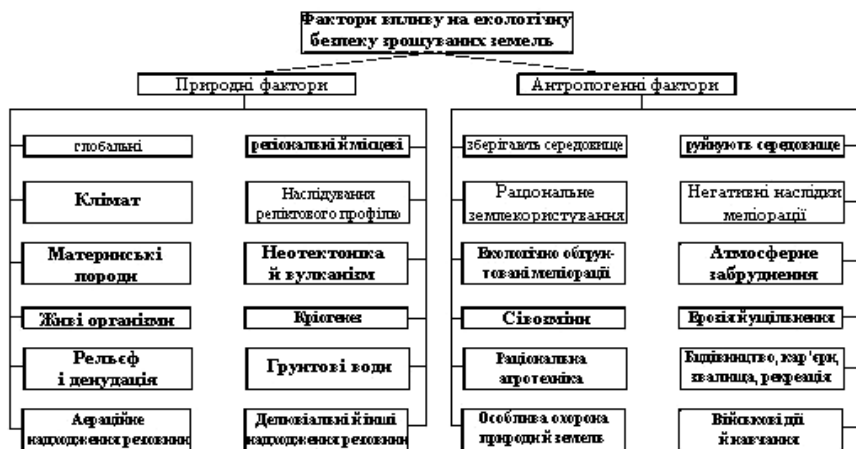


Рис 1.2. Класифікація об'єктно-предметної структури факторів впливу на екологічну безпеку зрошуваних земель

Кожний із цих факторів відіграє важливу роль у виборі найбільш раціональних меліоративних заходів. Фактори ґрунтоутворення визначають метод або принципову направленість меліоративних рішень на оптимізацію властивостей і режимів ґрунтів і в значній мірі спосіб меліорації, тобто склад конкретних інженерних заходів.

### 1.1. Клімат та загальні ґрунтово-кліматичні умови меліорації ґрунтів

**Клімат** (від грец. кліматос - нахил) – **багаторічний режим погоди, властивий для даної місцевості**. Основні особливості клімату визначаються надходженням сонячної радіації, процесами циркуляції атмосфери, характером підстильної поверхні, числом сонячних днів, добовим перепадом температур, річною сумою опадів і характером їх випадання (табл. 1.1). Серед найважливіших географічних факторів, що впливають на формування клімату –

географічна широта, висота над рівнем моря, орографія, льодовий та сніговий покрив, ступінь забруднення атмосфери. Характеризується клімат пересічними значеннями окремих метеорологічних елементів.

Таблиця 1.1. Основні атмосферні фактори ґрунтоутворення

Типи й види факторів		
радіаційні й теплові	атмогідрологічні	антропогенні
Сумарна сонячна радіація	Річна сума опадів і їх випаровування	Антропогенна зміна природних кліматичних умов
Тепловий баланс і його динаміка за сезонами	Розподіл опадів за сезонами року	Запилення атмосфери
Число сонячних днів	Характер випадання опадів	Кислотні дощі
Добовий перепад температур	Хімічний склад опадів	Радіоактивне забруднення

Оскільки гідромеліоративні заходи впливають перш за все на водний режим ґрунтів, то важливого значення набуває кількісна характеристика зволоження території. З цією метою використовують гідротермічні коефіцієнти – коефіцієнт вологозабезпечення, коефіцієнт стоку, коефіцієнт зволоження, випаровування.

**Коефіцієнт вологозабезпечення** за Костяковим А.Н. визначають за наступним рівнянням:

$$a = (\mu \cdot P) / E, \quad (1.1)$$

де:  $\mu$  – одиниця мінус коефіцієнт стоку;  $P$  – опади, мм;  $E$  – випаровування, мм.

**Коефіцієнтом стоку** називають відношення об'єму поверхневого або ґрунтового стоку до об'єму атмосферних опадів, що випадають на дану територію за той же час.

**Випаровування** – це кількість вологи (мм), яка випаровується з відкритої водної поверхні за певний проміжок часу в даних кліматичних і погодних умовах. За Костяковим А.Н. зони надлишкового зволоження, нестійкого і недостатньо вологого мають відповідно коефіцієнти:  $>1,2$ ,  $1,2-0,8$ ,  $<0,8$ .

Г.Т. Селянінов запропонував оцінювати зволоженість території значеннями **гідротермічного коефіцієнта**:

$$K_{ГТ} = P / T \cdot 10, \quad (1.2)$$

де:  $P$  – сума опадів, мм;  $T$  – сума температур вище  $10^\circ \text{C}$  за вегетаційний період.

Значення **гідротермічного коефіцієнта** більші за 1,5 вимагають осушення території, при 1-1,5 – такі меліорації непотрібні, при 1,0-

0,5 – необхідно поліпшувати водний режим ґрунту, а при коефіцієнтах менших 0,5 – необхідно проводити зрошення.

Н.Н. Іванов запропонував характеризувати кліматичні й гідрологічні умови за допомогою *коефіцієнта зволоження* (КЗ) - відношення суми опадів за рік до суми випаровування (сума за місяцями):

$$КЗ = P/E. \quad (1.3)$$

*Місячне випаровування* розраховується за формулою:

$$E_m = 0,0018(25+t)^2 \cdot (100-a), \quad (1.4)$$

де:  $t$  – середня місячна температура повітря;  $a$  – середня місячна відносна вологість повітря.

***Природно-кліматичний пояс – великі території на земній кулі переважно широтного простягання, які виділяють за певними кліматичними показниками, найчастіше – за особливостями температури й опадів.*** Територія України знаходиться в помірному природно-кліматичному поясі, області помірно-континентального клімату. Пояс характеризується переважанням західних вітрів, а взимку – наявністю снігового покриву. Кожний пояс включає в себе декілька зон.

***Природно-кліматична зона – територіальна одиниця географічної оболонки Землі, яка характеризується переважанням однорідних природно-територіальних комплексів і закономірно змінює іншу в певному напрямку в межах поясу.***

***На території України виділяються наступні природно-кліматичні зони:*** 1) мішано-лісова хвойно-широколистяна помірно-тепла зона; 2) лісостепова волога (на заході) та недостатньо зволожена тепла зона; 3) степова посушлива дуже тепла зона; 4) сухостепова дуже посушлива, помірно жарка зона з м'якою зимою; 5) Карпатська гірська ландшафтна країна з вертикальною зональністю клімату; 6) Кримська гірська ландшафтна країна з вертикальною зональністю клімату (за О.М. Мариничем, П.Г. Шищенко, 2005).

Природно-меліоративна зона характеризується комплексом природно-кліматичних умов, пов'язаних з балансом тепла і вологи, особливостями ґрунтоутворення, напрямками сільськогосподарського виробництва й меліорації. Природно-меліоративні зони мають широтне розповсюдження. Головними факторами, що їх характеризують є:

- 1) сума температур вегетаційного періоду – більше  $10^{\circ} \text{C}$ ;

- 2) середньорічна кількість опадів, мм;
- 3) значення показника річного зволоження, тобто відношення річної кількості опадів до річного сумарного випаровування.

**Мішано-лісова хвойно-широколистяна помірно тепла зона** характеризується тривалістю сонячного саява в межах 1600-1800 год/рік, середньою річною температурою повітря 5,5-7,0° С, сумою активних температур вище 10° С – 2400-3100, тривалістю періоду з середньодобовою температурою понад 10° С - 150-160 днів, кількістю опадів за теплий період – 400-500 мм, гідротермічний коефіцієнт – 1,3-2,0, тривалістю безморозного періоду – 150-160 днів, коефіцієнтом зволоження – 1,2-0,8. В зоні переважають дерново-підзолисті й болотні ґрунти. У зоні вирощують зернові й зернобобові культури, гречку, цукрові буряки, овочі, льон, ефіроолійні культури. Значна частина земель відведена під кормові культури і сінокоси з розвинутим молочно-м'ясним тваринництвом. Основний напрямок меліорації – осушення, двостороннє регулювання водного режиму ґрунтів, вибіркове зрошення (в основному овочевих і кормових культур), тепломеліорації, покращення технічних властивостей поверхні, зниження кислотності ґрунтів (вапнування), боротьба з водною ерозією.

**Лісостепова волога (на заході) та недостатньо зволожена тепла (на сході) зона** характеризується тривалістю сонячного саява в межах 1700-2000 год/рік, середньою річною температурою повітря 7,0-7,6° С, сумою активних температур вище 10° С – 2500-2900, тривалістю періоду з середньодобовою температурою понад 10° С - 150-160 днів, кількістю опадів за теплий період – 350-400 мм, гідротермічний коефіцієнт – 1,0-1,3, тривалістю безморозного періоду – 160-170 днів, коефіцієнтом зволоження – 0,9-0,6. Ґрунти сірі, типові, вилужені й опідзолені чорноземи, частково дерново-підзолисті ґрунти. Зона інтенсивного землеробства у сполученні з молочно-м'ясним тваринництвом. Вирощують зернові й зернобобові культури, цукровий буряк, ефіроолійні й олійно-жирові культури, овочівництво, садівництво. Основні напрямки меліорації – двостороннє регулювання водного режиму, вибіркове зволоження овочевих, кормових і деяких інших технічних культур, тепломеліорація, боротьба з водною ерозією, накопичення й збереження вологи.

**Степова посушлива дуже тепла зона** характеризується тривалістю сонячного саява в межах 2000-2200 год/рік, середньою річною температурою повітря 8,0-10,0° С, сумою активних

температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  – 2900-3300, тривалістю періоду з середньодобовою температурою понад  $10^{\circ}\text{C}$  - 160-170 днів, кількістю опадів за теплий період – 250-325 мм, гідротермічний коефіцієнт – 0,7-1,0, тривалістю безморозного періоду – 160-180 днів, коефіцієнтом зволоження – 0,6-0,4. Поширені ґрунти – чорноземи типові, звичайні, південні. Зона інтенсивного землеробства у сполученні з молочно-м'ясним тваринництвом. Розораність досягає 70 %. Основні сільськогосподарські культури – зернові культури, цукрові буряки, соняшник й інші технічні культури, баштанні, овочі, виноградарство, садівництво. Основні напрямки меліорації – вибіркове зрошення (овочевих, баштанних, технічних культур, трав, локально – зернових і плодкових), боротьба з водною й вітровою ерозією, ліквідація солонцюватості й засолення, попередження злитогенезу, накопичення й збереження вологи.

**Сухо-стєпова дуже посушлива, помірно жарка зона з м'якою зимою** характеризується тривалістю сонячного сяйва в межах 2200-2400 год/рік, сумою активних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  – 3300-3400, тривалістю періоду з середньодобовою температурою понад  $10^{\circ}\text{C}$  - 200-280 днів, кількістю опадів за теплий період – 250-325 мм, гідротермічний коефіцієнт – 0,5-0,7, тривалістю безморозного періоду – 190-220 днів, коефіцієнтом зволоження – 0,4-0,5. Ґрунти представлені чорноземами південними, міцелярно-карбонатними, темно-каштановими, каштановими, лучно-каштановими ґрунтами в комплексі з солонцями й солодами, дерновими піщаними ґрунтами. Зона розвитку землеробства й інтенсивного молочно-м'ясного тваринництва, в тому числі тонкорунного вівчарства. Провідні культури – зернові в тому числі й рис, технічні олійні, овочеві, баштанні, розвинуте садівництво й виноградарство. Основний напрямок меліорації – зрошуване землеробство, боротьба з водною й вітровою ерозією, ліквідація й попередження солонцюватості й засолення, накопичення вологи, обводнення пасовищ.

**У гірських районах** спостерігається вертикальна поясність клімату. **Карпати** характеризується тривалістю сонячного сяйва в межах 1200-2100 год/рік, середньою річною температурою повітря  $1,3-7,1^{\circ}\text{C}$ , сумою активних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  – 1700-3300, тривалістю вегетаційного періоду - 180-240 днів, кількістю опадів за теплий період – 305-520 мм, сумою опадів за рік 760-1650 мм, тривалістю безморозного періоду – 120-180 днів, коефіцієнтом зволоження – 1,1-1,2. Для Карпат характерне перезволоження усіх

поясів, що веде до формування буроземно-лісових ґрунтів. Карпати зона розвитку м'ясо-вовняного, м'ясомолочного тваринництва, зона розвитку виноградарства, садівництва (у долинах і передгір'ях). Основні напрямки меліорації – осушення, подвійне регулювання водного режиму, боротьба з водною ерозією.

**Кримські гори** характеризуються тривалістю сонячного сяйва в межах 1800-2400 год/рік, середньою річною температурою повітря 4,0-9,5° С, сумою активних температур вище 10° С – 3700-3900, тривалістю вегетаційного періоду - 225-265 днів, кількістю опадів за теплий період – 520-790 мм, сумою опадів за рік 790-1090 мм, тривалістю безморозного періоду – 160-180 днів, коефіцієнтом зволоження – 0,5. Клімат на Південному березі Криму — субтропічний. Різна кількість опадів на північних і південних схилах Кримських гір, сприяє більш вираженій ніж у Карпатах, зміні поясів із різними умовами ґрунтоутворення й типами ґрунтів. Більш підвищений термічний режим південного схилу зумовлює формування субтропічних коричневих і червоно-коричневих ґрунтів. Основний напрямок меліорації – зрошуване землеробство, боротьба з водною й вітровою ерозією, ліквідація й попередження солонцюватості й засолення, накопичення вологи, обводнення пасовищ.

## 1.2. Значення ґрунтоутворюючих порід

Ґрунти наслідують основні хімічні, мінералогічні й фізичні властивості ґрунтоутворюючих порід. ***Якщо клімат визначає принципову направленість і необхідність меліорації, то породи формують ті основні властивості ґрунту, які визначають параметри й конструкцію меліоративних систем, склад конкретних інженерних рішень, необхідних для покращення властивостей і режиму ґрунтів, тобто спосіб меліорації.***

1. Поглинання води ґрунтом здійснюється при одночасному протіканні ряду процесів. Спочатку крупними тріщинами, ходами землерийних, коріння за рахунок турбулентного поглинання й провалювання води у ці пустоти. На початку процесу, якщо ґрунт сухий, відбувається капілярне і плівкове всмоктування води ґрунтом. В міру заповнення пор водою й подальшого її надходження у вигляді дощу або напуском борознами відбувається формування суцільного рівномірного потоку або фільтрації. Співвідношення розглянутих



процесів, визначає форму кривої, яка описує динаміку інтенсивності усмоктування води ґрунтом і знаходиться в залежності від властивостей ґрунтів і материнської породи, агротехнічного стану ґрунту, вологості й гранулометричного складу. Найбільшу водопроникність мають чорноземи, найменшу – при одному й тому ж гранулометричному складі – мало гумусні ґрунти: підзолисті, світло-сірі лісові, світло-каштанові. Однак дуже значний вплив на водопроникність ґрунтів має гранулометричний склад.

2. Протирозійна стійкість ґрунтів, як і інші їх водно-фізичні властивості, в значній мірі визначаються властивостями колоїднодисперсних мінералів, які переважають у мулистій фракції. Таким мінералом, що мало набухає є каолінит, який має низьку протирозійну стійкість, через низьке зчеплення між частинками ґрунту. Навпаки породи у яких переважають гідрофільні мінерали – монтморилоніт і йому подібні, - характеризуються порівняно високим зчепленням і протирозійною стійкістю. Крім того, більш високу протирозійну стійкість мають ґрунти з більш високим умістом гумусу. Основні типи ґрунтів за протирозійною стійкістю можна розмістити у наступний ряд: лучний ґрунт > чорнозем типовий > чорнозем звичайний > чорнозем південний > темно-каштановий ґрунт > сірі лісові ґрунти > дерново-підзолистий ґрунт.

3. Ґрунтоутворюючі породи визначають причини заболочення земель і, як наслідок, метод їх осушення. Так, ґрунти на важких слабо водопроникних породах заболочені частіше поверхневими водами. У них формується верховодка. Верховодка не має помітного водозбору й формується локально після випадання опадів або сніготанення. Має не мінералізовані води, рівень коливається, може швидко зникати під впливом кліматичних факторів. Вона виникає найчастіше у тих ґрунтоутворюючих породах, де водопроникність порід або горизонтів ґрунтового профілю є меншою 0,05 м/добу. Профіль з такими коефіцієнтами фільтрації вважають водотривким.

4. На легких (флювіогляціальних, моренних, морських і інших супісках і пісках) заболочення ґрунтів пов'язано з ґрунтовими водами. Ґрунтові води формуються в межах великого масиву або поза розглянутою територією й мають досить великий дебіт, в гумідних ландшафтних умовах незначні коливання рівнів у теплий період. Ґрунтові води утворюють перший від поверхні землі водоносний горизонт, залягають на водотривкому шарі, а самі не являються водонапірними й можуть бути ультра прісними, прісними,

мінералізованими. Їх хімічний склад тісно пов'язаний з зональними процесами ґрунтоутворення, хімічним і мінералогічним складом водотривких і водоносних горизонтів. У зоні лісів ґрунтові води ультра прісні й прісні, залізисті, рідше жорсткі, у зоні широколистяних лісів лісостепу й степу – жорсткі карбонатні, нерідко з невисоким умістом соди, у зоні сухих степів, напівпустель і пустель – хлоридні, сульфатні й ін.

5. З генезисом і складом ґрунтоутворюючих порід пов'язаний розвиток ерозійних процесів, інтенсивність їх прояву, і ступінь небезпеки для землеробства й меліоративних систем. Ґрунтоутворюючі породи приймають активну участь у енерго-, масо- і волого переносі в системі ґрунт - геологічне середовище.

6. Отже, генезис і склад ґрунтоутворюючих порід визначає властивості ґрунтів, причини їх зволоження й заболочення, ерозійний стан і рельєф території, енерго-, масо- й волого перенесення між ґрунтом і літосферою, умови функціонування меліоративних систем і систем землеробства, а також формування природної рослинності, розвиток ризосфери.

### 1.3. Роль рельєфу й ступеню дренажу території

**Рельєф** (франц. relief, від лат. relevo — піднімаю) — **сукупність різноманітних за формою, розмірами, віком і походженням нерівностей земної поверхні, що утворюються внаслідок ендегенних і екзогенних процесів.** Рельєф може суттєво корегувати напрямки меліорації в межах конкретного масиву. У певних кліматичних, літологічних і гідрогеологічних умовах рельєф ландшафту викликає перерозподіл поверхневих і підземних вод.

Рельєф як самостійний природний фактор при меліорації території визначає необхідність виконання певного комплексу агромеліоративних робіт з планування поверхні на об'єктах осушення або зрошення. Він визначає характер структури ґрунтового покриву меліорованого масиву при зволоженні. Рельєф є потужним фактором перерозподілу поверхневого, внутрішнього ґрунтового й підґрунтового стоків. Перерозподіл вод у формах рельєфу зумовлює, як наслідок, перерозподіл за рельєфом стоку солей і твердих часток. Оскільки солі мають різну розчинність, то в посушливих районах на

вододільних просторах і верхніх частинах схилів відбувається акумуляція вуглекислих солей кальцію, натрію і їх сульфатів. У цих умовах формуються гіпсові акумуляції. На низьких рівнях накопичуються хлориди натрію, кальцію й магнію. На найбільш низьких відмітках поверхні в особливо посушливих умовах появляються акумуляції калійної й натрієвої селітри.

Закономірна зміна сольових акумуляцій за формами рельєфу зумовлена різною міграційною активністю у ландшафтах карбонатів, сульфатів, хлоридів, нітратів. Б.Б. Полинов показав, що загальна мінералізація й хлоридність ґрунтів і ґрунтових розчинів зростають з наближенням до нижньої частини схилу й його підніжжя і найбільш високими є у внутрішніх і безстічних впадинах.

У зоні надлишкового зволоження, де осушення є необхідним засобом меліорації, широкі добре дреновані території вододілів і схилів, утворені автономними й автоморфними ґрунтами, можуть успішно використовуватися у сільському господарстві без дренажу.

**Природне дреновання території** – важлива характеристика об'єкта меліорації. Вона тісно пов'язана з рельєфом, породами, їх водопроникністю, приуроченістю об'єкта до конкретного геоморфологічного елемента. Д.М. Кац ввів у меліоративну практику поняття про ступінь природної дренованості території, який тісно пов'язаний з її геоморфологією, рельєфом, ґрунтоутворюючими й підстеленими породами.

**Показником природного дреновання** є потенційна величина підземного стоку ґрунтових вод (в мм або м<sup>3</sup>/га у рік). Д.М.Кац і В.М. Шестаков (1981) запропонували виділяти за ступенем природної дренованості п'ять зон. В основу їх виділення покладені наступні критерії. В зрошуваних районах напівпустельної і пустельної зон при існуючих коефіцієнтах корисної дії зрошувальних систем і поверхневому самопливному зрошенні іригаційне живлення ґрунтових вод в середньому складає 300-400 мм/рік. У степових районах при дощуванні в сумі з атмосферними опадами воно може перевищувати 100-150 мм/рік при застосуванні широкозахватних дощувальних машинах, а при поливі ДДА-100М досягають 200-250 мм/рік і більше.

Виходячи з цього автори запропонували диференціювати зони дреновання наступним чином (табл. 1.3).

**Природно інтенсивно дренована зона** має потенціальну величину підземного стоку більше 500 мм/рік, тобто більше

іригаційного живлення в будь-яких кліматичних умовах і при будь-яких способах зрошення й техніці поливу.

Таблиця 1.3. Зони природного дренажу території  
(Д.М. Кац, В.М. Шестаков, 1981 )

Зона				
Природного інтенсивного дренажу	Дренована	Слабо дренована	Досить слабо дренована	Безстічна
Підземний відтік, мм/рік				
до 500-700 й більше у галечника	300-500	150-300	50-150	< 50
Мінералізація ґрунтових вод, г/дм <sup>3</sup>				
ультра прісні й прісні у всіх зонах	ультра прісні й прісні у всіх зонах	прісні й слабо мінералізовані	прісні в гумідних умовах, мінералізація зростає від степових районів до пустель	прісні в гумідних умовах, мінералізація зростає від степових районів до пустель
Глибина залягання ґрунтових вод, м				
50-10 в природних умовах і на зрошуваних масивах	на зрошуваних землях від 0 до 4-5, в гумідних умовах >	при зрошенні від 0-до 3-4, в гумідних умовах від 1,5 до 3	при зрошенні від 0 до 2-3, в гумідних умовах <1,0-1,5	на зрошуваних землях від 0 до 1-3, в гумідних умовах <0,5-1,0
Участь у процесах ґрунтоутворення				
не приймають участі, ґрунти автоморфні	при неглибокому заляганні РГВ викликають заболочення ґрунтів	викликають заболочення й слабке засолення	викликають заболочення ґрунтів, в умовах аридного клімату й засолення ґрунтів	при неглибокому заляганні РГВ викликають заболочення ґрунтів, в умовах аридного клімату й засолення ґрунтів

Продовження таблиці 1.3

Зона				
Природного інтенсивного дренажування	Дренована	Слабо дренована	Досить слабо дренована	Безстічна
Геоморфологічні умови ґрунтоутворення				
передгірські шлейфи і верхні частини конусів виносу, складені галечником, глибоко розчленовані передгірські рівнини, складені суглинковими відкладами	алювіальні тераси, зони вклинювання підземних вод на конусах виносу, складені галечником з невеликим покривом суглинків	середні й нижні річкові тераси, центральні частини конусів виносу	широкі річкові тераси, вододільні рівнини, нерозчленовані передгірські рівнини, дельти річок, міжконусні пониження, плоскі плато озерних, озерно-льодовикових і моренних рівнин, складені суглинковими відкладами, підстилаються піщаними й піщано-глинистими	сучасні й древні приморські дельти річок, приморські низовини, плоскі вододільні рівнини, котловини моренних і озерно-льодовикових рівнин; складені суглинковими й глинистими відкладами; підстиляються дрібними пісками

**Дренована** – величина відтоку 300-500 мм/рік, що приблизно відповідає іригаційному живленню ґрунтових вод в пустельних і напівпустельних районах і перевищує живлення в степових районах. При будь-яких способах зрошення дренаж не потрібний.

**Слабо дренована** – відтік 150-300 мм/рік, тобто менше іригаційного живлення в напівпустельних і пустельних районах. Відтік близький до верхньої межі живлення ґрунтових вод у степових умовах при поверхневому самопливному зрошенні, при зрошенні дощувальними машинами. Необхідний дренаж.

**Досить слабо дренована** – відтік 50-150 мм/рік, тобто значно менше живлення в пустельних і напівпустельних районах і

відповідає нижній межі живлення ґрунтових вод у степових умовах. Необхідний дренаж.

**Практично безстічна** – відтік менше 50 мм/рік, тобто значно менше іригаційного живлення в будь-яких кліматичних умовах. Необхідний дренаж. На відміну від зрошуваних масивів, які характеризують природне дренавання, масиви утворені заболоченими ґрунтами вимагають осушення при сільськогосподарському використанні й відносяться до зон низького дренавання. Важливим показником ступеню їх дренавання є не тільки режим ґрунтових вод, але й верховодки, тому що в зоні надлишкового зволоження більше 50 % території, що підлягає осушенню, приурочено до товстих шарів слабо водопроникних ґрунтоутворюючих порід з глибоким заляганням ґрунтових вод. Тому критерії оцінки ступеню дренавання, розглянуті у таблиці 1.3, для масивів осушення варто використовувати дуже обережно. Вони можуть бути використані лише для умов, коли ґрунти заболочені ґрунтовими водами.

Рельєф має сильний вплив на характер зміни значень метеорологічних величин і на розмах і інтенсивність процесів водної й вітрової ерозії. В той же час вітер часто сам виступає потужним фактором утворення рельєфу, особливо на піщаних мало зв'язаних породах. Розміри еолових форм рельєфу можуть бути досить значними й досягати висоти в декілька сотень метрів і довжиною декілька кілометрів. На сільськогосподарських землях рельєфоутворююча роль вітру зводиться до формування елементів мікро- й нонорельєфу.

Форма й крутизна схилу мають вплив на хід процесів вітрової й водної ерозії ґрунтів. Найсильніше від дефляції страждають ґрунти випуклих схилів, найслабкіше – ґрунти увігнутих схилів. Чим більша крутизна схилу, тим більші втрати ґрунту від ерозії.

#### **1.4. Роль біологічних факторів при меліорації ґрунтів**

Біологічні фактори при оцінці ґрунтів при їх меліорації мають декілька значень.

1. Природна рослинність в певній мірі формує ґрунтовий профіль, визначаючи особливості генезису й еволюції ґрунтів. Наприклад, еволюція ряду типових болотних ґрунтів в значній мірі

пов'язана із спонтанним розвитком природного рослинного покриву. Найбільш рельєфно це проявляється при формуванні болотних ґрунтів в умовах заростання водойм. Закономірна зміна рослинних формацій і зумовлене рослинами-торфоутворювачами накопичення товстого шару торфових відкладів пов'язані з розвитком і еволюцією рослинного покриву у зоні заростання водойми. В цих умовах роль рослинності не обмежується впливом на морфологію і хімічні властивості ґрунту.

2. Рослинний покрив впливає на фізичні властивості ґрунту – їх складання, структуру, щільність, водопроникність й інші особливості, тісно пов'язані з розрахунковими параметрами меліоративних систем.

Добре відома активна роль зообіоти в формуванні високої пористості сіроземів, роль великих мас свіжого перегною кореневих залишків в формуванні водостійкої, агрономічної цінної структури чорноземів. Велика роль корневих систем рослин у збільшенні вертикальної фільтрації глейових щільних ґрунтів. Рясні зарослі хвоща, поселення черв'яків, мурах і термітів також зменшують щільність ґрунтів, збільшують їх пористість і водопроникність. Деревна й трав'яниста рослинність з глибокою кореневою системою в степовій і сухо-степовій зонах на значній глибині перехоплює вологу, яка мігрує капілярами від дзеркала ґрунтових вод до поверхні. Ліквідація природної рослинності в таких умовах і використання земель під рілля призводить до посилення загрози вторинного засолення територій. Тому, при освоєнні й меліорації таких ґрунтів, необхідно враховувати природний біогенний фактор ґрунтоутворення, який тісно пов'язаний з активною життєдіяльністю різних компонентів ґрунтової біоти (Роде А.А., Егоров В.В.).

3. Рослини впливають на процеси ерозії ґрунтів. Дрібні корені скріплюють ґрунтові агрегати, надають їм водостійкості, створюють стійкі еластичні зв'язки між ними. Рослини мають й непрямий вплив на протиерозійну стійкість ґрунтів, змінюючи гідрологічний і біологічний режими ґрунтів.

4. Природна рослинність має виключну роль при індикації ґрунтового покриву під час проведення досліджень місцевості для обґрунтування проектів меліорації.

### 1.5. Вік й еволюція меліорованих ґрунтів

Вплив віку на зміну ґрунтів варто розглядати як еволюційну проблему. Під впливом меліорації виникають нові умови. Задача полягає в тому, щоб вірно зрозуміти основні напрямки вторинного ґрунтоутворення, закономірні зміни властивостей і режимів ґрунтів під впливом меліоративних заходів. Ця дія на вторинне ґрунтоутворення проявляється досить неоднозначно.

В гумідній зоні введення в дію дренажних осушувальних систем визначає в одних випадках виникнення умов для інтенсифікації природного ґрунтоутворювального процесу, а в інших – прояв тенденцій, діаметрально протилежних природному зональному ґрунтоутворенню. Наприклад, дренаж ґрунтів болотно-підзолистого типу після осушення зумовлює різке посилення процесу підзолотворення. Посилюються темпи виносу заліза, кальцію, магнію, калію, азоту, а також найбільш родючих структуруючих тонких фракцій дрібнозему. В той же час осушення болотних ґрунтів повністю припиняє природний процес торфоутворення: накопичення органічної речовини після меліорації змінюється процесом його мінералізації і гуміфікації (Зайдельман Ф.Р).

У процесі застійно-промивного режиму зрошення на фоні дренажу відбувається підсилення ознак ґрунтового гідроморфізму, накопичення органічної речовини, в каштанових ґрунтах і сіроземах спостерігається винесення легкорозчинних солей й ін. Разом із тим під впливом меліорації можливі й небажані зміни ґрунтів і навколишнього середовища (наприклад підняття рівня ґрунтових вод при недостатньому дренаванні території, вторинне засолення зрошуваних ґрунтів, розпилення їх структури). При короткочасному і тим більше при тривалому надлишковому зволоженні чорноземів слабо лужними водами відбувається втрата органічної речовини, злипання ґрунтів, їх солонцювання, при цьому ці процеси поступово посилюються й можуть стати незворотними. Вплив меліорації на природне середовище не обмежується змінами властивостей ґрунтів конкретної меліорованої ділянки, а розповсюджується на значну прилеглу територію і тим або іншим чином впливає на всі елементи ландшафту. Так, наприклад, ефективне зрошення локальної ділянки на фоні дренажу й систематичного промивання й дренавання створюють сприятливі умови для ведення сільського господарства на даній території. Але одночасно значні маси солей, що поступають із



багатьох таких ділянок виносяться в річки-водоприймачі, можуть визвати різке збільшення їх мінералізації, підвищення мінералізації внутрішніх водойм.

### **1.6. Гідрологічні властивості ґрунтів, що впливають на роботу меліоративних систем**

До основних гідрологічних властивостей ґрунтів, що впливають на роботу меліоративних систем відносяться їх фізичні й водні властивості та гранулометричний склад. До основних **фізичних властивостей ґрунту** відносять щільність скелета ґрунту, щільність твердої фази й пористість.

До **водних властивостей ґрунтів** відносять вагову та об'ємну вологість, вологість в'янення рослин, запаси вологи, продуктивну вологість, вологоємність, вологопровідність, потенціал ґрунтової вологи, швидкість і висоту капілярного підняття води, фільтрацію води.

#### **1.6.1. Гранулометричний (механічний) склад ґрунтів**

Механічним елементом ґрунту є окремий кусочок порід, мінералів, а також аморфних сполук у ґрунтах, усі елементи яких знаходяться у хімічному взаємозв'язку. **Співвідношення (%) часток різного розміру у межах безперервного ряду визначених фракцій механічних елементів називають механічним складом ґрунту.**

Мінеральні механічні елементи за масою є переважаючими у всіх типах ґрунтів (крім торфових), за ними - гумати, потім - вільні органічні кислоти і напіврозкладені органічні залишки.

Механічний склад ґрунтів є важливою генетичною ознакою й агрономічною характеристикою ґрунту. При цьому велике значення мають не тільки розміри й кількість механічних елементів, але й форма їх поверхні. Поверхня часток може бути гладкою, шорсткуватою, кородуючою, нерівною і, таким чином, по різному впливати на зіткнення і взаємодію з іншими фазовими частинками ґрунту й корінням рослин.

**Гранулою, або елементарною ґрунтовою частинкою, називають відособлену мінеральну, органо-мінеральну або**

**органічну частинку кристалічної або аморфної будови, всі молекули якої знаходяться у хімічному взаємозв'язку.**

У практиці ґрунтознавства широко застосовується класифікація механічних елементів Н.А. Качинського (табл. 1.4). Згідно цієї класифікації, у ґрунтах можуть бути крупні камінцеві уламки каміння, пісок різного розміру, пилюваті, мулисті й колоїдні частинки. При виділенні вказаних розмірів фракцій, які названі гранулометричними елементами, в основу була покладена швидкість падіння часток у воді, тобто їх, гідравлічна крупність, яка визначається за спеціальною формулою Стокса. Крім того, враховувались хімічні, водні й фізико-хімічні властивості часток.

Таблиця 1.4. Класифікація гранулометричних елементів ґрунту за Качинським

Гранулометричні елементи	Діаметр, мм
Камінці породи	>3
Гравій	3-1
Пісок крупний	1-0,5
Пісок середній	0,5-0,25
Пісок дрібний	0,25-0,05
Пил крупний	0,05-0,01
Пил середній	0,01-0,005
Пил дрібний	0,005-0,001
Грубий мул (глинистий)	0,001-0,0005
Тонкий мул (колоїдний)	0,0005-0,0001
Фізичний пісок	>0,01
Фізична глина	<0,01

Усі частинки діаметром більше 1 мм називаються скелетною частиною ґрунту, менше 1 мм — дрібноземом. Поділ часток на фізичний пісок (частинки крупніші 0,01 мм) і фізичну глину (частинки менші 0,01 мм) було введено Н.М. Сибірцевим у 1899 р.

**Камінці породи (> 3 мм) й гравій (1-3 мм)** представлені у ґрунтах переважно уламками мінералів і гірських порід. Форма відкладених уламків залежить від ряду факторів: відстані, на яку вони перенесені, їх розміру й характеру транспортування, текстури, структури й петрографічного складу материнських порід. Ці механічні елементи мають найбільшу водопроникність, але дуже малу вологоємність. Наявність в орному шарі ґрунтів великої

кількості камінців і гравію викликає значне зношення робочих органів сільськогосподарських машин і ґрунтообробних знарядь.

**Піски (1-0,05 мм)** складаються переважно з первинних мінералів, у яких переважають уламки кварцу. Основними факторами, які визначають текстуру піщаних ґрунтів і порід є: а) розмір, форма й характер поверхні піщаних часток; б) кількісне співвідношення часток у ґрунті або породі й ступінь їх сортування; в) щільність кладки піщаних часток; г) речовинний склад; д) характер розподілу й залягання часток в об'ємі ґрунту або породи. Покровні піски (1-0,05 мм) характеризуються великою водопроникністю. Порівняно зі скелетною частиною ґрунту (частинки крупніші 1 мм) піщана фракція механічних елементів володіє у 2-5 разів вищою вологоємністю (5-15 %) і помітною водопідйомною (капілярною) спроможністю. Але переважання у ґрунтах піску також викликає велике зношення органів ґрунтообробних знарядь.

**Пил (0,05-0,001 мм)** складається з великої кількості уламків кварцу й інших первинних мінералів польових шпатів, слюди й ін. У зв'язку з цим ґрунти, в яких переважає середній і дрібний пил, мало структурні, мають погану проникність води й повітря, але володіють значною водопідйомною спроможністю.

**Мул (< 0,001 мм)** складається з вторинних (глинистих) мінералів, кількість яких переважає над первинними мінералами, особливо у важких ґрунтах. З мулистими частинками пов'язують великий уміст у ґрунтах кальцію, магнію, фосфору, калію, мікроелементів, а також гумусових речовин.

Мулисті й особливо колоїдні частинки володіють найбільшою ємністю поглинання поживних речовин, яка переважає при цьому пилуваті й піщані частинки у 10-50 раз. Мулиста фракція має мінімальну водопроникність, але максимальну вологоємність і капілярну водопідйомну спроможність.

На основі даних гранулометричного аналізу залежно від співвідношення піску, пилу й мулу ґрунти класифікують за механічним складом на різновидності. Найбільшим визнанням користується класифікація Н.А. Качинського (табл. 1.5), яка розроблена для трьох видів ґрунтоутворення: підзолистого, степового й солонцевого. Особливістю приведеної класифікації є диференційований підхід до виділення класів у різних типах ґрунтів, що дозволяє на практиці дуже просто враховувати відношення тільки часток фізичного піску й фізичної глини.

Таблиця 1.5. Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом

Назва ґрунту за механічним складом	Уміст фізичної глини (частинки <0,01 мм), %		
	Підзолистий тип ґрунто- утворення	Степовий тип ґрунто- утворення	Солонці і сильно солонцюваті ґрунти
Пісок пухкий	0-5	0-5	0-5
Пісок зв'язний	5-10	5-10	5-10
Супісок легкий	10-20	10-20	10-15
Суглинок легкий	20-30	20-30	15-20
Суглинок середній	30-40	30-45	20-30
Суглинок важкий	40-50	45-60	30-40
Глина легка	50-65	60-75	40-50
Глина середня	65-80	75-85	50-65
Глина важка	>80	>85	>65

Якщо аналізований солонець містить фізичної глин 50 %, мулу 30 %, пилу 20 %, крупного пилу 25 % і 25 % припадає на усі інші фракції, то така порода буде віднесена до легкої глини. А повна назва солонцю буде - солонець легкоглинистий, крупнопилуватий-мулистий.

Якщо при аналізі чорнозему встановлено: уміст фізичної глини 70 %, мулу 45 %, пилу 25 %, пилу крупного - 20 % і піску 10 %. Отже, переважаюча фракція — мул, потім — пил. Повна назва ґрунту — чорнозем середньоглинистий пилувато-мулистий і т.д. Камінцеві породи Качинський класифікує за дрібноземом (табл. 1.6).

Таблиця 1.6. Класифікація ґрунтів за кам'янистістю

Уміст часток	Назва ґрунту	Тип кам'янистості
<0,5	Не кам'янисті	Установлюється за характером скелетної частини: валунні, галечникові, щебенисті
0,5-5,0	Слабо кам'янисті	
5-10	Середньо кам'янисті	
>10	Сильно кам'янисті	

Назву кожного ґрунту за механічним складом обов'язково приводять на ґрунтових картах. Землевпорядники, агрономи й інші спеціалісти легко можуть орієнтуватися у земельній ситуації,

враховувати строкатість ґрунтової родючості, яка залежить від механічного складу.

Різний механічний склад впливає на відмінності у ґрунтах за водно-фізичними, фізико-механічними, хімічними, повітряними, тепловими, водними й іншими властивостями.

На ґрунтах із різним механічним складом можуть суттєво відрізнятися терміни початку польових робіт, мінятися умови оранки землі й витрати пального, норми й терміни внесення добрив і меліорантів, різним буде й розміщення польових культур у сівозміні.

### 1.6.2. Фізичні властивості ґрунту

Ґрунт складається з твердої, рідинної й газоподібної фаз. Тверда фаза ґрунту включає мінеральні речовини, живі й мертві організми. Рідинна фаза складається з води, розміщеної у порах і пустотах ґрунту й органічних речовин. Газоподібна фаза - повітря, яке заповнює всі пустоти й пори, вільні від води.

**Щільність ґрунту** - маса абсолютно сухої твердої фази ґрунту в одиниці об'єму ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ). **Щільність ґрунту розраховують** за формулою:

$$d_v = M/V, \quad (1.6)$$

де:  $d_v$  - щільність скелета ґрунту,  $\text{г/см}^3$ ;  $M$  - маса сухого ґрунту непорушеної структури у визначеному об'ємі, г;  $V$  - об'єм ґрунту,  $\text{см}^3$ .

При визначенні щільності скелету ґрунту вимірюється маса ґрунту в одиниці об'єму з усіма порами, тому величина щільності ґрунту завжди менша за щільність твердої фази. У мінеральних ґрунтах і материнській породі щільність змінюється у широких межах від 0,9 до 1,8  $\text{г/см}^3$ , а у торфових ґрунтах від 0,15 до 0,4  $\text{г/см}^3$ .

**Щільністю твердої фази ґрунту називають відношення її твердої частини до маси ґрунту з порами заповненими водою у тому ж об'ємі при 4°C** ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ).

$$d = m/v, \quad (1.7)$$

де:  $m$  - маса ґрунту, г, кг, т;  $v$  - об'єм ґрунту з порами заповненими водою й повітрям,  $\text{см}^3$ ,  $\text{м}^3$ .

Залежить щільність твердої фази ґрунту від хімічного, мінералогічного складу й визначається середньою щільністю речовин, які складають даний тип ґрунту. У склад мінеральної частини ґрунту у якості основних мінералів входять кварц, польові

шпати, глинисті мінерали, які мають щільність у межах 2,40-2,80. Рідше зустрічаються залізисті мінерали з щільністю до 4.

Значення щільності твердої фази ґрунтів і материнської породи - 2,6-2,8, щільність гумусу - 1,20-1,40. Чим багатший ґрунт або його прошарок на гумус, тим менша щільність твердої фази (2,40-2,50).

Дані щільності ґрунту й твердої фази широко застосовуються у ґрунтознавстві, землеробстві й сільськогосподарській меліорації ґрунтів. Вони характеризують ґрунтовий профіль, визначаючи ущільнений (ілювіальний) горизонт, пухкість або ущільненість орного шару. На основі показників щільності ґрунту розраховують запаси солей, гумусу, води, поживних речовин.

**Пористість** - це сумарний об'єм пор між частинками твердої фази ґрунту, яка утворилися між ними внаслідок нещільного їх прилягання. Кількість, величина та форма порожнин, які при певних умовах можуть бути заповнені водою, визначають продуктивність ґрунту й здатність пропускати крізь себе воду.

У пухких осадових і ґрунтоутворюючих породах пористість є результатом нещільного прилягання часток. Для масивних порід ці порожнини являють собою систему тріщин, які виникли в результаті дії на породу ендегенних та екзогенних процесів. Крупні пустоти в розчинених породах характерні для кавернозних карстових порід. Пористість у різних уламкових породах обумовлена нещільним приляганням окремих зерен.

Ґрунтоутворюючі породи цілком однакового гранулометричного складу, можуть мати різну пористість у залежності від порядку розміщення зерен, що визначають щільність піску. Але в природі все набагато складніше, оскільки частки, які складають ґрунти іноді не мають однакового розміру й проміжки між великими частками можуть заповнюватись дрібнішими.

**Загальну пористість ґрунту (n) визначають** за показником щільності ґрунту і її твердої фази за формулою:

$$n\% = (1 - d_v/d)100, \quad (1.8)$$

де: 1 - загальний об'єм пор ґрунту;  $d_v$  - щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>; d - щільність твердої фази ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Відношення  $d_v/d$  складає об'єм твердої фази ґрунту.

У ґрунтових горизонтах пори можуть бути різної форми й діаметру. У залежності від величини пор розрізняють капілярну й некапілярну пористість. Капілярна пористість обумовлюється наявністю у ґрунті глинистих частинок і їх ущільненістю, вона рівна

об'єму капілярних проміжків ґрунту; некапілярна — структурністю ґрунту або наявністю піску і вимірюється об'ємом крупних пор. Сума обох видів пористості складає загальну пористість ґрунту.

Пористість у верхніх горизонтах більшості ґрунтів становить 55-65 %. У торфі, багатому на перегній, пористість значно вища - 85,2 %, у піщаному - тільки 30,4, в суглинковому - 45,1, глинистому - 52,7 %. З глибиною ґрунтового профілю пористість зменшується.

Пористість виражають у відсотках загального об'єму ґрунту. Для мінеральних ґрунтів інтервал показників пористості складає 25-80 %.

### 1.6.3. Вологість

***Вологість — це кількісний уміст води у ґрунті, виражений у відсотках або частках одиниці щодо маси або об'єму висушеного при температурі 105° С ґрунту***. Вода у ґрунті є важливим його компонентом і одним із головних факторів родючості та вивітрювання мінералів, що сприяє протіканню біологічних та біохімічних процесів.

Нестача води у ґрунті, як і поживних речовин, негативно впливає на розвиток рослин і врожай. Регулювання оптимального водно-поживного режиму стосовно різних ґрунтів і рослин, є основою розробки раціональної агротехніки, із наступним отриманням високих і стабільних врожаїв.

Тому визначення вологості ґрунту є найбільш розповсюдженим ґрунтовим аналізом, який використовують для встановлення часу обробітку ґрунту й висівання рослин, терміну призначення поливів, розрахунку водоспоживання сільськогосподарських культур, прогнозування урожайності й ін.

Вологість ґрунту визначають з врахуванням генетичних горизонтів і геологічних нашарувань. Спочатку проводять морфологічний опис ґрунту. Зразки можна брати з відкритих розрізів, очищаючи стінки шурфу перед узяттям зразка на 4-5 см або за допомогою бура. Зразки до глибини 1 м - відбирають у п'ятикратній повторності кожні 10 см, глибше – трьохкратній. Зразки ґрунту кладуть у металеві бюкси, які щільно закривають і доставляють у лабораторію, де його висушують при температурі 105° С, попередньо зваживши.

**Уміст вагової води** від маси абсолютно сухого ґрунту вираховують у відсотках за формулою:

$$W, \% = (a/p_c) \cdot 100, \quad (1.9)$$

де:  $W, \%$  - відсотковий уміст води;  $a$  - кількість води у зразку, г;  $p_c$  - маса абсолютно сухого ґрунту, г.

Вологість ґрунту змінюється як у часі, так і у профілі ґрунту.

**Загальний уміст води у ґрунті називають абсолютною вологістю.** Розрахунок маси абсолютно сухого ґрунту ( $P_c$ ) при відомій вологості ( $W, \%$ ) виконують за формулою:

$$P_c = 100 \cdot p_b / (100 + W), \quad (1.10)$$

де:  $p_b$  - наважка вологого ґрунту

**Уміст об'ємної води** ( $W_v$ ) у ґрунті визначають за формулою:

$$W_v = W \cdot d_v, \quad (1.11)$$

де:  $W_v$  - вологість у відсотках від об'єму ґрунту;  $d_v$  - щільність скелета ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $W$  - вагова вологість ґрунту, %

**Запаси води у шарі ґрунту** визначають у міліметрах водного стовпа за наступною формулою:

$$W_{\text{мм}} = (W \cdot h \cdot d_r 10) / 100, \quad (1.12)$$

де:  $W, \text{мм}$  - вологість у мм у шарі ґрунту товщиною  $h, \text{см}$ ;  $d_r$  - щільність скелета ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $h$  - товщина шару ґрунту, см; 10 - коефіцієнт переводу см у мм.

**Вологість в'янення рослин** – ступінь зволоження ґрунту, при якій починається стійке засихання рослин. На основі даних вологості в'янення рослин і загального умісту води у ґрунті вираховують запаси продуктивної води. Вологість в'янення рослин (вагова) змінюється в значних межах від 1-2 % для піщаних ґрунтів до 20-22 % для глинистих.

**Різницю між вологістю засихання рослин і найменшою вологоємністю ґрунту називають активною вологою.**

**Продуктивною вологою називають всю наявну у ґрунті кількість води, яка перевищує вологість в'янення рослин.** Тільки при наявності її рослини можуть рости. **Продуктивну вологість визначають** у мм або відсотках та в м<sup>3</sup>/га за формулою:

$$W_{\text{пр.}} = d \cdot h \cdot (W - W_{\text{зас}}), \quad (1.13)$$

де:  $W_{\text{зас}}$  - вологість засихання рослин, % сухої маси.

**Оцінка запасів продуктивної води** в основних типах ґрунтів України свідчить про задовільні та дуже добрі запаси. За вмістом продуктивної води (у мм) ґрунти оцінюються за наступною шкалою: **для шару 0-0,2 м:** запаси добрі > 40; задовільні - 20-40;



незадовільні - < 20; для *шару 0-1 м*: запаси дуже добрі - > 160; добрі - 160-130; задовільні - 130-90; погані - 90-60; дуже погані - < 60.

#### 1.6.4. Вологоємність

**Вологоємність** - це здатність ґрунту поглинати, вміщувати й утримувати у собі певну кількість води, яка відповідає в кожний момент часу впливові на її зовнішніх сил. Розрізняють найменшу, максимально-гігроскопічну, капілярну, повну, загальну, польову вологоємність.

**Максимальна гігроскопічна вологоємність** - це найбільша кількість вологи, яку може увібрати ґрунт при умові повного насичення повітря парами (при відносній вологості 94 %).

**Капілярна вологоємність** — це кількість вологи у ґрунті, яка заповнює капіляри й утримує в них вологу при неглибокому заляганні рівня ґрунтових вод. Уміст капілярної вологи у ґрунті рівний загальній вологоємності мінус волога засихання рослин.

**Польова вологоємність** — це кількість води, яку може увібрати та утримувати ґрунт після стікання гравітаційної води при зволоженні ґрунту зверху за умови відсутності випаровування та глибокого залягання рівня ґрунтової води.

На величину вологоємності кожного ґрунту впливає механічний, мінералогічний та структурний склад, збагачення органічною речовиною. При цьому конкретний ґрунт може утримувати певну та сталу кількість води. Як правило з глибиною ґрунтового профілю вологоємність ґрунту знижується.

**Загальна (за Качинським) або найменша (за Роде), або гранична польова (за Розовим), або польова вологоємність (за Долговим)** - це кількість вологи, яку ґрунт утримує після зволоження при вільному відтоку гравітаційної води. Різні назви однієї і тієї ж дуже важливої гідрологічної константи вносять багато плутанини.

Ця властивість є однією з найважливіших характеристик, яка необхідна для оцінки роботи меліоративної системи. Дренажні осушувальні системи можуть відвести тільки гравітаційну вологу. Тому під дією таких систем в умовах заболочення поверхневими водами вологість ґрунту може бути знижена тільки до найменшої вологоємності. Зниження вмісту вологи нижче НВ на осушувальних

системах можливе тільки в результаті наступного фізичного або сумарного випаровування

Константа, яка характеризує загальну вологоємність, широко застосовують у меліоративній практиці. За цим показником визначають поливну норму та запаси вологи у будь-якому прошарку ґрунту. Для піщаних і супіщаних ґрунтів найменша вологоємність складає від 5 до 20 %, для суглинистих і глинистих - від 20 до 45.

**Повна вологоємність**, визначається за формулою:

$$W, \% = P/d_v, \quad (1.14)$$

де:  $W, \%$  - повна вологоємність у відсотках;  $P$  - загальна пористість ґрунту, %;  $d_v$  - щільність скелета ґрунту,  $\text{г/см}^3$ .

У практиці ґрунтознавства повна вологоємність, вирахована за повною пористістю ґрунту, часто буває меншою величини загальної шпаруватості, що свідчить про наявність затисненого й не врахованого повітря у ґрунті.

### 1.6.5. Потенціал ґрунтової вологи

Вільна вода, яка поступає у ґрунт, змінює свій енергетичний рівень під впливом водоутримуючих сил ґрунту менісково-плівкових, осмотичних і адсорбційних. Енергія утримання (усмоктування) води ґрунтом вимірюється потенціалом вологи.

**Потенціалом ґрунтової вологи називають роботу, затрачену на подолання водоутримуючих сил при добуванні з ґрунту одиниці маси води.** В міру зневоднювання потенціал ґрунтової вологи падає, а мінусові значення зростають, досягаючи максимуму при мінімальному вмісті води у ґрунті, Наступне обводнення ґрунту підвищує потенціал. Його значення переходять через нуль і при подальшому збільшенні вологості здобувають позитивний знак.

**Загальний потенціал вологи ґрунту** ( $P_{\Pi}$ ) або його тиск визначається за формулою:

$$P_{\Pi} = P_K + P_{\text{Ад}} + P_{\text{ОСМ}} + P_{\text{ГР}}, \quad (1.15)$$

де:  $P_K$  - тиск капілярної вологи;  $P_{\text{Ад}}$  - тиск адсорбційний;  $P_{\text{ОСМ}}$  - тиск осмотичний;  $P_{\text{ГР}}$  - тиск гравітаційний.

Величина  $P_K$  лежить у межах від 0 до 196 кПа (Воронін і ін., 1974), при зменшенні вологості від вологоємності в'янення тиск знижується до 1470-1568 кПа, при максимальній гігроскопічній

вологості, в залежності від товщини адсорбованої водної плівки, від  $98 \cdot 10^2$  до  $98 \cdot 10^3$  кПа.

У засолених ґрунтах на енергетичний стан вологи впливає концентрація солей - осмотичний потенціал ( $P_{осм}$ ), від'ємна величина якого при концентрації до 3 % пропорційна вмісту солей.

Переміщення вологи у ґрунтах і в рослинах визначається різницею потенціалів між двома точками, віднесеною до відстані між ними й рівній градієнту потенціалу.

Щоб вода із ґрунту поступила у рослину, потенціал у корінні має бути нижчим, ніж у ґрунті. У листках він нижчий у порівнянні з корінням приблизно на 98 кПа і, навпаки, є вищим ніж у повітрі.

За кривою залежності всмоктуючого тиску від функції вологості ґрунту  $P = f(W)$  можна визначати рухливість і доступність вологи для рослин, намітити термін поливу. Але при цьому для кожного конкретного ґрунту і його генетичних горизонтів необхідно скласти свою залежність  $P = f(W)$ .

Крім вологості й солей, потенціал ( $P$ ) ґрунтового розчину залежить від гранулометричного складу й щільності ( $d_v$ ). При однаковій вологості у ґрунтах важкого гранулометричного складу  $P$  нижчий, ніж у легких ґрунтах унаслідок високої питомої поверхні, що сприяє різкому зростанню адсорбційного потенціалу.

Збільшення щільності скелета ґрунту знижує його пористість, збільшує об'ємну вологість і потенціал ґрунтової вологи.

На практиці потенціал ґрунтової вологи часто називають тиском ( $P$ ) і вимірюють в атм. У літературі його позначають  $\psi$  або  $\mu$  і вимірюють у системі СІ у атм. (1 атм - 98,039 кПа), мм ртутного стовпа (1 атм = 760 мм рт. ст. = 1033 см вод. ст.).

**Величина потенціалу переносу вологи у ґрунті** пов'язана функціональною залежністю з відносною пружністю пари:

$$\mu_r = (R \cdot T / V) \cdot \lg(P / P_0), \quad (1.16)$$

де:  $P$  - тиск пару над розчином, при якому відбувається сорбція парів ґрунтом;  $P_0$  — тиск під плоскою поверхнею хімічно чистої води;  $R$  — константа;  $T$  - абсолютна температура;  $V$  - молярний об'єм води;  $(P/P_0)$  - відносна пружність пару, що знаходиться у рівновазі з вологою ґрунту.

**Потенціал ґрунтової вологи** вираховують за формулою:

$$\mu_r = (R \cdot T / M \cdot g) \cdot \lg(P / P_0), \quad (1.17)$$

Якщо потенціал ґрунтової вологи ( $\mu_r$ ) виразити у см вод. ст., як це прийнято у більшості робіт фізики ґрунтів, то у десятинній системі логарифмів при 20° С після підставки числових значень:  $M \sim$

18,02 г/моль,  $g = 981 \text{ ерг} \cdot \text{г}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ,  $R = 8,315 \cdot 10^7 \text{ ерг моль}^{-1} \text{ град}$ , формула прийме вигляд:

$$\mu_r = 3,18 \cdot 10^6 \cdot \lg(P/P_o), \quad (1.18)$$

Але для практичного застосування цієї формули зручніше використовувати відносний тиск водного пару, виражений через відносну вологість (Н) повітря:

$$\mu_r = 3,18 \cdot 10^6 \cdot \lg(H/100), \quad \text{або} \quad \mu_r = 3,18 \cdot 10^6 \cdot (2 - \lg H). \quad (1.19)$$

### 1.6.6. Вологопровідність

***Вологопровідність - вид перенесення вологи від більш вологих ділянок ґрунту до менш вологих, пов'язаний з транзитною системою капілярних пор і обумовлений товщиною водних плівок.***

Ґрунт має об'ємну й поверхневу вологопровідність: об'ємна пов'язана з транзитною системою капілярних пор, поверхнева обумовлена товщиною водної плівки  $h$ . Об'ємна провідність є вищою за поверхневу внаслідок того, що вода, яка знаходиться у сфері дії поверхневих сил ґрунтових часток, має деякі інші властивості: велику в'язкість, потенціал у плівці нижчий потенціалу води у капілярах і ін.

Потік води  $Q$ , в аналогії з потоком тепла або електричного струму, підкоряється закону однонаправленості потоку енергії:

$$Q = K_B \cdot (d\mu_p/dl), \quad (1.20)$$

де:  $d\mu_p/dl$  градієнт потенціалу ґрунтової вологи;  $K_B$  - коефіцієнт вологопровідності, рівний кількості води, перенесеній за одиницю часу через одиницю площі при градієнті потенціалу, рівному одиниці.

Коефіцієнт вологопровідності будь-якого ґрунту залежить від засмоктуючої сили ґрунту або потенціалу ґрунтової вологи.

Для визначення  $K_B$  у стаціонарних і ізотермічних умовах можна використовувати установку, в якій ґрунт капілярно зволожується через пористий циліндр із резервуара для води й потім ґрунтовий циліндр приєднується до бюретки з водою. При досягненні стаціонарного стану, коли витрати у визначений інтервал часу  $t$  стануть постійними (3-4 останній відлік), дослід закінчують. У нижній і верхній частинах ґрунтової колонки тензіометричним методом вимірюють потенціал  $\mu_n$  і  $\mu_v$  і визначають градієнт потенціалу:

$$d\mu_n/dl = (\mu_g - \mu_d/1). \quad (1.21)$$

Після цього вираховують коефіцієнт вологопровідності за Дарсі:

$$K_v = (dl/d\mu) \cdot Q. \quad (1.22)$$

Визначення величини окремих компонентів потенціалів ґрунтової вологи дає можливість охарактеризувати водоутримуючу силу ґрунту, що має велике значення для водного живлення рослин, а також для його структурно-механічних властивостей.

### 1.6.7. Швидкість і висота капілярного підйому води

**Водопідіймальна здатність ґрунту спроможність ґрунту викликати підняття вологи у капілярах.** Капілярний підйом ґрунтових вод у породу й ґрунти має різні значення для рослин. У посушливих умовах при недостатній кількості вологи незасолені ґрунтові води є джерелом, яке поповнює запаси продуктивної вологи, підвищує родючість ґрунту. В інших умовах високе стояння ґрунтових вод (менше 1 м) може викликати заболочення ґрунту, особливо в умовах достатнього зволоження. Мінералізовані ґрунтові води при інтенсивному випаровуванні з поверхні ґрунту сприяють засоленню ґрунту.

Висота капілярного підйому води залежить від початкової вологості, механічного складу, структури ґрунту, від кількості й складу солей у ґрунтових водах і ґрунтах, а також від температури. Вона тим більша, чим вища дисперсність ґрунту, нижча температура, тому що поверхневий натяг, який визначає величину меніскових сил, із підвищенням температури знижується. Солі-диспергатори понижують висоту капілярного підйому води, солі-коагулятори – підвищують. Різний уміст солей у ґрунтовому профілі може викликати осмотичний рух вологи у напрямку градієнту концентрації.

У структурних ґрунтах капілярні явища виражені слабше, ніж у безструктурних. В іригаційній практиці глибину залягання ґрунтових вод на 6 м рахують критичною для ґрунтів і порід із високою підйомною спроможністю; для ґрунтів легкого механічного складу критичний рівень залягання ґрунтових вод менший. Але кожний ґрунтовий профіль має свою висоту капілярного підйому води  $R$ .

Максимальна висота підняття ґрунтової вологи у капілярах для різних порід приведена у (табл. 1.7).

Таблиця 1.7. Граничні висоти капілярного підняття  
прісних вод у деяких породах

Породи	Розмір часток, мм	Висота капілярного підняття, мм
Гравій, жорства	8-4	16
Гравій, жорства	4-2	26
Пісок, крупнозернистий	2-1	64
Пісок, крупнозернистий	1 -0,5	155
Пісок, середньозернистий	0,5-0,25	270
Пісок, дрібнозернистий	0,25-0,10	529
Пісок, тонкозернистий	0,10-0,05	1012
Пил	0,05-0,01	2011

Теоретично висота капілярного підняття у пісках визначається за формулою Козені:

$$H = 0,453 \cdot (P / 1 - P) \cdot (1 / d_{\text{ЕФ}}), \quad (1.23)$$

де:  $H$  - висота капілярного підняття;  $P$  коефіцієнт пористості;  $d_{\text{ЕФ}}$  - діючий діаметр часток ґрунту і породи, який розраховують як

$$1/d_{\text{ЕФ}} = 1/2(d_1 + d_2), \quad (1.24)$$

де:  $d_1, d_2$  - граничні діаметри, які обмежують вибрану фракцію.

А.А. Роде у формулу Жюрена увів поправку на пористість ґрунту при різних типах упаковки. При рихлій, кубічній упаковці радіус вузьких пор рівний 0,41  $\text{г}$ , широких - 0,73  $\text{г}$ , де  $r$  - радіус ґрунтової частки. Гранична висота капілярного підйому води коливається у межах:

$$H = 0,15/0,155 \text{ г} \text{ і } H = 0,15/0,73 \text{ г}. \quad (1.25)$$

У випадку гексагональної упаковки радіуси максимальних і мінімальних пор відповідно рівні 0,288  $\text{г}$  і 0,155  $\text{г}$ , на межі висоти підйому

$$H = 0,15/0,155 \text{ г} \text{ і } H = 0,15/0,288 \text{ г}. \quad (1.26)$$

Швидкість капілярного підйому води  $v$  вимірюють кількістю води у мл, яка проходить за одиницю часу через одиницю площі поперечним розрізом ( $v = \text{см}^3/\text{см}^2$ ); у лінійних одиницях цю швидкість виражають як похідну шляху у часі.

У всіх ґрунтах, особливо у піщаних, швидкість капілярного підняття води з плином часу знижується, відповідно сповільнюється висота капілярного підйому  $H$ . Математичну залежність висоти капілярного підйому від часу виражають формулою:

$$H = Kt^n. \quad (1.27)$$

де:  $K$  - коефіцієнт вологопровідності;  $n$  - постійна, значення якої близьке до 0,5;  $t$  - час.

Це рівняння відповідає кривій параболічного типу.

Розрахунок висоти й швидкості капілярного підняття води за формулами не дає задовільних результатів і вимагає знання інших характеристик ґрунту. Саме із-за цього ці параметри частіше визначають експериментально.

***Верхню межу капілярного насичення ґрунту за рахунок ґрунтових вод називають капілярною каймою.*** Товщина насиченого шару ґрунту відповідає висоті капілярного підняття.

Висоту капілярного підйому води легко визначити на відкритому ґрунтовому розрізі у полі. Ґрунт над капілярною каймою через 1-2 години підсихає, світліє, а на рівні її і нижче залишається вологим, темним. Висоту капілярного підйому замірюють від рівня ґрунтової води до межі змочування.

При змоченому профілі визначити висоту капілярного підняття води описаним вище методом важко, тому застосовують фарби-індикатори або розчиняють у ґрунтовому розчині радіоактивні солі (мічені атоми).

#### **1.6. 8. Водопроникність ґрунтів і порід**

***Водопроникність ґрунту - це здатність вбирати й пропускати через прошарки профілю атмосферні або поливні води у глибші горизонти або на рівень ґрунтової води.*** Цей процес складається з поглинання ґрунтом води, проходженням її від шару до шару вглиб горизонту з одночасним поповненням вологозапасів і фільтрації води через усю ґрунтову товщу, якщо вона насичена вологою.

На початковій стадії надходження води на поверхню ненасиченого ґрунту, вона усмоктується й пересовується у вертикальному й горизонтальному напрямках під впливом градієнтів сорбційних і меніскових сил та гідростатичного напору. Чим важчий ґрунт за гранулометричним складом, тим більше в ньому тонко капілярних пор, чим він сухіший, тим більше води поглинається. Цей процес характеризується коефіцієнтом поглинання.

***Проходження води через водонасичені (до повної вологоємності) шари ґрунту або породи під впливом сил***

**гравітації й градієнту напору називають фільтрацією й характеризують коефіцієнтом фільтрації.**

Після припинення надходження води зверху відбувається перерозподіл її у ґрунтовому профілі стікання у нижні шари. Процес характеризується коефіцієнтом водовіддачі. Ці коефіцієнти стосовно всього ґрунтового профілю, так і окремих його шарів необхідно знати при вирішенні меліоративних задач (визначення методу й норми поливу, відстані між дренами, глибини промочування й т.д.).

На величину й характер водопроникності у значній мірі впливає пористість ґрунту й породи - величина, форма й напрямок пор, що у свою чергу, пов'язано з гранулометричним складом і структурністю. У ґрунтах і породах легкого гранулометричного складу (піщаних, супіщаних) та безструктурних водопроникність залежить лише від складених гранулометричних елементів; у ґрунтах структурних він обумовлений розмірами агрегатів, їх положенням відносно один одного й, головним чином, водостійкістю. Водопроникність зменшується з часом, так при насиченні ґрунту водою відбувається руйнування структури, поступове ущільнення за рахунок замулювання порового простору.

Водопроникність залежить від хімічного складу й особливо від обмінного натрію, який обумовлює диспергацію ґрунту. Від вологості ґрунту перед визначенням водопроникності залежить витрата води на всмоктування.

Переміщення вільної води у ґрунтах і породах зверху униз обумовлено різницею напору (тиску) зверху й унизу фільтруючого шару. Швидкість руху води зростає зі збільшенням різниці напору й зменшенням довжини фільтраційного шляху, тому що з останнім пов'язана протидія, яку випробовує вода при пересуванні. **Залежність швидкості фільтрації від величини напору була виявлена Дарсі у 1856 р., він же виразив її математичною формулою, яка отримала назву закону Дарсі.**

**Дарсі встановив, що витрати води на фільтрацію за одиницю часу прямо пропорційні різниці напору на обумовлений довжині ґрунтової колони й площі поперечного розрізу потоку й зворотну пропорційно довжині шляху фільтрації:**

$$Q = K \cdot S \cdot T (H/L), \quad (1.28)$$

де: Q - витрати води, м<sup>3</sup>, см<sup>3</sup>, мм; K - коефіцієнт фільтрації, мм/с, см/с, м/с; S - площа поперечного розрізу потоку води, см<sup>2</sup>, м<sup>2</sup>; T - час фільтрації, с, хв., г., доба; H - різниця гідростатичного тиску між верхнім і нижнім кільцями



фільтруючої колонки - утрати тиску, см;  $l$  - довжина шляху фільтрації, см.

Відношення втрати тиску  $H$  до довжини шляху фільтрації (1) носить назву гідравлічного градієнта або п'єзометричного похилу ( $I$ ):

$$I = H/l. \quad (1.29)$$

Підставляючи це значення, отримуємо:

$$Q = K \cdot S \cdot T \cdot I. \quad (1.30)$$

З останньої формули виводять коефіцієнт фільтрації або витрату води на одиницю площі  $S$  за одиницю часу  $T$  на одиницю ухилу  $I$  при даній температурі  $t$ :

$$K_t = Q/S \cdot T \cdot I. \quad (1.31)$$

Закон Дарсі виражають і рівнянням швидкості фільтрації:

$$v = KI, \quad (1.32)$$

де:  $v$  - швидкість фільтрації, мм/хв., см/с, м/добу.

При градієнті тиску рівному одиниці, коефіцієнт фільтрації  $K$  має розмірність швидкості фільтрації  $v$ .

Визначення водопроникності ґрунтів – одна з основних характеристик за якою можна визначити поверхневий стік при певній інтенсивності дощу або поливах. Як правило водопроникність ґрунтів визначають дослідним шляхом у польових умовах, але є й розрахункові методи. Д.Л. Арманду (1961) вдалося згрупувати ґрунти різного генезису й гранулометричного складу у класи за їх водопроникністю під час дощування (табл. 1.8).

Ґрунти першого класу характеризуються найменшою водопроникністю, а ґрунти п'ятого класу – найбільшою. Для визначення приналежності ґрунту до одного з класів необхідно знати його тип і гранулометричний склад.

Залежність інтенсивності всмоктування від інтенсивності дощу для ґрунтів різних класів описується відповідними кривими (рис. 1.6). Крива, яка відповідає п'ятому класу водопроникності ґрунту, займає найвище положення на малюнку, а нижче розміщуються криві, які відповідають більш низьким класам. Залежності швидкості всмоктування води ґрунтом від інтенсивності дощу мають зростаючий характер. Це пояснюється тим, що із збільшенням інтенсивності дощу збільшується доля площі, яка зайнята водою, тобто “робочою” площею у відношенні напірного всмоктування.

Показовим є те, що спочатку всі криві розміщуються під кутом  $45^\circ$  до горизонталі, тобто швидкість всмоктування рівна інтенсивності дощу, й стік не формується. Але рано або пізніше криві відхиляються до горизонталі, що відповідає моменту початку

формування стоку. Для ґрунтів 1 класу він відповідає інтенсивності дощу 0,1 мм/хв., для ґрунтів 5 класу – 1,1 мм/хв.

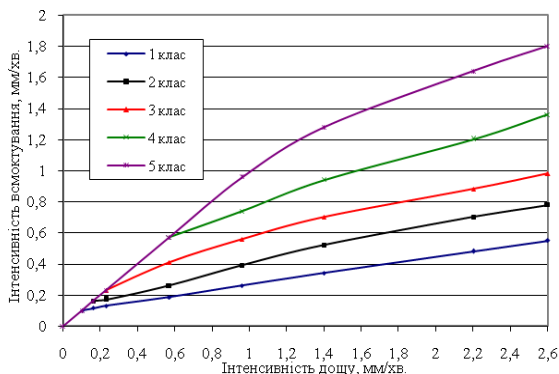
Таблиця 1.8. Класифікація ґрунтів за водопроникністю (Арманд, 1961)

Потенціальна структура	Типи й підтипи ґрунтів	Групи за гранулометричним складом				
		Глини й важкі суглинки	Середні й легкі суглинки	Супіски й сильнощербені ґрунти	Піски	Піски слабо задержані
Водостійка макро-структура	чорноземи типові, звичайні, південні	4	5	-	-	-
Макро-структура середньої стійкості	чорноземи вилужені, опідзолені, солонцюваті, темно-сірі й сірі лісові, темно-каштанові, лучно-чорноземні	2	3	4	-	-
Мікро-структура або нестійка макро-структура	підзолисті, світло-сірі лісові, світло-каштанові, глибоко-стовпчасті солонці	1	2	3	4	5

Користуючись цією схемою, легко розрахувати коефіцієнт стоку  $\sigma$  для ґрунту будь-якого класу, якщо відома інтенсивність дощу  $r$ . Для даного класу ґрунту заданої величини  $r$  відповідає певне значення інтенсивності всмоктування води  $K$  (рис. 1.6), тоді легко знайти **коефіцієнт стоку**:

$$\sigma = (r - K) / r. \quad (1.33)$$

Для оцінки водопроникності ґрунту у агрономічних і меліоративних цілях використовують також шкалу Н.А. Качинського (табл. 1.9).



*Рис. 1.6. Залежність інтенсивності всмоктування води у ґрунт від інтенсивності дощу для різних класів (див. табл.. 1.8)*

Таблиця 1.9. Оцінка водопроникності ґрунту важкого механічного складу (за Н.А. Качинським, напір води  $H = 5$  см при температурі  $10^{\circ}\text{C}$ )

Водопроникність, мм за першу годину	Оцінка
Більше 1000	Провальна
1000-500	Зайве висока
500-100	Найкраща
100-70	Добра
70-30	Задовільна
<30	Незадовільна

#### Контрольні питання

1. Як оцінюються запаси продуктивної вологи у ґрунті?
2. Назвіть форми води у ґрунтах. Яка їх доступність рослинам?
3. Перерахуйте водні властивості ґрунту. Який їх зв'язок із механічним складом ґрунту?
4. Охарактеризуйте водні властивості ґрунту. Який їх зв'язок із фізичними властивостями ґрунту?
5. Охарактеризуйте терміни загальна, найменша, гранична польова й польова вологемкості.
6. Який зв'язок між потенціалом ґрунтової вологи й вологістю ґрунту та між потенціалом ґрунтової вологи і вологопровідністю?
7. З якими фізичними властивостями ґрунтів пов'язана об'ємна й поверхнева вологопровідність?
8. Охарактеризуйте водоутримуючу здатність різних типів ґрунтів? Від яких властивостей ґрунту вона залежить?
9. Охарактеризуйте терміни: критичний рівень залягання ґрунтових вод; зона аерації. Який між ними зв'язок?
10. Які властивості ґрунтів впливають на величину й характер водопроникності?
11. Як класифікується водопроникність ґрунтів для меліоративних цілей за НА. Качинським?

## Розділ 2

# ВИПАРОВУВАННЯ ВОЛОГИ ТА ВОДОСПОЖИВАННЯ РОСЛИН

На зрошувальних системах водний і сольовий режими ґрунтів, що відповідають вимогам екологічної безпеки й агротехніки обробітку сільськогосподарських культур формуються в основному нормами водоподачі й дренажем (рис. 2.1).

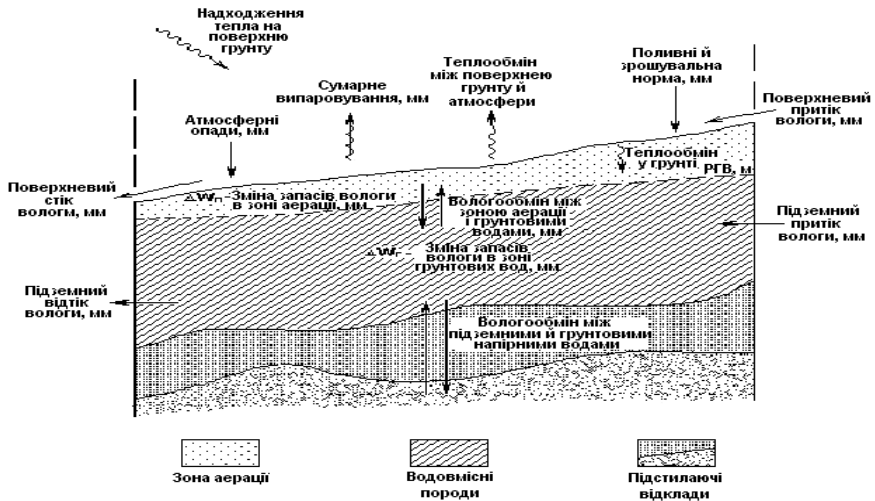


Рис. 2.1. Блок-схема дослідження балансу вологи на зрошуваних землях

Значення випаровування залежить від кількості опадів і геоморфологічних умов суші, від об'єму водойми, температури повітря, вітру, мінералізації води (чим вона більша, тим менше випаровування) від відносної вологості повітря (дефіциту насичення атмосфери водяними парами), виду вирощуваної культури й змінюється не тільки за роками, але й окремими місяцями.

**Розрізняють випаровування:** *сумарне* (із поверхні ґрунту + транспірація рослинами); *фізичне* (випаровування з поверхні ґрунту); *біологічне* (транспірація) та випаровування вологи з *водних басейнів*. На випаровування 1 г води затрачається 0,6 ккал тепла.

## 2.1. Випаровування вологи з водних басейнів

**Випаровування** - процес переходу води з рідкого у пароподібний стан унаслідок теплового руху молекул води. Швидкість цього руху зростає із збільшенням температури, разом із цим збільшується й випаровування.

**Випаровування з поверхні водних басейнів називають випаровуваністю.** Випаровуваність характеризує потенційну можливість максимального випаровування при невичерпних запасах вологи на поверхні випаровування й визначається, головним чином, припливом тепла.

**Потенційну місячну й добову випаровуваність** (у мм) із поверхні води ( $E_m$ ,  $E_d$ ) при середній температурі ( $t^\circ$ ) і відносній вологості повітря ( $a$ , %) визначають за формулами Іванова:

$$E_m = 0,0018 \cdot (25 + t^\circ)^2 \cdot (100 - a), \quad (2.1)$$

$$E_d = 0,00006 \cdot (25 + t^\circ)^2 \cdot (100 - a), \quad (2.2)$$

Значення  $t^\circ$  і  $a$  вимірюють психрометрами або використовують дані найближчих метеорологічних станцій. Беруть середні величини за відповідний термін часу. Значення випаровуваності з водної поверхні, як правило, нижче, ніж значення випаровуваності, розрахованого за дефіцитом вологості повітря.

**Місячну випаровуваність із поверхні водного басейну** без врахування швидкості вітру визначають за формулою В.К. Давидова:

$$E_0 = 15 D^{0,8} (1 + 0,125 W), \quad (2.3)$$

або за спрощеною формулою:

$$E_0 = 24,5 D^{0,8}, \quad (2.4)$$

де:  $D$  - середньомісячний дефіцит вологості повітря, мм;  $W$  - середньомісячна швидкість вітру м/с.

**Місячну випаровуваність із водної поверхні** за Б.Д. Зайковим визначають за наступною формулою:

$$E_0 = 0,2 n(e_0 - e_{200}) (1 + 0,85 W_{100}), \quad (2.5)$$

де:  $n$  - кількість днів у місяці;  $e_0$  - пружність насиченого водяного пару, розрахована за температурою води;  $e_{200}$  - теж саме на висоті 200 см над поверхнею ґрунту;  $W_{100}$  - середньомісячна швидкість вітру на висоті 100 см.

**Випаровуваність із відкритого торфовища** за А.І. Іваницьким розраховують за наступною формулою:

$$E = (e - f) (1 + 0,1 W) / 2,718t, \quad (2.6)$$

де:  $(e - f)$  - добовий дефіцит вологості повітря, мм;  $W$  - швидкість вітру, м/с;  $t$  - глибина залягання рівня ґрунтових вод, м.

## 2.2. Випаровування з поверхні ґрунту

Для вимірювання величини випаровування вологи з ґрунту використовують розрахункові методи, в основі яких лежить зв'язок гідрометеорологічних характеристик із сумарною величиною випаровування, й прибори різної конструкції. Найбільш відомим є польовий **метод водного балансу**. Баланс ґрунтової вологи складається з її накопичення а також витрат. Рівняння водного балансу має вигляд:

$$(Q + \Pi + K) - E \pm (A - B) - (C + C_1 + \Phi_{\text{ін}}) = 0, \quad (2.7)$$

де: Q - накопичення вологи за рахунок опадів;  $\Pi$  - конденсація вологи у вигляді пару; K - капілярний підтік (підживлення); E - витрата вологи на випаровування; A - початковий і B - кінцевий запас вологи у досліджуваному шарі ґрунту; C - стік поверхневий;  $C_1$  - стік усередині ґрунту;  $\Phi_{\text{ін}}$  - інфільтрація води за межі розрахункового шару.

З рівняння водного балансу випливає:

$$E = (Q + \Pi + K) - (C + C_1 + \Phi_{\text{ін}}) + (A - B), \quad (2.8)$$

У степових умовах при глибокому заляганні ґрунтової води у відсутності капілярного підживлення й стоку у літній період, нехтуючи незначною величиною  $\Pi$ , **величина випаровування** буде рівна:

$$E = [(Q + (A - B) - \Phi_{\text{ін}})] / T, \quad (2.9)$$

де: T - час, кількість діб.

При наявності стоку весною випаровування за цією формулою розраховувати не можна. Величину  $\Phi_{\text{ін}}$  легко визначити за зміною запасів вологи у шарах, що залягають нижче.

## 2.3. Водоспоживання рослин

**Водоспоживанням** називається витрата води на транспірацію й випаровування з 1 га вирощуваної культури ( $\text{м}^3/\text{га}$ ). **Коефіцієнтом водоспоживання** називається об'єм води в кубічних метрах, що витрачається за вегетаційний період на 1 тону продукції при природній її вологості.

**Випаровування** розглядається як із поверхні води або водонасиченого ґрунту. Розрізняють транспірацію, випаровуваність із водної поверхні, випаровування з поверхні ґрунту (фізичне випаровування) й сумарне випаровування або евапотранспірацію.

**Транспірація** - це фізіологічний процес випаровування води

**живими рослинами.** Основними органами транспірації є листки, у деяких рослин - видозмінені стебла.

Споживання рослинами вологи з ґрунту залежить від величини запасів вологи ( $W_r$ ), тиску ( $P_r$ ) й вологопровідності ( $K_r$ ). Відповідним чином позначаються такі ж показники й у рослини ( $W_p$ ,  $P_p$ ,  $K_p$ ). Чим вищі названі величини, тим легше поступає вода в рослину. Надходження води в рослину обумовлено перепадом тиску вологи у ґрунті й рослині й різними їх коефіцієнтами вологопровідності. Потік води із ґрунту в корінь рослини ( $Q$ ) підпорядковується рівнянню:

$$Q = K_r (P_r - P_p) / \Delta l, \quad (2.10)$$

де:  $\Delta l$  - довжина шляху.

Всисна сила рослин залежить від маси й довжини кореневої системи в одиниці об'єму ґрунту, фази розвитку рослини й її фізіологічних особливостей.

Інтенсивність транспірації залежить від виду рослин, дефіциту вологості повітря, його температури, швидкості вітру, вологості й температури ґрунту, експозиції, глибини залягання ґрунтових вод і ін. Величина транспірації оцінюється транспіраційним коефіцієнтом - кількістю кілограмів води, необхідних для синтезу 1 кг сухої органічної речовини в тканинах рослини. Ця величина змінюється від 200 до 1800 інколи й більше.

Великі витрати води на транспірацію не можна вважати марними, оскільки при цьому, крім охолодження рослин, забезпечується безперервний потік поживних речовин із ґрунту через кореневу систему до усіх органів рослин.

Безпосередньо на процес фотосинтезу йде лише близько 0,15-0,20 % від загальної кількості води, що забирається рослиною з ґрунту, але саме цей процес посідає ключове місце у землеробстві (Собко О.О., 2001). При фотосинтезі відбувається пряма трансформація енергії Сонця в хімічну енергію новостворюваної первинної органічної речовини, яка є основою всього органічного продукту на Землі. Усі інші статті витрат води так або інакше обслуговують саме цей процес.

**Швидкість транспірації** можна визначити за рівнянням:

$$V_T = V K_T / t S, \quad (2.11)$$

де:  $K_T$  - транспіраційний коефіцієнт;  $V$  - об'єм утвореної на визначеній площі ділянки сухої тканини рослин;  $t$  - тривалість часу вегетаційного періоду;  $S$  - площа транспірації.

Величина транспірації змінюється від  $(2,7-4,1) \cdot 10^{-4}$  у хвойних дерев до  $(6,3-6,8) \cdot 10^{-4}$  м/добу - у трав і сільськогосподарських культур. Рослини й дерева використовують вологу на транспірацію з різних глибин зони аерації, яка змінюється від 0,5-0,8 для капусти до 2-3 м для кормових буряків, озимих і ярових культур, до 7-12 м - для люцерни і до 20-30 м - для хвойних дерев.

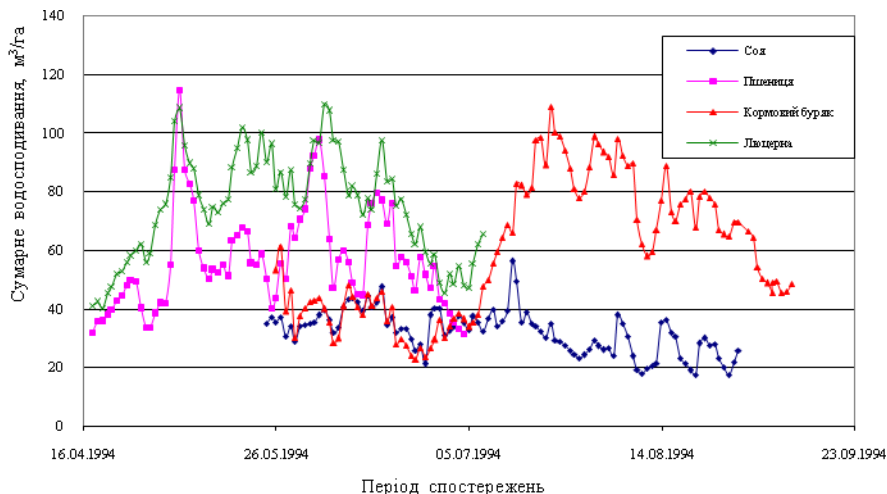
Переміщення води до поверхні випаровування відбувається за рахунок градієнту тиску вологи й вологопровідності у системі ґрунт-рослина-атмосфера й пасивним тиском кореневої системи рослин, пов'язаним із затратами енергії, яка вивільнюється при диханні.

**Пряме випаровування води з поверхні ґрунту називається фізичним випаровуванням.** Фізичне випаровування складає 40-60 % від величини сумарного випаровування, зменшуючись із півночі на південь.

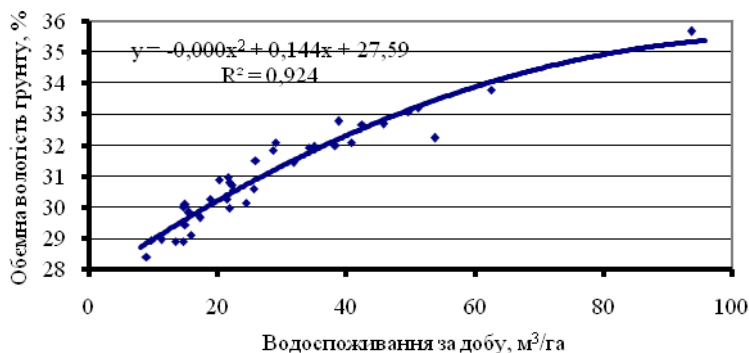
**Сумарне випаровування або евапотранспірація — це кількість води, яка переходить в атмосферу у вигляді пару в результаті транспірації рослинами (фізіологічне випаровування води, яка міститься в рослинах через поверхню) у сполученні з фізичним випаровуванням із ґрунту й з поверхні рослинності.** Сумарне випаровування знаходиться в прямій залежності від температури повітря, швидкості вітру й зворотної залежності від відносної вологості повітря. Евапотранспірація залежить також від механічного складу ґрунту й характеру рослинного покриву (його видового складу). Середньодобове сумарне випаровування сільськогосподарських культур в умовах чорнозему звичайного (Кам'янка-Дніпровська Запорізької обл.) змінюється від 18 до 116,8 м<sup>3</sup>/добу (рис. 2.2).

Коренева система рослин розвивається протягом усього вегетаційного періоду, а глибина її проникнення зворотно пропорційна вологості верхнього шару ґрунту. В будь-який період вегетації щільність кореневої системи рослин зменшується з глибиною й по периметру ґрунтового профілю від кореневої шийки. Та незважаючи на цю особливість, коренева система рослин інтенсивніше споживає вологу з того шару профілю ґрунту, де вища вологість, а поширене водоспоживання у відсотковому відношенні не пропорційне щільності кореневої системи. Крім того, встановлено криволінійну кореляційну залежність сумарного водоспоживання сільськогосподарських культур від рівня вологості кореневмісного шару ґрунту (0-100 см) (рис. 2.3).





*Рис. 2.2. Динаміка величини добового сумарного водоспоживання різних сільськогосподарських культур*



*Рис. 2.3. Сумарне водоспоживання кормових буряків степового Криму в залежності від вологості метрового шару ґрунту*

**Сумарне водоспоживання рослин** можна визначити безпосередніми вимірами у польових умовах; прийняти за аналогією в умовах близьких до проектних; вирахувати, наприклад, за коефіцієнтами водоспоживання й запланованою врожайністю за Костяковим:

$$E = UK, \quad (2.12)$$

де:  $U$  – запланований урожай, т/га;  $K$  – коефіцієнт водоспоживання, м<sup>3</sup>/т.

Коефіцієнт водоспоживання засвідчує, скільки води необхідно для формування одиниці врожаю. Значення його приймають за експериментальними даними наукових досліджень. Велика група методів розрахунку сумарного водоспоживання рослин заснована на кореляційному зв'язку водоспоживання з метеорологічними показниками (температура, дефіцит вологості повітря й ін.). За пропозицією І.А. Шарова **розрахунок сумарного водоспоживання рослин** виконують за формулою:

$$E = I\sum t + 4B, \quad (2.13)$$

де:  $\sum t$  – сума середньодобових температур за вегетаційний період, °С;  $I$  – коефіцієнт витрат води на 1 °С, який змінюється від 1,3 до 2,7 м<sup>3</sup>/га на 1 °С (у середньому можна прийняти 2 м<sup>3</sup>/га на 1 °С);  $B$  – число днів вегетаційного періоду.

Для умов України А.М. Алпат'єв, С.М. Алпат'єв запропонували **біокліматичний метод визначення сумарного водоспоживання**:

$$E = K_6 \sum D, \quad (2.14)$$

де:  $K_6$  – біокліматичний коефіцієнт мм/мб, який характеризує випаровування води зі зрошуваного поля, зайнятого сільськогосподарською культурою, при зволоженні ґрунту не нижче 70 % НВ;  $\sum D$  – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за період вегетації культур, мб.

Значення біокліматичного коефіцієнта залежить від виду сільськогосподарської культури й носить зональний характер. За даними С.А. Алпат'єва, для умов України значення  $K_6$  складають: для озимої і ярої пшениці – 0,4, кукурудзи – 0,38, цукрових буряків і томатів – 0,42, люцерни – 0,45. Перевага методу розрахунку водоспоживання за метеорологічними показниками – простота й доступність, недолік – не враховує впливу врожаю на водоспоживання культури, їх можна застосовувати лише в тих зонах, для яких встановлено значення емпіричних коефіцієнтів. Недоліком методу є те, що в кінці міжполивного періоду вологість ґрунту в активному шарі буває нижчою 65 % НВ, а метод розрахований на вологість не нижчу ніж 70 % НВ.

В умовах близького залягання рівня ґрунтових вод приток капілярної вологи  $W$ , в активний шар ґрунту із ґрунтових вод залежить від механічного складу й глибини залягання дзеркала води (табл. 2.1). При заляганні ґрунтових вод глибше 3 м приток капілярної вологи  $W$ , приймають рівним нулю.

Таблиця 2.1. Притік капілярної вологи ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в активний шар ґрунту різного механічного складу (дані М.Е.Багрова)

Ґрунти	Глибина залягання ґрунтових вод, м		
	1-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5
Супіщані легкі	600-1000	-	-
Суглинисті легкі	700-1200	500-1000	-
Суглинисті середні	900-1500	600-1200	-
Суглинисті важкі	1200-2000	800-1500	400-1000
Глинисті	1500-3000	1000-2000	500-1500

Найбільш надійним методом вважається метод розрахунку сумарного випаровування за даними водного балансу на основі врахування опадів і вологозапасів у зоні аерації з врахуванням підземного водообміну.

Застосування даного методу при використанні тензіометрів, дозволяє з високою точністю визначати один з основних елементів водного балансу - інфільтраційне живлення й вологість ґрунту.

Визначення меж низхідного й висхідного руху вологи у ґрунтах і породах робить гідрофізичний метод універсальним при вивченні елементів водного балансу ґрунтів. Для підвищення ступеню точності водно-балансових досліджень у натурних умовах виділяють у ґрунтах зони аерації підзони, які характеризуються перемінним або постійним напрямком вологопереносу.

Відомо, що в умовах рівноважного стану **щільність потоку вологи** ( $q$ ) визначають за формулою:

$$q = -K_w(dP/dZ - 1) = -K_w [(P_2 - P_1)/(Z_2 - Z_1) - 1] = 0, \quad (2.15)$$

тобто це і є межа, що розділяє потік на спадний і висхідний.

де:  $P_2, P_1$  - всмоктуючий тиск у нижньому й верхньому датчиках;  $Z_2, Z_1$  - глибина закладання нижнього й верхнього датчиків,  $K_w$  - коефіцієнт вологопровідності ґрунту, м/добу.

При неоднорідній будові активної зони визначають залежність всмоктуючого тиску ґрунту від його вологості  $P(W)$  для кожного різновиду ґрунту. Після цього будують графік, на якому на осі ординат наносять характеристику  $P(W)$  у межах виділених шарів у масштабі глибини, а на горизонталі (в інтервалах спостережень) - отримані значення об'ємного вологовмісту (рис. 2.4).

В точці пересікання основної гідрофізичної характеристики й визначених у процесі спостережень значень вологості дотримуються умови рівноваги вологи й розподілу потоку.

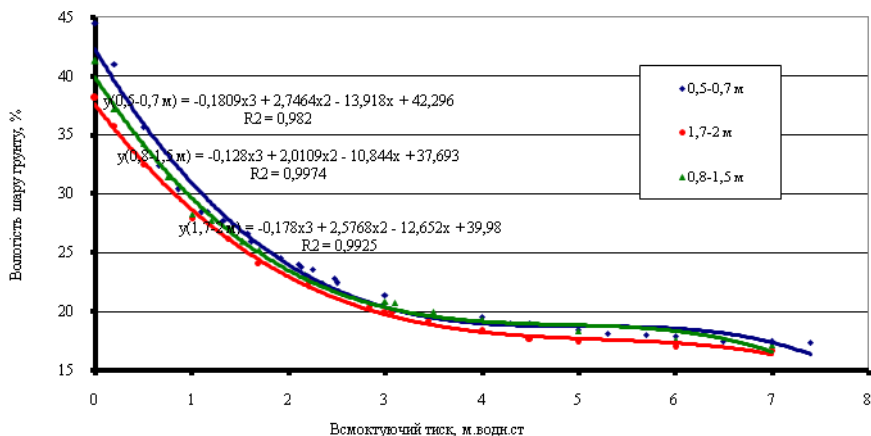


Рис. 2.4. Залежність вологості різних шарів чорнозему вилугуваного від величини всисного тиску (Запорізька обл.)

Такі точки знаходять і на інші моменти часу. За отриманими точками на різні моменти часу будують поверхню, яка розділяє спадний і висхідний потоки вологи. Під час поливу й випадання опадів в активному шарі ґрунту акумулюється частина вологи, частина витрачається на живлення ґрунтових вод та сумарне випаровування. На схилах частина вологи витрачається на поверхневий стік. Але при його відсутності величину сумарного випаровування ( $E$ ) легко визначити за результатами спостережень зміни вологозапасів у шарах до межі спадного руху вологи, результатами щільності потоку вологи з цієї межі й привнесенням вологи (опадів, поливів) на поверхню ґрунту. В цьому випадку **сумарне випаровування** визначають за формулою:

$$E = \Pi + O - (W_K - W_H) - qt, \quad (2.16)$$

де:  $E$  - сумарне випаровування з врахуванням випаровування з поверхні ґрунту, опадів і поливної води спільно з евапотранспірацією, мм;  $\Pi + O$  - поливи та опади, мм;  $W_K - W_H$  - вологозапаси в шарі активного водообміну на початок і кінець розрахункового періоду, мм;  $q$  - щільність потоку вологи з межі спадного руху, мм/добу;  $t$  - розрахунковий період часу, кількість діб.

Конденсацією парів нехтуємо. Поверхневий стік відсутній.

**Для міжполивного періоду сумарне випаровування** вираховують за спрощеною формулою:

$$E = (W_K - W_H) - qt, \quad (2.17)$$

**Вологозапаси** ( $W_H$ ,  $W_K$ ) будь-якого шару ґрунту визначають за формулою:

$$W_{H,K} = (10 \cdot h \cdot W) / 100, \quad (2.18)$$

де  $h$  - потужність шару ґрунту, см;  $W$  - об'ємна вологість ґрунту, %.

При розрахунку вологозапасів у ґрунтах активної зони (до глибини 3 м) потенціали вологи необхідно перевести у вологість, використовуючи криві залежності  $P(W)$ .

**В умовах близького залягання рівня ґрунтових вод сумарне водоспоживання сільськогосподарських культур** визначають за формулою:

$$E = O + m \pm \Delta W + q_n - q_{\text{інф}}, \quad (2.19)$$

де:  $E$  - сумарне випаровування, мм;  $O$  - сума ефективних (не менше 5 мм) атмосферних опадів, мм;  $m$  - величина зрошувальної норми, мм;  $\pm \Delta W$  - зміни вологозапасів у межах зони аерації за час спостережень, мм;  $q_n$  - сумарна величина підживлення ґрунтовими водами, мм;  $q_{\text{інф}}$  - сумарне інфільтраційне живлення ґрунтових вод, мм.

**Зміни вологозапасів** визначають за формулою:

$$\Delta W = (W_K - W_n)h \quad (2.20)$$

де:  $W_K$ ,  $W_n$  - кінцеві й початкові величини об'ємної вологи, %.

Розрахунок елементів водного балансу виконують на основі аналізу графіків режимних спостережень за величинами всисного тиску в ґрунті зони аерації, що вимірюють тензіометрами.

Величину **підживлення кореневої системи ґрунтовими водами й інфільтраційне живлення ґрунтових вод** розраховують за рівнянням:

$$Q = -K_B \cdot (d\psi/dz) \quad (2.12)$$

де:  $q$  - інтенсивність інфільтраційного живлення, мм;  $K_B$  - коефіцієнт вологопереносу, м/добу;  $d\psi/dz$  - градієнт потенціалу вологи в розрахунковому перерізі.

### Контрольні питання

1. Від яких параметрів залежить випаровуваність із поверхні водних басейнів?
2. Від яких природних умов залежить величина випаровування з поверхні ґрунтів?
3. Яка різниця між евапотранспірацією і транспірацією?
4. Назвіть методи визначення випаровування з ґрунтів.
5. Які фактори впливають на величину водоспоживання рослин?
6. Який вплив близького залягання рівня ґрунтових вод на водоспоживання рослин?

### Розділ 3

## ВОДНИЙ РЕЖИМ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ

*Водним режимом ґрунту називають сукупність усіх явищ надходження вологи у ґрунт, її переміщення, утримання у профілі й її витрачання.* Методичні основи оперативного управління поливами включають щоденну оцінку вологозапасів у ґрунті в шарі активного водообміну, що динамічно пов'язані з видом і фазою розвитку сільськогосподарської культури.

Структура бази даних для розрахунку поливних і зрошувальних норм має містити наступну інформацію (рис. 3.1):

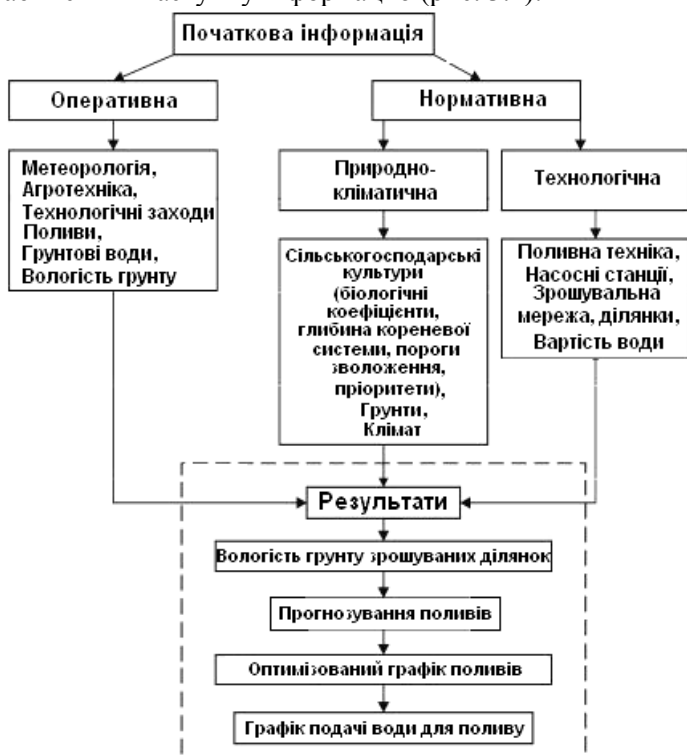


Рис. 3.1. Склад і структура інформаційної бази планування режиму зрошення

- декадні метеодані температури й вологості повітря, швидкості вітру, атмосферних опадів за 30-40-річний період спостережень;

- механічний склад, водно-фізичні й хімічні властивості ґрунтів кореневмісного шару й зони аерації;
- сільськогосподарські культури, терміни їх вегетації, глибина розповсюдження коренів;
- біокліматичні й мікрокліматичні коефіцієнти природної зони й сільськогосподарських культур.

Поливні режими сільськогосподарських культур для конкретних ґрунтово-кліматичних умов установлюються як експериментально, так і з допомогою розрахункових методів.

Основне джерело надходження води у ґрунт - атмосферні опади, поливи. Витрачається волога з ґрунту через випаровування, як самим ґрунтом, так і рослинами (за рахунок транспірації).

### 3.1. Вимоги до водного режиму ґрунту

Вода, як і світло, тепло, поживні речовини, повітря й ін., необхідна рослинам для нормальної життєдіяльності. Тільки при оптимальному поєднанні цих факторів можливе одержання найвищих врожаїв. У період росту рослини споживають велику кількість вологи, із якої тільки 0,15-0,2 % йде на створення рослинних тканин, а інша частина витрачається на транспірацію листям і стеблами. При не достатку вологи в рослинах відбуваються несприятливі фізіологічні процеси: спостерігається пригнічення, сповільнюється (або навіть припиняється) нагромадження рослинної маси, різко знижується врожай. Вода з ґрунту всмоктується кореневими волосками рослин із визначеною всмоктуючою силою, рівної різниці осмотичного й тургорного тисків.

У насиченій водою рослинній клітині тургорний тиск дорівнює осмотичному, а всмоктуюча сила - нулю, тобто рослина не має потреби у воді. В міру висушування клітки тургорний тиск знижується, а осмотичний зростає, при цьому збільшується й сисна сила. З ґрунту в рослину починає надходити волога.

Однак не завжди рослини можуть одержати необхідну кількість вологи, оскільки ґрунт також має сисну силу, тобто здатний завдяки капілярній будові всмоктувати й утримувати воду. Чим менші розміри ґрунтових часток і нижча вологість ґрунту, тим вища його всмоктуюча сила. При насиченні ґрунту водою до **повної вологоємності** (ПВ) сисна сила дорівнює нулю. У рослину вода

може надходити, якщо сисна сила кореневих волосків перевищує сисну силу ґрунту, тобто коли вологість ґрунту перевищує **вологість в'янення рослин** (ВВР).

При вологості активного шару нижчій ВВР швидкість пересування вологи в ґрунті різко знижуються й корені рослин одержують вологи менше, ніж витрачається на транспірацію, продуктивність рослин знижується. Але й надлишок вологи в ґрунті може привести до негативних наслідків. При вологості ґрунту вищій **найменшій вологоємності** (НВ) в активному шарі погіршується газообмін і рослина відчуває недолік у кисні, тобто найбільш сприятлива для життєдіяльності рослин вологість в інтервалі ВВР - НВ.

### 3.2. Вимоги сільськогосподарських культур до водно-повітряного режиму ґрунту

Для розвитку йросту сільськогосподарських культур, необхідні одночасно світло, тепло, вода, повітря й елементи живлення – вихідні матеріали для створення органічної речовини під дією світла в процесі фотосинтезу.

Вода надходить із ґрунту в рослину через його кореневу систему. У рослині йде постійний потік води від коренів до листів. Щоб рослина нормально розвивалося, цей потік повинен поповнювати усі втрати води на випаровування через листя, тобто в ґрунті завжди має бути **достатній запас ефективної вологи**. Для задоволення цієї вимоги вологість ґрунту має бути завжди близькою до її найменшої вологоємності.

Одночасно з водою в ґрунті повинен бути й кисень, що безупинно витрачається на дихання коренів рослин і аеробних бактерій, на окисні процеси, що відбуваються в ґрунті. Величезна кількість аеробних бактерій розкладає органічні речовини в ґрунті на мінеральні сполуки, необхідні для живлення рослин. Таким чином, друга основна вимога, пропонована рослиною до водно-повітряного режиму ґрунту, - це **постійний приплив повітря в ґрунт**.

Водний, повітряний і поживний режими ґрунту взаємозалежні й найбільш сприятливі для рослин тоді, коли в ґрунті всі капілярні пори заповнені водою, а некапілярні зайняті повітрям. Однак такого статичного положення в природі немає. З ґрунту вода постійно витрачається на випаровування з її поверхні й на транспірацію, тому



співвідношення в ґрунті води й повітря постійно міняється. При цьому вологість ґрунту в умовах зрошення не повинна опускатися нижче критичної (вологості, що відповідає розривові капілярів), при якій починає сповільнюватися нагромадження рослинної маси.

**Нижня границя допустимого зниження вологості ґрунту змінюється в залежності від ґрунтів і культур у межах 60-80 % найменшої вологоємності.** Для зернових, овочевих культур і люцерни нижня границя допустимого висушування різних ґрунтів складає (% НВ): супіщані - 65-60, легкосупіщані — 70-65, середньосуглинкові — 75-70, важкосуглинкові — 80-75. Чим важчий ґрунт, тим більший відсоток води недоступний для рослин і тим менше повітря в ґрунті залишається після поливу.

Кожна рослина висуває свої вимоги до температурного режиму ґрунту й повітря. На проходження кожної стадії розвитку рослині потрібна визначена сума середньодобових температур при наявності повною мірою інших факторів життя. Сильне підвищення температури ґрунту затримує ріст коренів, зменшує розчинність кисню у воді й у підсумку знижує врожай. Тому умови зовнішнього середовища повинні відповідати біології розвитку рослин.

### 3.3. Режим зрошення

Режим зрошення сільськогосподарських культур розробляють на основі водного балансу зрошуваного поля, тобто співвідношення приходу й витрати води на полі з урахуванням зміни її запасів у ґрунті за визначений проміжок часу (декада, місяць, вегетаційний період і ін.).

**Основні видаткові складові водного балансу** - транспірація вологи рослинами й фізичне випаровування з поверхні ґрунту. Оскільки роздільний облік цих складових утруднений, на практиці визначають їхню суму - сумарне водоспоживання або сумарне випаровування.

Вода, що надходить на поле, може в деяких випадках витрачатися на поверхневе й глибинне скидання. При високій агротехніці й правильній організації поливів ці втрати незначні, їх у розрахунках не враховують. **Основні прибуткові складові водного балансу** - атмосферні опади й волога, яка поступає у кореневмісний шар із ґрунтових вод (при їх неглибокому заляганні). У природних

умовах вологозабезпеченості часто в ґрунт надходить води менше, ніж необхідно для оптимального водоспоживання культур. Цей недолік вологи називають дефіцитом водного балансу й заповнюють подачею на поле зрошувальної води.

**Режим зрошення - вірно встановлені й розподілені протягом вегетаційного періоду кількості зрошувальної води (число, норми й терміни поливів), які забезпечують оптимальний для даної культури водний режим у кореневмісному шарі ґрунту при конкретних природних і агротехнічних умовах.**

Розрізняють проектний (або розрахунковий) і експлуатаційний режими зрошення. **Проектний режим зрошення** розробляють при проектуванні зрошувальної системи. Від нього залежать об'єми й терміни подачі води на поля, розміри каналів, трубопроводів і інших споруд, об'єми будівельних робіт і в кінцевому результаті вартість зрошувальної системи. Цей режим, необхідний для оперативного й сезонного планування водокористування.

За ступенем реалізації режим зрошення може бути *повним* (розрахований на оптимальне задоволення потреб рослин у воді й максимальний їх урожай), *іригаційно-можливим* (розрахований на обмежені водні ресурси) і *господарсько-можливим* (враховуються трудові ресурси, сільськогосподарські машини, поливна техніка й ін.).

Режими зрошення мають забезпечувати й підтримувати необхідну вологість ґрунту й поживний режим протягом періоду вегетації рослин, високі економічно й екологічно обґрунтовані врожаї сільськогосподарських культур та зберігати й відтворювати родючість ґрунтів.

Вологість ґрунту регулюють поливами. Інтервал часу, протягом якого проводять поливи, називають **поливним періодом**, інтервал часу від початку першого поливу до кінця останнього - **зрошувальним періодом**, інтервал часу між суміжними поливами - **міжполивним періодом**.

Поширені у практиці зрошувального землеробства типи поливних режимів відрізняються діапазоном закладеної в їх, основу вологості ґрунту, яку необхідно витримувати за глибиною зволоження кореневмісного шару рослин. Крім того, режими зрошення у великій мірі залежить від розташування природно-кліматичної зони на території країни, типу ґрунту, сільськогосподарської культури.

В умовах достатнього ресурсозабезпечення та доброго еколого-меліоративного стану земель Інститутом гідротехніки й меліорації

УААН запропоновано застосовувати оптимальні екологічно безпечні режими зрошення, розраховані на зволоження активного шару ґрунту та фази розвитку сільськогосподарських рослин (табл. 3.2).

Зазначений тип режиму зрошення є компенсаційним, а поливи є додатком до опадів, які не забезпечують покриття дефіциту водоспоживання сільськогосподарських культур (табл. 3.3).

Таблиця 3.2. Гранично допустимі значення оптимальних екологічно безпечних поливних норм ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) залежно від інтенсивності водоспоживання (за даними Ромащенко М.І., Писаренко В.А., Жовтоног О.І., Філіпенко Л.А.)

ар ґрунту,	Добова інтенсивність водоспоживання, мм для ґрунтів							
	<3	>3	<2	2-4	>4	<2	2-4	>4
	Глини, важкі		Середні суглинки			Легкі суглинки, супіски		
0,3	200	300	200	200	300	200	200	250
0,5	300	400	300	300	400	200	300	300
0,7	400	500	300	400	450	300	350	400
0,9	500	600	400	500	600	400	400	450

Таблиця 3.3. Зональні дефіцити водоспоживання сільськогосподарських культур ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в Україні залежно від природного зволоження ( $K_3$ )

Культура	Південний Степ		Північний Степ		Лісостеп	
	0,4-0,5	0,5-0,6	0,4-0,55	0,55-0,7	0,55-0,65	0,65-0,75
Сухий рік (95 %-ва забезпеченість)						
Пшениця озима	2250	1900	2100	1800	2000	1800
Ярий ячмінь	1700	1500	1700	1400	1500	1200
Кукурудза (зерно):						
середньостиглі гібриди	2900	2500	2600	2200	2100	1800
пізньостиглі гібриди	3500	3200	3200	2500	2400	2000
Соя	3000	2700	2600	2300	-	-
Соняшник	2800	2600	2400	2100	2000	1600
Кормові буряки	4100	3700	3600	3200	3300	3000
Люцерна 1 -го року	2600	2300	2400	2100	2000	1600
Люцерна 2-го року	4600	4200	4200	3700	3300	2900
Томати посівні	3400	3200	3100	2700	2500	2100
Картопля рання	2000	1700	1800	1500	1600	1300
Кукурудза на силос	3000	2400	2700	2100	2200	1900

### 3.4. Поливна норма, види поливів

**Поливна норма** – кількість води, яку подають на поле для зрошення сільськогосподарських культур за один полив. **Зрошувальна норма** - кількість води, яку витрачають на зволоження ґрунтів під сільськогосподарськими культурами за один зрошувальний період. Зрошувальна норма рівна сумі поливних норм. При розрахунку поливної норми необхідно виходити з того, що при поливі у ґрунт має бути подано таку кількість води, яка не порушить життєдіяльності рослин, не буде просочуватися в глибокі шари ґрунту й не буде поповнювати ґрунтові води.

Після поливу вологість ґрунту не повинна перевищувати найменшу вологоємність – тобто верхньої межі оптимального зволоження ґрунту. Нижня межа висушування ґрунту після поливу або дощу має орієнтовно відповідати 0,7 НВ (0,65-0,75 НВ). Отже, об'єм поливної води має бути не більшим, ніж запас вологи у ґрунті, рівний різниці НВ – 0,7 НВ.

Полівну норму ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) вираховують за формулою:

$$m = 100Hd_v (W_0 - W_1), \quad (3.1)$$

де: Н - активний шар ґрунту, м;  $d_v$  - середня щільність активного шару ґрунту,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $W_0$  - оптимальна вологість активного шару ґрунту, % маси сухого ґрунту, відповідає 90-100 % НВ;  $W_1$  - вологість активного шару ґрунту перед поливом, % маси сухого ґрунту. Полівну й зрошувальну норму виражають у мм або  $\text{м}^3/\text{га}$ .

З агрометеліоративної й організаційно-господарської точки зору виділяють наступні види поливів: **передпосівний, передпосівний вологозарядковий, вологозарядковий, провокаційний, вегетаційний, промивний.**

**Передпосівний полив** проводять із ціллю зволоження ґрунту й отримання дружних сходів, прискорення і швидкого росту й розвитку сільськогосподарських культур на початковій стадії. Це по суті вирішальний період їх, життя. Застосовують поливні норми від 400 до 600  $\text{м}^3/\text{га}$ . Поливи проводять борознами, напуском смугами та дощувальними машинами.

**Передпосівний вологозарядковий полив** проводять перед висіванням культур із ціллю отримання не тільки дружних і повних сходів, але й створення запасів вологи в більш глибоких (1,5-2,0 м) шарах ґрунту. Полівні норми 800-1500  $\text{м}^3/\text{га}$ . Поливи проводять глибокими борознами, напуском смугами.

**Провокаційний полив** проводять із метою визвати проростання бур'янів. Він має велике значення на забур'янених землях у степових районах, де через низьку вологість ґрунту насіння бур'янів накопичується й в природних умовах не проростає. Восени після збирання врожаю проводять перед оранкою полив, використовуючи наявну техніку, а потім після сходів проводять культивуацію. Інколи цю операцію доводиться повторювати декілька разів. Бур'яни знищують не тільки у верхніх, а й глибоких шарах ґрунту. Для цієї цілі рекомендується застосовувати невеликі зрошувальні норми (до  $200 \text{ м}^3/\text{га}$ ), які забезпечують зволоження ґрунту на глибину до 0,3 м,

**Вегетаційний полив** є основним. Для його проведення необхідно знати не тільки біологію сільськогосподарських культур і терміни настання найбільш відповідальних фаз і періодів росту й розвитку рослин, але й вологість ґрунту, погодні умови в період вегетації. На території України поливи слід розглядати, як додаток до опадів. Вегетаційні поливи мають велике агротехнічне значення, їх проводять різними способами: борознами, напуском смугами, затопленням, дощуванням. Поливні норми складають від 300 до  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ . При дощуванні поливні норми не перевищують  $500 \text{ м}^3/\text{га}$ .

За фізіологічним значенням вегетаційні поливи можуть бути **зволожувальними** (для підтримки в активному шарі визначеної вологості) і **освіжаючими** (для підвищення вологості приземного шару ґрунту, охолодження й запобігання від забруднення листя, а відповідно, покращення асиміляції й фотосинтезу). Освіжаючі поливи проводять нормою  $50\text{-}100 \text{ м}^3/\text{га}$ . Такі поливи корисні при атмосферній посусі для овочів, картоплі, буряка й ін. культур.

**Промивний полив** проводять, як правило, в осінній або осінньо-зимовий період для видалення із ґрунтів і материнської породи в дренажну мережу надлишку водорозчинних солей. Промивний полив проводять поливною нормою  $1,5\text{-}2,5 \text{ тис. м}^3/\text{га}$  напуском смугами або в чеках.

Для окремих сільськогосподарських культур терміни й кількість вегетаційних поливів коливається в значних межах і залежить від природно-кліматичних умов конкретного року. **Орієнтовну кількість поливів протягом вегетаційного року можна виразити так:**

для озимих (пшениця, жито, ячмінь) — 2-4 у фази початку трубкування, колосіння й наливу зерна;

для ярої пшениці, вівса, ячменю, проса - 3-4 у фази початку

кущення, трубкування, колосіння або викидання китиці, початку наливання зерна;

для гороху й гірчиці - 3-5 у фази перед розгалуженням, появи гілок, перед утворенням бутонів, початку цвітіння, масового зав'язування бобів;

для кукурудзи - 2-6 (особливо чутлива до не достатку вологи у ґрунті за 10-15 діб до викидання китиці й у фазу молочної стиглості зерна);

для соняшнику - 2-3, перший у фазу 5-6 пар листків, другий - у фазу утворення корзинок - цвітіння, третій - (у посушливі роки) у фазу початку наливання зерна (найбільш чутливий до нестачі вологи за дві неділі до цвітіння, в фазу цвітіння й через 2-3 неділі після цвітіння);

для кормових і цукрових буряків і інших коренеплодів - 4-5 (у фази: після проростання, змикання рядків, перед змиканням міжрядь, максимального росту листків і початку стовщення кореня, максимального росту кореня за три неділі до збирання);

для картоплі весняної й літньої посадки - 3-5 (у фази: до бутонізації, бутонізації - початку цвітіння, після цвітіння, максимального росту бульб);

для капусти, томатів, баклажанів, огірків - 6-10 (у фази: після посадки, після підсадки, укорінення, розростання листків у капусти й бутонізації у томатів, баклажанів і огірків, початку зав'язування качана у капусти й цвітіння томатів, баклажанів і огірків, утворення качана у капусти й зав'язі у томатів, баклажанів і огірків, наростання маси качана й плодів у томатів, баклажанів і огірків, інші поливи у періоди дозрівання капусти й масових зборів томатів, баклажанів і огірків);

для однорічних трав (віка, суданка, могар) — 3-4 (у фази до початку розгалуження або кущування, появи гілок і початку трубкування, початку цвітіння або викидання китиці, початку дозрівання). При наступному відростанні проводять післяякісні поливи в тій же відповідності;

для люцерни й інших багаторічних трав при покрові іншими культурами (ячмінь, овес) - 2-3 (перший полив після збирання покривної культури, другий - в період відростання до появи бутонів, третій — після укосу);

для люцерни й інших багаторічних трав 2-го і 3-го року (на сіно) — 6-8 (у фази весняного відростання, після першого укосу, між

першим і другим укусами, після другого укусу, між другим і третім укусами, після третього укусу, між третім і четвертим укусами, після четвертого укусу, він є вологозарядковим, а на засолених землях - промивним). Люцерна й інші багаторічні трави 2-го року на насіння поливають менше разів, ніж трави на сіно, тому що рясні поливи сприяють розвитку зеленої маси в ущерб утворенню насіння. Для них число поливів 3-4 (найбільш критичні фази: відростання, до бутонізації, бутонізації, бутонізації й початку цвітіння, утворення бобів). Перед збиранням насіння рекомендується дати ще один полив із ціллю зменшення обсіпання бобів;

для плодових, ягідних культур та винограду - 3-5 (у фази: після цвітіння й утворення зав'язі, після формування й опадання зав'язі, посиленого росту плодів і ягід, формування квіткових бруньок, наливання плодів і ягід). Для столових сортів винограду дають більше поливів ніж для винних.

### 3.5. Визначення термінів поливів

Терміни поливів визначають різними методами.

**Ваговий метод.** На полі спостереження проводять на різних за абсолютними відмітками поверхні землі ділянках: підвищеній, прилеглої до водоспуску й пониженій частинах поля. Якщо поле рівне, можна проводити спостереження на його середині.

Зразки на вологість ґрунту відбирають буром із глибин кожні 10 см до одного метра або на всю глибину кореневого шару. Глибину занурення бура контролюють за відмітками, нанесеними із зовнішньої сторони. Занурюють бур у ґрунт, провертаючи його за годинниковою стрілкою на задану глибину, витягнутий ґрунт, який знаходився в стакані бура, переносять у попередньо зважений металевий сушильний стаканчик, закриваючи кришкою. Після взяття зразку стаканчик із ґрунтом доставляють у лабораторію й зважують із точністю до 0,01 г. Стаканчики, вставлені нижнім кінцем у кришки, помішують у сушильну шафу і висушують при температурі 105 °С до постійної маси.

Перше зважування стаканчиків із ґрунтом проводять після шестигодинного просушування, попередньо охолодженого до кімнатної температури в ексікаторі із  $\text{CaCl}_2$ . Охолодження й зважування ведуть із закритими кришками. Потім, відкривши кришки, стаканчики з ґрунтом знову поміщують у сушильну шафу

для контрольного просушування. Через 1-2 години їх виймають із шафи, охолоджують і зважують.

Якщо розходження в масі між першим і другим зважуванням нема, висушування закінчують. У випадку зменшення маси після повторного зважування сушку продовжують до постійної маси.

**Метод визначення терміну поливу за вологістю одного горизонту ґрунту.** Вологість ґрунту на глибині 30-40 см практично співпадає з вологістю розрахункового шару ґрунту. За даними Українського науково-дослідного інституту зрошуваного землеробства, на озимій пшениці в червні на глибині 40 см вологість рівнялась -14,9 %, у шарі 0-70 см - 14,6 %, 0-100 см - 14,5.

Отже, визначення вологості ґрунту на глибині 30-40 см значно прискорює отримання необхідних даних. При такому методі відбору зразків одна людина за добу може визначити вологість ґрунту на 10 полях і встановити необхідність проведення поливу.

**Тензіометричним** використовуючи досить прості прилади, які реєструють тиск ґрунтової вологи. Тензіометр калібрують на автоматичну реєстрацію критичної вологості, яка відповідає нижньому рівню критичної вологості, яка відповідає нижньому рівню оптимальної вологості ґрунтів для розвитку певної культури.

**Фізіологічним,** тобто діагностикою вологості ґрунту за стабільністю тургору листків вирощуваної культури: полив необхідний, якщо нижні листки культур у денні години в'януть і цей стан зберігається потім і в нічні години й рано-вранці.

Розроблені **графоаналітичним способом** режими зрошення сільськогосподарських культур є в певній мірі статистичними (усередненими). При цьому менші поливні норми варто призначати в початкові фази розвитку рослин і у вологі роки, а більші – в критичні фази розвитку рослин і посушливі роки з стійким дефіцитом ґрунтової вологи.

На рис. 3.2 приведено приклад розроблених графоаналітичним методом режимів зрошення для люцерни на сіно в умовах лісостепової ґрунтово-кліматичної зони.

### 3.6. Типи водного режиму ґрунтів

**Водним режимом ґрунту називають сукупність усіх явищ надходження вологи у ґрунт, її переміщення) утримання у профілі й її витрачання.**



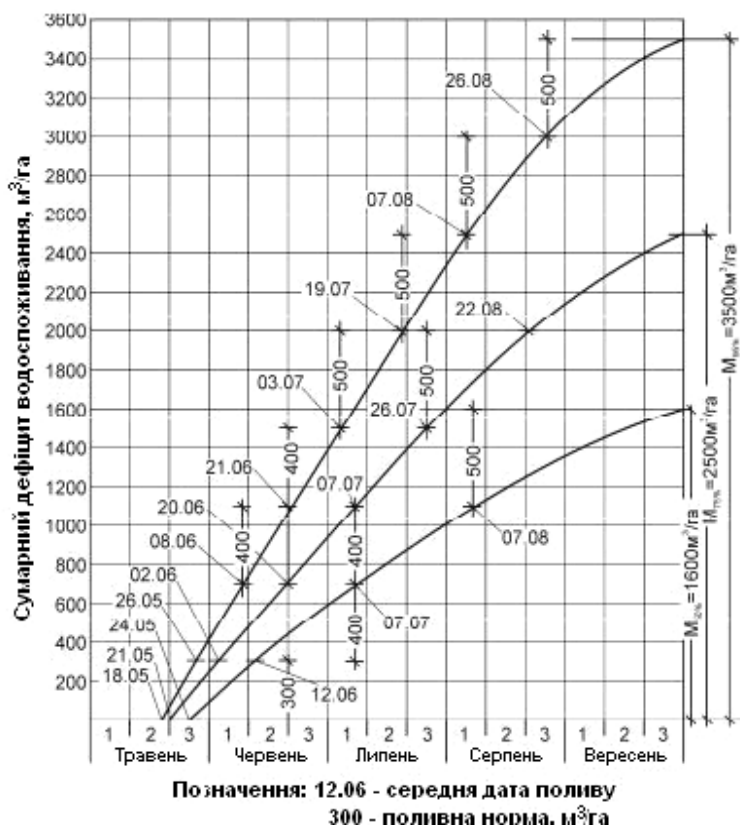


Рис. 3.2. Графоаналітичний розрахунок режиму зрошення люцерни в умовах лісостепової зони для 50, 75, 95-% забезпеченості

Залежно від надходження й витрати вологи в різних природних умовах А.А. Роде розвиваючи вчення Г.М. Висоцького, виділив 6 типів водного режиму, які розділені на ряд підтипів (табл. 3.3).

**1. Мерзлотний тип.** Має місце у районах розповсюдження багаторічної мерзлоти. Мерзлий шар ґрунту й материнської породи є водотривом, який обумовлює наявність надмерзлотної верховодки. Тому верхня частина ґрунту, який розмерзається протягом вегетації, насичена водою.

**2. Промивний тип водного режиму** буває у тих широтах, де опадів випадає більше, ніж витрачається, тобто вода промиває профіль ґрунту.

Таблиця 3.3. Класифікація типів водного режиму ґрунтів

Тип	Підтип	Клас
Мерз-лотний	Не розроблена	
Промивний	Атмосферного живлення	Повного насичення (болотний)
		Капілярного насичення (напівболотний)
		Періодичного капілярного насичення (тайговий)
		Наскрізного найменшого насичення (південно-тайговий)
	Ґрунтово-атмосферного живлення (з близькими до поверхні водами)	Повного насичення (ґрунтово-болотний)
		Капілярного насичення (ґрунтово-напівболотний)
		Періодичного капілярного насичення (ґрунтово-тайговий)
	Ґрунтово-атмосферного живлення з додатковим паводковим ( з близькими до поверхні водами)	Повного насичення (заплавно-болотний)
		Капілярного насичення (заплавно-напівболотний)
		Періодичного капілярного насичення (заплавно-тайговий)
		Періодичного капілярного насичення (лучно-лісостеповий)
Періодично промивний	Атмосферного живлення	Чергування наскрізного найменшого насичення (лісостеповий)
	Атмосферного живлення з додатковим поверхневим	Періодичного капілярного насичення (лучно-потукулярний)
		Чергування наскрізного й не наскрізного найменшого насичення (степовий потукулярний)
Непромивний	Атмосферного живлення	Не наскрізного найменшого насичення (степовий)
Десуктивно-випотнілий	Ґрунтово-атмосферного живлення (з близькими до поверхні водами)	Періодичного капілярного насичення (лучно-степовий)
		Капілярного насичення (лучний)
Випотнілий	Атмосферно-ґрунтового живлення (з близькими до поверхні водами)	Повного насичення(болотно-солончаковий)
		Капілярного насичення (солончаковий)

При цьому у верхньому горизонті розчиняються деякі профіль

сполуки й вимиваються вглиб або й зовсім виносяться у річки та водоймища. Таке явище спостерігається у північних широтах, покритих підзолистими й дерново-підзолистими ґрунтами.

У цих умовах 30 % вологи затримується кроною дерев, 5 % - витрачається на поверхневий стік, 10 % - на фізичне випаровування й використання трав'янистою рослинністю, 10 % - внутрішній ґрунтовий стік, 30 % - використовується корінням дерев, 15 % - інфільтрація на рівень ґрунтової води. В подібних умовах формуються червоноземи та жовтоземи. Болотний підтип водного режиму формується при близькому до поверхні заляганні ґрунтових вод, слабкій водопроникності ґрунту й материнських порід. Характерний для підзоло-болотних і болотних ґрунтів.

Необхідно відмітити, що промивний тип водного режиму спостерігається й на зрошуваних ґрунтах півдня України.

**3. Періодично промивний тип**, характерний для природних зон із коефіцієнтом зволоження 0,8-1,2, коли середня багаторічна сума опадів рівна випаровуванню. Для цього водного режиму характерне чергування обмеженого промочування ґрунтового профілю в сухі роки, а також наскрізного промочування у вологі. Промивання ґрунтів надлишком опадів створюється 1-2 рази у декілька літ. Такий водний режим, характерний сірим лісовим ґрунтам, чорноземам опідзоленим і вилугуваним.

**4. Непромивний тип** водного режиму характерний для зон, де коефіцієнт зволоження менший одиниці, коли випаровування рівне інфільтрації води у ґрунт. Вода атмосферних опадів у цих широтах не промиває зверху суцільний шар ґрунту. Між верхнім зволоженим шаром ґрунту (до 70 см) й ґрунтовими водами залишається не зволожений горизонт. Обмін вологою відбувається шляхом переміщення води у формі пару. Такий водний режим розвивається у степових ґрунтах - чорноземах та каштанових, бурих напівпустинних, сіро-бурий пустинних ґрунтах. При цьому 15 % вологи затримується кроною рослинності 25 % використовується на фізичне випаровування й 60 % - волога, яка використовується рослинним покривом. У цих зонах знижується кількість опадів і зростає випаровування, а коефіцієнт зволоження знижується до 0,6-0,1. Річним вологообміном охоплюється товща ґрунту від 4 м (степові чорноземи) до 1 м (пустельно-степові, пустельні ґрунти). Запаси вологи, накопичені в степових ґрунтах за рахунок опадів в осінньо-зимовий період і танення снігу, інтенсивно використовуються на

транспірацію й фізичне випаровування з весни до осені, коли вони стають незначними. У верхніх шарах ґрунтів спадні токи вологи переважають над висхідними.

**5. Випотнілий тип водного режиму - це коли випаровування більше інфільтрації води у ґрунт.** Уся волога, яка поступає у ґрунти з опадами використовується на випаровування. Крім того, на випаровування використовується й ґрунтова вода. Цей тип водного режиму характерний для пустельних зон із близьким заляганням ґрунтових вод, де розвиваються солончаки. Для водного режиму характерне переважання висхідних потоків вологи у ґрунтах за рахунок підживлення з рівня ґрунтових вод капілярами. При високій мінералізації ґрунтових вод у ґрунти поступають легкорозчинні солі й ґрунт засолюється.

**6. Іригаційний тип.** Створюється при додатковому зволоженні ґрунту зрошувальними водами. При зрошенні в різні періоди проявляються різні типи водного режиму. В період поливу формується промивний тип, який змінюється пізніше не промивним і навіть випотнілим, внаслідок чого у ґрунтах періодично створюється східні й висхідні токи вологи.

### **3.7. Вплив зрошення на зовнішнє середовище, ґрунт і врожай**

При зрошенні поливна вода впливає на рослину, створюючи сприятливі водний і повітряний режими ґрунту мікроклімат приземного шару повітря, температуру ґрунту, на фізико-хімічні й біологічні процеси в ґрунті. Зволоження підвищує потенційну родючість ґрунту, забезпечує рослини доступною вологою, активно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Врожаї при зрошенні одержують у 2-5 разів вищі, ніж без зрошення.

Протягом 7-10 діб після поливу різниця температури повітря, ґрунту й відносної вологості повітря згладжується. Полезахисні лісосмуги підсилюють вплив зрошення на мікроклімат.

Температура ґрунту й повітря в денні години на зрошуваному полі нижча, а в нічний час вища в порівнянні з незрошуваним. Поливи підвищують вологість повітря приземного шару, зменшують випаровуваність, унаслідок чого послабляється повітряна посуха знижується транспірація, нормалізується тургор рослин. На зрошуваному полі амплітуда коливань температури повітря й ґрунту

менша, ніж на незрошуваному. У холодну погоду за допомогою зрошення зігрівають ґрунт і повітря, що дозволяє знешкоджувати дію заморозків до  $-3,5^{\circ}\text{C}$ . Поливи підвищують відносну вологість повітря (різниця досягає 20-50%), знижують максимальну температуру поверхні ґрунту (різниця досягає  $25^{\circ}\text{C}$ ) й зменшують амплітуду її коливання в порівнянні з незрошуваним на  $10-15^{\circ}\text{C}$ .

На зволоженому ґрунті асиміляція у рослин протікає інтенсивніше, ніж на незрошуваному полі. Коренева система у вологому ґрунті швидко росте й безперервно забезпечує рослини водою й живленням у необхідній кількості, що сприяє росту й розвитку сільськогосподарських культур.

Поливи сприяють більш інтенсивному поглинанню рослинами сонячної енергії. В умовах бінарного землеробства на фотосинтез використовується не більш 3 % сонячної енергії, що надходить на поверхню ґрунту, а при зрошенні (при оптимальному зволоженні кореневмісного шару) - 12-14 %.

Зволоження ґрунту підвищує якість врожаю. При достатній кількості азоту в ґрунті збільшується вміст протеїну в зерні пшениці; в олійних культурах накопичується більше жиру, у цукровому буряку - цукру, у картоплі - крохмалю; у бавовнику збільшуються довжина й міцність волокна, поліпшуються смакові якості, аромат і забарвлення плодів і овочів. При оптимальному зволоженні знижується питомий опір при оранці, поліпшується якість обробітку ґрунту. Зволожені ґрунти не піддаються вітровій ерозії.

Поливна вода, що містить велику кількість натрію, підвищує лужність ґрунту (поглинутий натрій сприяє диспергуванню, підсилює анаеробний процес, сповільнюючи розкладання органічних залишків рослин, сприяє нагромадженню гумусу й утворенню грудкуватої структури). Мулисті наноси, принесені на поля з поливною водою, підвищують родючість ґрунту.

При поливі збільшується ступінь розчинності з'єднань фосфорної кислоти, утворюється колоїдний розчин гумусу, що поліпшує фосфорне живлення рослин. Однак при неправильних надлишкових поливах вода може зробити і несприятливий вплив на ґрунт, викликати підйом рівня ґрунтових вод, збільшити вміст у них розчинних солей і як наслідок вторинне засолення й осолонцювання ґрунту, вимивання поживних речовин із верхніх шарів у нижні й ін. При поливі навесні холодною водою й температурі повітря нижчій  $20^{\circ}\text{C}$  температура листків рослин і повітря знижується, що знижує

фотосинтез, сповільнює ріст і розвиток багатьох сільськогосподарських культур. Несвоєчасні поливи, занижені поливні норми знижують врожаї сільськогосподарських культур, зменшують ефективність використання зрошуваних земель і зрошувальної води. Полив сильно мінералізованою водою гнітить рослини, знижує кількість і якість врожаю.

Отже, сприятлива дія зрошення на ґрунт і врожай виявляється повною мірою тільки тоді, коли поливи проводяться правильно, у комплексі з відповідною агротехнікою, коли зрошувальна вода подається в терміни й у кількостях, що відповідають потребам рослин. На зрошуваних землях врожай сільськогосподарських культур буває вищим, ніж на богарних, тобто при зрошенні виноситься з ґрунту більше поживних речовин, ніж без зрошення. Тому в зрошувані ґрунти рекомендується вносити більше різних добрив.

### **Контрольні питання**

1. Що таке водний режим ґрунту? 2. Що таке коефіцієнт природного зволоження? 3. Як забезпечена територія України кількістю опадів? 4. Яке співвідношення між сумою опадів за вегетаційний період і випаровуванням із водної поверхні в різних кліматичних зонах України? 5. Що таке режим зрошення? 6. Чим відрізняються між собою різні типи режиму зрошення? 7. Яка різниця між поливною та зрошувальною нормами? 8. Назвіть основні вимоги до водного режиму ґрунтів. 9. Назвіть найбільш поширені види поливів, їх особливості, умови застосування? 10. Назвіть критичні фази розвитку сільськогосподарських рослин, які вимагають проведення поливів? 11. За якими методами визначають терміни поливів? 12. Охарактеризуйте ваговий метод визначення терміну поливу? 13. Чим характеризується промивний тип водного режиму? 14. Що характерне для не промивного типу водного режиму? 15. Чим характеризується випотнілий тип водного режиму, для яких ґрунтів він характерний? 16. Який вплив зрошення на зовнішнє середовище, ґрунти й урожай рослин?

## Розділ 4

### ВОДНІ РЕСУРСИ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ, ЇХ ЯКІСТЬ, МЕТОДИ ІРИГАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ

*Водні ресурси прісних вод для зрошення – усі природні ресурси, які містяться в частині гідросфери України, представлені слабо мінералізованими підземними, стічними, текучими річковими водами, водою озер, водосховищ та ставків.*

#### 4.1. Водні ресурси для зрошення

*Забезпеченість України водними ресурсами* є однією з найнижчих у Європі. Ресурси річкових вод України у середній за водністю рік оцінено у  $52,4 \text{ км}^3$ . З урахуванням притоку із суміжних держав середній багаторічний річковий стік сягає  $87,1 \text{ км}^3$ . При врахуванні стоку Дунаю Кілійським гирлом загальні водні ресурси збільшуються до  $209,8 \text{ км}^3$ .

Більше половини річкових вод зосереджено на територіях, де водоспоживання не перевищує 5% загальнодержавного. У східних та південних регіонах водозабезпеченість недостатня і здійснюється за рахунок урегульованості стоку та перекидання стоку з р. Дніпро.

*У каскаді дніпровських водосховищ зрегульовані*  $43,8 \text{ км}^3$  води, або майже 80 % стоку території держави. Загальна урегульованість стоку держави у понад 1000 водосховищах -  $55 \text{ км}^3$  води.

Прогнозні ресурси підземних вод України оцінюють у  $22,5 \text{ км}^3/\text{рік}$ , а експлуатаційні запаси цих вод становлять  $5,7 \text{ км}^3/\text{рік}$ .

Стічні води сільського господарства, скинуті у природні водні джерела, в останні 15 років становили від  $6,33 \text{ км}^3$  у 1991 р. до  $2,66 \text{ км}^3$  у 1999 р. У затоки Чорного й Азовського морів щорічно скидається до  $0,8 \text{ км}^3$  дренажно-скидних вод із зрошувальних систем, які частково можна використати для зрошення. Площа зрошуваних земель в Україні в 1990 р. складала 2465,9 тис. га. З них у 1998 р. поливалося всього 1801 тис. га (Яцик А.В., 2001). Нині зрошується не більше 600 тис. га.

За останні 15 років на зрошення одного га площі земель у державі витрачалося води від  $3390 \text{ м}^3/\text{га}$  у 1990 р. до  $1203 \text{ м}^3/\text{га}$  у 1998 р., а загальні витрати води на зрошення при цьому становили  $7,76-2,17 \text{ км}^3$  за вегетацію (Яцик А.В., 2001).

На 70-73 % площі зрошуваних земель використовують поливні

води з мінералізацією менше 1 г/дм<sup>3</sup>, на 18-20 % площ зрошуваних земель застосовують воду з мінералізацією 1-2 г/дм<sup>3</sup>, а на площі 7-9 % - більше 2 г/дм<sup>3</sup>.

Аналіз літературних даних свідчить, що загальна мінералізація води джерел зрошення змінюється в досить широких межах - від 0,3-0,5 до 3,5 г/дм<sup>3</sup> і більше. Значна мінливість загальної мінералізації води джерел зрошення обумовлена різним хімічним складом: від гідрокарбонатного кальцієвого (рр. Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг) до хлоридного натрієвого (р. Інгулець, оз. Сасик), сульфатно-натрієвого (р. Інгул, озера Кагул, Катлабуг, Китай, Ялпуг), гідрокарбонатного магнієвого, гідрокарбонатного натрієвого та інших типів в дренажно-скидних водах.

В умовах посушливого клімату при зрошенні врожайність зернових культур збільшується в 1,5-2,0 рази, кормових – 3-4 рази. При дотриманні рекомендованих режимів зрошення, структури посівів, обробітку ґрунту й системи добрив родючість ґрунтів не знижується.

## **4.2. Джерела зрошення з прісною водою**

До джерел зрошення України з прісними водами, які використовуються для поливів сільськогосподарських культур, відноситься води басейнів річок Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг, Орель, Ворскла, Псел, Хорол, Сула, Удай, Салгір, Біюк-Карасу, Альма, Кача, Бельбек, Чорна й ін. менш значних.

### **4.2.1. Річка Дніпро**

Найбільш значним джерелом зрошення земель півдня України є р. Дніпро. Довжина річки 2201 км (у межах України 981 км), площа басейну 504 тис. км<sup>2</sup>. Пересічна витрата води 1700 м<sup>3</sup>/с, річний стік 53,5 км<sup>3</sup>. Її водами зрошуються землі Каховської (262 тис. га), Приазовської, (31,85 тис. га) Генічеської, Північно-Рогачицької (81,8 тис. га), Сірогозьської (116,5 тис. га) Краснознам'янської (72,5 тис. га), Каланчакської, Криворізької (30 тис. га), Північно-Тарасівської (10,8 тис. га), Октябрської (13,5 тис. га) зрошувальних систем і численних зрошувальних систем уздовж Північно-Кримського (358,7 тис. га) і Дніпро-Донбас (165 тис. га у тому числі: Магдалинівська 25,7 тис. га; Царичанська 12,83 тис. га) каналів. Загальна площа



зрошуваних земель у 1991 р. перевищувала 1,5 млн. га.

Загальна мінералізація води у водозаборах магістральних каналів змінювалася в межах 290-590 мг/дм<sup>3</sup>. У хімічному складі серед аніонів переважає HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> із вмістом 131-195 мг/дм<sup>3</sup>, серед катіонів - кальцій - 38-54 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація інших іонів змінювався в межах: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 42-192; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - 0-12, Cl<sup>-</sup> - 32-60; Mg<sup>2+</sup> - 14-56, Na<sup>+</sup> - 25-37, K<sup>+</sup> - 2,7-6,7 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.1). Загальна мінералізація води в останні 30 років поступово зростає. Так, у вегетаційний період 1983 р. вона складала 228-350 мг/дм<sup>3</sup>, у 1993 р. - 360-560, у 2001 р. - 397-590 мг/дм<sup>3</sup>. У літні місяці зростала й усереднена величина рН із 7,7 у 1983 р. до 8,54 у 2001 р.

Таблиця 4.1. Хімічний склад води джерел зрошення, мг/дм<sup>3</sup>

Інгредієнти	Дніпро	Дунай	Дністер	Південний Буг
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0-12	0-6	0-9	0-9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	131-195	165-195	195-274	171-289
Cl <sup>-</sup>	32-60	45-80	32-77	36-75
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	42-192	18-96	75-172	41-158
Ca <sup>2+</sup>	38-54	28-58	46-70	43-82
Mg <sup>2+</sup>	14-56	14-42	14-44	14-45
Na <sup>+</sup>	26-37	22-38	35-60	40-72
K <sup>+</sup>	2,7-6,7	1,5-3,5	3,2-10,5	1,8-5,5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0-0,3	0-0,2	0-0,12	0-0,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,4-2,8	1,1-3,7	0,51-3,8	0,2-14,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0-1,0	0-1,1	0,11-2,8	0-1,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0,15-0,5	0,1-1,3	0,3-1,5	0,2-3,62
Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup>	0,01-0,20	0,01-0,2	0,01-0,15	0,01-0,25
pH	7,5-8,94	7,7-8,54	7,25-8,45	7,3-8,5
Мінералізація	334-590	355-592	430-648	300-680

Примітка: тут і далі ліворуч - мінімальне; праворуч – максимальне значення

За показниками іригаційної оцінки вода р. Дніпро придатна для зрошення. Так, співвідношення у воді Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> складає 0,36-0,80, Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> - 0,18-0,40, Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> - 0,18-0,31, Mg<sup>2+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> - 0,32-0,50, величина SAR - 0,6-1,09.

Уміст важких металів у водах Дніпра близький до природного й не перевищує ГДК за винятком умісту цинку (табл. 4.2). Відповідно до класифікації Альюкіна О.А. дніпровська вода відноситься до гідрокарбонатного класу (С), кальцієвої групи (Са), першого типу й

характеризується нерівністю:  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . До цього типу відносяться й води рік Дунай, Дністер, Південний Буг.

#### 4.2.2. Річка Дунай

Річка має довжину 2960 км, площу водозбору – 817 тис. км<sup>2</sup>. Пересічна витрата води 6460 м<sup>3</sup>/с, а середньорічний стік становить 123 км<sup>3</sup>. Водою р. Дунай зрошуються землі Придунайської, Суворівської, Татарбунарської, Кілійської зрошувальних систем із загальною площею зрошення у 1991 р. близько 120 тис. га.

Хімічний склад води гідрокарбонатний кальцієвий з мінералізацією у вегетаційний період 355-592 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.1).

Таблиця 4.2. Діапазон вмісту важких металів у водах річок

Назва металу	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>			
	Дніпро	Дунай	Дністер	Інгулець
Mn <sup>3+</sup>	0,02-0,04	0,3-0,8	0,04-0,2	0,07-0,4
Cu <sup>3+</sup>	0,002-0,004	0,01-0,03	0,003-0,009	0,008-0,22
Zn <sup>3+</sup>	0,014-0,018	0,02-0,07	0,001-0,03	0,02-0,06
Ni <sup>3+</sup>	0,005-0,007	0,001-0,003	0,004-0,008	0,004-0,006
Co <sup>3+</sup>	0-0,001	0,001-0,002	0-0,002	0,001-0,03
Cd <sup>5+</sup>	0	0,00032-0,0024	0,0008-0,03	0,003-0,028
Pb	0-0,006	0,003-0,007	0,002-0,008	0,006-0,02
Fe <sup>3+</sup>	0,027-0,062	0,002-0,005	0,03-0,08	0,26-1,24
Hg <sup>5+</sup>	0,01-0,1	0-0,002	0,05-0,2	0-0,07

Величина рН змінюється в межах 7,7-8,8.

Уміст головних іонів у воді р. Дунай, аналогічний умісту їх у воді р. Дніпро. Середньоарифметичні значення вмісту гідрокарбонатів, хлоридів та кальцію вищі на 9-23 %, ніж у дніпровській воді, а вміст інших головних іонів нижчий.

Уміст мінеральних біогенних речовин азоту за винятком найбільш токсичної сполуки нітритного азоту не перевищує ГДК, які складають для азоту аміаку - 2; нітритів - 0,08; нітратів - 45,0 мг/дм<sup>3</sup>.

За показниками іригаційної оцінки вода р. Дунай, як і вода Дніпра, Дністра, Південного Бугу відноситься до придатної для зрошення, яка не потребує поліпшення хімічного складу. Так, співвідношення у воді  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  складає 0,3-0,8,  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  - 0,2-

0,3,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ - 0,16-0,25$ ,  $\text{Mg}^{2+} / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - 0,28-0,54$ , величина SAR - 0,6-0,9. Однак висока величина рН вимагає зниження лужності перед поливами. Уміст важких металів Cu, Zn, Mn в окремі періоди перевищує ГДК для води водойм рибогосподарського призначення відповідно в 3; 2-7; 3-8 разів.

#### 4.2.3. Річка Дністер

Довжина річки 1362 км, площа басейну 72,1 тис км<sup>2</sup>. Пересічна витрата води 300 м<sup>3</sup>/с, середньорічний стік близько 9,46 км<sup>3</sup>.

Води р. Дністер є джерелом зрошення Нижньодністровської (37 тис. га), Білгород-Дністровської, Маяко-Біляєвської зрошувальних систем. Загальна площа зрошення близько 70 тис га в межах Одеської обл.

Загальна мінералізація води з березня по жовтень в останні 15 років змінювалася в межах 430-648 мг/дм<sup>3</sup>. Переважаючим аніоном є гідрокарбонат, вміст якого змінюється в межах 195,2-274,5 мг/дм<sup>3</sup>, а середньоарифметична величина становить 52,3% від суми вмісту всіх аніонів. Вміст інших аніонів:  $\text{SO}_4^{2-} - 75,2-171,8$  мг/дм<sup>3</sup>, або 27,6%;  $\text{Cl}^- - 32-76,7$  мг/дм<sup>3</sup>, або 19,8%;  $\text{CO}_3^{2-} - 0-9,0$  мг/дм<sup>3</sup>, або 0,4% (табл. 4.1). Переважаючим катіоном є кальцій - 46-70 мг/дм<sup>3</sup>, або в середньому близько 40 % від вмісту всіх катіонів. Уміст натрію змінюється в межах 35,2-60,0 мг/дм<sup>3</sup>, що становить 25,4%, магнію - 14,4-44,4 мг/дм<sup>3</sup>, або 29,3 %, калію - 3,2-10,5 мг/дм<sup>3</sup>, або 2,5 % від суми катіонів.

При порівнянні даних хімічного складу води 2000 р. з аналогічними даними отриманими в 1952-1954 р. Алмазовим А.М. виявлено збільшення загальної мінералізації на 200-240 мг/дм<sup>3</sup>. У хімічному складі збільшився вміст  $\text{Mg}^{2+}$  з 24 до 29,5 %-екв, суми  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  з 18 до 28,3 %-екв від суми катіонів. Концентрація  $\text{Ca}^{2+}$  зменшилася з 56 до 42,2 %-екв. У складі аніонів зріс вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  з 22 до 28,9,  $\text{Cl}^-$  - з 10,7 до 20,6 %-екв. Концентрація  $\text{HCO}_3^-$  зменшилася з 77,3 до 50,5 %-екв.

За показниками іригаційної оцінки вода р. Дністер відноситься до придатної для зрошення, яка не потребує поліпшення хімічного складу. Так, співвідношення у воді  $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$  складає 0,53-0,81,  $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - 0,25-0,50$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ - 0,22-0,34$ ,  $\text{Mg}^{2+} / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} - 0,28-0,51$ , величина SAR - 1,0-1,62.

#### 4.2.4. Річка Південний Буг

Протікає територією Хмельницької, Вінницької, Кіровоградської, Одеської, Миколаївської областей. Довжина річки 806 км, площа басейну 63,7 тис. км<sup>2</sup>. Пересічна витрата води близько 90 м<sup>3</sup>/с, середньорічний стік – 2,84 км<sup>3</sup>. Вода р. Південний Буг використовується на зрошення земель, невеликих за площею (522-7727 га) зрошувальних систем у межах Миколаївської обл.: Білоусівської, Каменської, Щербинівської, Новоодеської, Петрівської, Водяно-Лоринської, Вознесенської, Вольнівської, а також Південно-Бугської (12,2 тис. га) й ін., із загальною площею зрошення близько 70 тис. га.

Хімічний склад води гідрокарбонатний кальцієвий з мінералізацією 300-680 мг/дм<sup>3</sup>. В воді серед аніонів переважає гідрокарбонат (171,3-288,9 мг/дм<sup>3</sup>) - в середньому 54,1 % від суми всіх аніонів, а серед катіонів - кальцій (43,1-82,4 мг/дм<sup>3</sup>), або 40,6 % від їх суми (табл. 4.1).

Крім основних іонів, у воді р. Південний Буг присутні біогенні речовини: NO<sub>2</sub> - (0-0,3 мг/дм<sup>3</sup>); NO<sub>3</sub> - (0,2-14,0); NH<sub>4</sub> - (0-1,5); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - (0,2-3,62 мг/дм<sup>3</sup>).

Величина рН води 7,3-8,5, що відповідає лужній реакції середовища. За іригаційними показниками вода придатна для зрошення без внесення кальцієвих солей. Так, співвідношення у воді Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> складає 0,4-0,83, Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> - 0,35-0,58, Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> - 0,27-0,38, Mg<sup>2+</sup>/Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> - 0,22-0,49, величина SAR - 1,28-1,78.

Висока величина водневого показника рН вимагає зниження лужності перед поливами, особливо в літні місяці.

#### 4.2.5. Річки Автономної Республіки Крим (АРК)

Для місцевого зрошення земель використовуються води річок Салгир, Біюк-Карасу, Альма, Кача, Бельбек, Чорна й ін.

**Салгир.** Річка має довжину 204 км, площу басейну 3750 км<sup>2</sup>. Середньорічна витрата води у с. Піонерському – 1,05 м<sup>3</sup>/с, у с. Дворіччя - близько 1,3 м<sup>3</sup>/с. Середньорічна (за 1966-1990 рр.) витрата води на зрошення близько 37,8 млн. м<sup>3</sup>. У басейні річки в 1952-1962 рр. Побудовано Салгирську зрошувальну систему площею 8,1 тис. га. Зрошується водами Сімферопольського водосховища на р. Салгир.

Хімічний склад води р. Салгир приведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Хімічний склад води річок АРК

Інгредієнти, мг/дм <sup>3</sup>	Річки					
	Салгір	Альма	Кача	Бельбек	Чорна	Біюк-Карасу
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0-12	0,9	0,-9	0-9	0-9	0-12
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	181-460	110-334	134-315	179-310	164-298	139-377
Cl <sup>-</sup>	2,5-142	3-210	4-108	4-47	2-24	20-140
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	11-271	16-279	17-254	16-109	5,8-34	58-271
Ca <sup>2+</sup>	53 -141	26-148	38-152	51-104	51-96	76-152
Mg <sup>2+</sup>	2,2-41	4,4-51	5,8-35	4,7-19	1,6-6	12-53
Na <sup>+</sup>	3-140	3,5-98	7,5-79	4,2-48	1,5-21	23-110
NO <sub>3</sub>	0-6,0	0-3,0	0-15,0	0,001-5,0	0-6,0	0,001-6
NO <sub>2</sub>	0,001-0,53	0-0,436	0-0,064	0-0,072	0-0,128	0-0,38
PO <sub>4</sub>	0-0,175	0-0,086	0-0,062	0,002-0,094	0,003-0,065	0,001-0,07
Fe	0-0,24	0-0,08	0-0,09	0-0,01	0-0,13	0,01-0,11
pH	7,6-8,4	7,2-7,7	7,1-8,6	7,8-8,22	7,5-8,31	7,5-8,41
Мінералізація	279-1280	212-1140	223-940	196-594	242-455	467-963

**Альма.** Річка має довжину 84 км, площа басейну 635 км<sup>2</sup>. Середньорічні витрати води у с. Партизанське 1,05 м<sup>3</sup>/с. У басейні річки побудовано два водосховища (Партизанське й Альминське). 16,4 млн. м<sup>3</sup> води з яких використовується для місцевого зрошення близько 3,7 тис. га земель розташованих в долині річки. Хімічний склад води приведено у табл. 4.3.

**Кача.** Довжина річки 64 км, площа басейну 505 км<sup>2</sup>. Середньорічні витрати води становлять 0,79 м<sup>3</sup>/с. На річці побудовано водосховища. За період з 1966 по 1990 рр. щорічно з водосховищ забиралося 44,78 млн. м<sup>3</sup> води для місцевого зрошення близько 8 тис. га земель. Хімічний склад води приведено у табл. 4.3.

**Бельбек.** Бере початок на схилах Ай-Петринської яйли. Довжина річки 55 км, площа водозбору 505 км<sup>2</sup>. Середньорічна витрата води близько 1,97 м<sup>3</sup>/с. На зрошення використовується в середньому близько 57,4 млн. м<sup>3</sup> води на рік. Площа земель місцевого зрошення біля 12 тис. га. Хімічний склад води приведено у табл. 4.3.

**Біюк-Карасу.** Права притока Салгіру. Довжина 86 км, площа басейну водозбору 1160 км<sup>2</sup>. Середньорічна витрата води в с. Карасівка близько 1,49 м<sup>3</sup>/с. На зрошення в 1966-1990 рр. в середньому щорічно забиралося біля 57 млн. м<sup>3</sup> води. Водами річки

зрошується близько 12 тис. га земель у Білогірському та Нижньогірському районах АРК. Хімічний склад води приведено у табл. 4.3.

**Чорна.** Середньорічна витрата води близько 2,05 м<sup>3</sup>/с. На річці побудовано Чорнорічине та Передовське водосховища об'ємом 40,8 та 49,9 млн. м<sup>3</sup>. Біля 56 млн. м<sup>3</sup> води з водосховищ щорічно використовуються для зрошення близько 12 тис. га земель у долині річки. Хімічний склад води приведено у табл. 4.3.

#### **4.3. Джерела зрошення з мінералізованою водою**

До джерел зрошення з мінералізованою водою відносяться води басейнів річок Сіверський Донець, Оскол, Айдар, Уди, Казенний Торець, Лугань, Інгулець, Самара, Вовча, Інгул, Кальміус, Кальчик, Міус, Кринка, Берда й ін. та придунайських озер Кагул, Катлабух, Китай, Кугурлуй, Сасик, Ялпуг.

##### **4.3.1. Річка Інгулець**

Довжина річки 549 км, площа басейну 14460 км<sup>2</sup>. Протікає територією Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей. Середньорічні витрати води в с. Могилівка становлять 8,68 м<sup>3</sup>/с, а за період спостережень змінювались від 0,71 (1954 р.) до 25,4 м<sup>3</sup>/с (1970 р.).

Вода р. Інгулець розведена прісною водою р. Дніпро використовується для зрошення земель Інгулецької (62,7 тис. га), Явкінської (50 тис. га), Спаської й ін. зрошувальних систем у межах Дніпропетровської, Миколаївської й Херсонської областей. Загальна площа зрошення більше 150 тис. га.

В голові Інгулецького магістрального каналу змішана інгулецька й дніпровська вода мала мінералізацію 390-2570 мг/дм<sup>3</sup>. Причому, в 44% проб загальна мінералізація перевищувала 1,0, а в 23 % - 1,5 г/дм<sup>3</sup>. В хімічному складі серед аніонів домінували сульфати й хлориди з вмістом 31,2-889,4 та 51,1-543,0 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Серед катіонів у переважній більшості проб домінував натрій - 30,6-499,8 мг/дм<sup>3</sup> і лише в деяких пробах із мінералізацією менше 500 мг/дм<sup>3</sup> - кальцій (табл. 4.4).

За добу загальна мінералізація може збільшитись або зменшитись на 500-1000 мг/дм<sup>3</sup>, при цьому вміст сульфатів змінюється в 2,6-4,8 рази, натрію - в 2,1-4,0; хлору - 1,3- 5,0 рази.

Таблиця 4.4. Хімічний склад води джерел зрошення, мг/дм<sup>3</sup>

Інгредієнти	Інгулець	Інгул	Самара	Кальміус	Сіверський Донець
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0-12	0-6	0-12	0-12	0-9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	165-555	367-420	171-476	262-502	128-410
Cl <sup>-</sup>	334-1100	158-190	73-1400	219-3403	91-2515
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	413-1105	296-374	126-1546	679-2056	159-984
Ca <sup>2+</sup>	100-212	99-124	64-247	104-568	72-393
Mg <sup>2+</sup>	50-162	50-73	38-186	52-289	28-289
Na <sup>+</sup>	294-830	161-178	90-738	324-1892	128-1092
K <sup>+</sup>	3,5-29	4-11	3,3-21	4-31	2,8-19,8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01-0,35	0,03-0,29	0-0,166	0-5,58	0,2-2,065
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,3-26,4	3,1-5,4	0,01-0,51	0-3,68	0,42-3,54
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,05-0,7	0,22-1,83	0,08-1,32	0-0,8	0,04-3,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>	0,18-2,4	0,26-0,39	0,015-0,78	0-0,329	0,009-0,292
Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup>	0,21-0,5	0,16-0,53	0-2,75	0,2-5,4	0-0,4
pH	7,3-8,6	7,4-7,9	6,7-8,9	7,6-8,94	7,6-8,7
Мінералізація	1674-3551	1086-1184	828-3500	1888-7390	738-5187

Іригаційна оцінка води свідчить, що в переважній більшості проб вода непридатна для зрошення без внесення хімічних меліорантів. За співвідношенням натрію до кальцію (методика Буданова) понад 80% проб води, поданої у голову ІМК, перевищує граничні рівні, за співвідношенням натрію до жорсткості понад - 50 % проб, тобто вода потребує поліпшення хімічного складу. За оцінкою Стеблера, 18 % проб води мають незадовільні лужні характеристики й лише 23 % - добрі.

Оцінка води за методикою Департаменту сільського господарства США свідчить, що в 40 % проб вода загрозлива для підлучення ґрунтів.

За оцінкою Сабольча й Дараб, у 30-35 % проб вода загрозлива для магнезійного осолонцювання.

### 4.3.2. Річка Інгул

Протікає територією Кіровоградської й Миколаївської областей. Має довжину 354 км, площу басейну 9890 км<sup>2</sup>.

Води ріки використовують для зрошення земель невеликої за площею Костичівської зрошувальної системи в Баштанському районі

Миколаївської області. Загальна площа зрошення 2100 га, причому 65 % території має слабок, а 33 % - середнє осолонцювання за натрієм.

Мінливість загальної мінералізації води річки незначна - 1086-1184 мг/дм<sup>3</sup>, тобто менше 7 %. Серед аніонів переважають сульфати, вміст яких змінюється в межах 296-374 мг/дм<sup>3</sup>, що становить близько 38 % від суми всіх аніонів. Серед катіонів переважає натрій (161-178 мг/дм<sup>3</sup>, або ті ж 38 % від суми). На долю кальцію припадає близько 29 %, магнію - 27, калію - 0,9 % від вмісту всіх катіонів (табл. 4.1).

Вміст біогенних речовин (нітритів) у 63 % проб перевищує граничні рівні, а загальний вміст заліза - в 72 % проб.

Іригаційна оцінка свідчить, що в переважній більшості проб вода непридатна для зрошення земель без внесення хімічних меліорантів. Так, за Будановим, відношення вмісту натрію до кальцію становить 1,3-1,57, натрію до суми кальцію та магнію - 0,59-0,84, за методикою Сабольча і Дараб, відношення магнію до суми кальцію та магнію - 45-53,5%, за Можейко й Воротнік, відношення натрію та калію до суми всіх катіонів - 35-43%, за методикою Департаменту сільського господарства США, величина SAR складає - 2,8-4,0. Перед використанням для зрошення її слід насичувати кальцієвими солями до вирівнювання співвідношення натрію до кальцію.

#### **4.3.3. Якість води в придунайських озерах**

**Сасик.** Вода озера є джерелом зрошення Дунай-Дністровської зрошувальної системи, розміщеної на землях господарств Татарбунарського та Саратського районів Одеської області. Загальна площа зрошуваних земель становить 33,4 тис. га.

Загальна мінералізація води в озері Сасик змінювалася в межах 2300-900 мг/дм<sup>3</sup>. Хімічний склад води – хлоридний натрієвий. Реакція водного середовища лужна і сильно лужна (рН 8,0-9,09). У зрошувальній воді присутня сода (табл. 4.5).

Виконана на основі хімічних аналізів іригаційна оцінка якісного складу поливної води свідчить про її непридатність для зрошення без попередньої підготовки. Так, відношення вмісту натрію до вмісту кальцію має досить високі показники (3,1-6,4); натрію до суми кальцію та магнію - 1,4-2,0, що значно перевищує встановлені рівні. За іншими методами оцінки, вода також непридатна для зрошення.



Відношення вмісту магнію до суми магнію та кальцію становить 50-77 %, що несе загрозу магнієвого осолонцювання.

Таблиця 4.5. Хімічний склад води придунайських озер, мг/дм<sup>3</sup>

Інгредієнти	Озера					
	Кагул	Катлабуг	Китай	Кугурлуй	Сасик	Ялпуг
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0-12	0-12	0-18	0-9	0-15	0-12
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	97-267	60-308	46-394	97-254	101-220	96-375
Cl <sup>-</sup>	28-160	23-390	34-995	50-390	433-666	73-410
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	57-410	36-785	58-2675	25-905	105-643	108-1050
Ca <sup>2+</sup>	16-90	15-95	15-208	22-75	40-100	15-125
Mg <sup>2+</sup>	10-86	14-180	7-194	11-112	38-120	12-120
Na <sup>+</sup>	30-240	18-477	39-1535	36-532	202-480	68-633
K <sup>+</sup>	2-9	3-12	2-14	2-18	4-19	2-18
pH	8,2-8,7	8,1-8,6	8,2-8,9	8,2-8,8	8,0-9,1	7,8-8,4
Мінералізація	370-1120	183-2090	200-6000	242-2030	900-2250	405-2570

**Китай.** Вода озера Китай через відсутність у цьому районі прісних вод використовується для зрошення земель Василівської, Приозернянської, Червоноярської, Холмської зрошуваних систем і окремих ділянок малого зрошення в Кілійському та Татарбунарському районах. Загальна площа зрошуваних земель - 12,7 тис га.

Загальна мінералізація змінюється в досить широких межах - від 1380 до 3720 мг/дм<sup>3</sup> і за цим показником вода в значній частині проб непридатна для зрошення. В хімічному складі домінують сульфати та натрій: вміст першого сягає 50-68 % від суми аніонів; другого - 59-68 % від суми катіонів. Вміст найменш токсичних іонів кальцію та гідрокарбонатів не перевищує 12 та 16 % відповідно. Величина водневого показника pH у всіх відібраних пробах дуже висока (8,2-8,9), що відповідає середньо та сильно лужній реакції водного середовища. Вміст карбонат-іонів високий і не рідко сягає 0,6 і більше мг-екв/дм<sup>3</sup>. Мінімальні та максимальні значення вмісту хімічних речовин у воді озера наведені в таблиці 4.5.

За іригаційними коефіцієнтами вода озера Китай є непридатною для зрошення без внесення хімічних меліорантів, а в окремі періоди вимагає розбавлення прісною водою. Відношення вмісту натрію до кальцію змінюється в межах 3,8-8,9, що є найбільшим з усіх джерел зрошення півдня України. Вміст натрію та калію становить 58-69 % від суми катіонів, магнію від суми кальцію та магнію - 60-75 %,

відношення суми мінеральних речовин до вмісту кальцію та магнію - 5,6-9,4, величина SAR - понад 9,0. Використання непідготовленої води оз. Китай для зрошення земель викликає магнієве та натрієве осолонцювання і повільне, але стабільне їх засолення.

**Ялпуг.** Вода озера Ялпуг використовується для зрошення земель Новоселівської, Котловинської, Міжрайонної, Виноградівської, Ялпугської, Озернянської зрошуваних систем і ділянок “малого” зрошення в господарствах Болградського району. Загальна площа зрошуваних земель - 12,1 тис. га.

Загальна мінералізація і хімічний склад води в озері достатньо постійні з чітко сформованою зональністю збільшення мінералізації з південної до північної частини озера (від 1,1-1,6 г/дм<sup>3</sup> до 2,0 і більше г/дм<sup>3</sup>) при стабільному сульфатно-натрієвому складі.

Хімічний склад води озера характеризується наступними показниками: сульфати - 428-720 мг/дм<sup>3</sup>; хлориди - 238-376; гідрокарбонати - 210-288; натрій - 288-498; магній - 80-120; кальцій - 48-66; калій - 5-18 мг/дм<sup>3</sup>. Величина водневого показника рН - 7,8-8,5 (табл. 4.5).

Відношення вмісту натрію до вмісту кальцію змінювалося в межах 2,1-4,9, натрію до суми кальцію та магнію - 0,81-1,64, магнію до суми кальцію та магнію - 50-76 %, що вище встановлених граничних рівнів. Отже, за методами іригаційної оцінки, вода озера перед використанням на зрошення потребує внесення кальцієвих меліорантів.

**Хімічний склад води інших придунайських озер** - Кугурлуй, Катлабуг, Кагул сульфатно-натрієвий, аналогічний складу води озера Ялпуг. Різниця полягає в мінералізації. Найменшу мінералізацію має вода озера Кагул - 370-1120 мг/дм<sup>3</sup>, більш високу - Катлабуг 183-2090 мг/дм<sup>3</sup>, ще вищу - Кугурлуй - 242-2430 мг/дм<sup>3</sup>.

За іригаційною оцінкою, вода озер непридатна для зрошення, вимагає внесення кальцієвих меліорантів.

#### **4.4. Якість дренажно-скидних вод рисових систем**

У приморській курортній зоні Скадовського району дренажні води скидаються 40 каналами, які відводять дренажні води 158 свердловин понижуючого вертикального дренажу дебітом від 20 до 50 л/с, що закладені в пліоценових пісках. Крім того, в п'яти господарствах побудовано горизонтальний дренаж на площі близько

10 тис. га із зерно-кормовими сівозмінами та 7,3 тис. га рисових систем з 70 % посівів рису в сівозміні.

Води рисових сівозмін скидаються приблизно з половини існуючих каналів, де річний об'єм скидів міняється від сотень тисяч до 10-20 млн. м<sup>3</sup>. За об'ємом річного стоку найбільш значні канали: СКР-1, СКР-4, ОС-2, СКР-5, ОС-1, ОС-4, СКР-2, якими скидається до 50-55 млн. м<sup>3</sup> води. Мінералізація води менше 1 г/дм<sup>3</sup> в основному гідрокарбонатного кальцієвого складу (табл. 4.6).

Таблиця 4.6. Мінералізація й хімічний склад води скидних каналів

Назва каналу	Мінералізація	Вміст іонів, мг/дм <sup>3</sup>						
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
СКР-1	400	9,0	180,6	44,5	50,0	50,5	15,6	30,0
СКР-2	728	12,0	368,5	63,8	47,5	89,8	47,7	37,5
СКР-4	492	12,0	195,3	58,3	99,9	56,9	21,2	54,0
СКР-5	582	6,0	288,0	66,6	72,0	55,3	28,0	70,0
ОС-1	601	9,0	278,2	70,9	91,3	49,7	32,6	76,0
ОС-2	634	6,0	312,4	78,0	59,5	62,5	51,1	40,1
ОС-3	752	6,0	331,9	56,7	146,5	82,6	60,1	38,0
ОС-4	532	6,0	231,9	70,9	84,0	47,3	27,2	68,0

Найбільш вивчені з точки зору використання в зрошуваному землеробстві дренажно-скидні води каналу СКР-1 із річним стоком до 20 млн. м<sup>3</sup>. Загальна мінералізація води в каналі змінювалася з 330 мг/дм<sup>3</sup> в 1983 р. до 700 мг/дм<sup>3</sup> в 1993. Причому їх мінералізація у вегетаційний період зменшується з березня-квітня по серпень-вересень. Вміст аніонів такий: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> від 115 до 330 мг/дм<sup>3</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 25-176; Cl<sup>-</sup> - 21-92 мг/дм<sup>3</sup>. Переважаючим катіоном є кальцій.

Іригаційна оцінка води скидних каналів свідчить про її придатність для зрошення без застосування хімічних меліорантів. Однак із червня по вересень величина рН перевищує 8, що відповідає слабо лужній реакції водного середовища.

Дренажно-скидні води рисових систем містять комплекс хімічних речовин і сполук азоту, фосфору, калію, мікроелементів, залишки пестицидів більшість із яких не перевищує ГДК, але між варіантами досліджуваних вод у ряді випадків встановлено суттєві відмінності. Так, вміст пропаніду в дренажно-скидних водах в 20-22 рази вищий ніж у водах розподільчих каналів, але в 2-3 рази нижчий, ніж у воді рисового чеку.

ДДТ частіше й у більших концентраціях зустрічається у воді зрошувальних каналів. Це пояснюється тим, що ДДТ не є рисовим препаратом, на посівах рису практично не застосовується й його наявність у водах зрошувальних каналів - наслідок більш широкого й довготривалого застосування, високої спроможності мігрувати, стійкості до впливу зовнішнього середовища на розпад.

В значних кількостях у воді рисового чеку знайдено метаболіт пропаніду - 3,4-ДХА. В воді скидного каналу його вміст удвічі нижчий.

2,4-Д амінна сіль, як і ДДТ, стійкий хлорорганічний препарат, який застосовується на посівах зернових у боротьбі з бур'янами. Препарат легко мігрує й часто зустрічається не тільки в дренажно-скидних, а й у поверхневих водах річок каналів.

Динаміка вмісту пестицидів у водах свідчить, що до масового обробітку посівів рису (кінець травня - червень) пестицидів у воді зрошувальних каналів практично не знайдено. Але з червня концентрація пропаніду, сатурну починає зростати й досягає максимуму в першому після обробки посівів рису скиді води. В подальшому протягом місяця відмічено різке зниження вмісту пестицидів. При порівнянні отриманих результатів з ГДК для кожного з визначених пестицидів стає очевидним, що навіть їх сума не перевищує ГДК.

Вміст біогенних речовин у воді рисового чеку вищий, ніж у воді зрошувальних каналів; концентрація нітритів і азоту аміаку в 16 та 52 % проб перших перевищували ГДК. Сумарний вміст біогенних речовин у дренажно-скидних водах змінюється мало й не перевищує 10 у рідких випадках 15 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **4.5. Використання стічних вод для зрошення**

В умовах обмежених водних ресурсів України важливим резервом поливної води є комунально-побутові та промислові стічні води. Використання цих вод для зрошення разом із тим виконує важливу екологічну функцію, оскільки забезпечує доочищення стічної води у ґрунті й запобігає забрудненню довкілля; поверхневих водних об'єктів – приймачів цієї води.

*Стічними називають води каналізаційної мережі міст і сільських населених пунктів.* Ступінь їх забруднення залежить від

характеру виробництва, виду перероблюваної сировини на фабриках та заводах, технологічного процесу промислових підприємств.

Стічні води містять велику кількість яєць гельмінтів, патогенних бактерій, мікроорганізмів, органічних сполук, шкідливих у санітарному відношенні, але в той же час вони несуть і велику кількість азоту, калію, фосфору й інших поживних речовин, які можна використовувати в якості добрив.

За ступенем придатності для зрошення стічні води в залежності від хімічного складу, ґрунтових, кліматичних і гідрогеологічних умов ділять на наступні групи:

**господарсько-побутові** з підприємств суконного й килимового виробництва й важкої промисловості. Вони мають низьку мінералізацію ( $0,5-2 \text{ г/дм}^3$ ), слабо кислу або слабо лужну реакцію, хлоридно-сульфатний або бікарбонатно-сульфатний склад. Вміст органічних речовин БСК<sub>5</sub> (біологічна потреба у кисні для окислення вуглецю й водню органічних речовин стічних вод за 5 діб) не більше  $200 \text{ мг/дм}^3$ . Співвідношення натрію й кальцію сприятливе не більше 1:2. Сода відсутня. Їх можна використовувати для зрошення сільськогосподарських культур у всіх ґрунтово-кліматичних зонах без очищення;

**з підприємств харчової промисловості:** крохмальних, цукрових, дріжжевих, консервних заводів і м'ясокомбінатів. Вони порівняно сприятливі за складом, але мають підвищений вміст органічного зваженого осаду. Мінералізація досягає  $2-3 \text{ г/дм}^3$ , реакція води слабо кисла. Склад бікарбонатно-сульфатний. Співвідношення натрію й кальцію сприятливе. Сода відсутня. Осад складає  $5-50 \text{ г/дм}^3$ . Їх можна використовувати для зрошення сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих, сірих лісових (опідзолених), каштанових і чорноземних ґрунтах після видалення осаду й розбавлення річними водами;

**з підприємств бавовняно-паперового й відбільно-фарбувального виробництва.** Вони мають невисоку мінералізацію (до  $2 \text{ г/дм}^3$ ), реакція лужна. Склад карбонатно-сульфатний. У воді міститься багато соди ( $200-300 \text{ мг/дм}^3$ ) і незначної кількості органічних речовин. Найбільш доцільно їх використовувати для зрошення дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтів і осушених торфовищ після попереднього максимального видалення соди;

**з підприємств хімічної й калійно-фармацевтичної промисловості, із заводів синтетичного волокна й каучуку.** Вони

мають підвищену мінералізацію (3-5 г/дм<sup>3</sup>), кислу або лужну реакцію. Склад сульфатно-хлоридний. Для зрошення вони придатні тільки після нейтралізації, розбавлення до мінералізації 1-2 г/дм<sup>3</sup> й зниження вмісту натрію й органічних речовин.

Стічні води очищують на очисних станціях аерації. Промислові стічні води проходять попередню обробку всередині цехів підприємств, де з води видаляють зважені частки різних токсичних речовин, які можуть негативно вплинути на процеси очистки.

Розрізняють механічну й біологічну очистку стічних вод.

**При механічній очистці** воду пропускають через решітки, уловлювачі піску, уловлювачі жиру й первинні відстійники. Решітки затримують крупні плаваючі предмети (папір, ганчірки й ін.). Потім ці предмети подрібнюють і спускають у потік очищеної від крупних часток води. Уловлювачі піску затримують крупні мінеральні частки, головним чином, пісок (їх відправляють на піщані площадки для знежирення). У таблиці 4.7 наведено хімічний склад біологічно очищених стічних вод різних міст України.

Таблиця 4.7. Хімічний склад біологічно очищених стічних вод різних міст України, мг/дм<sup>3</sup>

Показники	Київ	Харків	Донецьк	Луганськ	Одеса	Маріуполь
pH	8,2	8,0	8,2	7,8	7,5	7,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	322	127	180	185	329	195
Cl <sup>-</sup>	83	118	218	386	294	390
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	80	144	262	179	302	309
Ca <sup>2+</sup>	64	60	100	132	94	150
Mg <sup>2+</sup>	26	12	20	55	51	84
Na <sup>+</sup>	80	138	142	215	193	205
K <sup>+</sup>	14	17	17	11	29	11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,3	1,2	6,7	4,3	6,7	2,7
N (заг.)	23	17	31	17	25	16
Мінералізація	698	631	977	1184	1324	1373

При виборі ділянок під зрошення стічними водами слід враховувати, що найкращі властивості детоксикації й знешкодження шкідливих речовин та сполук мають піщані, супіщані, легко- й середньосуглинкові ґрунти. Глибина ґрунтових вод повинна бути достатньою (не менше 3 м від поверхні) для вільної аерації інфільтрованих вод, а водоупорна основа верхнього водоносного

горизонту має надійно захищати від перетікання води у нижчі горизонти.

Просочуючись у ґрунт при поливі, стічні води очищуються від бактерій і звільняються від більшості хімічних сполук. Поля зрошення розміщують не ближче 200 м від населених пунктів, колодязів і інших джерел води. Скидання води за межі зрошуваних масивів заборонено. Зрошення стічними водами застосовують переважно для вирощування кормових та інших сільськогосподарських культур на корм, а також технічних культур (табл. 4.8).

Таблиця 4.8. Орієнтовні зрошувальні норми при поливі стічними водами

Культура	Норма, м <sup>3</sup> /га	
	Лісостеп	Степ
Люцерна	1500-3000	2800-3500
Багаторічні трави	2400-3000	-
Озима пшениця	500-1000	700-1300
Кормові буряки	1500-2000	2100-3000
Кукурудза на силос	1800-2000	2000-2800
Однорічні трави	800-1000	-

За загальною мінералізацією й можливістю використання на зрошення стічні води ділять на три категорії: 1) – води з мінералізацією до 1,3 г/дм<sup>3</sup> і сприятливим співвідношенням катіонів, вмісті металів нижчому за ГДК та задовільними санітарно-гігієнічними та токсикологічними показниками. Така вода може використовуватись для поливу без обмеження; 2) води з мінералізацією 1,3-2,0 г/дм<sup>3</sup>, вмістом хлоридів – понад 300 мг/дм<sup>3</sup>, співвідношенням натрію до кальцію більше 2, вмістом металів який відповідає воді другого класу придатності, задовільних санітарно-гігієнічних та токсикологічних показниках вимагають поліпшення хімічного складу шляхом насичення кальцієвими солями, нейтралізації лужності й соди - можуть бути використані для зрошення періодично; 3) води з мінералізацією більше 2,0 г/дм<sup>3</sup> співвідношенням натрію до кальцію вищим за 3, з високою концентрацією мікроелементів і важких металів, фенолів, нафтопродуктів та детергентів – для тривалого зрошення не придатні, можуть використовуватись для разових поливів невеликих ділянок технічних культур з доброю дренажістю.

За санітарно-гігієнічними та мікробіологічними критеріями стічна вода придатна для зрошення, якщо коли-індекс та індекс фагів не перевищує 1000 одиниць у літрі, а загальне число мікробів від висіву 1 мм<sup>3</sup> при температурі 37 °С за 24 год. не перевищує 100 одиниць. Біологічно очищені стічні води не повинні нести в собі патогенних бактерій, вірусів, життєздатних яєць гельмінтів.

#### **4.6. Використання стічних вод тваринницьких комплексів**

Наявність навколо великих тваринницьких комплексів значних обсягів стічних вод та гнойових відходів створює серйозну екологічну проблему. Одним з ефективних шляхів її розв'язання є використання цих стоків для зрошення, що забезпечує біологічне очищення.

Рідкий гній з тваринницьких приміщень видаляють скребковими транспортерами або водою (гідрозмив). При гідрозмиві він поступає самотічними бетонними каналами (жолобами) у гноєзбірник. В гноєзбірнику відбувається попереднє розділення гнійної рідоти на три частини, в залежності від щільності складових часток: на дно випадають частки з щільністю вищою за одиницю, вище їх розміщується шар рідоти, а на її поверхні накопичується частина рідкого гною з щільністю менше одиниці (залишки кормів, підстилки й ін.).

Щільний осад із дна гноєзбірника навантажувачем піднімають на поверхню і вивозять на поля. Рідку частину стоків перекачують у горизонтальні відстійники-гноєнакопичувачі. У відстійниках стоки остаточно освітлюються, тобто рідкий гній розділяють на щільний осад і освітлений стік, яйця гельмінтів осаджуються на дно. Освітлені стоки з відстійників-гноєнакопичувачів поступають у земляні водойми-резервуари, а звідти у відкриту або закриту зрошувальну мережу. При поливі дощуванням стоки тваринницьких комплексів розбавляють чистою водою у зимових умовах 1:1, у літніх – 1:3 або 1:4.

У стічних водах тваринницьких комплексів вміст загального азоту досягає 0,3 %, фосфору – 0,08, калію – 0,7 %, але в процесі підготовки стоків до зрошення вміст цих речовин зменшується. Хімічний склад відходів тваринницьких комплексів наведено у таблиці 4.9.



Таблиця 4.9. Хімічний склад відходів тваринницьких комплексів,  
мг/дм<sup>3</sup>

Інгредієнт	Рідкий гній		Механічно очищені стоки		Біологічно очищені стоки свиней
	БРХ	Свині	БРХ	свині	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	480-4420	2800-4210	600-2410	2257-3240	820-1895
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	115-440	90-410	45-115	70-360	66-334
Cl <sup>-</sup>	110-640	55-625	50-620	210-415	230-375
Ca <sup>2+</sup>	330-620	240-550	50-430	60-250	70-220
Mg <sup>2+</sup>	65-420	60-220	35-215	80-130	60-120
Na <sup>+</sup>	100-450	140-600	70-520	100-450	180-380
K <sup>+</sup>	300-730	170-1200	145-620	80-370	50-300
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	200-600	60-400	120-330	28-190	25-150
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-95	0-80	2-4,5	сліди	Сл.-2,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	720-1100	640-900	320-830	220-580	55-310
N заг.	930-1500	910-1200	320-980	225-625	65-560
Σ солей	2440-7560	2120-5560	1680-4840	3010-5720	1470-2580
Мінералізація	2200-4260	2540-3500	1250-4350	1660-3610	1310-2200
pH	6,9-7,2	6,5-8,2	8,4-8,6	6,7-7,2	7,8-8,2

Стічні води придатні для зрошення при активній реакції pH 6,0-8,5. При цьому на дерново-підзолистих ґрунтах pH стоків допускається в межах 6,5-8,5, на чорноземних – 6,0-8,0, на каштанових – 6,0-7,5. Мінералізація стічних вод не повинна перевищувати 1,5 г/дм<sup>3</sup> для чорноземних і каштанових ґрунтів; 2 г/дм<sup>3</sup> – для дерново-підзолистих. Уміст загального азоту в поливній воді для лісостепової зони має бути меншим 120 мг/дм<sup>3</sup>, для степової – 100 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація гідрокарбонатів не може перевищувати 500-700 мг/дм<sup>3</sup>, хлоридів – 300, сульфатів – 250 мг/дм<sup>3</sup>.

Санітарно-гігієнічні та мікробіологічні критерії для стічних вод тваринницьких комплексів такі ж, як і для стічних вод.

#### 4.7. Методи іригаційної оцінки поливної води

Перш ніж викладати способи оцінки води необхідно вказати на існуючий принциповий поділ вод за їх мінералізацією.

В.Н. Вернадський поділив води на: прісні, солоні та розсоли; Н.М. Кніпович – на прісні, солонуваті, за морською солоністю та із солоністю вище морської; А.Н. Костяков вважав прісними води, що містять до 500 мг/дм<sup>3</sup> всіх солей; О.А. Алєкін вважав прісними води з

вмістом до 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Взагалі ж більшість дослідників поділили води річок за певним ступенем мінералізації:

Ступінь мінералізації	Кількість мінеральних речовин, мг/дм <sup>3</sup>
Малий	До 200
Середній	200-500
Підвищений	500-1000
Високий	Понад 1000

**Попередню оцінку іригаційної якості води можна зробити за формулою Ізраельсона:**

$$\Sigma h = d \cdot S \cdot H / P \quad (4.1)$$

де:  $\Sigma h$  - загальний шар води за всі роки зрошення,  $d$  - об'ємна щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>,  $S$  - граничний для рослин відсоток вмісту солей у ґрунті (приймається 0,1-0,3 від ваги ґрунту),  $H$  - відсотковий вміст цих солей у зрошувальній воді,  $P$  - товщина шару (в метрах), зволоженого зрошувальною водою (кореневмісний шар 0,4-1,2 м),  $\Sigma h$  - поділене на щорічну зрошувальну норму (0,3-0,4 м), дає число років, за які ґрунт засолиться.

Треба мати на увазі, що цією формулою не враховується тип ґрунту і якість сольового складу води. До розрахунку входить тільки сума солей, обчислена за результатами аналізу, або сухий залишок.

**Досконалішою формулою для оцінки води є методика Стеблера.** Для побудови своєї формули іригаційної характеристики Стеблер взяв відносну шкідливість солей натрію.

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 - 10; \text{NaCl} - 5; \text{Na}_2\text{SO}_4 - 1 \quad (4.2)$$

Іригаційна характеристика води дає вираз, що визначає стовп води в дюймах, який при випаровуванні дає кількість лугів (300 кг соди на 1 га), здатну пошкодити ґрунти на глибину 1,2 м. Це небезпечно для більшості чутливих до солей посівів.

Води, що характеризується першими двома формулами (табл. 4.10), не можна поліпшити хімічною обробкою, а води, що характеризуються останньою формулою, можуть бути поліпшені додаванням гіпсу.

Таблиця 4.10. Лужна характеристика ( $K_a$ ) за Стеблером

При значенні радикала	Величина лужної характеристики, $K_a$
1. $r\text{Na} - r\text{Cl} < 0$	$K_a = 288 / 5r\text{Cl}$
2. $r\text{Na} - r\text{Cl} > 0 + r\text{SO}_4$	$K_a = 288 / (r\text{Na} + 4 r\text{Cl})$
3. $r\text{Na} - r\text{Cl} - r\text{SO}_4 > 0$	$K_a = 288 / (10r\text{Na} - 5r\text{Cl} - 9r\text{SO}_4)$

$r$  - уміст іонів у мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Цілий ряд факторів, що впливають на засолення й розсолення ґрунтів, наведеними формулами не враховується. Якщо води мають більше 1 г/дм<sup>3</sup> усіх солей їх можна використовувати для зрошення при умові, якщо (табл. 4.11):

Таблиця 4.11. Класифікація іригаційних вод за Стеблером

К <sub>а</sub> - лужна характеристика	Клас води	Характеристика
18 і більше	Добра	Вода успішно застосовується багато років. Нагромадження лугів не загрожує
18-6	Задовільна	Необхідно запобігти поступовому нагромадженню луку, за винятком пухких ґрунтів із добрим природним дренажуванням
8-1,2	Незадовільна	Текстура ґрунтів має велике значення. Дренаж майже завжди необхідний
Менше 1,2	Погана	Практично не придатна для зрошення

а) вони тверді (20-40°) за рахунок постійної твердості (постійна твердість води в основному обумовлюється вмістом у ній однієї або ряду таких солей: CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>);

б) ґрунти легкі (піщані, супіщані), водонепроникні або карбонатні або гіпсоносні;

в) площа має добре природне дренажування;

г) у складі зрошуваних культур переважають культури, що потребують мало води (2-4 поливи);

д) застосовують органічні добрива з внесенням гіпсу.

**Буданов виділив вісім іригаційних типів води для півдня України**, в основу яких покладені мінералізація, співвідношення вмісту натрію до кальцію та натрію до суми кальцію з магнієм, мг-екв/дм<sup>3</sup>. Згідно з цією класифікацією до мінералізованих відносяться води з вмістом всіх солей понад 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Всі води з мінералізацією 1000-3000 мг/дм<sup>3</sup> можуть застосовуватись для зрошення, якщо сума всіх речовин хімічного складу (мг-екв/дм<sup>3</sup>), поділена на величину жорсткості (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>), не буде перевищувати: 4 - для середньо й важко суглинистих ґрунтів; 5 - для легко суглинистих; 6 - для супіщаних і піщаних ґрунтів. При тих же показниках, але з мінералізацією води понад 3000 мг/дм<sup>3</sup> усіх солей необхідно проводити розбавлення прісною водою.

Для уточнення загального показника придатності води для зрошення на основі того ж хімічного аналізу проводять оцінку її на

можливість осолонцювання ґрунтів при зрошенні й визначають необхідність її поліпшення. Якщо співвідношення  $\text{Na}^+$  до  $\text{Ca}^{2+}$  не більше одиниці, або співвідношення  $\text{Na}^+$  до  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  не більше 0,7, то це підтверджує придатність води для зрошення. Якщо ці показники вищі, то, незважаючи на загальну придатність води, її необхідно гіпсувати й розбавляти прісною водою.

***Приведена методика оцінки якості поливної води є найбільш жорсткою й придатною для умов України, але й вона має недоліки, бо не враховує можливості магнієвого осолонцювання.***

***Вивчаючи якість зрошувальної води у зв'язку із загрозою осолонцювання ґрунтів, Антипов-Каратаєв і Кадер*** виявили залежність між поглинутим  $\text{Na}^+$  і концентрацією солей у зрошувальній воді та запропонували оцінку зрошувальних вод за коефіцієнтом іонного обміну (K):

$$K = (r \text{ Ca} + r \text{ Mg} / r \text{ Na}) \geq 0,23 \text{ S} \quad (4.3)$$

де: K - коефіцієнт іонного обміну; r Ca, r Mg, r Na – еквівалентний вміст катіонів у воді; S - загальна мінералізація води.

При  $K \geq 1$  – вода придатна для зрошення; при  $K < 1$  – непридатна для зрошення.

***Загроза магнієвого осолонцювання визначається за методикою Сабольча і Дараб.*** Важливим критерієм оцінки якості води для зрошення є вміст у ній магнію, який негативно діє на ґрунти при його вмісті в поливній воді понад 50 % від суми кальцію та магнію. Він підсилює адсорбцію натрію ґрунтом із поливної води й шкідливу дію натрію на ґрунти. Загроза магнієвого осолонцювання визначається за формулою:

$$П_{\text{Mg}} = (\text{Mg} / \text{Ca} + \text{Mg}) \cdot 100 \%, \quad (4.4)$$

***Департамент сільського господарства США*** в циркулярі № 969 дає класифікацію зрошувальних вод на основі встановлення загрози засолення й підлуговування ґрунтів - SAR. Ця класифікація слугує іригаційною оцінкою. Для визначення осолонцювання ґрунтів прийнято коефіцієнт поглинання натрію ґрунтами з поливної води, який визначається за формулою:

$$\text{SAR} = \text{Na} / \sqrt{(0,5 \cdot \text{Ca} + \text{Mg})} \quad (4.5)$$

Всі інгредієнти у формулі прийнято в мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Полівна вода з коефіцієнтом більше 8 вважається небезпечною, яка веде до осолонцювання ґрунтів.

За загрозою підлуження вода ділиться на такі класи: 0-10 – слабо лужні; 10-18 – середньо лужні; 18-25 – сильно лужні; більше 25 –

дуже лужні, непридатні. Однак Л.А.Річардсом (1953) на основі експериментальних даних було показано, що при низькій мінералізації зрошувальних вод ( $< 1 \text{ дм}^3$ ) і слабкій загрозі засолення іригаційні води можуть викликати значну загрозу солонцювання (табл. 4.12).

Таблиця 4.12. Загроза засолення й солонцювання ґрунтів зрошувальною водою в залежності від їх мінералізації й значень натрій-адсорбційного відношення (Л.А. Річардс, 1953)

Мінералізація води, г/дм <sup>3</sup>	Загроза засолення	Загроза солонцювання за значеннями SAR			
		низька	середня	висока	Дуже висока
< 1	низька	8-10	15-18	22-26	> 26
1-2	середня	6-8	12-15	18-22	> 22
2-3	висока	4-6	9-12	14-18	> 18
> 3	дуже висока	2-4	6-9	11-14	> 14

Розрахунок SAR базується на рівнянні іонного обміну Е.Н. Гапона, в якому враховується не концентрація іонів, а їх активність. В практичних розрахунках SAR, як впливає з приведеної формули, використовують значення концентрації іонів. Однак у водному середовищі поруч із вільними іонами є присутніми й іонні асоціатори. При цьому в такі асоціатори кальцій зв'язаний завжди вище (в 1,5-2,5 рази), ніж натрій. Тому, очевидно, SAR, розрахований на основі аналітичних концентрацій, буде нижчим, від його істинного значення.

У зв'язку з цим ФАО, сільськогосподарським департаментом ООН, запропоновано враховувати додатковий ефект солонцювання ґрунтів у відповідності з реальним резервом іонів кальцію у воді за приведеним показником SAR\*. Приведені значення SAR розраховують за наступною формулою:

$$SAR = [Na / \sqrt{(0,5 \cdot Ca + Mg)}] \cdot [1 + (8,4 - pH_C)], \quad (4.6)$$

де:  $pH_C$  – розрахункова величина, яка враховує склад і уміст у воді катіонів і її лужність:

$$pH_C = pK_2 - pK_{CaCO_3} + p(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + p(CO_3^{2-} + HCO_3^-), \quad (4.7)$$

де:  $K_2$  – друга константа дисоціації  $H_2CO_3$ ;  $K_{CaCO_3}$  – добуток розчинності  $CaCO_3$ , розраховане за іонною силою зрошувальної води;  $p(Ca^{2+} + Mg^{2+})$  – від'ємний логарифм концентрації кальцію й магнію;  $+ p(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$  – від'ємний логарифм загальної лужності ( $p$  – від'ємний логарифм).

При  $SAR^* < 6$  солонцювання не очікується; при  $SAR^* 6-9$  – можливе поступове накопичення солей у ґрунтах; при  $SAR^* > 9$  –

може відбутися солонцювання ґрунтів.

**Можейко і Воротнік виділили три класи вод за ступенем їх мінералізації**, г/дм<sup>3</sup>: менше 1; 1,0-3,0; 3,0-5,0 та групи за вмістом суми натрію й калію (%), типи за характером реакції й підтипи за характером аніонів, які повторюються в кожному класі. Іригаційна характеристика (r) базується на вмісті суми натрію та калію від суми всіх катіонів із трьома градаціями (%): 75 й більше - досить загрозливі для осолонцювання ґрунтів; 66-75 - загрозливі; 65 й менше – незагрозливі. Іригаційна характеристика визначається за формулою:

$$r = [\text{Na} + \text{K} / (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})] \cdot 100\% \quad (4.8)$$

**Оцінка якості води за вмістом активних форм натрію й кальцію.** Для іригаційної оцінки поливної води використовується величина відношення між кількістю активного натрію і коренем квадратним величини вмісту активного кальцію ( $a.\text{Na}/\sqrt{a.\text{Ca}}$ ). Для розрахунку величини активності іонів за відомими значеннями концентрацій застосовується рівняння Девіса:

$$\lg f = -A \cdot Z^2 [(\sqrt{\mu} / 1 + \sqrt{\mu}) - 0,3 \cdot \mu], \quad (4.9)$$

де: f - коефіцієнт активності іону;  $\mu$  - іонна сила розчину; Z - валентність іону; A - константа, яка залежить від температури (при 20 °C = 0,505).

Іонну силу води вираховують за формулою:

$$\mu = (\sum \text{г.і.}_1 + \sum \text{г.і.}_2 + \sum \text{г.і.}_3) / 2 \cdot 1000, \quad (4.10)$$

де: ( $\sum \text{г.і.}_1$ ,  $\sum \text{г.і.}_2$ ,  $\sum \text{г.і.}_3$ ) – сума міліграм-еквівалент, відповідно одно-, двох-, трьохвалентних іонів, які містяться у досліджуваній воді.

Розходження між розрахованими й експериментально знайденими коефіцієнтами активності не перевищують 2 % для інтервалу значень іонної сили від 0 до 0,1, а для інтервалу від 0,1 до 0,2 – 5 %, при більш високих силах помилка різко зростає.

Придатною для зрошення чорноземів і такою, що не викликає осолонцювання ґрунтів вважається вода, в якій величина приведенного співвідношення менше одиниці. На думку автора, ця оцінка для умов України неприйнятна. Активність натрію у воді вища, ніж кальцію, проте одновалентні катіони більш активні як до вкорінення в ґрунтовий вбирний комплекс, так і до заміщення катіонами з більш високою валентністю.

**Методика визначення якості води за кількістю токсичних солей в еквівалентах хлору (ДСТУ 2730-94).** За хімічним аналізом зрошувальної води визначають вміст головних іонів і катіонів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) у мг-екв/дм<sup>3</sup>, які необхідно зв'язати в

молекули токсичних і нетоксичних солей. Всю кількість аніонів  $\text{CO}_3^{2-}$  зв'язують із катіоном  $\text{Na}^+$  у токсичну сіль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Із загальної кількості аніона  $\text{HCO}_3^-$  виділяють нетоксичну його частину, зв'язану з катіоном кальцію. При цьому з катіоном кальцію можна зв'язати не більше 2 мг-екв/дм<sup>3</sup>  $\text{HCO}_3^-$  (1,75), що рівняється межі розчинності солі  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  в зрошувальних водах. Ту частину аніону  $\text{HCO}_3^-$ , що залишилася – зв'язують з катіонами магнію, натрію й калію.

Аніон  $\text{SO}_4^{2-}$  зв'язують в нетоксичну сіль  $\text{CaSO}_4$  з залишком катіону кальцію, а залишок  $\text{SO}_4^{2-}$  - в токсичні солі з катіонами магнію, натрію й калію, які залишилися після зв'язування з аніонами  $\text{CO}_3^{2-}$  й  $\text{HCO}_3^-$ .

Катіони, які залишилися зв'язують в токсичні солі з хлором у послідовності, показаній у таблиці 4.13.

Таблиця 4.13. Схема зв'язування іонів у токсичні й нетоксичні солі

Іони	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
$\text{Ca}^{2+}$	-	2	5	8
$\text{Mg}^{2+}$	-	3	6	9
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	1	4	7	10

Розрахунок кількості токсичних солей в еквівалентах хлору проводять у наступній послідовності. До вмісту хлоридів додають зменшену у 5 разів кількість токсичних сульфатів і в 2,5 раза токсичних гідрокарбонатів та збільшену в 10 раз кількість карбонатів натрію. Оцінка якості зрошувальної води за сумою токсичних солей в еквівалентах хлору проводиться за наступною градацією (табл. 4.14).

Таблиця 4.14. Оцінка якості поливної води за сумою токсичних солей в еквівалентах хлору

Концентрація токсичних солей за групами ґрунтів, мг-екв/дм <sup>3</sup>			Клас води
Піщані й супіщані	Легко- й середньо-суглинкові	Важкосуглинкові й глинисті	
Менше 15	Менше 10	Менше 5	І клас
Від 15 до 40	Від 10 до 30	Від 5 до 25	ІІ клас

Розрахунок суми токсичних солей в еквівалентах хлору ведеться за формулою:

$$\text{Екв. Cl}^- = \text{Cl}^- + 0,2 \text{SO}_4^{2-} + 0,4 \text{HCO}_3^- + 10 \text{CO}_3^{2-} \quad (4.11)$$

**Оцінка якості поливної води за загрозою токсичної дії на**

**рослини (ДСТУ 2730-94)** Ця оцінка виконується за вмістом загальної та токсичної лужності, а також за вмістом лужності від нормальних карбонатів і за вмістом хлору (табл. 4.15).

**Оцінка якості поливної води за вмістом мікроелементів та важких металів (ВНД 33-3,3-02-97).** Оцінку якості води за вмістом мікроелементів, важких металів здійснюють із метою попередження негативного впливу на сільськогосподарські рослини, ґрунти, підземні та поверхневі води (табл. 4.16).

Таблиця 4.15. Оцінка якості поливної води за загрозою її токсичної дії на рослини

Показники якості води, мг-екв/дм <sup>3</sup>				Клас води
НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> -Са <sup>2+</sup>	СО <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	СІ <sup>-</sup>	
< 3,5	< 2,0	Відсутність	< 3,0	І клас
3,5-8,5	2,0-5,0	0,1-0,6	3,0-15,0	ІІ клас

Таблиця 4.16. Допустимий уміст мікроелементів та важких металів у поливній воді, мг/дм<sup>3</sup>

Елемент	Допустимий уміст		Елемент	Допустимий уміст	
	І клас	ІІ клас		І клас	ІІ клас
Алюміній	< 2,0	2,0-5,0	Бор	< 0,2	0,2-0,5
Літій	< 1,0	1,0-2,5	Селен	< 0,01	0,01-0,02
Залізо	< 2,0	2,0-5,0	Нікель	< 0,08	0,08-0,2
Марганець	< 0,5	0,5-1,0	Мідь	< 0,08	0,08-0,2
Цинк	< 0,5	0,5-1,0	Хром, Сг <sup>6+</sup>	< 0,05	0,05-0,1
Хром (Сг <sup>3+</sup> )	< 0,2	0,2-0,5	Кобальт	< 0,02	0,02-0,05
Молібден	< 0,005	0,005-0,01	Свинець	< 0,02	0,02-0,05
Ванадій	< 0,05	0,05-0,1	Кадмій	< 0,005	0,005-0,01
Вольфрам	< 0,03	0,03-0,05	Ртуть	< 0,002	0,002-0,005
Вісмут	< 0,05	0,05-0,1	Берилій	< 0,05	0,05-0,1
Фтор	< 0,8	0,8-1,5	Миш'як	< 0,02	0,02-0,05

**Оцінка якості поливної води за гранично допустимими концентраціями пестицидів (ВНД 33-3,3-02-97).** Оцінку здійснюють із метою попередження негативного впливу на сільськогосподарські рослини, ґрунти, підземні та поверхневі води, рослинний та тваринний світ (табл. 4.17).

**Оцінка якості поливної води за еколого-гігієнічними та еколого-токсикологічними показниками (ВНД 33-3,3-02-97).** Оцінку здійснюють із метою попередження зниження здатності



ґрунтів до самоочищення, а також погіршення гігієнічного стану та харчової якості сільськогосподарської продукції (табл. 4.18).

Таблиця 4.17. Гранично допустимі концентрації пестицидів у поливній воді

Найменування пестициду	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>	Найменування пестициду	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>
Дактал	1,0	Ялан (ордрам)	0,07
Дилор	0,1	Рогор	0,03
Полікарбацин	2,0	Атразін	0,05
Прометрин	3,0	Гексахлорбутадиєн	0,01
Трихлорацетат натрію	5,0	ДДТ	0,1
Цинеб	0,03	ПХК (поліхлоркамфен)	0,005
2,4-Д амінна сіль	0,2	ПХП (поліхлорпінен)	0,02
Далапон	2,0	Севін	0,1
Карбофос	0,05	Метафос	0,02
Пропанід	0,1	Гептахлор	0,05
Симазин	0,02	ГХЦГ	0,02
Трефлан	1,0	Гранозан	0,0001
Хлорофос	0,05		

Таблиця 4.18. Гранично допустимі концентрації БСК<sub>5</sub>, фенолів, ціанідів, нафти, нафтопродуктів та детергентів у поливній воді

Речовина	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>	Речовина	Уміст, мг/дм <sup>3</sup>
БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	10,0	Нафта багатосірчана	0,2
Феноли	0,005	Нафта інша та нафтопродукти	0,3
Ціаніди	0,05	Детергенти	0,1

**Класифікація природних вод із необхідності заходів для поліпшення складу** (Лозовіцький П.С., 2006). Іригаційна класифікація передбачає поділ води в джерелах зрошення на шість класів: 1 — придатна для зрошення без внесення хімічних меліорантів; 2 — має потребу в зниженні лужності перед поливом; 3 — вимагає насичення кальцієвими солями; 4 — має потребу в зниженні лужності й насиченні кальцієвими солями; 5 — має потребу в зниженні лужності, насиченні кальцієвими солями й розведенні прісною водою; 6 - непридатна для зрошення.

Кожний із класів природних вод за величиною загальної мінералізації, рН, умістом головних іонів, співвідношенню  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  розділений на підкласи: у першому - чотири, другому, третьому,

четвертому, п'ятому — по три. Доцільність поділу природних вод на підкласи складається у визначенні впливу непідготовленої води на зміни й властивості ґрунтів, а також у виборі кількості необхідного меліоранту для поліпшення хімічного складу.

Поливна вода з мінералізацією до  $2 \text{ г/дм}^3$ , гідрокарбонатного кальцієвого складу,  $\text{pH } 6,5\text{—}7,5$ , віднесена до першого класу іригаційної класифікації, не вимагає внесення хімічних меліорантів, придатна для зрошення ґрунтів усіх типів. Але природна вода з мінералізацією до  $0,6 \text{ г/дм}^3$  на більшості зрошувальних систем півдня України в перші роки зрошення викликає негативні процеси — прогресуюче опріснення ґрунтів і материнської породи, особливо в умовах глибокого залягання рівня ґрунтової води.

Вода з мінералізацією до  $2,0 \text{ г/дм}^3$ ,  $\text{pH} < 8,5$ , хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу,  $1 < \text{Na/Ca} < 6$  (третій клас), перед використанням для зрошення вимагає внесення кальцієвих солей.

Вода з мінералізацією до  $2,0 \text{ г/дм}^3$ ,  $\text{pH} > 8,0\text{—}8,5$ , хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу, із відношенням  $\text{Na/Ca } 3,6\text{—}6,0$  вимагає внесення кальцієвих солей і кислот для нейтралізації соди.

Вода з мінералізацією  $2,0\text{—}3,0 \text{ г/дм}^3$  хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу,  $\text{pH} < 8,5$  вимагає насичення кальцієвими солями, розведення прісною водою й може періодично використовуватися для зрошення й промивання засолених земель.

Вода з мінералізацією більше  $3 \text{ г/дм}^3$ , із співвідношенням  $\text{Na/Ca} > 6,0$ , умістом сульфат-іонів більше  $20 \text{ мг-екв/дм}^3$  непридатна для зрошення.

До першого класу віднесені дуже прісні, прісні, солонуваті, помірно солоні, солоні природні води з мінералізацією до  $2,0 \text{ г/л}$ ,  $\text{pH } 6,5\text{—}7,5$ , гідрокарбонатного кальцієвого складу, із умістом натрію менше 33%, кальцію - більше 33% від суми катіонів, хлору  $< 10 \text{ мг-екв/дм}^3$ , співвідношенням  $\text{Na/Ca} < 1$ , а  $\text{Na}/(\text{Ca}+\text{Mg}) < 0,7$ . За умістом солей у водах першого класу і їхньому впливу на ґрунти виділено чотири підкласи: до  $0,6$ ;  $0,6\text{—}1,0$ ;  $1,0\text{—}1,5$ ,  $1,5\text{—}2,0 \text{ г/дм}^3$ .

Зрошення дуже прісною водою (менше  $0,5 \text{ г/дм}^3$ ) у перші роки зрошення веде до інтенсивного розчинення й виносу солей, опрісненню кореневого шару ґрунтів, вимиванню карбонатів. Отже, така вода є обмежено придатною для зрошення. До першого підкласу першого класу відносяться води рік Дніпро, Дунай, Дністер,

Південний Буг, Альма, Кача, Бельбек, Чорна й ін.

В другий підклас віднесені прісні дренажно-скидні води Краснознам'янської, Каланчакської й інших зрошувальних систем Причорномор'я, води рік Криму (Біюк-Карасу, Салгир і ін.), ґрунтові води зрошуваних масивів Наддніпрянщини. До третього підкласу першого класу — солонуваті дренажно-скидні води Причорномор'я, ґрунтові і підземні води і води ріки Інгул в окремі періоди року.

До четвертого підкласу — деякі підземні неогенові водоносні горизонти півдня України й Криму, що мають гідрокарбонатний кальцієвий склад із мінералізацією 1,5—2,0 г/дм<sup>3</sup>. Такі води використовуються в Сакському районі Автономної Республіки Крим.

Другий клас включає води, мінералізація яких така ж як і вод першого класу, але з більш високим рН, що мають потребу в зміні реакції.

У перший підклас другого класу віднесені слабо лужні води, другий — середньо лужні, третій — сильно лужні із загальною мінералізацією до 2 г/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатного кальцієвого складу.

Ознакою класу є потреба в зниженні лужності лужних вод шляхом внесення кислот перед поливами. Води першого класу можуть неодноразово за вегетаційний період переходити в другий клас і навпаки. Єдиною відмінністю між класами є величина рН.

Для зниження лужності води по трасі каналу не нижче 7,5 рН на 1 м<sup>3</sup> води, віднесеної до другого класу (Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг, Салгир, Біюк-Карасу й ін.), рекомендується вносити концентровану кислоту (92 %) Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> у залежності від терміну використання цієї води після меліорації (табл. 4.19). При використанні Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> іншої концентрації необхідне перерахування норм за формулою

$$D_x = (C_1 D) / C_2 \quad (4.12)$$

де:  $D_x$ , г/м<sup>3</sup> — доза кислоти меншої концентрації;  $C_1$  — концентрація 96 %-вої Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  $C_2$  — концентрація наявної Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %;  $D$  - доза 96 %-вої Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Повне змішування води з кислотою у площині каналу спостерігається приблизно в 50 м від місця введення (дозатора).

У третій клас об'єднані природні прісні, солонуваті й помірно солоні води з мінералізацією до 2,0 г/дм<sup>3</sup>, рН < 8,0—8,5, хлоридного натрієвого, сульфатного натрієвого типу, що можуть бути насичені кальцієвими солями (фосфогіпс 0,4—1,8 кг/м<sup>3</sup>) для вирівнювання умісту Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>. Обмеження мінералізації вод до 2,0 г/дм<sup>3</sup> зв'язано з тим, що при насиченні кальцієвими солями їхня мінералізація

зростає на 0,8—1,0 г/дм<sup>3</sup>, а використання природних вод із мінералізацією, більшою 3,0 г/дм<sup>3</sup>, може викликати засолення важких ґрунтів чорноземного типу.

Таблиця 4.19 . Дози H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> для нейтралізації лужності зрошувальної води при різних термінах використання води після меліорації, г/м<sup>3</sup>

рН природної води	Терміни використання для зрошення після меліорації, год		
	10	24	72
8.0—8.2	18—20	25—28	30—36
8.2—8.4	20—23	28—31	36—42
8.5—8.8	23—26	31—35	42—48
8.8—9.0	26—28	35—39	48—54

Поділ на підкласи проведено за рівнем загальної мінералізації, рН, умістом натрію й кальцію, співвідношенню катіонів, потреби в меліоранті. Перший підклас — води з мінералізацією < 1 г/дм<sup>3</sup>, рН < 8,0, співвідношенням Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> 1,0—2,5, а Na<sup>+</sup>/(Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>) > 0,7; другий — 1,0—1,5 г/л, < 8,3, 2,5—4,0, > 0,9 і третій — 1,5—2,0 г/дм<sup>3</sup>, < 8,5, 4,0—6,0, > 1,2 відповідно (табл. 4.19).

До третього класу відносяться природні води рік Сіверський Донець, Інгулець, Самара, Вовча, Інгул, Сарата, Когильник, придунайських озер: Сасик, Китай, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух, Кагул. Води цих річок вимагають поліпшення хімічного складу шляхом внесення кальцієвих солей (фосфогіпс, гіпс, вапно), а іноді і сірчаної кислоти.

Дозу фосфогіпсу, необхідну для меліорації природної води в залежності від умісту в ній Na і співвідношення Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> можна установити за діаграмою (рис. 4.1), отриманої автором при експериментальних дослідженнях у лабораторних умовах із водами річки Інгулець і озера Сасик.

До четвертого класу віднесені за хімічним складом і загальною мінералізацією, ті ж води, що й до третього, але зі значно більш високим рН і концентрацією карбонат іонів. Води четвертого класу вимагають одночасного зниження лужності, нейтралізації соди сірчаною кислотою (10—40 г/м<sup>3</sup>) й насичення кальцієвими солями фосфогіпсу (0,4—1,8 кг/м<sup>3</sup>). Як правило, у водах з мінералізацією до 1,5 г/л співвідношення Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> не перевищує 2,5, а у водах із мінералізацією більше 2,0 г/дм<sup>3</sup> не буває менше 4,0.

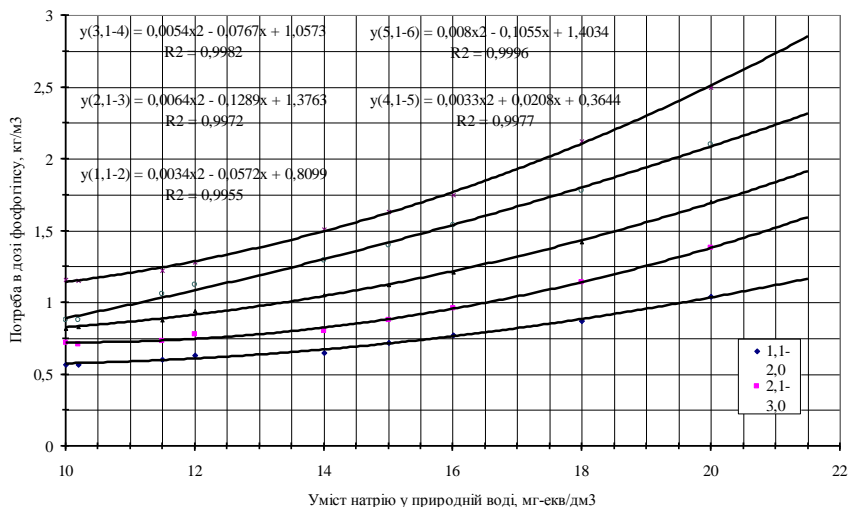


Рис. 4.1. Визначення потреби в дозі фосфогіпсу при меліорації природної води в залежності від умісту натрію та відношення  $\text{Na}/\text{Ca}^{2+}$  за приведеними рівняннями та лініями регресії (Лозовіцький П.С., 2006)

До п'ятого класу автором віднесені солоні природні води з мінералізацією  $2,0\text{—}3,0\text{ г/дм}^3$ , середньо й сильно лужної реакції, співвідношенням  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} > 3,0$ , а  $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}) > 0,6$ . Клас має три підкласи (за умістом катіонів і їх співвідношенням). Перший підклас - води зі співвідношенням  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$   $3,0\text{—}4,0$ , другий —  $4,0\text{—}5,0$  і третій  $5,0\text{—}6,0$ .

Води цього класу вимагають насичення кальцієвими солями, більш високими дозами фосфогіпсу ( $1,3\text{—}2,8\text{ кг/м}^3$ , або на  $30\text{—}40\%$  вище в порівнянні з попереднім класом), зниження лужності сірчаною кислотою й розведення прісною водою в співвідношенні 1 до 3—5. До цього класу відносяться води рік Сіверський Донець, Інгулець, Самара, Вовча, Кальміус, Кальчик, Міус, Молочна, озер Сасик і Китай в окремі періоди року.

Шостий клас — непридатні для зрошення води з мінералізацією  $> 3,0\text{ г/дм}^3$ , співвідношенням  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} > 6,0$ , умістом хлору  $> 20\text{ мг-екв/дм}^3$ , сульфатів  $> 20\text{ мг-екв/дм}^3$  і  $\text{Na}^+ > 65\%$  від суми катіонів. До цього класу відносяться води Хаджибейського, Тилігульського, Березанського, Молочного й південної частини Дністровського лиманів.

Розглянуто лише найпоширеніші та загально визнані класифікації й методи оцінки якості поливної води, які в багатьох випадках дають непорівнянні результати й викликають протиріччя одна відносно іншої.

### **Контрольні питання**

1. Яка площа зрошуваних земель в Україні? 2. Яка загальна мінералізація природної води джерел зрошення в Україні? 3. Води яких джерел зрошення відносяться до прісних? 4. Води яких джерел зрошення відносяться до мінералізованих? 5. На яких зрошувальних системах України і на яких площах використовується для поливів вода р. Дніпро? 6. Наведіть іригаційні характеристики води р. Дніпро? 7. Охарактеризуйте зрошувальні системи, на яких використовується для поливів вода р. Дунай? 8. Охарактеризуйте іригаційні характеристики природної води р. Дністер? 9. На яких площах і яких зрошувальних системах використовується для зрошення вода р. Дністер? 10. На яких площах і яких зрошувальних системах використовується для зрошення вода р. Південний Буг? 11. Охарактеризуйте іригаційні властивості води р. Інгулець? 12. На яких зрошувальних системах використовується для зрошення вода р. Інгулець? 13. Охарактеризуйте іригаційні характеристики води придунайських озер. 14. Для зрошення земель яких систем використовуються води Придунайських озер? 15. Охарактеризуйте якість дренажно-скидних вод рисових систем. 16. Які води називають стічними. На які групи за ступенем придатності для зрошення вони поділяються? 17. Назвіть зрошувальні системи України, землі яких зрошуються стічними водами? 18. Назвіть хімічний склад біологічно очищеної води різних міст України? 19. Які вимоги до вибору ділянок під зрошення стічними водами? 20. Назвіть орієнтовні зрошувальні норми при поливі стічними водами? Від яких природних умов вони залежать? 21. Назвіть умови, за яких можливе використання для зрошення стічних вод тваринницьких комплексів? 22. Чим відрізняються механічно очищені стічні води тваринницьких комплексів від біологічно очищених? 23. Як визначається іригаційна якість води за методикою Ізраєльсона? 24. Наведіть формули для визначення оцінки поливної води за методикою Стеблера? 25. За якими параметрами оцінював якість поливної води М.Ф. Буданов? 26. Як оцінюється якість поливної

води у зв'язку із загрозою натрієвого осолонцювання ґрунтів за методикою Антіпова-Каратаєва та Кадера? 27. Як оцінюється поливна вода за загрозою магнієвого осолонцювання ґрунтів? 28. Наведіть методику оцінки води запропоновану Департаментом сільського господарства США? 29. Наведіть методику оцінки якості поливної води за Можейко та Воротнік? 30. Як оцінюється поливна вода за кількістю токсичних солей в еквівалентах хлору? 31. Як оцінюється поливна вода за вмістом мікроелементів та важких металів? 32. Як оцінюється поливна вода за гранично допустимими концентраціями пестицидів? 33. Як оцінюється поливна вода за еколого-гігієнічними та еколого-токсикологічними показниками.

## Розділ 5

### МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД ДО ПОЛИВІВ

Поливна вода як складова водних меліорацій дуже часто має негативний вплив на екологічний стан зрошуваних ґрунтів. Серед негативних наслідків зрошення необхідно виділити такі процеси у ґрунтах як підвищення рівня ґрунтових вод, засолення, осолонцювання й забруднення (рис. 5.1).



*Рис. 5.1. Класифікація й структура факторів екологічної небезпеки зрошуваних земель*

Щоб унеможливити виникнення негативних наслідків на зрошуваних землях України необхідно управляти якістю поливної води, моделювати та прогнозувати водно-сольовий стан ґрунтів, запровадити систему управління їх екологічною безпекою.

Концептуальна схема моделювання водно-сольового режиму зрошуваних земель, їх контролю й управління побудована на удосконаленні інструментальних методів досліджень, створенні вимірювально-інформаційних систем, баз даних і математичних моделей для виявлення та ідентифікації аномалій параметрів екологічного стану зрошуваних земель в умовах тривалого зрошення водами різної ґригаційної якості (рис. 5.2).





Рис. 5.2. Блок-схема моделювання водно-сольового режиму зрошуваних земель, їх контролю й управління

Якість поливної води це лише один з факторів, що впливає на екологічний стан зрошуваних ґрунтів і формує їх водно-сольовий режим. В подальшому ми будемо повертатися до приведеної вище схеми й розглядати більш детально інші складові водно-сольового режиму зрошуваних земель, їх контролю й управління.

Необхідність покращення якості води встановлюють при допомозі спеціальних розрахунків. Для цього використовують дані хімічного аналізу вод і критичних оціночних показників.

## 5.1. Очищення води

**Очистка води - усунення сторонніх домішок із води (включно з живими організмами) за допомогою механічних, фізико-хімічних (хлорування, озонування й т.п.) і біологічних методів до вмісту в ній кількостей домішок, які не перевищують природного фону або допустимих величин.**

Вода річок, каналів, ставків, озер часто не відповідає вимогам, які пред'являються до поливної води й потребує в першу чергу очистки, особливо при краплинному зрошенні.

Воду з відкритого джерела спочатку пропускають через решітки, виготовлені з металевих прутів. Відстань між прутами коливається від 50 до 100 см. Така решітка затримує крупні плаваючі й зважені предмети. Після цього вода проходить через

дворядну дротяну й латунну мілку сітки, які не пропускають більш мілке сміття, зайві частки. Перший ряд дворядного дроту має прорізи 10-14 мм, другий 5-7 мм. Від мілких зважених механічних домішок воду очищують у спеціальних спорудах відстійниках. Аби викликати випадіння на дно відстійника найменших зважених часток, у воду додають коагулянти - сірчаноокислий алюміній  $Al_2(SO_4)_3$ , залізний купорос  $FeSO_4$  або хлорне залізо  $FeCl_2$ . Сірчаноокислий алюміній гідролізуючись викликає утворення осаду гідрату окису алюмінію. Випадаючи на дно відстійника, коагулянти осаджують мілкі частки мулу, бактерії, мілкий планктон і інше. При цьому, вода інтенсивно освітлюється.

Дози коагулянтів залежать від мутності води, яка очищається. За даними Н.Н. Абрамова, дози безводних коагулянтів  $Al_2(SO_4)_3$  і  $FeCl_2$  для води різної мутності наступні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Дози коагулянтів для осадження зважених часток у воді

Вміст зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Дози $Al_2(SO_4)_3$ або $FeCl_2$ , мг/дм <sup>3</sup>	Вміст зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Дози $Al_2(SO_4)_3$ або $FeCl_2$ , мг/дм <sup>3</sup>
100	25-35	1000	60-90
200	30-45	1400	65-105
400	40-60	1800	75-115
600	45-70	2200	80-125
800	55-80	-	-

Для зниження кольоровості води до нульових значень дозу коагулянту  $Al_2(SO_4)_3$  (мг/дм<sup>3</sup>) вираховують за емпіричною формулою:

$$D_k = 4\sqrt{C}, \quad (5.1)$$

де:  $C$  - кольоровість води за платино-кобальтовою шкалою, град.

Відстійники можуть бути горизонтальними й вертикальними.

**Горизонтальний відстійник** являє собою прямокутний у плані закритий басейн, розділений на дві частини: зону осадження й зону накопичення й ущільнення осаду. Висота зони осадження зазвичай складає 2,5-3,5 м. Висоту зони накопичення й ущільнення розраховують на прийом осаду, який випадає в період між чистками відстійника. Щоб відстійник затримував зважені частинки, які подані в нього з водою, його довжину приймають рівною:

$$L = vH/u, \quad (5.2)$$

де:  $L$  - довжина відстійника, м;  $v$  - швидкість руху води у відстійнику, складає 0,001-0,002 м/с;  $u$  - швидкість випадання часток, м<sup>3</sup>/с;  $H$  - висота

зони осадження відстійника, м. Відстійники роблять темними, щоб у них не розвивалась рослинність.

**Вертикальний відстійник** являє собою круглий або квадратний у плані басейн висотою 4-5 м із конічним або пірамідальним дном і центральною циліндричною трубою. Вода трубою поступає у нижню частину відстійника, потім із невеликою швидкістю (0,5-0,75 мм/с) тече у верхню. Осад, що випадає при цьому накопичується на дні відстійника. Освітлену воду пізніше пропускають через фільтр.

Фільтр виконують у вигляді резервуара, заповненого фільтруючим матеріалом. На дні такого резервуара облаштовується дренаж для відводу профільтрованої води. На дренаж укладають шар підтримуючого матеріалу.

Якщо в якості фільтруючого матеріалу використовують пісок, то в якості підтримуючого беруть гравій (крупність гравію донизу має збільшуватись). Швидкість фільтрації (м/год.) вираховується за формулою:

$$V = Q/F, \quad (5.3)$$

де: Q - кількість води, яка пройшла через фільтр за одиницю часу, м<sup>3</sup>/с; F - площа фільтру, м<sup>2</sup>; V - швидкість фільтрації, м/год.

Піщані фільтри поділяються на повільні й швидкі.

**Повільні фільтри** застосовують для фільтрування не коагульованої води і виконують у вигляді бетонного або цегельного басейну. Швидкість фільтрації на таких фільтрах залежить від кількості зважених у воді речовин. При швидкості фільтрації 0,1-0,2 м/год. затримуються практично всі мінеральні й органічні частки й до 98 % бактерій. Висоту фільтруючого й підтримуючого шарів повільного фільтра можна підібрати за таблицею 5.2.

Таблиця 5.2. Висота фільтруючого й підтримуючого шарів у залежності від крупності фракцій піску та гравію

№ шару зверху	Завантажувальний матеріал	Крупність зерен, мм	Висота шару, мм
1	Пісок	0,3-1	1200
2	Те саме	1-2	50
3	Гравій або щебінь	2-4	100
4	Те саме	4-8	100
5	Те саме	8-16	100
6	Те саме	16-32	150

За 1-2 доби після початку фільтрації води через повільний фільтр у верхньому шарі фільтруючого матеріалу накопичуються зважені частки й утворюється плівка (осад). Із збільшенням товщини плівки (але до визначеної товщини) ефективність освітлювання води зростає. При помітному уповільненні процесу фільтрації забруднений верхній шар піску (1-2 см) знімають і замінюють новим незабрудненим. Чистку фільтрів виконують через 1-2 місяці роботи. Переваги повільних фільтрів – високі ступінь освітлення й відсоток затримання бактерій без попередньої хімічної обробки води; недолік – велика будівельна вартість і складність очистки.

**Швидкі фільтри** використовують для очищення питної води. Товщина фільтруючого шару піску у такому фільтрі досягає 0,75-1 м. Воду у фільтр подають після коагуляції. Швидкість фільтрації як правило складає 6-12 м/год. Плівка (із зважених часток) необхідної товщини утворюється у верхньому шарі піску через 20-30 хвилин після початку фільтрації води. Тому фільтруючий матеріал у швидких фільтрах промивають (чистою водою, яку подають знизу через дренаж із швидкістю 35-45 м/год.) 2 рази в день. Промивка триває 5-7 хвилин. Переваги швидких фільтрів - швидко й досить задовільно очищують воду. Добові витрати очищеної води складають  $100 \text{ м}^3$  з  $1 \text{ м}^2$  площі фільтра.

**Знезаражування води.** Його виконують із метою видалення з води мікроорганізмів і бактерій, які залишилися у ній після очистки, а іноді як єдиний самостійний захід очистки (для дезінфекції підземних вод). **Розрізняють наступні методи знезараження: хлорування, озонування, бактерицидне опромінення.**

**Хлорування** полягає у введенні у воду хлору або хлорного вапна й забезпечує повне знищення хвороботворних бактерій. При проектуванні знезаражуючих установок дози хлору установлюються, виходячи з необхідності очистки води в періоди найбільшого забруднення (весняні паводки й ін.). Показником достатності дози хлору слугує вміст у воді залишкового хлору, тобто того, який залишився після окислення речовин, що містились у воді. За ГОСТ 2874-73 концентрація залишкового хлору у воді перед поданням споживачу не повинна перевищувати  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Для знезараження річкової води дозу хлору приймають  $1-3 \text{ мг/дм}^3$ , підземної - не більше  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ .

На очисних станціях рідкий хлор (або хлористе вапно) попередньо змішують у спеціальних приладах-дозаторах (або баках)

із визначеною кількістю води. Отриману хлорну воду з допомогою дозаторів подають у питну воду або для краплинного зрошення. Для зниження запаху хлору хлоровану воду витримують на станціях 2 год. і тільки потім направляють у водопроводи.

**Озонування води** має ряд переваг у порівнянні з хлоруванням. Озон забезпечує надійне знезараження води, й не погіршує її смакові якості й не надає неприємного запаху. Отримують озон безпосередньо на очисних станціях із допомогою озонаторів. Атмосферне повітря при цьому має бути чистим від пилу й сухим. При вологому повітрі витрати електричної енергії для отримання озону збільшуються. Воду з озоном змішують у змішувачах. Озонована вода спочатку поступає у бак чистої води, а потім у водопровідну мережу. Дози озону при озонуванні води можуть складати 0,6-3,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Озон токсичний, тому у приміщенні, де знаходяться люди, його вміст не повинен перевищувати 0,00001 мг/дм<sup>3</sup>.

**Бактерицидне опромінення** полягає у знищенні бактерій, що містяться у воді ультрафіолетовими хвилями. Виконують його на спеціальних установках, які мають ртутно-кварцові або аргонно-ртутні лампи. Вода тонким шаром обтікає лампи, переміщується й, піддаючись опроміненню, знезаражується.

Опромінення не потребує введення в оброблювану воду будь-яких реагентів, смакові якості води не погіршуються, вартість опромінення не вища вартості хлорування. Але цей метод, придатний тільки для освітленої води з доброю проникністю для променів.

**Знезалізнєння води.** У водах часто міститься бікарбонат заліза. При стиканні з повітрям він втрачає CO<sub>2</sub>, й переходить у водний окис заліза, коагулює й випадає у вигляді бурого осаду, надаючи воді неприємний смак.

Разом із тим випадаючи на стінки водопровідної мережі, забруднює їх, послаблює витікання води з крапельниць, а іноді й повністю їх закупорює.

Найбільш універсальний і ефективний спосіб видалення заліза з води -хлорування. Очистити воду від надлишків заліза можна й аерацією дощуванням. При дощуванні мілкі краплини води під час падіння стикаються з повітрям і при цьому розчинні форми солей заліза, переходять у нерозчинні. Утворений осад потім затримується на піщаних фільтрах

## 5.2. Покращання складу поливної води

Вибір способів підготовки зрошувальної води до поливів необхідно вести з врахуванням її мінералізації, хімічного складу та еколого-меліоративного стану земель, на яких буде використана підготовлена вода.

Поливна вода із загальною мінералізацією до 2 г/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатного кальцієвого складу, величиною водневого показника рН 6,5-7,5 не потребує внесення хімічних меліорантів, придатна для зрошення ґрунтів всіх типів, але природна вода з мінералізацією до 0,6 г/дм<sup>3</sup> на більшості зрошувальних систем півдня України викликає негативні процеси прогресуючого опріснення ґрунтів зони аерації, особливо в умовах глибокого залягання рівня ґрунтової води.

Поливна вода із загальною мінералізацією до 2 г/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатного кальцієвого складу, слабо кислої реакції водного середовища (рН = 6,0-6,5) придатна для зрошення середньо- та сильно лужних ґрунтів без внесення хімічних меліорантів. При зрошенні ґрунтів із нейтральною та кислою реакцією середовища потребує підлуження. Дуже кисла (рН = 4,0-5,0) та середньо кисла вода (рН = 5,0-6,0) при зрошенні ґрунтів спричиняє розчинення карбонатів, вимивання гумусу, а тому при використанні для зрошення потребує підлуження.

Поливна вода із загальною мінералізацією до 2 г/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатного кальцієвого складу, слабо лужної реакції водного середовища придатна для зрошення слабо кислих ґрунтів, при зрошенні лужних - вимагає підкислення. Середньолужна вода придатна для зрошення слабо кислих ґрунтів, при зрошенні нейтральних та лужних - вимагає нейтралізації соди, зниження лужності. Сильнолужна вода придатна для зрошення сильно кислих ґрунтів, при зрошенні інших вимагає нейтралізації соди, зниження лужності.

Природна вода із загальною мінералізацією до 2,2 г/дм<sup>3</sup>, величиною водневого показника рН менше 8,5, хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу, відношенням умісту натрію до вмісту кальцію більше одиниці - менше 6, перед використанням на зрошення потребує внесення кальцієвих солей.

Природна вода із загальною мінералізацією до 2,2 г/дм<sup>3</sup>, величиною водневого показника рН більше 8,0-8,5, хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу, відношенням умісту

натрію до вмісту кальцію 3,6-6,0 перед використанням на зрошення потребує одночасного внесення кальцієвих солей і кислот.

Природна вода із загальною мінералізацією 2,2-3,0 г/дм<sup>3</sup> хлоридного натрієвого або сульфатного натрієвого складу, величиною водневого показника рН менше 8,5 потребує насичення кальцієвими солями, розбавлення прісною водою і може періодично використовуватись для зрошення й промивок засолених земель.

Природна вода із загальною мінералізацією більше 3 г/дм<sup>3</sup>, співвідношенням натрію до кальцію понад 6,0, вмістом сульфат-іонів більше 20 мг-екв/дм<sup>3</sup> непридатна для тривалого використання в зрошуваному землеробстві.

### 5.2.1. Гіпсування води

Різні дози фосфогіпсу впливають на збільшення у природних водах концентрації кальцію, сульфатів, загальної мінералізації, сполук фосфору, змінюють значення водневого показника рН. Розчинність меліоранта у воді залежить від кислої, нейтральної або лужної реакції середовища.

Фосфогіпс (Вінницький завод) - відходи виробництва фосфорних добрив (подвійного суперфосфату й преципітату). Сировина відпускається споживачам у вигляді порошку сірого або білого кольору, який містить до 39-40 % CaO, 56-57 % SO<sub>3</sub>, 1,0-1,2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,3-0,4 % F, 0,5-0,6 % R<sub>2</sub>O.

За даними Лозовіцького П.С. (1999) зниження величини водневого показника рН природної води при меліорації фосфогіпсом відбувається за рахунок умісту в останньому сульфату кальцію, який має слабо кислу реакцію. Зниження значень рН природної води в лабораторних умовах спостерігається на протязі 5-7 годин після внесення фосфогіпсу; з плином встановленого часу в процесі поглинання водою СО<sub>2</sub> із повітря значення рН повільно відновлюються. Так, при внесенні у природну воду 0,6 г/дм<sup>3</sup> фосфогіпсу (доза недостатня для вирівнювання відношення Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>) величина рН знижується з 8,6 до 8,3 й на протязі трьох діб є незмінною, тоді, як при внесенні в таку ж воду 2 г/дм<sup>3</sup> (доза достатня) за годину величина рН знижується до 7,7; за 5 - до 7,59; за добу, відновлюючись, сягає 7,77; за дві - 7,93; за три доби - 8,1.

Зменшення величини водневого показника рН природної води

(у) має зворотній кореляційний зв'язок із дозою фосфогіпсу (х) й описується кубічним рівнянням із коефіцієнтом кореляції ( $r = 0,896 \pm 0,11$ ):

$$y = 8,58 - 0,000565 x + 0,0000000547 x^2 \quad (5.4)$$

Отже, зниження величини рН залежить як від дози фосфогіпсу, так і його початкового значення, і якщо це значення перевищує 8,5 - 8,7, то навіть при повному насиченні меліорованої води кальцієвими солями величина водневого показника рН залишається значною, вищою за оптимальну для більшості вирощуваних культур.

Насичення природної води кальцієвими солями фосфогіпсу сприяє підвищенню концентрації кальцію із одночасним збільшенням сульфатів, в основному, в рівних з кальцієм величинах, мг-екв/дм<sup>3</sup>. Мінералізовані (більше 2 г/дм<sup>3</sup>) води з великим умістом сульфатів (20 і більше мг-екв/дм<sup>3</sup>) слабо насичуються кальцієвими солями і, як правило, співвідношення  $Na^+$  до  $Ca^{2+}$  не вирівнюється.

У лабораторних дослідах, внесена у природну воду, доза фосфогіпсу повністю не розчинялась і більше половини її (у деяких випадках до 75 %) випадало в осад (табл. 5.3).

Таблиця 5.3. Вплив хімічного складу природної води й дози фосфогіпсу на зміну основних показників при її меліорації

Доза, мг/дм <sup>3</sup>	рН	Зміна вмісту інгредієнтів, мг/дм <sup>3</sup>										
		CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	Na	Na/C	Σ солей	Осад
-	8,70	9,0	158,6	319,5	108,0	0,3	46	54	237	4,5	1000	0
600	8,38	0	152,5	319,5	384	0,9	136	54	237	1,5	1300	320
800	8,20	0	152,5	319,5	456,6	1,3	170	54	237	1,2	1360	440
1000	8,08	0	152,5	319,5	542,2	1,6	200	54	237	1,0	1420	570
1200	7,95	0	152,5	319,5	600,0	1,9	226	54	237	0,9	1490	700
-	8,2	0	225,7	734,1	546,2	0,5	80	108	516	5,6	2120	0
2000	7,40	0	207,4	722,4	1034,4	5,2	260	108	528	1,8	2790	1320
3000	7,30	0	201,3	722,4	1135,7	6,2	320	108	528	1,4	3000	2170
4000	7,25	0	195,2	718,5	1418,4	9,0	340	120	516	1,3	3150	2960
6000	7,15	0	195,2	714,6	1681,4	12,4	420	108	552	1,1	3740	4380

При цьому, встановлена закономірність, чим вища мінералізація та вміст катіонів натрію у природній воді, тим менша розчинність фосфогіпсу й більш висока маса нерозчиненого залишку. Так, при мінералізації природної води біля 1 г/дм<sup>3</sup>, співвідношенні  $Na^+/Ca^{2+} = 4,0$  розчинність фосфогіпсу досягає 50 %, тоді, як при насиченні води з мінералізацією більше 2 г/дм<sup>3</sup>, співвідношенням  $Na^+/Ca^{2+} =$



5,6, вмістом  $\text{Na}^+$  - 22,4 мг-екв/дм<sup>3</sup> - лише 34-27 %, а інша маса випадає в осад. Крім того, в результаті реакції утворюється карбонат кальцію, який випадає в осад і розчинений сульфат натрію:



При цьому, у природній воді повністю нейтралізується карбонат іон, що обумовлено взаємодією сульфату кальцію фосфогіпсу й соди поливної води.

На розчинність фосфогіпсу впливає термін розчинення. При видержуванні фосфогіпсу у природній воді на протязі 24 годин 80-90 % його розчинності припадало на першу годину проведення досліду й лише 10-20 % - на наступні 23 години (табл. 5.4).

Таблиця 5.4. Вплив тривалості насичення й доз фосфогіпсу на якісний склад меліорованої води

Доза, г/дм <sup>3</sup>	Зміна показників меліорованої води у часі, год.					
	2			24		
	pH	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+ / \text{Ca}^+$	pH	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$
0	8,6	2,9	4,79	8,65	2,9	4,79
0,6	8,3	6,3	2,21	8,25	7,1	1,96
0,8	8,2	7,2	1,93	8,20	8,4	1,65
1,0	8,1	8,5	1,64	8,16	10,1	1,38
1,2	8,0	10,2	1,36	7,95	11,3	1,23
1,4	7,9	11,8	1,18	7,88	12,7	1,09
1,6	7,8	12,9	1,08	7,85	13,9	1,00
1,8	7,7	13,5	1,03	7,80	15,1	0,92
2,0	7,6	14,1	0,99	7,77	16,3	0,85
3,0	7,5	16,2	0,86	7,69	20,1	0,69
	48			72		
0	8,68	2,9	4,79	8,63	2,9	4,79
0,6	8,28	7,2	1,93	8,30	7,3	1,90
0,8	8,21	8,5	1,64	8,23	10,0	1,39
1,0	8,18	10,2	1,36	8,21	11,2	1,24
1,2	8,10	12,8	1,09	8,20	13,8	1,01
1,4	8,00	13,5	1,03	8,15	15,1	0,92
1,6	7,98	14,6	0,95	8,13	15,5	0,90
1,8	7,95	15,9	0,87	8,11	16,4	0,85
2,0	7,93	16,8	0,83	8,10	17,2	0,81
3,0	7,80	20,3	0,68	8,00	20,3	0,68

При насиченні природної води достатньою дозою солей

фосфогіпсу концентрація катіонів кальцію у меліорованій воді може збільшуватись на 9-18 мг-екв/дм<sup>3</sup>, тобто на 180-360 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатів - 390-1140, загальна мінералізація - на 500-1650 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 5.4).

Зростання вмісту загальної мінералізації ( $y_a$ ), сульфат-іонів ( $y_b$ ), кальцію ( $y_c$ ) у меліорованій фосфогіпсом природній воді в прямій залежності ( $r_a = 0,88 \pm 0,11$ ;  $r_b = 0,95 \pm 0,07$ ;  $r_c = 0,93 \pm 0,08$ ) від його дози й описується рівняннями:

$$y_a = 978,13 + 0,54 D_{\text{ф}} \quad (5.6)$$

$$y_b = 275,79 + 0,25 D_{\text{ф}} \quad (5.7)$$

$$y_c = 109,05 + 0,06 D_{\text{ф}} \quad (5.8)$$

Встановленими й приведеними вище рівняннями можна прогнозувати кінцеву загальну мінералізацію меліорованої води, вміст катіонів кальцію та сульфат іонів у залежності від застосованої дози фосфогіпсу.

Процес насичення поливної води фосфогіпсом призводить до зміни хімічного складу природної води з хлоридного натрієвого до сульфатного натрієво-кальцієвого, збільшення загальної мінералізації на 0,2-0,8 г/дм<sup>3</sup> та вмісту кальцію в 2,6-6,7 рази, сульфатів в 2-3 рази, сполук фосфору в 7-10 разів, нейтралізації карбонат-іону, зменшення на 0,6-1,8 мг/дм<sup>3</sup> умісту гідрокарбонатів і на 0,7-1,0 величини водневого показника рН.

Перемішування емульсії з природною водою, зменшення вмісту зважених частинок меліоранту, поліпшення якості меліорованої води в руслі розподільчих каналів відбувається на відстані 1,5-2,0 км від місця насичення. Установки насичення поливної води кальцієвими солями слід розміщувати за 1,5-2,0 км від першої насосної станції, яка забирає підготовлену воду на зрошення.

З часом якість меліорованої води в розподільчих каналах погіршується, шляхом зворотної реакції частина меліоранту випадає в осад, отже підготовлену воду необхідно використати для зрошення ґрунтів протягом 24-36 годин і не створювати запасу у верхньому б'єфі в каналі.

Для прогнозу параметрів меліорованої води в залежності від доз фосфогіпсу й хімічного складу природної води пропоную наступні формули:

$$M_{\text{М.В.}} = 230,2 + 0,276 D_{\text{ф}} + 0,9 M, \quad (5.9)$$

$$SO_{4 \text{ М.В.}} = 0,2 D_{\text{ф}} + 0,259 M - 44,6, \quad (5.10)$$

$$Ca_{\text{М.В.}} = 498,1 + 0,066 D_{\text{ф}} + 0,698 M - 23,66 Ca \quad (5.11)$$

$$MO = 0,718 D_{\text{ф}} + 0,11 M - 245,3. \quad (5.12)$$

де:  $M_{\text{М.В.}}$ ,  $\text{SO}_4 \text{ М.В.}$ ,  $\text{Ca}_{\text{М.В.}}$  - загальна мінералізація, вміст сульфатів, кальцію у меліорованій воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{MO}$  - маса нерозчиненого залишку від дози внесеного фосфогіпсу, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}$  - вміст сульфатів і кальцію у природній воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{M}$  - мінералізація природної води, мг/дм<sup>3</sup>.

Величина зростання концентрації неорганічних сполук фосфору ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) у меліорованій воді залежить від дози фосфогіпсу, але при дозі достатній для насичення природної води кальцієвими солями загрози забруднення ґрунтів, підземних вод, сільськогосподарської продукції не несе.

Слід відмітити наступне: 1) являючись важкорозчинним, фосфогіпс інтенсивніше насичує природну воду кальцієвими солями в дрібно молотому стані при постійному механічному перемішуванні; 2) процес насичення води кальцієвими солями протікає найбільш ефективно при вихідній мінералізації води менше 1 г/дм<sup>3</sup>, при цьому загальна мінералізація меліорованої води не перевищує 1,5 г/дм<sup>3</sup>; 3) у процесі меліорації вирівнювання вмісту катіонів натрію й кальцію досягається в природній воді із загальною мінералізацією до 2,0 г/дм<sup>3</sup>, співвідношенні  $\text{Na/Ca} \leq 6,0$ . При перевищенні вказаних норм співвідношення катіонів у меліорованій воді не вирівнюється.

### **5.2.2. Використання сірчаної кислоти для зменшення лужності меліорованої води**

Значення водневого показника (рН) у поливній воді при зрошенні чорноземів і темно-каштанових ґрунтів має бути меншим 7,5. При вищих рН у поливній воді зростає лужність ґрунтового розчину, що негативно впливає на ріст сільськогосподарських рослин, хід ґрунтових процесів. Для запобігання цим негативним явищам, поливну воду з високими значеннями рН необхідно підкислювати різними кислотами. Найбільш безпечна й ефективна в роботі - сірчана кислота.

Величина зниження лужності залежить від ряду факторів: вмісту гідрокарбонатів, довжини каналів, площі й часу взаємодії води з повітрям, бетонним руслом, температури води, вмісту світло-зелених водоростей (цвітіння води) й ін.

При детальному аналізі відмічених факторів і проведених дослідів зроблено припущення про переважаючий вплив на

результати вимірювань взаємодії нейтралізованої води з повітрям, особливо при її аерації, яка підвищувала мутність. На користь цього свідчить те, що в пробах води відібраних безпосередньо після гідротехнічних споруд (гідравлічні регулятори рівня, переїзди, швидкоотік і ін.), де відмічена підвищена циркуляція води - величина водневого показника рН зростала.

Вплив бетону, яким облицьовано відкоси каналів, на зміну реакції нейтралізованої води свідчить про відносно невелике збільшення лужності, яке не перевищує 0,1-0,2 одиниці рН.

Цвітіння води й бурхливий розвиток вищих водних рослин обумовлюють поглинання атмосферного  $\text{CO}_2$  й підвищення рН до максимально зареєстрованих значень - 9,1-9,4.

Підкислення лужної й сильно лужної води призводить до зникнення карбонатних, зниження (до 30 %) гідрокарбонатних іонів.

Для зниження лужності зрошувальної води й підтримання значення рН по трасі каналу на рівні 7,0-7,5, на 1 м<sup>3</sup> поливної води необхідно вносити наступні дози концентрованої (92 %) сірчаної кислоти (щільність 1,82) у залежності від терміну використання після меліорації (табл. 5.5).

Таблиця 5.5. Дози сірчаної кислоти для нейтралізації лужності зрошувальної води, г/м<sup>3</sup>

Вихідне значення рН води	Термін використання після меліорації, год.		
	10	24	72
8,0-8,2	18-20	25-28	30-36
8,2-8,4	20-23	28-31	36-42
8,5-8,8	23-26	31-35	42-48
8,8-9,0	26-28	35-39	48-54

При використанні сірчаної кислоти іншої концентрації необхідно вести перерахунок норм за формулою:

$$D = (C_1 d) / C_2 \quad (5.15)$$

де: D - доза кислоти меншої концентрації, г/м<sup>3</sup>; C<sub>1</sub> - концентрація 96 % сірчаної кислоти; C<sub>2</sub> - концентрація наявної сірчаної кислоти, %; d - доза 96 % сірчаної кислоти.

Повне рівномірне у площині каналу змішування води з кислотою спостерігається в межах перших 100 м від місця введення (дозатора). Кислотування поливної води змінює її початковий склад. Просліджується тенденція до збільшення загальної мінералізації на 0,1-0,2 г/дм<sup>3</sup>, в окремих випадках зафіксовано зменшення на цю ж

величину, повністю нейтралізується іон  $\text{CO}_3$ , знижується реакція середовища на 0,5-1,2 одиниці рН у залежності від дози кислоти, знижується вміст гідрокарбонатів на 5-23 %, в окремих випадках до 30 %. Уміст хлору поблизу місць введення кислоти знижується на 5-15 %, а з віддаленням трасою каналів - відновлюється до початкового значення. Уміст сульфат-іонів зростає на 10-16 %. Кислотування природної води в деякій мірі впливає на вміст катіонів. Так, кальцій має тенденцію до накопичення вмісту на 8-14 %, вміст магнію знижується (до 8 %). Іон натрію веде себе подібно іону хлору. Ці зміни в хімічному складі меліорованої води відбуваються під дією обмінних реакцій між солями сірчаної кислоти і природної води. На початку реакції хімічна рівновага порушується за рахунок сильного електроліту (сірчана кислота). Всі солі води вступають у реакцію із сульфатним іоном кислоти, що веде до порушення рівноваги. Через деякий час вступає в дію закон мас і обмінні реакції протікають в іншому напрямку. Щоб підтримувати постійне зрушення реакції у нейтральну сторону, потрібно подавати кислоту у воду в підвищених дозах. Враховуючи наявність складових кислоти в повітрі, які сприяють відновленню лужності, то меліорована кислотою вода не є постійною буферною системою, а тому легко піддається змінам під дією зовнішніх факторів і відновлюється табл. 5.6.

Таблиця 5.6. Вплив доз сірчаної кислоти на зниження й значне відновлення лужності природної води в часі

рН води	Доза кислоти, г/м <sup>3</sup>	Зміна рН у часі, год.						
		0	1	2	4	24	48	72
Вода, фільтрована								
8,5	9,15	8,00	7,95	8,02	8,15	8,36	8,40	8,48
8,7	18,30	7,40	7,54	7,85	8,10	8,32	8,38	8,42
8,6	27,40	7,12	7,20	7,28	7,40	7,95	8,08	8,20
8,6	36,60	7,00	7,17	7,22	7,35	7,85	8,05	8,18
8,2	60,0	5,85	5,85	5,85	5,85	5,90	5,93	6,05
8,2	91,0	3,20	3,15	3,15	3,15	3,17	3,20	3,25
Вода не фільтрована від синьо-зелених водоростей								
8,22	27,4	7,65	7,65	7,70	7,73	7,85	8,10	8,15
8,6	36,6	7,65	7,73	7,75	7,80	8,00	8,18	8,35

Слід відмітити, що у виробничих умовах (розподільчі канали) процес відновлення величини рН протікає повільніше. Але на

відрізках каналів із швидкістю течії води менше 2 км/год. або при її відсутності спостерігаються схожі з лабораторними процеси. Кислотування природної води ефективне в тому випадку, коли меліорована вода розбирається споживачами протягом 24 годин після нейтралізації лужності.

Отже, значення величини водневого показника рН у поливній воді має бути меншим 7,5. При більш високих значеннях рН лужність поливної води необхідно нейтралізувати.

Дозуючі пристрої внесення кислоти в природну воду слід розміщувати поблизу напірних водовипусків, де утворюються завихрення, які сприяють інтенсивному перемішуванню кислоти в потоці не ближче ніж за 100 м від першого водозабору підготовленої води насосною станцією.

### **5.2.3. Насичення природної води кальцієвими солями фосфогіпсу з одночасним підкисленням сірчаною кислотою**

Насичення поливної води кальцієвими солями з одночасною нейтралізацією лужності сірчаною кислотою необхідно проводити тоді, коли величина водневого показника рН у вихідному складі води більше 8,5, вміст натрію понад 322 мг/дм<sup>3</sup> (14 мг-екв/дм<sup>3</sup>), а відношення вмісту натрію до вмісту кальцію більше 3,6.

При насиченні природної води кальцієвими солями фосфогіпсу з одночасним підкисленням сірчаною кислотою відбуваються ті ж процеси, що й при насиченні кальцієвими солями фосфогіпсу, але значно інтенсивніше, чому сприяє внесена доза сірчаної кислоти. Так, внесення в меліоровану фосфогіпсом воду 18,3 г/м<sup>3</sup> сірчаної кислоти в перші дві години насичення підвищує концентрацію кальцію на 0,6-1,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>, у порівнянні з варіантом без внесення кислоти, що складає 8,7-13,6 %. При цьому, співвідношення  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  зменшувалось на 0,07-0,12 одиниці, величина водневого показника рН - 0,38-0,85, а загальна мінералізація зростала на 30-70 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 5.7).

Збільшення дози сірчаної кислоти в 1,5 та 2,0 рази (27,4 та 36,6 г/м<sup>3</sup>) при рівних дозах фосфогіпсу збільшує його розчинність та вміст кальцію в меліорованій воді на 20,7-28,9 та 27,9-37,9 % відповідно. При цьому, відношення  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  знижується на 0,15-0,22 та 0,20-0,35 одиниці. Загальна мінералізація зростає на 120-220

мг/дм<sup>3</sup> у порівнянні з варіантом без внесення сірчаної кислоти.

Таблиця 5.7. Зміна основних показників меліорованої води (мг/дм<sup>3</sup>) в залежності від доз хімічних меліорантів

Доза фосфогіпсу, кг/м <sup>3</sup>	Мінералізація	pH	SO <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca
Без кислоти					
0	1410	8,60	204,5	0,5	60
0,6	1620	8,30	367,7	1,2	126
1,0	1810	8,10	473,3	2,4	172
2,0	2040	7,60	646,1	5,2	244
3,0	2180	7,50	732,5	6,2	280
18,3 г/м <sup>3</sup> - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					
0	1400	7,80	204,5	0,3	60
0,6	1690	7,50	411,1	2,1	144
1,0	1840	7,40	502,1	4,3	184
2,0	2100	7,22	684,5	8,9	260
3,0	2260	7,08	804,5	9,6	310
36,6 г/м <sup>3</sup> - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					
0	1400	7,45	204,5	0,3	60
0,6	1740	7,20	433,7	2,8	158
1,0	1900	7,01	550,1	5,0	204
1,8	2150	6,87	732,5	9,7	280
3,0	2400	6,70	905,3	12,2	352

Застосування одночасно двох методів підготовки природної води сприяє підвищенню інтенсивності процесу розчинності та коефіцієнта використання меліорантів. Основна маса фосфогіпсу розчиняється в підкисленій воді на протязі перших 2 годин. При витримуванні меліорантів у воді протягом 24 годин концентрація кальцію зростає ще на 2-2,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>, або 40-50 мг/дм<sup>3</sup>. Чим вищі дози меліорантів, тим значніше зростання концентрації сульфат-іонів та зниження величини рН.

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

Одночасне внесення сірчаної кислоти й фосфогіпсу в природну воду сприяє збільшенню вмісту сполук фосфору в 1,5-2,0 рази порівняно з варіантом без внесення сірчаної кислоти. При дозах фосфогіпсу 3 г/дм<sup>3</sup>, сірчаної кислоти 36,6 г/м<sup>3</sup> вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у

меліорованій воді досягає величини 12,2 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 5.7). Така концентрація Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> у поливній воді не є загрозовою, а навпаки - розчиненим мінеральним добривом, яке може легко засвоїтись сільськогосподарськими рослинами.

Отже, одночасне внесення в природну воду фосфогіпсу й сірчаної кислоти підвищує розчинність фосфогіпсу, що сприяє збільшенню концентрації кальцію, більш значно знижує величину рН, покращує іригаційні показники й підвищує ефективність використання фосфогіпсу.

### **5.3. Критерії оцінки і вибір методів меліорації води перед поливами**

Оцінку якості природної води й придатності її для зрошення необхідно вести за гранично допустимими концентраціями розчинених у воді хімічних речовин, радіонуклідів, важких металів, залишків пестицидів, біогенних та інших специфічних речовин. При умові придатності води для зрошення за токсикологічними показниками основними іригаційними показниками - є: граничні рівні загальної мінералізації, величина водневого показника рН, вміст і співвідношення катіонів.

Іригаційні критерії оцінки якості води в природних джерелах зрошення базуються на визначенні в її хімічному складі найбільш важливих хімічних речовин: CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>.

Якість води природних джерел зрошення контролюється в місцях головних водозаборів перед подачею в зрошувальну мережу та в місцях розбору водокористувачами після її підготовки.

Відповідно до іригаційної класифікації, поданої у розділі 4, та хімічного аналізу природної води в джерелі зрошення визначається клас способів необхідної підготовки.

Оцінка якості поливної води за загрозою натрієвого осолонцювання ґрунтів визначається за методом Буданова за співвідношенням катіонів Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>

$$\text{Na/Ca} \leq 1 \quad (5.14)$$

де: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> - катіони поливної води, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Якщо отримані відношення перевищують 1, але менші 6, то поливну воду необхідно насичувати кальцієвими солями. При



відношенні більше 6, вмісті  $\text{SO}_4^{2-}$  понад 20 мг-екв/дм<sup>3</sup> вирівняти вміст катіонів у меліорованій воді практично неможливо.

Оцінка якості поливної води за загрозою магнієвого осолонцювання ґрунтів визначається за методом Сабольча й Дараби:

$$P_{Mg} = \frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 100\% \quad (5.15)$$

де:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  - катіони поливної води, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Уміст магнію в поливній воді має бути меншим 50 % від суми кальцію та магнію.

Розрахунок необхідної кількості меліоранту для поліпшення якості води проводиться за формулою:

$$H = (A-B)K100/X \quad (5.16)$$

де H - норма гіпсу, г/дм<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>; A - вміст натрію в воді, мг-екв/дм<sup>3</sup>; B - вміст кальцію в воді, мг-екв/дм<sup>3</sup>; K - міліеквівалентний коефіцієнт гіпсу, 0,086; X - уміст  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в меліоранті, %.

Якщо вода застосовується для зрошення солонцюватих ґрунтів, то насичення її кальцієвими солями необхідно вести з врахуванням потреби відновлення їх родючості.

Для типових солонців нейтрального засолення потреба в гіпсі (фосфогіпсі) становить:

$$H = 0,086 (\text{Na}^+ - 0,1 \cdot E) 1 d, \quad (5.17)$$

де H - потреба в гіпсі, т/га;  $\text{Na}^+$  - уміст поглинутого натрію, мг-екв на 100 г ґрунту ( для чорноземів південних необхідно брати 0,05 E, для темно-каштанових ґрунтів 0,03 · E); 1 - глибина солонцюватого горизонту, см; d - об'ємна маса ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Для типових солонців содового засолення потреба в меліоранті становить:

$$H = 0,086 (\text{Na} - 0,05 E) + (S - M) 1 d, \quad (5.18)$$

де S - вміст ( $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ ) в водній витяжці з ґрунту, мг-екв на 100 г ґрунту; M - вміст ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) у водній витяжці ґрунту, мг-екв на 100 г ґрунту.

Для солонців із високим умістом поглинутого магнію (25-30 %) від ємності поглинутих основ потреба в меліоранті становить:

$$H = 0,086 (\text{Na}^+ - 0,05 E) + (\text{Mg}^{2+} - 0,3 E) 1 d, \quad (5.19)$$

де:  $\text{Mg}^{2+}$  - уміст поглинутого магнію, мг-екв на 100 г ґрунту.

Перерахунок норми гіпсу (фосфогіпсу), необхідного для меліорації солонцюватих ґрунтів, у норму гіпсу, необхідного для насичення поливної води з наступним відновленням родючості ґрунтів, необхідно вести за формулою:

$$D = H/Q \quad (5.20)$$

де:  $D$  - норма гіпсу (фосфогіпсу) для насичення поливної води з врахуванням типу солонцюватих ґрунтів,  $\text{кг/м}^3$ ;  $H$  - норма гіпсу (фосфогіпсу), розрахована за однією із запропонованих формул, яка враховує тип солонцюватих ґрунтів,  $\text{кг/га}$ ;  $Q$  - зрошувальна норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

#### **5.4. Правила техніки безпеки при роботі з меліорантами**

1. При роботі з кислотами обслуговуючому персоналу необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: резинові рукавички, чоботи, фартухи й респіратори.

2. Для зниження лужності поливної води кислоту необхідно подавати безпосередньо в потік води в каналі, а не з висоти, бо її краплі можуть розноситись вітром, попадати на одяг, викликати опіки тіла.

3. Категорично забороняється попадання води в ємності з кислотою, їх необхідно обгородити й установити попереджувачий знак "небезпечно - кислота".

4. До роботи з кислотами допускаються особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки.

5. Концентровані кислоти необхідно перевозити в надійній, добре закритій, нержавіючій тарі, або в спеціальних автоцистернах-кислотовозах.

6. Під час роботи з кислотами обслуговуючому персоналу категорично заборонено курити.

7. В каналі на відстані 100-150 м від введення у воду кислоти забороняється купатись, мити руки, лице. В таких місцях необхідно встановити знаки "купатись заборонено - кислота".

8. При опіках кислотою вражені місця необхідно промити розчином соди, а у випадках її відсутності - чистою водою з милом. При значних опіках тіла кислотою необхідно терміново звертатись до лікаря.

9. Зберігати кислоту необхідно в спеціально відведених обгороджених місцях, в ємкостях, встановлених на опорах. Перед входом необхідно виставити знак "небезпечно - кислота", не дозволяється курити,

10. При роботі з фосфогіпсом (гіпсом) обслуговуючий персонал повинен бути одягнений у спеціальний одяг, мати захисні окуляри, респіратор, рукавиці.

### Контрольні питання

1. В чому полягає основна мета очищення вод перед поливами? 2. Мета застосування коагулянтів при очистці води перед поливом? 3. Які речовини є коагулянтами при очистці води, їх дози в залежності від якості води? 4. Мета застосування горизонтальних і вертикальних відстійників при очистці води перед поливами? 5. При якому виді зрошення застосовуються гравійно-піщані фільтри? Від яких параметрів залежить висота фільтрів та швидкість фільтрації води через них? 6. З якою ціллю виконується знезаражування води перед поливами? Методи знезаражування поливної води? 7. Коли і якими заходами виконується знезалізнення води перед поливами? 8. З якою метою вносяться хімічні меліоранти у поливну воду? 9. Як впливають дози фосфогіпсу на зміну хімічного складу та іригаційних показників меліорованої води? 10. Як впливають дози фосфогіпсу на зміну величини водневого показника pH? 11. Яка розчинність фосфогіпсу в залежності від початкової якості природної води та реакції водного середовища? 12. Мета й умови застосування сірчаної кислоти при меліорації води перед поливами? 13. Дози сірчаної кислоти для нейтралізації природної води в залежності від її початкової лужності? 14. Як змінюється величина pH кислотованої води у часі? 15. В чому полягає позитивна дія одночасного внесення фосфогіпсу та сірчаної кислоти при меліорації поливної води? 16. Умови проведення хімічної меліорації природної води до поливів на великих зрошувальних системах? 17. Критерії оцінки хімічного складу природної води й придатності її для зрошення? 18. Як розраховується доза меліоранту для покращення хімічного складу води? 19. Основні вимоги до траси каналів, якими подається меліорована вода до споживачів? 20. Якою має бути система контролю при роботі з меліорантами? 21. Назвіть основні правила техніки безпеки при роботі з меліорантами?

Розділ 6

**ВИДИ, СПОСОБИ Й ТЕХНІКА ЗРОШЕННЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

*З технічної точки зору зрошення - це штучне зволоження ґрунту.* Його застосовують тоді, коли природного зволоження недостатньо для отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур. Зрошення забезпечує найбільш сприятливий для проростання й розвитку рослин водний, поживний, повітряний, тепловий, сольовий і мікробіологічний режими ґрунту.

*Спосіб зрошення – це прийом, з допомогою якого здійснюють проектний режим зрошення сільськогосподарських культур шляхом розподілу води на полі в необхідних кількостях і в необхідні терміни.* Кожному способу зрошення відповідає певна зрошувальна мережа й техніка поливу.

*Техніка поливу – це комплекс заходів, споруд, обладнання й машин, з допомогою яких здійснюється той або інший спосіб зрошення.*

### **6.1. Класифікація видів зрошення**

*Зрошення за терміном подачі води на поля підрозділяють на одноразове, регулярне, вибіркове та суцільне. При одноразовому зрошенні* воду на поля подають один раз до початку вегетації сільськогосподарських культур (лиманне зрошення й вологозарядкові поливи). *При регулярному зрошенні* воду на сільськогосподарські культури подають у певні строки вегетаційного періоду й необхідній кількості.

*Вибіркове зрошення застосовують* у тих районах, де водних ресурсів недостатньо й для зрошення використовують місцевий стік, поливають не всі культури (частіше всього кормові, овочеві, плодові культури та виноград). Прикладом вибіркового зрошення є Інгулецька зрошувальна система.

*Суцільне зрошення застосовують* в зоні великих зрошувальних систем і гідровузлів, де господарства мають можливість зрошувати великі території. Прикладом суцільного зрошення може бути приморська гілка Краснознам'янської зрошувальної системи.

*Стаціонарне зрошення застосовують* на місцевому стоку, тобто

на спеціально обладнаних для цих цілей ділянках, їх розміщують поблизу джерела зрошення (річка, водосховище, озеро, артезіанська свердловина, басейн), на добре розвинутих, родючих землях із сприятливими для поливу рельєфом і нахилами поверхні місцевості, на землях не засмічених карантинними бур'янами. На стаціонарних ділянках облаштовують постійну мережу зрошувальних каналів і трубопроводів і будують необхідні гідротехнічні споруди. Площа ділянки може становити 5-20 % від площі ріллі.

**Пересувне зрошення** застосовують у звичайних суходільних сівозмінах, тобто на великих площах, які займають у польових сівозмінах 75-80 %, а в кормових 15-25 % ріллі. При цьому воду на поля, які в першу чергу потребують зрошення, подають із річок або водосховищ пересувними або плаваючими насосними станціями і швидко збірними металевими та пластмасовими трубопроводами. Пересувне зрошення сільськогосподарських культур на великих площах економічно більш доцільне, ніж зрошення невеликих стаціонарних ділянок, позбавлене маневреності через обмеженість території.

**За дією на ґрунти й рослини зрошення є: зволожувальним, удобрювальним, утеплювальним, окислювальним, вологозарядковим, промивним.**

**Зволожувальним**, коли в ґрунті відчувається нестача засвоєваної вологи для рослин. З цієї ціллю воду з річок і водосховищ системою зрошувальних каналів і трубопроводів подають на поля, засіяні культурами.

**Удобрювальним**, коли разом із водою на поля подають необхідну кількість розчинених у ній поживних речовин.

**Утеплювальним**, коли підігріту воду подають на поля, у теплиці, парники для підігріву ґрунту,

**Окислювальним**, коли річкову воду, збагачену киснем, подають на поля, луки й рисові масиви, де ґрунти бідні киснем і, де закисні сполуки переважають над окисними.

**Вологозарядковим**, або запасним, коли воду із річок і водосховищ в осінній і зимовий періоди подають на поля або багаторічні насадження (озимі, трави, сади, виноградники) для створення необхідних запасів вологи не тільки у верхньому (1 м), але й більш глибокому (до 2-3 м) шарах ґрунту,

**Промивним**, коли воду подають на ділянки для розчинення й вимивання з кореневмісного шару ґрунту токсичних солей.

Існують наступні *способи подачі й розподілу води на зрошувані землі: поверхневий, дощування, підґрунтове зволоження, краплинне, аерозольне (дрібнодисперсне).*

**Поверхнєве зрошення** – подача направленого потоку саморуку води на поверхню ґрунту. Розрізняють: затоплення, напуск смугами, зрошення борознами.

**Дощування** – механізована подача крапель води в атмосферу, на поверхню ґрунту й рослин у вигляді штучного дощу при допомозі насосів і дощувальних апаратів.

**Підґрунтове зволоження** – подача води до кореневої системи сільськогосподарських культур на глибину ґрунту 0,4-0,6 м при допомозі труб-зволожувачів із водоспусками.

**Краплинне зрошення** – точкова подача крапель води безпосередньо до кореневої системи рослин з поверхні ґрунту за допомогою гнучких трубопроводів з крапельницями.

**Аерозольне зрошення** – зволоження рослин, приземного шару повітря і поверхні ґрунту тонко розпиленими дуже дрібними краплями води.

**Субіригація** – зволоження кореневмісного шару ґрунту шляхом активного піднімання рівня ґрунтових вод до поверхні землі.

**Вимоги, висунуті до способів і техніки поливу:** рівномірно розподіляти на площі й за глибиною кореневмісного шару розраховану кількість води в необхідні терміни; забезпечувати в комплексі з агротехнікою високу родючість ґрунту й отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур; виключити невиробничі втрати води на просочування в глибокі шари, на скиди, випаровування і забезпечити високий коефіцієнт використання води (не менше 0,95-1); зберігати структуру ґрунту; попереджувати її засолення й заболочення; мати високу продуктивність праці на поливі, найбільшу механізація й автоматизацію всього процесу; раціонально використовувати зрошувані землі

Застосування того або іншого способу поливу залежить від сільськогосподарської культури, а також від ґрунтових, рельєфних, гідрогеологічних, кліматичних умов і рівня розвитку сільськогосподарського виробництва.

Зрошення незалежно від виду й способу здійснюється при експлуатації зрошувальної системи.

## 6.2. Поверхнєве зрошення

*Поверхнєве зрошення має три різновиди: напуск смугами, борознами, затоплення.*

*При поливі напуском* вода рухається тонким шаром по поверхні вирівняних довгих смуг і в процесі руху всмоктується ґрунтом.

*При поливі проточними борознами* вода всмоктується ґрунтом через дно й стінки борозен в процесі руху, а на затоплених борознах вона всмоктується в стані спокою.

*При поливі затопленням невелику ділянку – чек, оточений зі всіх боків земляними валиками, наповнюють шаром води, яка знаходиться в стані спокою над ґрунтом, просочується в нього.*

*Для поверхнєвого зрошення характерні наступні особливості: поливи проводять періодично, запаси води акумулюються у верхніх шарах ґрунту й використовують в міжполивні періоди; зволожується тільки ґрунт; можливо отримати будь-яку глибину зволоження; великі коливання вологості ґрунту в період між поливами; після поливу утворюється ґрунтова кірка на усій змоченій поверхні, яка знижує аерацію, процеси нітрифікації й збільшує випаровування з поверхні ґрунту. Щільна кірка перешкоджає появі сходів рослин; поливна мережа (борозни, смуги) погіршують умови роботи сільськогосподарських машин (Маслов Б.С., 1984).*

### 6.2.1. Полив борознами. Умови застосування

*Борознами поливають* широкорядні просапні культури (кукурудзу, цукровий буряк, картоплю, овочеві й баштанні, плодові й ягідні насадження, лісосмуги й ін.), а також іноді зернові (засіяні борозни).

Полив борознами застосовують на ділянках з нахилом до 0,02-0,03. Борозни на відміну від смуг можна нарізувати під будь-яким кутом до горизонталі, але так, щоб вода сама рухалась всією її довжиною.

Не рекомендується використовувати цей спосіб на засолених ґрунтах, так, як після кожного поливу на гребенях борозен виступають розчинні солі, часто шкідливі для сільськогосподарських культур.

**Класифікація борозен** (рис. 6.1, за Гончаровим С.М., 1985). *За глибиною борозни ділять* на мілкі – 8-12 см, середні – 12-18 см, глибокі – 18-22 см; *за проточністю* - на проточні (не затоплювані) й тупі (затоплювані); *за профілем* – на параболічні, трапецієподібні, з терасами, борозни-щілини; *за довжиною* – на короткі (60-250 м) й довгі (250-500 м).

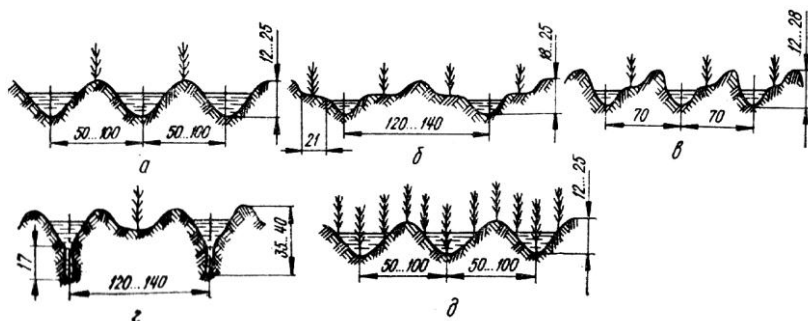


Рис. 6.1. Типи профілів поливних борозен, відстань між ними (см) та їх глибина (см): а - мілкі та глибокі; б – борозни з терасами; в - з бермою; г – борозни-щілини; д – засіяні

**Поливні борозни нарізують навісними культиваторами-підгортальниками.** Борозни мають трапецієподібний або параболічний переріз з шириною на дні 10 см, з нахилом 1:1 і глибиною на дні від 12 до 22 см (рис. 6.1, а).

Для використання посадкових машин і сіялок у зрошуваному овочівництві влаштовують борозни з терасами (рис. 6.1, б), нарізуючи їх культиваторами з підгортальниками особливої конструкції.

Для подолання нерівностей рельєфу до 10 см й підвищення продуктивності поливальних робіт при вологозарядових поливах влаштовують борозни-щілини глибиною до 35-40 см (рис. 6.1, г), які нарізують борозно-щілинорізом.

За умовами змикання контуру зволоження (рис. 6.2) відстань між осями борозен для легких ґрунтів приймають 0,5-0,6 м, для середніх 0,6-0,8 і для глинистих ґрунтів – 0,8-1,1 м. Відстань між борознами рівна ширині міжрядь.

**Полив тупими борознами.** Затоплювані борозни застосовують на ділянках з малими похилами ( $< 0,002$ ) й ґрунтах з малою вологопровідністю. Нарізають їх паралельно горизонталям або під



гострим кутом до них. Ємність тупих борозен має вміщувати об'єм води, рівний поливній нормі, тому їх роблять глибокими. Борозни часто наповнюють водою (до 2-4 л/с в кожну) на 1/3 глибини в голові борозни і на  $s$  в кінці. Після поливу на змоченій поверхні утворюється кірка і зашкоджує тракторній обробці міжрядь поперек борозен.

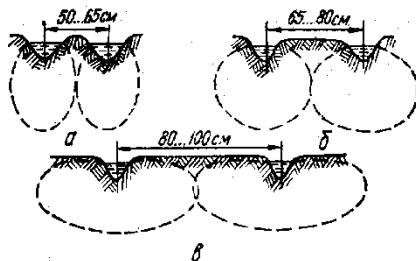


Рис. 6.2. Контури зволоження ґрунту при поливі борознами: а - на легких ґрунтах; б - на середніх ґрунтах; в - на важких за механічним складом ґрунтах

Довжину тупих борозен визначають за формулою:

$$L = (h_2 - h_1) / i, \quad (6.1)$$

де:  $h_2$  і  $h_1$  – глибина води в кінці й на початку борозни, рівна відповідно 11-14 і 5-7 см;  $i$  - ухил борозни.

Довжину борозен зазвичай приймають при  $i=0,0005$  – 50-80 м, при  $i=0,001$  – 40-60 м, при  $i=0,002$  – 30-40 м.

**Полив проточними (незатопленими) борознами** (рис. 6.3.). Проточні борозни широко застосовують для поливу усіх просапних культур з квадратно-гніздовим, стрічковим, і рядовим посівом на вирівняних ділянках з нахилом від 0,002 до 0,02. Полив мілкими й середніми борознами дозволяє механізувати обробіток міжрядь і збирання врожаю.

Визначити довжину поливних борозен, смуг та питомих витрат води в залежності від нахилу поверхні й водопроникності ґрунтів можна за даними науково-дослідного інституту гідротехніки й меліорації (табл. 6.1).

**Полив борознами з терасами** є різновидом полива проточними борознами. Суть його полягає в тому, що поливні борозни нарізують на відстані, рівній подвійній ширині міжрядь – 120-140 см одна від однієї; між ними насипають невеликий валик. Між валиком і

поливною борозною утворюється невелика (20-21 см) тераса, на яку висаджують розсаду овочевих культур.

Таблиця 6.1. Довжина поливних борозен, смуг і питомі витрати води в залежності від нахилу й водопроникності ґрунту

Волого-проникність, см/хв.	Нахил	Борозни		Борозни-щілини		Смуги	
		Довжина, м	Витрата, л/с·м	Довжина, м	Витрата, л/с·м	Довжина, м	Витрата, л/с·м
Менше 0,15 (низька)	0,002-0,004	250-300	1,2-1,5	250-300	2,4-3,0	250-300	6-8
	0,004-0,007	300-500	0,8-1,2	300-350	1,6-2,4	300-350	5-6
	0,007-0,01	350-400	0,5-0,8	350-400	1,0-1,6	350-400	4-5
0,15-0,30 середня	0,002-0,004	200-250	1,2-1,5	150-250	2,4-3,0	200-250	8-10
	0,004-0,007	250-300	1,0-1,2	250-300	2,0-2,4	250-300	6-8
	0,007-0,01	300-400	0,8-1,0	350-400	1,4-2,0	300-350	5-6
Більше 0,30	0,002-0,004	120-200	1,5-2,0	120-200	3,0-4,0	150-200	10-12
	0,004-0,007	200-250	1,2-1,5	200-250	2,4-3,0	200-250	8-10
	0,007-0,01	250-350	1,0-1,2	250-350	2,0-2,4	250-300	6-8

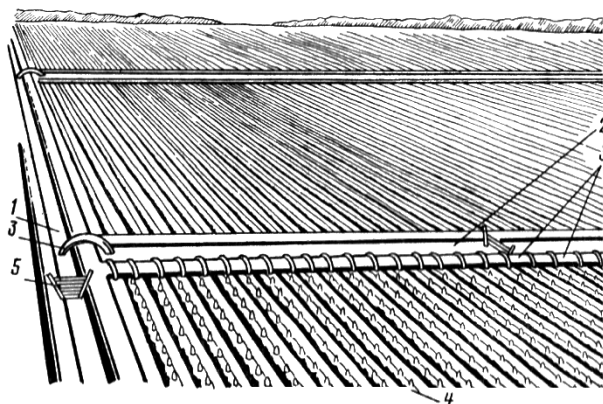


Рис. 6.3. Полив проточними борознами:  
1 – тимчасовий зрошувач; 2, 4 – вивідна й поливна борозни;  
3 – сифони; 5 – переносна перемичка.

**Полив борознами-щілинами** застосовують для проведення вологозарядкових поливів великими поливними нормами на ділянках з недостатньо рівною поверхнею. Загальна глибина борозни-щілини 35-40 см. Довжину приймають таку ж як і незатоплених борозен, а витрату води в кожную борозну збільшують в 2-3 рази. Відстань між борознами-щілинами – 120-140 см.

### 6.2.2. Полив напуском смугами

**Умови застосування.** При поливі поверхня смуги покривається водою, внаслідок чого ґрунт ущільнюється, після поливу утворюється кірка, яка сприяє, особливо в перші дні, великому випаровуванню води; обмін повітря й активність процесів нітрифікації знижується; структура ґрунту порушується більше, ніж при поливі борознами; зволоження ґрунту на довжині смуги нерівномірне; поливні норми, як правило, великі (800-1500 м<sup>3</sup>/га). Тому полив смугами застосовують тільки для культур рядкового й вузько рядкового посіву (зернові, трави) й для вологозарядкових поливів на ділянках з похилом від 0,002 до 0,02 (кращі похили – 0,002-0,007).

**Класифікація смуг.** *За місцем подачі води на смугу їх ділять на смуги з головним, боковим та комбінованим пуском води* (рис. 6.4), *за шириною* – на вузькі (1,8-3,6 м) і широкі (до 30-40 м); *за довжиною* – на короткі (до 50 м) й довгі (до 500 м).



Рис. 6.4. Полив напуском вузькими смугами з застосуванням сифонів.

**Смуги з головним напуском** (воду подають на початок смуги) застосовують на ділянках з позовжнім похилом 0,002-0,01 і поперечним похилом не більше 0,003. Поливні смуги розміщують перпендикулярно горизонталям і влаштовують їх, як правило, одночасно з посівом. На великих і складних схилах валики роблять вузькозахватними ріджерами (утворювачами смуг), які прикріплюють до сівалки позаду. На спокійному рельєфі смуги нарізують шириною 3,5 м (захват сівалки) ріджером, прикріпленим до видовженої спиці сівалки попереду сошників.

При русі посівного агрегату ріджер вирівнює спереду сошників поверхню ґрунту, згрібає верхній сухий шар і утворює

водозатримний валик висотою 16-25 см з основою 40-60 см. Сошники сівалки зашпаровують насіння ззаду смугоутворювача у вирівняний, злегка ущільнений ґрунт.

Полив напуском смугами проводять нормою, яка дотікає до кінця смуги й дозволяє зменшити поливні норми з 900-1000 м<sup>3</sup>/га до 500-700 м<sup>3</sup>/га. При цьому подачу води на смугу припиняють, коли вода пройде 75-85 % довжини смуги.

Полив можна проводити й перемінним струменем. Для змочування смуги подають витрату води 10-15 л/с й більше на 1 м ширини смуги, а потім його зменшують в 2-3 рази. Вода може подаватися в борозни через сифони, поливні трубки, вивідні борозни (рис. 6.5). При довгих смугах питома витрата води не може бути меншою 3 л/с, тому, що це збільшить термін поливу.

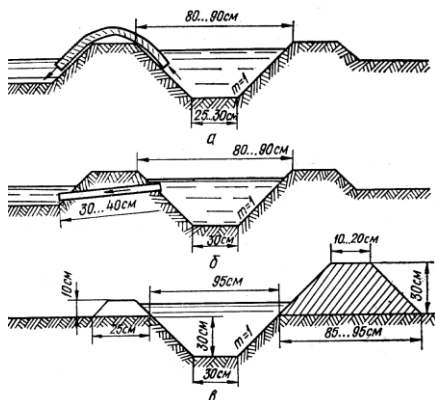


Рис. 6.5. Схема подачі води в борозни та на смуги з допомогою:  
а – сифона; б – поливних трубок; в – однобортної вивідної борозни.

**Полив із боковим пуском води** застосовують при поздовжніх похилах 0,02-0,03, із складним мікрорельєфом і поперечним похилом більше 0,002. Смуги з боковим пуском води відділяють одну від одної не валиками, а вивідними борознами глибиною 25-30 см. Ширину смуг приймають кратною ширині сівалки. Полив із боковим пуском варто застосовувати на важких суглинкових ґрунтах. Витрати води при цьому підвищені – 25-100 л/с. Вода на смугу поступає через водоспуски або прокопи. Довжина смуг досягає 300 м і більше.

**Недоліки:** нерівномірність поливу ґрунту, великі втрати води на фільтрацію в борознах, низька продуктивність – 0,8-1,5 га за зміну.

**Полив із комбінованим пуском води** застосовується при

складних формах мікрорельєфу й поздовжньому похилі 0,03-0,04 на не спланованих або слабо спланованих площах. **Ширина смуги** може досягати 15 м, а **довжина** – 400 м. Питома витрата води 10-15 л/с на 1 м ширини смуги. Вода подається на смугу з тимчасового зрошувача й вивідної борозни. Комбінований напуск води сприяє підвищенню продуктивності праці при поливі до 2-2,5 га за зміну.

### 6.2.3. Розподіл води у поливній борозні й смуги

**При поливі борознами й напуском смугами поливна вода може розподілятися декількома способами:** за допомогою трубок і сифонів; із допомогою металевих і гнучких поліетиленових та капронових трубопроводів; із стаціонарних закритих трубопроводів; поливними машинами.

**При звичайному розподілі** відкриття оголовків борозен і смуг напуску приводить до надходження води із тимчасового зрошувача у вивідні борозни, із них в розподільчі а потім в поливні. У цьому випадку крім двобортних вивідних і розподільчих, ефективні однобортні борозни. Полив із однобортної вивідної борозни проводять при поздовжній і поперечній схемах розміщення зрошувачів. Довжина борозен у залежності від спланованості траси складає 100-150 м, витрата в картковий зрошувач – 60-100 л/с, витрата у вивідну борозну – 30-50 л/с. Вивідні й розподільчі борозни нарізують з малими ухилами (до 0,001). Вода із вивідної борозни або через розподільчі поступає у відкриті оголовки поливних борозен, дно яких має однакову відмітку. При добре спланованій вивідній борозні довжиною 100-150 м одночасно можна включити в полив 100 поливних борозен і більше, а із розподільчої борозни – до 30.

**При розподілі поливної води за допомогою трубок і сифонів** (див. рис. 6.3, 6.4) вивідні борозни й карткові зрошувачі нарізують з мінімальним ухилом (0-0,001). Роботи проводять одночасно на двох ділянках: одну поливають, іншу – готують до поливу. Трубки й сифони встановлюють на одному рівні на усіх довжині вивідної борозни щоб створювався однаковий напір. При однаковому напорі в трубки й сифони будуть поступати однакові витрати води і як наслідок, рівномірне зволоження ґрунту на довжині борозни. При вірному встановленні трубок і сифонів одночасно можна включати 200 поливних борозен і більше. Для просапних культур застосо-

вують трубки довжиною 70-80 см, для плодкових і ягідних культур – 100-120 см. Найбільш придатні й дешеві поліетиленові трубки.

**Установлення трубок і сифонів** процес трудомісткий, тому їх залишають на весь поливний період.

**Витрати води в поливну борозну й пропускна спроможність сифона залежать** від напору води й діаметра отворів поливних трубок і сифонів (табл. 6.2, 6.3, Колпаков В.В., Сухарев І.П., 1988).

Таблиця 6.2. Витрати води (л/с) в поливну борозну  
у залежності від діаметра поливних трубок

Напір, см	Діаметр поливних трубок, мм				
	18	27	30	40	45
2	0,06	0,10	0,20	0,40	0,50
4	0,10	0,18	0,32	0,60	0,80
6	0,16	0,24	0,40	0,78	1,00
8	0,20	0,30	0,47	0,90	1,15
10	0,22	0,34	0,52	1,00	1,29
12	0,25	0,39	0,58	1,08	1,40
14	0,28	0,42	0,62	1,15	1,53
16	0,31	0,48	0,68	1,22	1,64
18	0,34	0,52	0,71	1,30	1,75
20	0,38	0,55	0,75	1,36	1,85

Таблиця 6.3. Витрати води (л/с) сифонів з різним діаметром,  
в залежності від різниці рівнів води у верхньому й нижньому б'єсах

Напір води, см	Внутрішній діаметр сифона, мм				
	20	30	40	50	60
2	0,12	0,26	0,51	0,83	1,23
4	0,17	0,38	0,73	1,18	1,75
6	0,20	0,45	0,88	1,42	2,10
8	0,24	0,53	1,03	1,65	2,45
10	0,26	0,58	1,14	1,83	2,72
12	0,30	0,66	1,28	2,07	3,16
14	0,34	0,69	1,36	2,18	3,24

**Розподіл поливної води з допомогою металевих і гнучких поліетиленових та капронових поливних трубопроводів** застосовують при ухилах поверхні землі 0,015 й більше. Трубопроводи прокладають замість вивідних борозен і влаштовують отвори на відстані ширини міжрядь, – 60-70 см (рис. 6.6).

**Розподіл поливної води з допомогою металевих і гнучких**

**поліетиленових та капронових поливних трубопроводів** застосовують при ухилах поверхні землі 0,015 й більше. Трубопроводи прокладають замість вивідних борозен і влаштовують отвори на відстані ширини міжрядь, – 60-70 см (рис. 6.6).



*Рис. 6.6. Поливний трубопровід з водоспускними гасителями*

**Металеві трубопроводи** до 200-300 м з'єднують із труб довжиною 5 м, а їх отвори обладнують водоспусками з насадками підвищеного опору. Насадки гасять надлишковий напір і забезпечують вільний рух води без розмиву борозен. В залежності від напору в трубопроводі отвори пропускають витрату води 0,3-1,5 л/с. Трубопровід краще працює, якщо на його початку напір буде 3-6 м, мінімальний напір – 1 м.

**Гнучкі капронові й поліетиленові трубопроводи** легші металевих. Їх розміщують у міжряддях сільськогосподарських культур. Вони працюють із напором 3-4 м і вода, що виливається із отворів не розмиває ґрунт. Водоспускні отвори установлюють у залежності від витрати діаметрами 14,7; 16,7; 18,7; 20,7; 25; 30 мм й обладнують клапанами з конусними пробками для регулювання подачі води в борозну й перекриття отворів.

**Вода в трубопроводі поступає із карткових зрошувачів або із транспортуючих гнучких трубопроводів.** Для кращої стійкості й рівномірної роздачі води трубопроводи прокладають у попередньо нарізаних борознах або смугах з ухилом не більше 0,001. Трубопровід дозволяє поливати дві-три ділянки й одночасно включати в роботу 200-300 поливних борозен.

**Розподіл поливної води поливними машинами** застосовують при вирощуванні різних сільськогосподарських культур. При поливі борознами застосовується пересувний агрегат ППА-165У, а при поливі затоплення чеками – пересувний агрегат ППА-300 (рис. 6.7).

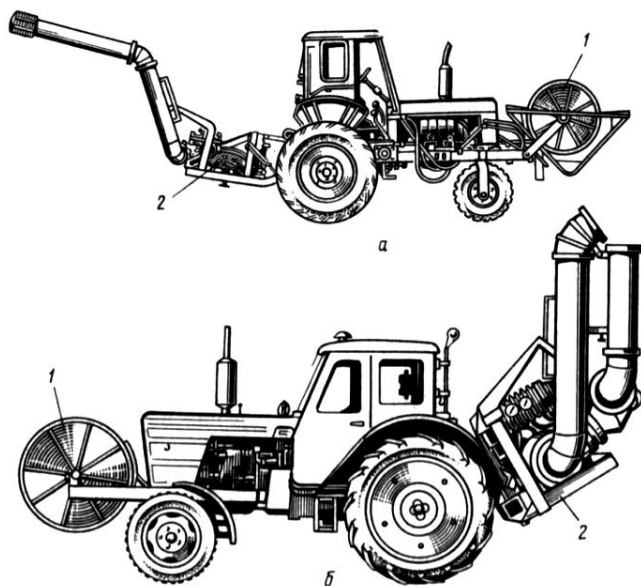


Рис. 6.7. Поливні машини ППА-165У (а) і ППА-300 (б):  
1 – шланговий барабан; 2 – навісна насосна станція.

**Агрегат ППА-165У** складається з навісної насосної станції, гнучкого поливного трубопроводу з водоспусками, механізму намотування й розкладання поливного трубопроводу. Насосна станція забирає воду із водойми й подає її в поливний трубопровід, який розподіляє її борознами. Схема поливу приведена на рис. 6.8. Витрата води до 200 л/с. Площа, яку поливає ППА-165У з однієї позиції – 8-10 га або при поливній нормі  $1200 \text{ м}^3/\text{га}$  – 0,6 га/год. Обслуговує агрегат тракторист і робочий.

**Пересувний поливальник ППА-300** складається з: рами, насоса ОГБ-30 з редуктором, всмоктуючого металевого й гнучкого поливного з водоспусками трубопроводу, механізму намотування й збирання поливного трубопроводу, ежектора. Призначений для поливу затопленням у рисових чеках культур рисової сівозміни – найчастіше люцерни. Його можна використовувати також для розподілу води смугами або в групу борозен. Подача насоса 250-300 л/с, напір – 5-8 м. Довжина гнучкого шланга діаметром 350-420 мм 480 м (4 по 120 м). Обслуговують агрегат тракторист і поливальник.



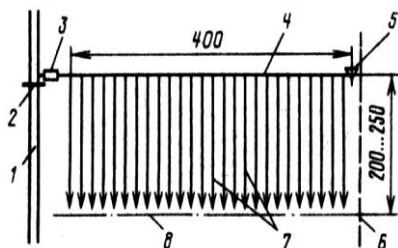


Рис. 6.8. Схема поливу машиною ППА-165У:

1 – діляничний розподільувач або зрошувач; 2 – перемичка; 3 – трактор з насосною станцією; 4 – гнучкий поливний трубопровід діаметром 350 мм; 5 – кінцевий затискувач; 6 – скидний канал; 7 – поливні борозни; 8 – попередня позиція поливного трубопроводу (розміри в м).

#### 6.2.4. Полив затопленням

**Полив затопленням** – найдревніший спосіб поверхневого зрошення. Застосовується для зрошення рису, при лиманному зрошенні й промиванні засолених ґрунтів, рідше для зрошення люцерни, кукурудзи й зернових культур.

Полив затопленням проводять на огорожених валиками площадках-чеках площею 0,2-50 га. Чеки в рисових господарствах мають горизонтальну поверхню. Для звичайних польових культур чеки можуть мати похил 0,0005-0,001. Вода, яка поступає в чек, затоплює його шаром 5-25 см і вбирається ґрунтом. Залишок води при поливі польових і кормових культур скидається.

**Чим товстішим є шар води й довшим затоплення, тим більше проявляються негативні наслідки поливу затопленням. Культурні рослини, крім рису, спочатку страждають, а потім вимикають і гинуть від нестачі повітря й живлення.** Короткотермінові затоплення (до 2-3 діб) переносять кукурудза, люцерна, озима й яра пшениця, ячмінь, овес, сорго й ін. культури.

**Переваги поливу затопленням:** висока продуктивність праці; цілодобовий полив; можливість повної механізації усіх сільськогосподарських робіт і повна автоматизація поливів.

**Основний недолік** – значна фільтрація й утрати води, поливні норми досягають 3000 м<sup>3</sup>/га і більше. Витрати води при затопленні залежать від ступеню спланованості й похилу зрошуваної території,

площі чеку й поливної норми та описується рівнянням (Кукушкін В.С):

$$\omega_q = 0,01 m + 0,24 q - 21,51, \quad (6.2)$$

де:  $m$  - поливна норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $q$  - питома витрата води,  $\text{л}/\text{с}$ ;  $\omega_q$  - площа чека, га.

Чим менший похил поверхні чеку, тим швидше він заповнюється. При площі чеку 5-10 га, щоб вилити поливну норму  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ , необхідно мати питому витрату води 70-90  $\text{л}/\text{с}/\text{га}$ . При тій же нормі, але при площі чеку 15-20 га питомі витрати мають бути збільшені до 110-130  $\text{л}/\text{с}/\text{га}$ .

### 6.2.5. Рисова зрошувальна система. Склад системи.

**Інженерні зрошувальні рисові системи складаються:** 1) із зрошувальної мережі каналів, які подають воду на рисові поля; 2) скидної мережі каналів, які слугують відводом скидних вод і вод місцевого стоку; 3) огорожувальної мережі, яка є заходом захисту суміжних незрошуваних земель від заболочення й засолення, які виникають у результаті фільтрації води з рисового масиву; 4) дренажної мережі, яка відводить ґрунтові води й понижує їх рівень; 5) водозбірна мережа, яка попереджує надходження поверхневих вод на зрошуваний масив; 6) поливних карт, які являють собою площу, яка обмежена зрошувальними й скидними каналами останнього порядку; 7) чеків, які є частинами поливної карти й відокремлених одне від одного валиками; 8) валиків – поздовжніх і поперечних, які відокремлюють чеки один від одного й від скидних каналів; 9) гідротехнічних споруд на каналах, чеках і дорогах; 10) гідрометричних постів, доріг, лісосмуг, ліній зв'язку. Рисові зрошувальні системи будують на земельних масивах із рівною поверхнею й похилом  $0,003\text{-}0,005^\circ$  (Зайцев В.Б., 1975).

**Зрошувальна мережа** складається з магістрального каналу, розподільних каналів різного порядку, армованих регулюючими, транзитними й гідрометричними спорудами, рисових чеків і служить для транспортування води з джерела на рисові чеки.

**Водовідвідна мережа** складається з каналів різних порядків, армованих спорудами, й ділиться на картові дрени — скидання, дільничні колектори, господарські колектори першого, другого й третього порядків і міжгосподарські колектори. Старша ланка

водовідвідної мережі — головний колектор, що збирає дренажно-схидні води з молодших каналів і відводить їх у водоприймач.

**Поливна карта** — ділянка поля рисової сівозміни, обмежена по периметру молодшими каналами зрошувальної й водовідвідної мережі. Кілька суміжних карт утворюють поле сівозміни, а кілька полів сівозміни — ділянку сівозміни. Ширину карти поділяють поперечними валиками на чеки, число яких і розмір залежать від рельєфу й загального ухилу ділянки. Площу чеків приймають не менше 2 га, а довжину однієї з його сторін — не менше 200 м, тому що сільськогосподарські роботи виконують усередині чеків. При сприятливому рельєфі вся карта може являти собою єдиний чек. У цьому випадку її називають картою-чеком. Довжина поливної карти може бути в межах 400-1500 м, ширина — 150-250 м, менше значення відповідає більш складним природним умовам.

На поливну карту воду подають або картковими зрошувачами (карта Краснодарського типу, рис. 6.9, створені за участі Шумакова Б.А., Вітте П.А., 1933), або зрошувачами-скидачами (карта широкого фронту затоплення й скидання).

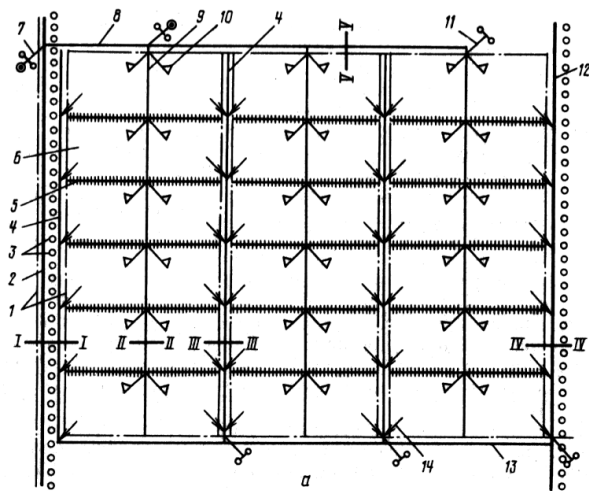


Рис. 6.9. Схема поля сівозміни рисової зрошувальної системи:  
 1 — дорога; 2 — господарський розподільник; 3 — лісосмуга; 4 — картковий скид; 5 — поперечний чековий валик; 6 — чек; 7 — водоспуск, суміщений з переїздом; 8 — діляничний розподільник; 9 — картковий зрошувач; 10 — водоспуск в чек; 11 — переїзд; 12 — господарський колектор; 13 — діляничний колектор; 14 — водоспуск.

Картові зрошувачі будують у насипах, рівні води в них перевищують поверхню чека, й вода в нього подається самопливом через водоспуски. Картові зрошувачі проектують двостороннього командування, тому довгу сторону поливної карти розташовують на ухилі ділянки. Чеки проектують наскрізними, тобто розташовують по ухилі, а між картковим зрошувачем і картковим водовідвідним каналом розміщують тільки один чек.

Карту широкого фронту заливання й скидання довгою стороною (до 1000 м) розташовують уздовж горизонталей місцевості й вирівнюють під одну відмітку, тобто створюють карту-чек. Якщо за рельєфними умовами цю карту розбивають на два-три чеки, то в місцях примикання поперечних валиків до зрошувача-скидання ставлять підпірні споруди.

**Канали**, зрошувальні й скидні проектують по довгій стороні карти, сполучаючи їх із польовими дорогами. Для відсипання насипу для дороги використовують ґрунт, вийнятий зі зрошувального каналу.

**Розрахункові витрати каналів.** Усі зрошувальні й водовідвідні канали влаштовують трапецеїдального перетину. Розміри каналів і споруд на них визначають гідравлічним розрахунком на пропуск максимальних і мінімальних витрат. Висотне положення каналів залежить від умов командування старших каналів над молодшими в зрошувальній мережі й молодших над старшими у водопостачанні, а також від автоматизації водорозподілу.

Периферійні огорожувальні канали перевіряють на пропуск зливових витрат 10%-вої забезпеченості, що можуть надходити на рисову систему ззовні.

**Устрій каналів зрошувальної й водовідвідної мережі.** Картові зрошувачі проектують так, щоб вони забезпечували затоплення найвищого чеку або найбільш високої карти широкого фронту затоплення й скидання на початку затоплення й максимальної витрати зрошувачів шаром 10-15 см, а в період підтримки шару затоплення й мінімальної витрати — шаром до 25 см. Утрати напору у водоспуску з картового зрошувача в чек приймають 5-15 см.

**Рівні води в каналах водовідвідної мережі** всіх порядків при короткочасній (до 3 діб) максимальній витраті приймають на 0,5 м нижче поверхні найнижчого чека, що прилягає до каналу. За межами зрошуваної території канали водовідвідної мережі в залежності від рельєфу на деяких ділянках можуть проходити й у дамбах. При пропуску витрат від мінімального до середнього підтоплення від

нижче розташованих каналів не допускається, а при пропуску великих витрат допускається. При мінімальній витраті рівень води в молодшому водовідвідному каналі приймають на 10 см вище рівня води старшого в місці сполучення каналів.

**Ухили дна зрошувальних і водовідвідних каналів** у земляному руслі приймають такими, щоб швидкість бігу води в них при пропуску максимальної витрати не перевищувала: у пісках і супісках — 0,5 м/с, у легких і середніх суглинках — 0,7, у важких суглинках і глинах — 1 м/с. Мінімальну швидкість при пропуску максимальної витрати в картових зрошувачах і дільничних розподільниках не менше 0,2 м/с. Коефіцієнт шорсткості приймають при витратах до 10 м<sup>3</sup>/с у зрошувальних каналах 0,025, а у водовідвідних — 0,04.

**Ширину каналів проектують** відповідно до використовуваних механізмів. Ширина зрошувальних каналів на дні складає 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2; 3 м і т. д., а водовідвідних — не менше 1 м.

Закладення мокрих похилів зрошувальних і водовідвідних каналів, що проходять у земляному руслі, приймають для легких ґрунтів 2-4, середніх — 1,5-2, важких — 1,5 і над бермою — відповідно 1,5-2, 1-1,5 і 0,5-1,0.

Якщо зрошувальні канали будують у подушчі, то закладення внутрішніх похилів у легких ґрунтах повинне бути 1,5, у середніх — 1,25, а зовнішніх укосів дамб — 1:1,5.

Піднесення берм і брівок дамб земляних каналів над максимальним розрахунковим рівнем води при витраті до 0,5 м<sup>3</sup>/с приймають 0,2 м, при 0,5-2 — 0,3 і при 2-5 м<sup>3</sup>/с — 0,4 м. Берми роблять шириною 3 м лише при глибині каналу більше 2 м.

**Чеки - основні поливні елементи рисової зрошувальної системи.** Від їх розміру й якості поверхні залежить ефективність поливу затопленням. Чеки мають відповідати наступним умовам: 1) площа чеків має бути не меншою 0,25 га з поперечними валиками, які руйнуються сільськогосподарськими машинами; 2) при обмеженні постійними перехідними поперечними валиками площа чеків має бути не меншою 0,4 га; 3) для організації роботи сільськогосподарської техніки одна зі сторін чека має бути не меншою 150-200 м, а площа в межах 0,5-0,6 га; 4) ширина чеків має бути не менше 40 м, а довжина — не більше 400 м; 5) при нормальних ґрунтово-рельєфних умовах площа чека може бути 4-6 га й більше; 6) розходження відміток поверхні чеків і його середньої площини не повинно перевищувати  $\pm 5$  см.

**Валики виконують роль обмеження площі чека й підтримують у ньому заданий рівень води.** Поздовжні валики, як правило, не прохідні для сільськогосподарських машин, поперечні – прохідні.

Прохідні валики мають наступні розміри: ширина зверху 0,35 м, висота 0,35 м, із похилами 1: 4 або 1: 6.

Непрохідні валики виконують шириною зверху 0,3 м, висотою 0,35 м і похилами 1:1,5; при цьому на відстані 10 м від пересікання прохідних непрохідні валики мають бути також прохідними.

Висота валиків має забезпечити шар води в чеку до 25 см при сухому запасі 10 см. Валики трасують прямими лініями й пересікають під кутом 90°.

Для рівномірного зволоження й осушення чека рекомендується на його периметрі робити канавки глибиною 20-30 см від спланованої поверхні чека.

При проектуванні карт широкого фронту затоплення й скидання глибину зрошувачів-скидів приймають 1-2 м, висоту огорожувального валика дамби — 0,4-0,6 м і ширину гребеня валика зверху — 3 м.

**Споруди на чеках**, які є основним засобом регулювання процесу затоплення посівів рису, поділяються на такі групи: 1) водоспуски для подачі води зі зрошувальної мережі в чек; 2) водоспуски для спуску води з чека в чек; 3) водоспуски для скидання води з чека в скидний канал.

Водоспуски в чек і з чека розміщують в протилежних кутах чека, один навпроти одного. При цьому впускні споруди поміщають на найбільш високих (до планування) ділянках, а випускні — на найнижчих. Початкове затоплення чеків проводять через 1-2 дні після посіву. Наповнюють чеки поступово великим поливним струменем. Після утворення в чеку шару води 5-10 см відкривають водоспуск, заповнюють наступний чек і т.д. Одночасно може заповнюватися близько третини чеків, які складають карту.

В обов'язки поливальника на рисових системах входить контроль (не рідше 2 разів на добу) за станом валиків, споруд і шару води в чеках.

Підпірні споруди на водовідвідних каналах влаштовують тільки в умовах незасолених сильно проникних ґрунтів із метою скорочення втрат зрошувальної води на бічну фільтрацію. На зрошувальних каналах підпірні споруди ставлять для регулювання

рівнів води в каналах. Гідротехнічні споруди влаштовують відповідно до діючих типових проектів або проектів-аналогів.

**Вимоги до планування поверхні.** Для зрошення рису затопленням поверхню чеків планують під горизонтальну площину з окремими відхиленнями  $\pm 5$  см. Спланована поверхня може бути капітальною (основна, будівельна) і експлуатаційною (поточна).

**Капітальне планування поверхні** виконують у відповідності до проекту, який розробляють для кожної поливної ділянки. У проекті за матеріалами топографічної зйомки місцевості визначають розміри зрізання і насипу ґрунту, об'єм земляних робіт, складають схему організації планувальних робіт, їх вартість. При цьому намагаються досягти мінімального об'єму земляних робіт. Об'єм земляних робіт залежить від макрорельєфу. При спокійному рельєфі він може досягати  $450 \text{ м}^3/\text{га}$ , при складному –  $900 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Щоб родючість ґрунтів не знижувалася, глибину зрізання й насипу допускають не більше 20 см. На темно-каштанових ґрунтах і чорноземах при глибині зрізання 10 см урожай сільськогосподарських культур знижується на 15-20 %, а при глибині 20 см – на 50-60 %. Якщо необхідні більш глибокі зрізання верхнього шару ґрунту, в проектах планувальних робіт передбачають зняття й переміщення верхнього родючого ґрунтового шару в сторону, потім зрізання ґрунту на необхідну глибину й повернення знятого родючого шару на попереднє місце.

Планування зрошуваних полів розпочинають з глибокої оранки. Необхідний шар ґрунту зрізують і насипають скреперами або бульдозерами. Контроль за ходом робіт здійснюють нівеліром, з урахуванням осадження насипного ґрунту і його розпушення на місці зрізання.

Сплановану територію удобрюють органічними й мінеральними добривами, щоб не допустити строкатості родючості ґрунту й зниження урожаю сільськогосподарських культур. У перший рік після планування на цих полях бажано вирощувати багаторічні трави, горох й інші культури суцільної сівби.

**Експлуатаційне планування поверхні** виконують щорічно. **Основна мета її** – часткове вирівнювання полів, мікрорельєф яких порушився у процесі експлуатації, перед поливом. Внаслідок впливу на ґрунт поливної води, механізмів при його обробітку, збирання врожаю й інших сільськогосподарських роботах на полях появляються звалені гребені, розвалені борозни, нерівності у місцях

колишніх трас глибоких борозен і тимчасової зрошувальної мережі.

**Експлуатаційне планування поверхні** – невіддільна частина агротехнічного комплексу зрошуваного землеробства. Її проводять восени після зяблевої оранки без додаткового нівелювання й складання проекту. Весняне вирівнювання полів безпосередньо перед сівбою викликає пересушування ґрунту, затримує сівбу й появу сходів. Експлуатаційне планування виконують вирівнювачами довгими планувальниками різної конструкції, а також найпростішими дерев'яними й металевими волокушами.

**Зрошення. Особливість вирощування рису полягає в необхідності підтримання шару води (10-15-25 см) на поверхні ґрунту протягом усього вегетаційного періоду (90-110 днів).** Транспіраційний коефіцієнт його дорівнює 450—600. Рис є однією з найбільш врожайних ярих зернових культур. У передових господарствах щорічно отримують врожаї 50-60 ц/га й більше.

Зрошувально-осушувальна система має забезпечити сприятливі агроеліоративні умови не тільки для вирощування рису, але й для інших культур, які будуть у рисовій сівозміні й не виносять засолення ґрунту.

**Регулювання сольового процесу є другою задачею системи землеробства рисосіючих господарств.** На посівах рису застосовують **постійне, скорочене й переривчасте затоплення.** При **постійному затопленні** шар води на рисовому полі знаходиться протягом усього вегетаційного періоду, змінюється лише його висота, зменшуючись у період кушіння до 3-5 см й, збільшуючись у наступному до 15 см і більше. Його найчастіше застосовують на засолених ґрунтах.

**Скорочене затоплення** найбільш розповсюджене. Після сівби рису проводять 2-3 зволожувальні поливи для отримання густих і дружних сходів. Після укорінення рослин чеки затоплюють шаром води на  $\frac{2}{3}$  висоти рослин. В міру росту рису шар води поступово збільшують до 8-10 см і підтримують на цьому рівні до настання фази кушіння. У фазу кушіння шар води знижують до 3-6 см на 8-12 діб для створення сприятливих умов розвитку вузлових коренів.

Викидання мітелки й цвітіння – найбільш відповідальна фаза. У цю фазу відбувається посилена витрата води рослинами, так, як йде інтенсивний ріст вегетативної маси. Тому після кушіння глибину затоплення знову збільшують до 8-10 см і підтримують до настання фази повної молочної стиглості рису на усьому масиві. На початку й



середині воскової стиглості воду скидають.

**Переривчасте** затоплення відрізняється тим, що посіви періодично звільняють від води. При цьому зменшуються витрати води, і вона більш ефективно використовується рослинами рису.

**Зрошувальна норма** для рису в різних районах і особливо в залежності від типу ґрунтів і їх гранулометричного складу змінюється в значних межах – 10-20 тис м<sup>3</sup>/га й більше.

**На рисовій системі** рис займає 50-63 % площі, іншу територію відводять під супутні культури. Із них 24-33 % площі рисової сівозміни відводять під багаторічні трави і найчастіше під люцерну – найкращий попередник під рис. Найчастіше супутні культури зрошують затопленням, подібно до затоплення рису. Але при цьому не вдається витримати рівномірне зволоження ґрунту на усій території чеку (4-6 га) через відсутність ухилів, а також малу пропускну спроможність водоспуску із зрошувача в чек. Фактичні поливні норми в декілька разів перевищують розрахункові.

Для отримання високих урожаїв багаторічних і однорічних трав, які вирощують у рисовій сівозміні, які не виносять постійного затоплення й засолення, на рисових системах **створюють засоби регулювання рівня ґрунтових вод** (поглиблені огорожувальні канали на межі сівозмін, глибокі до 4 м скидні канали). Така дренажно-скидна система має підтримувати рівень ґрунтових вод (РГВ), сприятливий для усіх культур сівозміни. Для люцерни сприятливий РГВ – 1-1,5 – 2,5 м і залежить від мінералізації.

**При затопленні ґрунтів розпочинається анаеробний процес** розкладу органічної речовини. Він супроводжується накопиченням відновлених сполук поживних речовин. На таких ґрунтах виникає необхідність рихлення ґрунту для покращення аерації й активізації окислювальних процесів.

**Люцерну й інші культури суцільного посіву в чеках часто поливають дощуванням машинами ДДА-100 М.** У цьому випадку тимчасові зрошувачі нарізають вздовж карти. Технологію поливу буде розглянуто нижче.

**Для супутніх культур рису застосовують також полив напуском широкими смугами.** У рік посіву люцерни поливи до першого укусу проводять дощуванням, усі наступні – напуском широкими смугами.

### 6.3. Полив дощуванням

*Дощування — спосіб поливу, при якому зрошувальна вода під напором викидається дощувальним апаратом у повітря, дробиться на краплі і падає на рослини й ґрунт у вигляді дощу.*

При *дощуванні* поливи проводять періодично, вода акумулюється у верхніх шарах ґрунту; зволожується не тільки ґрунт, але й рослини, що активізує їх фізіологічні процеси; глибина зволоження ґрунту, як правило, менша ніж при поверхневому зрошенні; можна давати часті поливи малими поливними нормами і таким чином створювати більш рівномірний режим вологості ґрунту; дощування більш сильно впливає на мікроклімат приземного шару повітря, ніж поверхнєве зрошення; відсутність поливної мережі на поверхні ґрунту покращує умови роботи сільськогосподарських машин.

*Дощувальні установки* — пристрої, що складаються з легких розбірних переносних трубопроводів і дощувальних насадок. Наприклад, дощувальні установки «Веселка», «Сигма».

*Дощувальними машинами називають* дощувальні установки, обладнані засобами механізованого пересування (Фрегат, Волжанка, Дніпро, Кубань).

*Дощувальні агрегати* — це дощувальні машини, обладнані насосно-силовим устаткуванням для забору води з каналу (трубопроводу), створення потрібного напору й подачі її у дощувальні насадки (апарати). Наприклад, двоконсольний дощувальний агрегат ДДА-100 МА.

**Переваги дощування.** Дощування — найбільш досконалий і перспективний спосіб поливу. Воно має наступні переваги в порівнянні з поверхневим зрошенням: повна механізація робіт; поливна норма регулюється більш точно й у широких межах (від 30-50 до 300-800 м<sup>3</sup>/га і більше), що дозволяє створювати водно-повітряний режим ґрунту, близький до оптимального, й регулювати глибину промочування ґрунту; можна поливати ділянки з великими ухилами й складним мікрорельєфом. Забір води можливий з каналів, що йдуть у виїмці, а також із закритої мережі; виключаються роботи з нарізання поливних борозен, валиків, вивідних борозен, поліпшуються умови механізації посіву, посадки, обробки й збирання сільськогосподарських культур; поліпшуються мікроклімат і розвиток кореневої системи, активізуються процеси асиміляції, підвищуються родючість ґрунту й врожай сільськогосподарських культур. Запланований врожай можна одержати при менших (на 15-30 %) витратах води, ніж при поверхневому

зрошенні; можна одночасно зі зрошенням вносити в ґрунт добрива. У передгірних районах для дощування можливе використання природного напору (Маслов Б.С., 1984).

**Недоліки дощування:** високі витрати металу на виготовлення дощувальних машин, труб і апаратури (40-100 кг на 1 га); велика енергоємність процесу дощування (40-100 квт-год. на 1 полив при  $m=300 \text{ м}^3/\text{га}$ ); нерівномірність поливу при вітрі; неможливість глибокого промочування важких ґрунтів при високій інтенсивності дощу без утворення калюж і поверхневого стоку; недоцільність використання на важких ґрунтах в умовах сухого й жаркого клімату.

Дощування найбільш широко застосовують на без похилих і мало похилих ділянках із ґрунтами середньої й високої водопроникності для поливу овочевих, технічних, зернових культур, садів, розплідників, луків у зоні недостатнього зволоження, де зрошення доповнює природні опади в посушливі періоди.

### 6.3.1. Дощувальні пристрої й насадки

**Конструкції, що створюють штучний дощ, називаються дощувальним пристроєм.** Дощувальні пристрої можуть бути у вигляді дощувальних агрегатів, машин, установок, насадок (агрегатів).

**Дощувальним агрегатом** називають пристрій, який складається із самохідної опори (декількох), змонтованих на ній дощувальної установки й насоса.

**Дощувальна машина** – пристрій, який складається із самохідної опори (декількох опор) і змонтованих на ній дощувальної установки. Напір для роботи дощувальної машини створюється автономною насосною станцією.

**Дощувальна установка** – дощувальний пристрій без самохідної опори. Вода до дощувальної установки подається через напірну зрошувальну мережу насосними станціями.

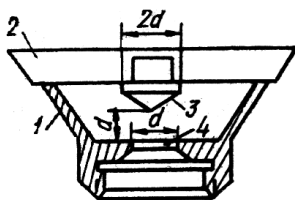
**Дощувальна насадка** (дощувальний апарат) – пристрій, що складається тільки з розпилювача води, який монтують на гідранті.

**Гідрант** – пристрій для відбору води із зрошувальної трубчастої мережі.

**Вимоги до дощувальних пристроїв.** При поливі дощуванням інтенсивність дощу не повинна перевищувати швидкості

усмоктування води в ґрунт, щоб не ушкоджувалися квіти, зав'язі й листки рослин. При поливі на важких ґрунтах вона повинна бути не більшою 0,06-0,15 мм/хв., на середніх — 0,10-0,25 і на легких — 0,15-0,45 мм/хв. Оптимальна інтенсивність дощу 0,06-0,15 мм/хв. Діаметр крапель дощу не повинний перевищувати 1-2 мм. Мають забезпечувати високий коефіцієнт земельного використання, внесення добрив одночасно з поливом, мати високу експлуатаційну надійність, маневреність і прохідність, тривалий термін служби.

**Дошувальні насадки.** Це робочі органи дошувальних машин і установок, що перетворюють водний потік у дощові краплі. Насадки застосовують в основному двох типів: дефлекторні (відбивні) (рис. 6.10) і струменеві.



*Рис. 6.10. Короткоструменева дошувальна насадка з конусним дефлектором: 1 – корпус; 2 – планка; 3 – конусний дефлектор; 4 – вихідний отвір*

Дефлекторні насадки встановлюють на двоконсульні дошувальні агрегати ДДА-100М, ДДА-100МА, на дошувальні машини “Кубань”, а також на дошувальні установки для поливу квітників, газонів, рослин у теплицях.

Найкращим дефлектором є конус. Достоїнство цих насадок: рівномірне розпилення води з припустимим розміром крапель (0,9-1,1 мм) при невеликих напорах води (8-25 м) й невеликих витрат енергії для утворення дощу. Недоліки — невеликий радіус розбризкування (4-8 м) й висока інтенсивність дощу (0,75-1,1 мм/хв. з перекриттям), що обмежує їхнє застосування в машинах і установках, що працюють позиційно.

**Струминні насадки** (рис. 6.11) використовують у всіх обертових дошувальних апаратах. За конструкцією вони незначно відрізняються. Однак дошувальні апарати, у яких їх застосовують, розрізняються за принципом обертання, напором й витраті води, за інтенсивністю і якістю дощу, за дальністю польоту струменя й ін.

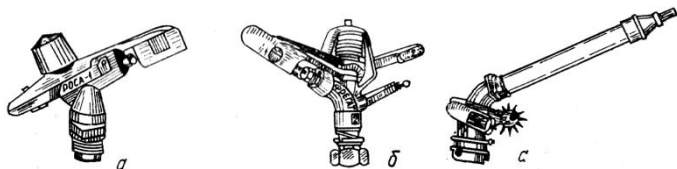


Рис. 6.11. Середньоструменеві (а, б) та далекоструменеві (с) дощувальні апарати: а – “Рось-1”; б – ДМ- “Фрегат”; с – ДД-80

В залежності від напору води й довжини струменя їх розрізняють на коротко струменеві ( $H=1,12-0,25$  МПа,  $R=7-20$  м), середньо струменеві ( $H=0,25-0,40$  МПа,  $R=20-35$ ), далеко струменеві ( $H=0,4-1,0$  МПа,  $R=35-100$  м). Найбільшого розповсюдження набули середньо й далеко струменеві насадки.

Коротко струменеві насадки встановлюють на дощувальні агрегати ДДА-100 М, ДДА-100 МА, дощувальні машини “Кубань”, ДШ25/300 “Тімірязівець”.

Середньо струменеві насадки встановлено на дощувальних машинах “Волжанка”, “Фрегат”, “Бригантина”, “Каравела”, “Дніпро”. Далеко струменеві насадки встановлюють на дощувальні машини ДДН-70, ДДН-100. Обертання стовбура або сопла апаратів колом на  $360^\circ$  або сектором на  $60-300^\circ$  у більшості випадків забезпечується реактивною силою води, що вилітає із сопла за допомогою різних пристроїв.

**Імпульсні апарати** періодично викидають воду з напірного резервуара через насадки типу “Роса-3”. При кожному пострілі води насадка повертається навколо осі обертання. Імпульсні апарати дозволяють при невеликій середній інтенсивності дощу поливати ділянки щодня, створюючи оптимальні умови для розвитку рослин.

**Якість дощу** характеризується його інтенсивністю, діаметром дощових крапель, рівномірністю поливу й силою їхнього удару об ґрунт і рослину.

**Інтенсивність дощу** – шар води в міліметрах, створений при дощуванні за 1 хв. Інтенсивність дощу будь-яких дощувальних машин, установок і агрегатів:

$$P_{cp} = 60 Q/W, \quad (6.3)$$

де:  $P_{cp}$  – середня інтенсивність дощу, мм/хв.;  $Q$  – витрати води, л/с;  $W$  – зрошувана площа,  $m^2$ .

**Для дощувальних установок, що працюють позиційно**, середня інтенсивність дощу:

$$H_{cp} = Q/(Bl_{кр}), \quad (6.4)$$

де:  $B$  – ширина поливної площі з однієї позиції, м;  $l_{кр}$  – довжина поливної площі з однієї позиції, м.

**Для дощувальних установок, які поливають колом** з допомогою обертового далекоструминного апарата або поливного крила, середня інтенсивність дощу:

$$H_{cp} = 60 Q/(\pi R^2), \quad (6.5)$$

де:  $R$  – радіус дії апарата або захвату поливного крила, м;  $\pi = 3,14$ .

**Для дощувальних машин, які працюють в прямолінійному русі**, середня інтенсивність дощу:

$$H_{cp} = 60 Q/(BL), \quad (6.6)$$

де:  $B$  – ширина захвату дощувальної машини, м;  $L$  – довжина поливного гону при прямолінійному русі, м.

Чим менший діаметр крапель і інтенсивність дощу, тим менше він руйнує структуру ґрунту, тим краще усмоктується вода, створюючи умови аерації під час поливу. І навпаки, при великих краплях і великій інтенсивності дощу структура ґрунту сильно руйнується, на поверхні поля швидко утворюються калюжі й стік води, а після поливу — ґрунтова кірка. Швидкість усмоктування води в ґрунт при дощуванні менша, ніж при поверхневому поливі. Якість дощу характеризується коефіцієнтом рівномірності поливу:

$$K_p = h_{cp}/h_{max}. \quad (6.6).$$

де:  $h_{cp}$  — середній шар дощу;  $h_{max}$  — максимальний шар дощу. Коефіцієнт  $K_p$  повинний бути більшим 0,7-0,8.

**Найбільшою силою удару володіють краплі дощу далекоструминних апаратів, які більше руйнують структурні грудочки ґрунту, ніж краплі коротко струминних апаратів.**

### 6.3.2. Система дощування.

У систему дощування входять: насосно-силове устаткування, розподільні й поливні труби, що підводять воду, дощувальні апарати й машини. Системи дощування за принципом роботи поділяють на стаціонарні, напівстаціонарні й пересувні.

**У стаціонарних системах** усі елементи, крім дощувальних апаратів, займають постійне положення. Такі системи використовують у парниках і теплицях, для зрошення гірських схилів, високорентабельних сільськогосподарських культур.

**У пересувних системах** усі елементи в процесі поливу

переміщаються.

**Напівстаціонарні дощувальні системи** одержали найбільше поширення. На цих системах насосні станції й транспортуючі трубопроводи, як правило, стаціонарні, а дощувальні машини й установки, дощувальні трубопроводи — пересувні. У напівстаціонарних системах використовують розбірні середньо-струминні дощувальні установки, які переміщують вручну (Сигма, Веселка), дощувальні машини «Фрегат», «Дніпро», далекоструминну машину ДДН-100; шлейфи човникового переміщення зі стаціонарними насосними станціями.

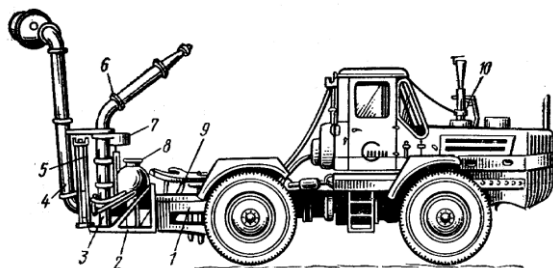
**Дощувальні пристрої** (агрегати, машини, установки) у залежності від напору води в насадках поділяють на коротко-струминні з напором  $H = 12-25$  м і радіусом дії 7-20 м (ДДА-100 М, ДДА-100 МА), середньо-струминні з напором 20-40 м і радіусом дії 16-35 м («Фрегат», «Волжанка», «Дніпро», «Веселка», «Сигма») і далекоструминні з напором 40-100 м, з радіусом дії 35-100 м (ДДН-70, ДДН-100 і ін.

### 6.3.3. Далекоструминні дощувальні агрегати

Далекоструминна дощувальна машина ДДН-100 (рис. 6.12) призначена для поливу кормових, високо-стеблових, технічних, овочевих культур, садів, ягідників, лісових і плодових розплідників, культурних пасовищ із розподілом води по колу (при швидкості вітру до 1,5-2 м/с) і по сектору (при швидкості вітру 1,5-6 м/с).

При швидкості вітру більше 5 м/с поливи припиняють, тому що утворюється дуже великий знос води вітром і більша нерівномірність дощу. Машина складається з наступних основних вузлів: далекоструминного апарата з механізмом обертання стовбура, відцентрового консольного насоса 7К-10, що всмоктує лінії з гідравлічним підйомом, гідро-підживлювача, лічильника водоміра. Усі ці вузли монтуються на звареній рамі, що навішується на трактори Т-150, Т-150К, Т-4А й ін. При роботі з тракторами Т-150 і Т-150К в насос ставиться робоче колесо діаметром 334 мм, а з Т-4А-320 — 305 мм. Витрата поданої води дорівнює 115; 100 і 85 л/с, із напором 65 м, а радіус поливу — 85, 85 і 75 м. Відстань між тимчасовими зрошувачами, із яких агрегат забирає воду в процесі поливу, дорівнює 120 м, між позиціями при поливі колом з

розміщенням позицій за трикутною схемою — відповідно 145; 145 і 110 м, при поливі сектором з розміщенням їх за прямокутною схемою — 70; 70 і 55 м і через 50 м при поливі сектором.



*Рис. 6.12. Далекоструминна навісна дощувальна машина ДДН-100 на тракторі Т-150К:*

*1 — розвантажувальні цепи; 2 — рама; 3 — насос-редуктор; 4 — усмоктувальний трубопровід; 5 — гідроциліндр; 6 — ствол; 7 — механізм повороту ствола; 8 — пристосування для внесення добрив; 9 — карданний вал с кожухом; 10 — газоструминний вакуум-апарат,*

Технічна характеристика поливних далекоструминних машин приведена в таблиці 6.4.

**Таблиця 6.4. Характеристика далекоструминних поливних машин**

Показники	КИ-50	ДДН-70	ДДН-100
Витрата води, л/с	40	65	100
Напір води, м	48	55	65
Відстань між позиціями, м	36	55/110	75/150
Ширина захвату, м	286	R=60	R=85
Відстань між трубопроводами, м	-	100	120
Площа поливу з однієї позиції, га	1,04	0,47-0,94	1,5-1,8
Час поливу позиції при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ , хв.	135	73	100
Продуктивність за зміну при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ , га	-	4,94	7,67
Середня інтенсивність дощу, мм/хв	0,23	0,41	0,41
Маса, кг	7750	700	700
Обслуговуючий персонал, чол.	3	2	1

Для поливу машиною ДДН-100 (рис. 6.13) на полі каналокопачем нарізують тимчасові зрошувачі паралельно один одному через 120 і 60 м від краю поля з ухилом не більш 0,003. У



місцях забору води в тимчасовому зрошувачі ставлять перемичку. Уздовж зрошувача залишають дорогу для проїзду машини. Полив ведеться від голови зрошувача до його кінця. Агрегати мобільні, компактні, добре прохідні, але високо-енергоємні, чутливі до вітру, мають більш рівномірну інтенсивність дощу, великі краплі води, сильніше, ніж інші дощувальні машини й установки, руйнують структуру ґрунту.

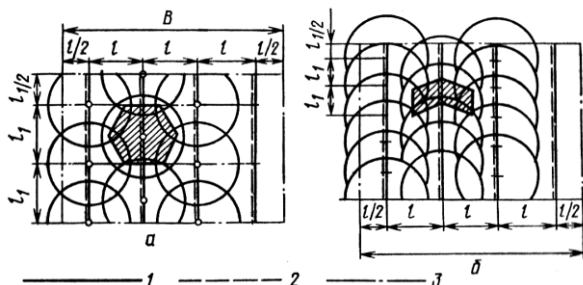


Рис. 6.13. Схеми поливу далекоструминними машинами:  
а – колом; б – сектором; 1 – тимчасовий зрошувач або трубопровід; 2 – тимчасова польова дорога; 3 – межі поля;  $t$  – відстань між зрошувачами;  $t_1$  – відстань між позиціями дощувальних машин. Зашитрихована площа поливу з однієї позиції з урахуванням перекриття дощем.

**Комплекти іригаційного устаткування «Веселка» (КИ-50, КИ-25)** призначені для зрошення овочевих, кормових і технічних культур, а також луків, садів і плодових розплідників. Полив проводять позиційно, а водоподача здійснюється від пересувної насосної станції або з гідрантів закритої зрошувальної мережі. У комплекти устаткування входять: водопровідний трубопровід, дощувальне устаткування, насосна станція, що подає воду в розподільний трубопровід, із якого через гідранти вода надходить у робочий трубопровід. Для підживлення ділянки розчинними мінеральних добрив на початку трубопроводу передбачена установка серійного гідропідживлювача ГПД-50.

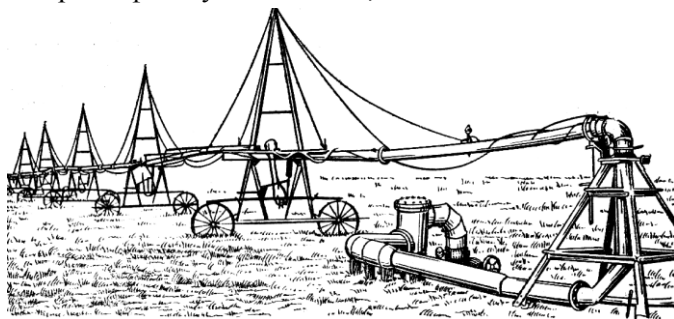
**Переваги устаткування:** можливість силами господарств освоювати ділянки під зрошення дощуванням, розташовані поблизу від водних джерел; низька вартість будівництва; швидка окупність витрат на зрошення (1-2 роки).

**Недоліки:** низька продуктивність праці на поливі (35 л/с на 1 чоловіка); важка робота з перенесення, монтажу й демонтажу труб;

витоптування посівів при перенесенні труб; висока металосміність.

#### 6.3.4. Середньо-струминні дощувальні машини.

**Багато-опорна автоматизована дощувальна машина «Фрегат»** (рис. 6.14) призначена для поливу всіх сільськогосподарських культур, за винятком плодкових, на ділянках із складним рельєфом і ухилами до 0,05.



*Рис. 6.14. Самохідна багато-опорна дощувальна машина «Фрегат»*

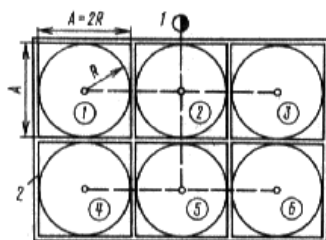
«Фрегат» являє собою трубопровід, що рухається по колу, із 49-ма середньо-струминними дощувальними апаратами. Трубопровід, установлений на само рушійних А-образних колісних опорах-візках на висоті 2,2 м від поверхні землі. Полив здійснюється при русі трубопроводу по колу. Технічні характеристики середньо-струминних дощувальних машин приведено в таблиці 6.5. Відстань між першими сімома опорами 24,7 м, між останніми — 29,6 м. Довжина кінцевої консолі 17,2 м. Для поливу кутів чотирикутної ділянки на кінці трубопроводу додатково встановлюють далекоструминний дощувальний апарат, що працює по колу і сектору з радіусом поливу 25 м. У машину «Фрегат» вода надходить із напором 65-70 мм із напірного підземного трубопроводу або зі свердловини через гідрант, що міцно закріплений на фундаменті. Цей гідрант є віссю обертання дощувального трубопроводу по напрямку годинної стрілки.

Таблиця 6.5. Характеристика середньо-струминних поливних машин

Показники	Фрегат	Волжанка	Дніпро	Сигма
Витрата води, л/с	100	64	120	40
Напір води, м	65	40	45	45-60
Відстань між позиціями, м	453,5	18	54	36
Ширина захвату, м	900	800	448	288
Відстань між трубопроводами, м	400-900	800	920	-
Площа поливу з однієї позиції, га	35-72	1,44	2,43	1,0
Час поливу з однієї позиції при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ , хв.		52	105	270-230
Продуктивність за зміну при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ , га		6,3	10	4,0
Середня інтенсивність дощу, мм/хв	0,2-0,3	0,27	0,28	0,28
Маса, кг	15000	5465	13347	7697
Обслуговуючий персонал, чол.	1 на 4	1	2	2

Трубопровід обертається за допомогою гідро двигунів, установлених на А-подібних опорах, працюючи під дією напору зрошувальної води. Для запобігання вигину трубопроводу машина оснащена двома системами аварійного захисту: механічної й електричної або гідромеханічної дії. Машину використовують для роботи на одній і двох позиціях, вона обладнана пристроями для буксирування трактором із першої позиції на другу й назад.

При подачі води з відкритого каналу в напірну мережу для машини «Фрегат» ставлять одну насосну станцію СНП-75/100. Для групової роботи декількох машин «Фрегат» будують закриту



зрошувальну мережу зі стаціонарною насосною станцією (рис. 6.15).

*Рис. 6.15. Схема зрошувальної мережі при зрошенні шестипільної сівозміни машиною «Фрегат»: 1 – насосна станція; 2 – дороги, лісосмуги.*

Для роботи на полях із великими місцевими ухилами (до 0,1) по довжині машини створена модифікація машини «Фрегат» типу

ДМУ, у якій тросова підвіска виготовлена, типу «колиски», а в машинах типу ДМУ-А і ДМУ-Б додатково до цього встановлені гнучкі вставки. Ці доповнення підвищують гнучкість трубопроводу. На машині ДМУ-Б труби діаметром 177,8 мм установлюють на ділянці від нерухомої опори до шостого візка, від кінця машини, а на кінцевих прольотах — 152,4 мм. На машині ДМУ-А діаметр трубопроводу у всіх прольотах дорівнює 152,4 мм.

Є низьконапірна дощувальна машина «Фрегат» з напором у голові машини 40-42 м, що дозволяє використовувати в якості водопровідної мережі асбесто-цементні й тонкостінні металеві труби.

**Переваги машини Фрегат** — висока продуктивність праці на поливі, тому що один оператор обслуговує одночасно 3-4 агрегати, тобто до 400 л/с, висока надійність у роботі навіть на ділянках зі складним рельєфом, можливість роботи цілодобово; гарна якість дощу (інтенсивність 0,2-0,32 мм/хв.), широкі межі регулювання поливних норм (240-1250 м<sup>3</sup>/га); можливість поливу високо-стеблових культур; рідка мережа підземних трубопроводів (через 900 м).

**Дощувальна машина «Волжанка»** ДКШ-64 призначена для поливу сільськогосподарських культур суцільного і рядового посіву, крім високо-стеблових. Застосовують її на рівних ділянках з ухилами до 0,02 (рис. 6.16). Трубопровід складається з двох дощувальних крил із шириною захоплення до 400 м кожний. Дощувальні крила працюють позиційно й одночасно. З позиції на позицію їх перекочують приводним візком, що знаходиться в середині крила. На візку встановлений двигун внутрішнього згоряння «Дружба» потужністю 2,9 кВт.

Кожне крило довжиною 395,8 м складається з 32 труб-секцій по 12,6 м довжиною й 130 мм діаметром. На трубопроводі жорстко закріплені 32 металеві колеса діаметром 191 см і 32 середньо-струминних дощувальних насадки.

На позиції одне крило поливає смугу шириною 18 м (відстань між гідрантами), довжиною 400 м; два крила поливають площу 18х800 м<sup>2</sup>, або 1,44 га. Вода в трубопровід подається із закритої напірної мережі через гідрант із витратою до 32 л/с і напором 40 м. Інтенсивність дощу 0,27 мм/хв.

Продуктивність машини в міру зменшення довжини знижується з 0,39 до 0,15 га за годину роботи, напір на вході в машину при

нульовому ухилі зменшується з 42 до 36 м, а при припустимому позитивному ухилі — з 50 до 39 м.

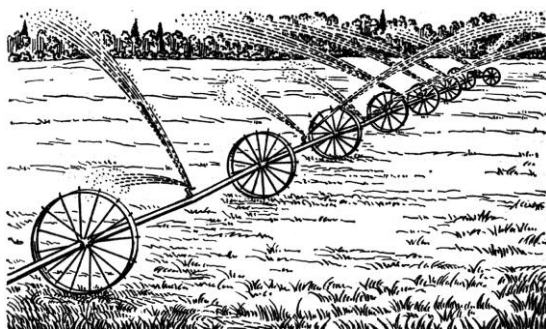


Рис. 6.16. Дощувальна багато-опорна машина ДКШ-64 «Волжанка».

**Багато опорна дощувальна машина ДФ-120 «Дніпро»** призначена для поливу зернових, овочевих, баштанних, технічних і ягідних культур, багаторічних трав, луків, пасовищ (рис. 6.17) на ухилах не більш 0,02.

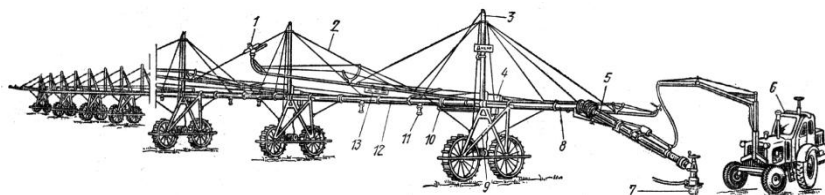


Рис. 6.17. Дощувальна багато-опорна машина ДФ-120 «Дніпро»: 1 – середньо-струминний дощувальний апарат «Роса-3»; 2 – система укріплення тросів; 3 – ферма; 4 – електропривод; 5- з'єднувальний трубопровід з опорою; 6 – електрична станція; 7 – гідрант; 8 – опорна труба; 9 – опорний візок; 10 – драбина; 11 зливний клапан; 12 – з'єднувальна труба; 13 – куточок.

Вона складається з водопровідного поясу, розташованого на 17 опорних візках, ферм, на кожній з яких встановлено по два середньо-струминних дощувальних апарати «Роса-3», електропривода 4 і пересувної електричної станції 6, змонтованої на колісному тракторі ЮМЗ-6ЛМ із ходозменшувачем СН-5А. На трактор навішений трифазний синхронний генератор (з'єднаний з ВВП трактора).

Водопровідний пояс зібраний зі сполучних труб 12 із зливальними клапанами 11, опорних труб 8, двох з'єднувальних

трубопроводів 5 з опорами, системи тросів, що розкріплюють, 2 і куточків 13. На поливному трубопроводі закритої зрошувальної мережі через кожні 54 м установлені гідранти 7, до яких за допомогою з'єднувального трубопроводу приєднують дощувач.

Машина працює позиційно, забираючи із закритого поливного трубопроводу воду (120 л/с, напір 45-50 м) через гідрант і поливає площу  $460 \times 54 \text{ м}^2$ , або близько 2,5 га. Після того як машина видала потрібну кількість води, полив припиняють. Оператор включає електричну станцію і переміщає машину на наступну позицію. Швидкість руху машини 0,49 км/год.

Тривалість стоянки машини на кожній позиції залежить від поливної норми. Так, щоб вилити на 1 га  $100 \text{ м}^3$  води, він повинний стояти 35 хв.,  $200 \text{ м}^3/\text{га}$  — 70 хв.,  $300 \text{ м}^3$  — 105 хв. і т.д.

На відміну від дощувальної машини «Фрегат» «Дніпро» поливає всю площу, напір води на гідранті в 1,5 рази нижчий, витрата на 20 л/с більша, оператор може керувати чотирма машинами. Машина «Дніпро» може мати 17, 16, 15, 14 і 13 секцій, відповідно довжина її дорівнює 448, 421, 397, 367, 340 м.

**Дощувальна машина «Кубань»** призначена для поливу різних сільськогосподарських культур, у тому числі і високо-стеблових. Це автоматизована електрифікована широкозахватна дощувальна машина фронтального переміщення із забором води в русі з відкритого бетонованого каналу (рис. 6.18, 6.19).

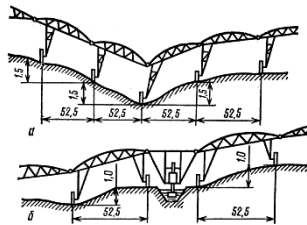


Рис. 6.18. Схеми положень ферми машини «Кубань» на ділянках із різними ухилами: а — ухил між трьома сусідніми візками до 0,03; б — ухил у центральній частині машини між двома прольотами

Машина «Кубань» складається з двох крил, що представляють собою багато опорну просторову попередньо напружену ферму з водопровідним трубопроводом. Кожне крило складається із семи шарнірно з'єднаних між собою прольотів довжиною 52,5 м кожне з них спирається на опорні візки. По кінцях дощувальних крил

Машина постачається системами керування і захисту, які забезпечують вибір напрямку руху (уперед, назад), пуск і зупинку, завдання середньої швидкості ходу для видачі необхідної поливної норми, ручну зупинку будь-якого візка, автоматичну синхронізацію і стабілізацію руху по кілочках (тросу), встановленим уздовж каналу, а також аварійну зупинку машини. Високий рівень автоматизації машини дозволяє автоматизувати полив.

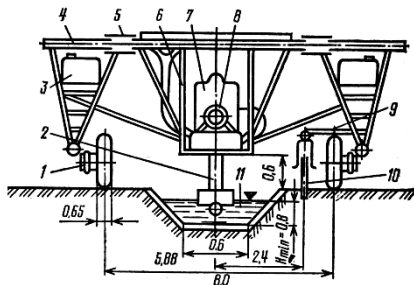


Рис. 6.19. Схема будови центрального візка машини “Кубань”.  
1 - мотор-редуктор; 2 - всмокуючий трубопровід із поплавком і фільтром; 3 – паливний бак; 4 – водопровідний трубопровід; 5 – шарнір; 6 – рама; 7 – дизель-насосний агрегат; 8 – генератор; 9 – пристрій автоматичного слідування за ходом машини вздовж каналу; 10 – кілочок-фіксатор курсу; 11 – канал, облицьований бетоном. Розміри у м.

Технічну характеристику машини приведено у табл. 6.6.

Таблиця 6.6. Технічна характеристика машини “Кубань”

Показники	Значення
Довжина, м	790,7
Ширина, м	7,5
Висота, м	7,2
Відстань між опорами, м	52,5
Ширина захвату, м	800
Витрата води, л/с	170

Напір води, м	32-34
Кількість дощувальних апаратів	61
Поливна норма, м <sup>3</sup> /га	60-600
Зрошувана площа в залежності від зони, га	140-170
Швидкість руху машини, м/хв.	0,2-2,0
Продуктивність за 1 год. роботи при $m = 600 \text{ м}^3/\text{га}$ , га	1,0
Коефіцієнт земельного використання	0,98
Середня довжина гону, м	1600-2000
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	0,25-0,35
Маса, кг	50000
Обслуговуючий персонал, чол.	1 на 4

Пуск насоса здійснюється вакуум-ежекторним апаратом. Канали для дощувальної машини «Кубань» бетонують монолітним бетоном. Канал будують з ухилом 0,0001 при поливі без перемички і до 0,01 при поливі з перемичкою.

### 6.3.5. Коротко-струминні дощувальні пристрої

*Двоконсольна дощувальна машина ДДА-100МА* (рис. 6.20) призначена для зрошення всіх сільськогосподарських культур, ягідників, садів і пасовищ у всіх зонах зрошуваного землеробства, де ґрунтові умови дозволяють проводити полив із підвищеною інтенсивністю дощу в русі на досить рівних ділянках, що допускають нарізку каналів з ухилом не більш 0,003.

Дощувальна машина складається з трактора Т150 зі спеціальною коробкою зміни передач, двоконсольної трикутної ферми з відкрilками і дощувальними насадками зі змінними пластмасовими соплами, насосної установки з усмоктувальною й напірною лініями, гідропідживлювача, гідросистеми керування й системи освітлення.

Консольний відцентровий насос 8ДО-14 подає воду витратою 130 л/с. Швидкість руху машини вперед від 205 до 1030 м/год., назад — 575 м/год. Тому середній шар дощу за один прохід може змінюватися від 9,5 до 3,7 мм. Для рівномірної подачі води на поле діаметр вихідного отвору сопла насадок змінюють: 12 мм на перших восьми панелях (вважаючи від трактора), 13 мм — на наступних 4 панелях, 14 на останній і 22 мм — кінцевій з витратою води 2,3 л/с, а на кінцевих — 5 л/с.



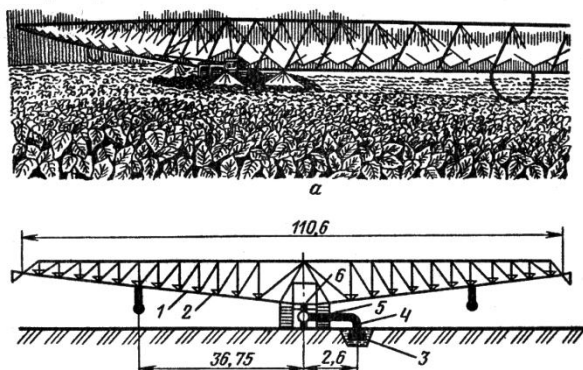


Рис. 6.20. Схема зрошувальної мережі для поливу дощувальною машиною ДДА-100МА:

*а – в роботі; внизу схема, розміри в м; 1 – форма; 2- короткоструйна дефлекторна насадка; 3 – всмоктуючий клапан; 4 – всмоктуюча лінія; 5 – консольний відцентровий насос; 6 – напірний патрубок;*

Для нормальної роботи машини тимчасові зрошувачі нарізують довжиною 400-1200 м прямолінійно через 120 м глибиною 0,75-0,9 м, шириною по дну 0,6 м і закладенням укосів 1:1 по попередньо спланованій трасі з ухилом 0,0005-0,003. Трасу планують шириною 5,5-6 м і не засівають її. Такий канал пропускає 130 л/с води й більше. Глибина води в каналі повинна бути не менш 35 см. На каналах з ухилами менше 0,001 поливи ведуть по б'єфах довжиною до 400 м. Технічні характеристики машин приведені в табл. 6.7

Таблиця 6.7. Технічна характеристика коротко-струминних поливних машин

Показники	ДДА-100М	ДДА-100МА
Витрата води, л/с	100	130
Напір води, м	25	37
Число апаратів, що працюють одночасно	52	54
Ширина захвату, м	120	120
Відстань між каналами, м	120	120
Висота трубопроводу над поверхнею землі, м	1,5	1,5
Продуктивність за зміну при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ , га	5,92	9,4
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	0,2	0,07-0,33
Маса, кг	4460	4240
Обслуговуючий персонал, чол.	2	2

Підпори води наприкінці б'єфа зрошувача створюють капроновими або брезентовими або перемичками щитами з листової сталі товщиною 1,5-2 мм. Застосовують також пересувні перемички, якими створюють підпір води в процесі руху машини. Для високопродуктивного використання ДДА-100МА необхідно нарізати канали тільки на спланованих трасах, дороги уздовж каналів добре вирівнювати, вчасно впускати воду в канал, організувати цілодобовий полив, не допускати заростання каналів бур'янами й надходження сміття разом із водою, скорочувати тривалі переїзди машин.

### 6.3.6. Синхронно-імпульсне дощування

**Імпульсне дощування** (рис. 6.22). Синхронне імпульсне дощування — один з нових, прогресивних технологічних напрямків у дощуванні для одержання максимального розосередження поливного струменя. Відмінна риса цього способу — подача води на зрошувану ділянку в повній відповідності з водоспоживанням сільськогосподарських культур протягом усієї вегетації. Це досягається за рахунок максимального розосередження поливного струменю на системі й значному радіусі дії дощувачів (30 м і більше) при невеликих витратах (до 0,1 л/с).

Імпульсні апарати працюють одночасно на всій площі в режимі безупинного чергування пауз нагромадження в гідропнево-акумуляторах і періодів виплеску води під дією стиснутого повітря (рис. 6.15). Для забезпечення подачі води, рівної водоспоживанню сільськогосподарських рослин, тривалість пауз нагромадження може бути в 50-200 разів більшою періодів виплеску води. Середня інтенсивність дощу при цьому складає 0,01-0,02 мм/хв.

Синхронне імпульсне дощування має ряд переваг, що забезпечують значний агрофізіологічний і організаційно-господарський ефекти, які полягають у забезпеченні тривалого спрямованого впливу штучного дощу на умови росту й розвитку рослини й зовнішнє середовище; створенні майже цілком контрольованих умов росту рослин, що виключають негативний вплив погодних факторів на їхній ріст і розвиток; підтримці вологості активного шару ґрунту й приземного повітря на оптимальному рівні без різких коливань, властивих звичайним періодичним поливам; зниженні капітальних витрат на будівництво мережі; виключенні водообігу, що спрощує

водокористування на системі, знижує витрати праці. Зрошувальна мережа складається з насосної станції, розподільних сталевих труб діаметром 50-80 мм і поливних поліетиленових імпульсних дощувачів, засобів керування й при необхідності підживлювача.

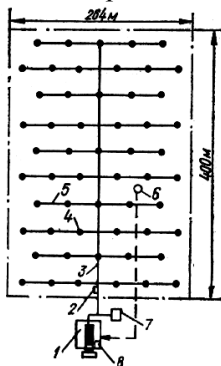


Рис. 6.22. Схема комплексу синхронного імпульсного дощування КСІД-10: 1 – насосна станція; 2 – контрольний гідроакумулятор; 3 – розподільчий трубопровід; 4 – імпульсний дощувальний апарат; 5 – поливний трубопровід; 6 – ґрунтовий датчик необхідності поливу; 7 – генератор командних сигналів; 8 – пульт управління.

#### 6.4. Аерозольне зволоження

При **аерозольному зрошенні** вода подається на поле періодично малими дозами у вигляді дуже малих часток і змочує листя й стебла рослин дрібно диспергованою водою (діаметр крапель не більш 500 мкм), що не скочується з листка на ґрунт, а випаровується, знижуючи при цьому температуру повітря й рослин. В жарку погоду це підвищує фотосинтез рослин. Наприклад, пшеницю поливають при температурі вище 23-24°C. Норма разового поливу 80-600 л/га. У жарку погоду поливають через 1-1,5 год.

Поливи можна здійснювати всіма обприскувачами для боротьби зі шкідниками й хворобами рослин, туманоутворюючими установками ТУУ-6, ТУУ-7 й ін. Установка складається з: генератора високошвидкісного потоку повітря, в якості якого використовується газотурбінні авіадвигуни, які відпрацювали свій ресурс, і соплового апарату з вододільним пристроєм. Довжина активного розподілу води змінюється від 70 до 150 м у залежності від швидкості й напрямку вітру. Витрата води складає 100-300 л/хв., але не більше

20-30 м<sup>3</sup>/год. на 1 га. Переміщення агрегату на нову позицію здійснюється трактором через 3-4 год. При повному розвороті сопла на 360° і середній довжині факелу 100 м з однієї позиції можна зволожити біля 4 га з витратою води біля 20 м<sup>3</sup>/га. Стационарні системи дрібнодисперсного дощування складаються з насосної станції, мережі трубопроводів і щогл висотою 9-25 м, на яких монтують шланги з розпилювачами форсунками.

## 6.5. Внутрішнє ґрунтове зрошення

*Підґрунтове зволоження - підведення води не з поверхні, а знизу закладеними у ґрунті трубами й зволоження активного шару за рахунок, головним чином, усмоктуючої сили ґрунту.*

Внутрішнє ґрунтове зрошення дає тільки капілярне зволоження верхніх шарів ґрунту; підтримує певну глибину зволоження; значно зменшує випаровування вологи з поверхні ґрунту; забезпечує безперервне водопостачання рослин; не стримує роботи сільськогосподарських машин (рис. 6.23).

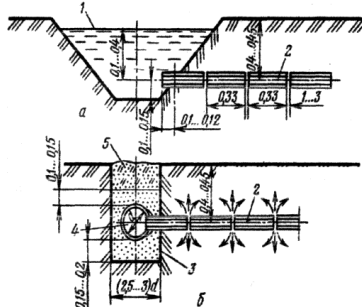


Рис. 6.23. Схема напівзакритої (а) і закритої (б) систем підґрунтового зрошення: 1,4 - відкритий і закритий зрошувачі; 2 - керамічні труби зволоження діаметром 5 - 7,5 см; 3,5-засипка піщана й місцевим ґрунтом. Розміри подано у м.

При внутрішньому ґрунтовому (підґрунтовому) зрошенні воду подають в активний шар ґрунту (усередину ґрунту) до коренів рослин зволожувачами, покладеними на глибину 35-60 см (нижче орного шару).

За способом подачі води внутрішні ґрунтові системи поділяють на вакуумні або адсорбційні з капілярним зволоженням (вода надходить до рослин завдяки усмоктувальним силам ґрунту), низьконапірні з

капілярно-гравітаційним зволоженням (вода розподіляється по мережі самопливом) і напірні з гравітаційно-капілярним зволоженням (вода подається в ґрунт при створенні штучного напору) (рис. 6.23).

Зволожувачі роблять із гончарних, поліетиленових, гладких і перфорованих труб. Найбільш поширені перфоровані зволожувачі, які закладають навісними безтраншейними укладачами на глибину 0,45-0,6 м із відстанню 1,25-1,5 м (не більше 2,0 м) один від одного, довжиною 50-200 м. Використовують поліетиленові зволожувачі діаметром 20-40 мм із товщиною стінок 1,5-2,0 мм. Питомі витрати води на зволожувачах 0,02-0,33 л/с, при напорі 0,2-0,5 м.

**Переваги цього виду зрошення:** можливість підтримувати вологість активного шару ґрунту на рівні капілярної вологості; структура орного шару ґрунту не руйнується поливами, не утворюється кірка, випаровування з поверхні ґрунту менше ніж при поливі дощуванням; полив автоматизований, і затрати праці при цьому незначні, нема перепон для механізації усіх сільськогосподарських робіт, так як відсутня тимчасова зрошувальна й поливна мережа; на полях менше бур'янів; можна використовувати стічні води і води ТЕЦ для поливу у теплицях.

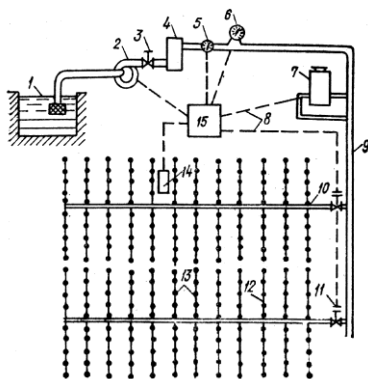
**Недоліки:** висока вартість будівництва системи; неможливість використовувати на легких, просядних, засолених ґрунтах; слабе зволоження верхнього шару ґрунту, що погіршує умови сходів і приживання розсади овочевих і інших культур; великі втрати води на фільтрацію в горизонти нижче активного шару ґрунту; необхідність освітлення зрошувальної води для запобігання замулювання зрошувальних труб.

## 6.6. Краплинне зрошення.

**Спосіб поливу шляхом подачі води невеликими порціями безпосередньо до кореневої системи рослин через отвори труб, прокладених у ґрунті, або в процесі випотівання через керамічні труби.** При краплинному зрошенні вода подається через крапельницю краплями в ґрунт і до коріння рослин.

Зрошувальна система складається із джерела води, головного водозбору, контрольно-розподільного блоку, який підтримує в мережі трубопроводів постійний напір. В цьому блоці вода проходить через фільтр і магістральним та розподільчими трубопроводами надходить на зрошувану площу в поливні

трубопроводи, які подають воду в ряди рослин через крапельниці або мікротрубки (рис. 6.24). Крапельниці призначені для зрошення садів, плодових і ягідних культур, а також виноградників.



*Рис. 6.24. Схема системи краплинного зрошення  
(Губін В.К., Гордєєв В.Б., 1985):*

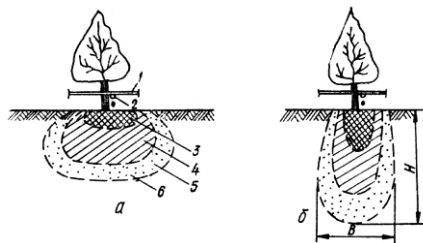
*1-водозабір; 2 - насосно-фільтруючий вузол; 3 - засувка; 4 - фільтр; 5 - водомір; 6-манометр; 7- пристрій для подачі добрив; 8 - канали зв'язку; 9, 10-магістральний, розподільчий трубопроводи; 11 - клапан для регулювання напору й витрат води; 12 - поливний трубопровід; 13 - крапельниця; 14 - вологомір ґрунту; 15 - пульт управління.*

**Переваги краплинного зрошення:** економія зрошувальної води, локальне зволоження ґрунту тільки в зоні кореневої системи рослини, непотрібне планування поверхні, є можливість подавати разом із водою мінеральні добрива, незначні енергозатрати, відпадає потреба в дренажі. Краплинне зрошення забезпечує економію води й збільшення врожаю (на 20-50%) у порівнянні з поливом дощуванням.

Зона зволоження визначається розмірами зволоженої плями на поверхні ґрунту й глибиною контуру зволоження, які залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту, передполивної вологості, тривалості поливу, інтенсивності випаровування (рис. 6.25).

**Недоліки:** високі матеріалоемність і вартість будівництва, небезпека закупорки й забруднення крапельниць і трубопроводів, необхідність ретельного очищення води і перебудови всієї системи при зміні культур на полі. Тому економічно доцільно застосовувати

краплинне зрошення для поливу високоприбуткових багаторічних насаджень на крутих схилах при дефіциті водних ресурсів.



*Рис. 6.25. Контури зволоження при краплинному зрошенні: а - на важких за механічним складом ґрунтах; б - на легких ґрунтах; 1 - трубопровід; 2 - крапельниця; 3 - перезволожений ґрунт; 4 - достатньо зволожений ґрунт; 5 - недостатньо зволожений ґрунт; Н - глибина контуру зволоження; в - ширина контуру зволоження*

## 6.7. Лиманне зрошення

**Лиманне зрошення – штучне одноразове (терміном від 3 до 5-10 діб) глибоке (на глибину до 2 і більше м) зволоження ґрунту.** Його здійснюють завдяки затриманню на полях стоку весняних талих вод земляними валами або дамбами. Тала вода, що збирається, усмоктується в ґрунт і використовується сільськогосподарськими рослинами в період їхнього розвитку. Після достатнього зволоження ґрунту лиману і відкладання мулистих часток, що знаходяться у воді, зайву воду скидають через влаштовані у дамбах водоспуски.

Лиманне зрошення ефективне у районах, де опадів не вистачає для розвитку рослин, а облаштування постійного зрошення неможливе через відсутність водних джерел. Воно збільшує врожайність кормових сільськогосподарських культур у 2-2,5 рази і природних трав у 2-4,5 рази.

При лиманному зрошенні все будівництво зводиться до насипання земляних валів бульдозерами і скреперами. **Його переваги:** простота й дешевизна у порівнянні з регулярним зрошенням, доступність джерела зрошення і можливість зрошувати підвищені, навіть вододільні площі. Затримання й використання талих вод для промочування ґрунту покращують сольовий режим ґрунтів, припиняють ерозійні процеси, зменшують ріст ярів. **Недоліки:** полив можливий тільки один раз весною – у період

проходження паводку, на площі лиману ґрунти зволожуються нерівномірно (нижня частина перезволожується, верхня - недозволожується), площа затоплення за роками має різке коливання, в залежності від об'єму паводкових вод.

*Лимани можуть бути одноярусними* (простими) і *ярусними*. За глибиною затоплення їх поділяють на *мілководні* (до 0,3 м) і *глибоководні* (більше 0,3 м). Площі, що відводяться під лиманне зрошення, мають мати невеликі похили – до 0,005. Найкращі умови створюються при ухилах до 0,001 – при невисоких земляних валах утворюються лимани з великою площею.

При лиманному зрошенні вологість ґрунту в кореневмісному шарі (1-1,5 м) підвищують до найменшої вологості.

Зрошувальна норма залежно від кліматичної зони розміщення лиману, характеру сільськогосподарського використання, водно-фізичних властивостей ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод і інших факторів становить 1500-4000 м<sup>3</sup>/га.

На ярусних лиманах біля підшви вала утримується мінімальний шар води – 6-10 см, біля нижнього – максимальний.

Ширина (м) лиманів 100-700 м. Довжину (вздовж горизонталей) з метою полегшення робіт з розподілу води, наповненню й спорожненню лиману приймають не більше 600 м. Дуже довгі лимани розподільчими валами ділять на сектори.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні способи зрошення сільськогосподарських культур за кількістю поливів, за розподілом на площі, за застосуванням поливної техніки. Чим вони відрізняються? Як вони впливають на ґрунти? 2. Які різновиди має поверхнєве зрошення? 3. Які вимоги висуваються до різних способів поливу? 4. Як класифікуються борозни і для яких культур вони застосовуються? 5. Які умови поливу сільськогосподарських культур напуском? Для яких культур способ застосовується? 6. Умови застосування поливу затопленням. Які його переваги й недоліки у порівнянні з іншими способами? 7. Як облаштовуються канали підвідної й скидної мережі рисових зрошувальних систем? 8. Що ви знаєте про дощувальні насадки, установки, машини? 9. Назвіть найбільш поширені види поливної техніки, їх особливості, умови застосування? 10. Які Ви знаєте системи дощування? Де і як вони застосовуються? 11. Що являють собою імпульсне й аерозольне дощування? 12. Які переваги й недоліки підґрунтового зволоження садів і виноградників?



## Розділ 7

### ЗРОШУВАЛЬНА СИСТЕМА І ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ

*Зрошувальна система – комплекс гідротехнічних споруд, що забезпечують зрошення певної земельної ділянки. Зрошувальні системи повинні забезпечувати й відповідати наступним еколого-економічним вимогам:* регулювання водного й повітряного режимів ґрунту відповідно до потреб вирощуваних культур; високу продуктивність праці на поливі, ощадливе використання поливної води, енергії й ресурсів; можливість широкої механізації й автоматизації сільськогосподарського виробництва; повне корисне використання земельної території; високу надійність і зручність експлуатації із застосуванням автоматизації й телекерування; мінімум приведених витрат на будівництво й експлуатацію системи; санітарно-гігієнічним вимогам до стану земель та поливних вод, якості вирощеної продукції.

#### 7.1. Типи й склад зрошувальних систем

*Призначення зрошувальної системи – подача води із джерела зрошення і рівномірний її розподіл на всій зрошуваній площі.*

*За характером водозабору зрошувальні системи підрозділяють на самотпливні (вода надходить у систему самотпливом) і з механічним водозабором (воду з джерела подають насосні станції). Їх виконують відкритими (у вигляді відкритих каналів або лотків), закритими (із напірних і безнапірних трубопроводів) й комбінованими (великі елементи відкриті, інші закриті).*

Зрошувальні системи бувають *міжгосподарськими* (на території декількох господарств) й *внутрішньогосподарськими* (у межах одного господарства).

*Регулярно діюча зрошувальна система включає* (рис. 7.1): 1) зрошувані землі; 2) джерело води (ріка, водоймище, озеро, свердловина); 3) головну водозабірну споруду (гребля, насосна станція, головний шлюз і ін.); 4) провідну зрошувальну мережу (канали, лотки, трубопроводи) для транспортування води до зрошуваного поля; 5) регулюючу мережу для розподілу води на зрошувані поля; 6) водоскидну й дренажну мережу; 7) дорожню, телефонну й електричну мережу, виробничі будівлі; 8) споруди на

зрошувальній, водоскидній, дренажній і дорожній мережі; 9) полезахисні лісові насадження.

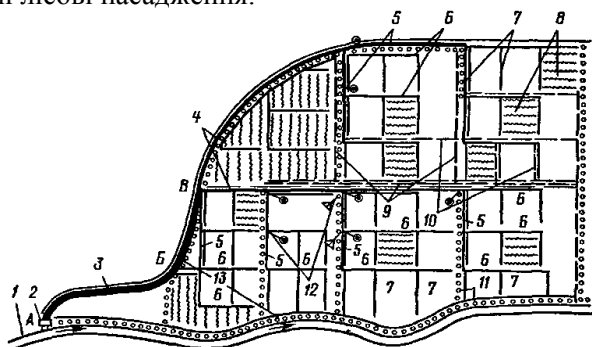


Рис. 7.1. Схема зрошувальної системи (Колпаков В.В., Сухарев І.П., 1981): 1 — джерело зрошення; 2 — головний водозабір; 3 — магістральний канал (А-Б — холоста частина; В — робоча частина); 4, 5, 6, 7 — розподільники відповідно міжгосподарські, господарські, сівозмінних ділянок, дільничні, 8 — тимчасові зрошувачі; 9 — міжгосподарська й внутрішньогосподарська водоскидна мережа, 10 — польові й господарські дороги, 11 — лісозахисні смуги; 12 — споруди на зрошувальній і дорожній мережі; 13 — допоміжні пристрої.

**Зрошувальна система серед складових елементів має комплекс гідротехнічних споруд.** З їх допомогою акумулюють і подають воду в зрошувальну мережу, забезпечують заданий експлуатаційний режим водорозподілу, відводять зайву воду. Конструкція гідротехнічних споруд залежить від їх функціонального призначення, природних умов району будівництва, способу будівництва, наявності місцевих будівельних матеріалів і бази будіндустрії.

**До джерела зрошення висуваються наступні вимоги:** кількість води в джерелі має бути достатньою для поливу сільськогосподарських культур протягом усього вегетаційного періоду; якість зрошувальної води має відповідати вимогам рослин і державному стандарту України на поливну воду.

**За функціональним призначенням меліоративні гідротехнічні споруди бувають:** **водопідіймальні** (греблі, запруды, дамби, перегороджувані споруди); **водозабірні** (водозабори, водосховища); **водоводи** (канали, дрени, трубопроводи, акведуки, дюкери, тунелі); **водопропускні** (водоскиди, водоспуски, зливоспуски); **спряжені** (швидкоходи, перепади, консолі); **регулюючі** (регулятори, затвори,

вodomіри); **захисні** (протиерозійні, тераси, водозатримні вали й ін.; протисельові споруди, відстійники, піско- і гравій-уловлювачі; дамби обвалування й огороження, виправні й берегоукріплювальні споруди; рибоходи, рибопідйомники, льодозахисні споруди, сміттєзбиральні решітки); **спеціальні** (насосні станції, суднохідні шлюзи, ГЕС, лісосплавні, переїзди, службові містки).

**За умовами використання гідротехнічні споруди діляться на постійні й тимчасові.** Постійні споруди використовуються при постійній експлуатації об'єкта, а тимчасові — лише в період його будівництва або ремонту.

**Постійні гідротехнічні споруди поділяються на основні й другорядні.** До основних відносяться гідротехнічні споруди, ремонт або аварія яких призводить до повної зупинки роботи об'єкта або суттєво знижує ефект його дії (греблі, водоскиди, канали, тунелі, будівлі гідроелектростанцій, регулятори, насосні станції, водоприймачі), а до **другорядних** — гідротехнічні споруди і їх окремі частини, припинення роботи яких не веде до важких наслідків (берегоукріплювальні споруди, ремонтні затвори, службові містки, які не несуть навантаження від підйомних механізмів, льодозахисті пристрої).

**За капітальністю всі постійні гідротехнічні споруди діляться на чотири класи** (з I по IV), а тимчасові відносяться до V класу. Клас капітальності постійних гідротехнічних споруд встановлюється згідно нормативів у залежності від їх, народногосподарського значення з врахуванням наслідків їх, аварій або порушень експлуатації. Для водопідйомних споруд клас капітальності визначається за таблицею 7.1 у залежності від висоти й типу основи, а за таблицею 7.2 — від наслідків порушення експлуатації, при цьому клас основних споруд приймається більшим із визначених за таблицями.

Якщо аварія тимчасової споруди може викликати катастрофічні наслідки або призвести до суттєвої затримки зведення основних споруд об'єктів I, II і III класів, то при відповідному обґрунтуванні допускається підвищувати клас його капітальності до IV.

**Гідротехнічні споруди розрізняються також за основним матеріалом, який використовується для будівництва** (земляні, кам'яні, бетонні, сталеві, дерев'яні та інші), за способом зведення (насипні, наливні, побудовані методом направленої вибуху, монолітні, збірні та інші).

Таблиця 7.1. Клас основних постійних гідротехнічних споруд в залежності від їх висоти й типу ґрунтів основи (СНіП 2.06.01-86)

Водонапірні споруди	Ґрунти основи	Висота споруди, м, для її класу за капітальністю			
		I	II	III	IV
Греблі з ґрунтових матеріалів	Скельні	100	70-100	25-70	< 25
	Піщані, крупно уламкові, глинисті у твердому й напівтвердому стані	75	35-75	15-35	< 15
	Глинисті водонасичені в пластичному стані	50	25-50	15-25	< 15
Греблі, бетонні й залізобетонні, підводні конструкції будівель гідроелектростанцій, судноплавні шлюзи, суднопідйомні споруди, підпірні стінки та інші бетонні й залізобетонні споруди, які беруть участь у створенні напірного фронту	Скельні	100	60-100	25-60	< 25
	Піщані, крупно уламкові, глинисті у твердому й напівтвердому стані	50	25-50	10-25	< 10
	Глинисті водонасичені в пластичному стані	25	20-25	10-20	< 10

Таблиця 7.2. Клас основних постійних гідротехнічних споруд у залежності від наслідків порушення їх експлуатації

Об'єкти гідротехнічного будівництва		Клас
1. Гідротехнічні споруди гідравлічних, гідроакмуляційних і теплових електростанцій потужністю, млн. кВт:	1,5 і більше	I
	менше 1,5	II-IV
2. Гідротехнічні споруди атомних електростанцій		I
3. Гідротехнічні споруди і судноплавні канали на внутрішніх водних шляхах (крім споруд річкових портів):	надмагістральних	II
	магістральних і місцевого призначення	III
4. Гідротехнічні споруди меліоративних систем при площі зрошення й осушення, що обслуговується, тис. га:	понад 300	I
	понад 100 до 300	II
	понад 50 до 100	III
	50 і менше	IV
5. Підпірні споруди водосховищ меліоративного призначення при об'ємі, млн. м <sup>3</sup> :	понад 1000	I
	понад 200 до 1000	II
	понад 50 до 200	III
	50 і менше	IV

Гідротехнічні споруди на відміну від інших інженерних споруд працюють у постійному контакті з водою, що рухається або знаходиться в стані спокою, і яка чинить на них механічну, фізико-хімічну й біологічну дію. Найбільш поширеними такими спорудами є греблі. **Гребля – гідротехнічна споруда, що перегороджує річку або інший водний водотік, створюючи напір води.**

**Механічна дія води** проявляється у вигляді статичних і механічних навантажень, які значною мірою визначають форму й розміри споруди, і в першу чергу, повинні враховуватися при будівництві підпірних гідротехнічних споруд, які після заповнення водосховища опиняються під напором і зазнають тиску води. Так, гідростатичний тиск, що діє в горизонтальному напрямку зі сторони верхнього б'єфа, намагається зсунути або перекинути споруду (рис. 7.2).

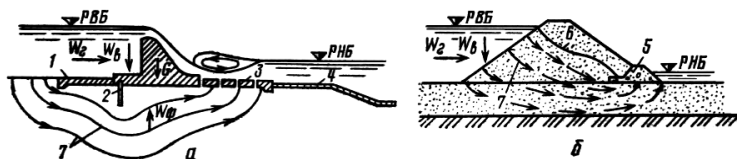


Рис. 7.2. Схема дії води на бетонну (а) і ґрунтову (б) греблі і їх основу:  
1 - понур; 2 - шпунт; 3 - водобій; 4 - рисберма; 5 - дренажна призма;  
6 - депресійна крива; 7 - лінії току фільтруючої води.

**Заповнення водосховищ призводить до зміни природного режиму руслового потоку й ґрунтових вод як у верхньому, так і нижньому б'єфах**, що безпосередньо впливає на роботу водопідіймальних споруд. Швидкість течії у водосховищі внаслідок збільшення глибини значно зменшується у порівнянні з природними умовами, однак на підході до водоскидних споруд вона збільшується й може викликати розмиви дна у верхньому б'єфі (така небезпека виникає, наприклад, при пропусканні води крізь донні отвори), що потребує в необхідних випадках улаштування перед спорудою кріплення. При проходженні потоку великими швидкостями (20-30 м/с і більше) через водозлив виникають динамічні навантаження на споруду, а в нижньому б'єфі енергія потоку може викликати розмиви ґрунтів основи, які досить небезпечні для споруди, тому в таких випадках необхідні відповідні захисні заходи (наприклад, улаштування водобоя, рисберми). Динамічні навантаження на гідротехнічні споруди виникають також при ударах хвиль, при русі

фільтраційного потоку в основі й тілі споруди, при дії сейсмічних сил під час землетрусу, які крім безпосередньої дії на споруду викликають додаткові інерційні сили в прилеглих до неї масах води, а в спорудах із ґрунту, насиченого водою, зумовлюють появу динамічного порового тиску.

При фільтрації води в основі споруди виникає так званий **протитиск** — **фільтраційний тиск направлений знизу вверху, який зменшує опір споруди зсуву**, що залежить від ваги самої споруди. Фільтраційний потік може викликати в ґрунтах основи різноманітні види фільтраційних деформацій, механічну й хімічну суфозію, випирання ґрунту при виході фільтраційного потоку в нижній б'єф, контактний розмив. Великий вплив чинить фільтраційний потік на роботу земляних гребель, значна частина яких знаходиться в зоні його дії. Пошкодження таких споруд, які спостерігаються на практиці, часто пов'язані з фільтрацією води. Наприклад, **фільтраційні сили поруч із силами тяжіння можуть викликати обвал укосів гребель, можливі різні види фільтраційних деформацій таких споруд**.

**Фізико-хімічна дія води** викликає корозію металевих елементів, кавітацію, яка може виникати в зонах, де потік обтікає споруду з великими швидкостями й утворюється значний вакуум, хімічну суфозію в ґрунтах основи, які містять легкорозчинні речовини (кам'яну сіль, гіпс).

**Біологічна дія води пов'язана** з життєдіяльністю різних організмів, що в ній живуть. В результаті може відбуватися заростання трубопроводів, гниття дерев'яних споруд.

**Будівництво гідротехнічних споруд**, особливо великих гідровузлів і гідросистем, суттєво впливає не тільки на економіку цілих районів, але й на природні умови навколишніх територій. Поява великих водосховищ із величезними запасами води, розповсюдження підпору від великих гідровузлів на десятки кілометрів уверх за течією, зрошення безводних земель і осушення боліт перетворює рослинний і тваринний світ району, змінюючи в зонах великих водосховищ у певній мірі навіть клімат.

**Аварії гідротехнічних споруд різного типу були викликані наступними причинами:** 1) переливом води через гребінь, 2) зосередженою фільтрацією крізь тіло споруди або основу, 3) хімічною суфозією, 4) деформаціями й сповзанням укосів земляних гребель, 5) сейсмічними та хвильовими діями. Руйнування внаслідок

указаних причин стало можливим через недостатнє вивчення інженерно-геологічних умов в створах споруд, що проектуються, й районах водосховищ, неправильного врахування всіх факторів, які впливають на роботу споруди, низької якості виконання робіт.

## 7.2. Водозабірні споруди

**Гідровузли й гідросистеми.** *Гідровузлом називається група гідротехнічних споруд, об'єднаних умовами сумісної роботи та розташуванням.* Як і споруди, гідровузли класифікуються за рядом ознак.

*За місцем розташування розрізняють гідровузли:* річкові, на каналах морські, озерні й ставкові, *за основним призначенням - енергетичні, водотранспортні, водозабірні* (для зрошення, водопостачання), *регулюючі* (для перерозподілу стоку річок, для боротьби з повеннями), а також *рекреаційні* (для відпочинку населення).

Як правило, *гідровузли є комплексними* й одночасно вирішують декілька проблем. Так, наприклад, створені водосховища Дніпровського гідровузла (м. Запоріжжя) призвело до затоплення дніпровських порогів і у верхній течії р. Дніпра стало можливим судноплавство. У складі гідровузла працюють, ГЕС загальною потужністю понад 1,5 млн. кВт, а водою з водосховища зрошуються тисячі гектарів родючої землі.

Гідровузли можуть бути *безнапірними* (наприклад, морські або річкові гавані) *напірні* (*низьконапірні* — із напором до 10 м, *середньонапірні* — з напором 10-50 *високонапірні* — з напором понад 50 м). *Низьконапірні* гідровузли будуються на рівнинних річках вони призначені для водозабору або для транспорту. *Середньо- й високонапірні гідровузли* найчастіше виконують енергетичні, іригаційні й транспортні функції.

*Гідротехнічний комплекс або гідросистема — це комплекс гідротехнічних споруд, які можуть бути розташовані на значній відстані одна від одної, але виконують спільні водогосподарські завдання.* Подібно до гідровузлів *гідросистеми можуть бути комплексними й спеціалізованими.* В нашій країні функціонує велика кількість гідросистем різноманітного призначення *гідроенергетичного* (Київська ГЕС-ГАЕС), *гідромеліоративного*

(системи, пов'язані з Північнокримським каналом), для **водопостачання** (система водопостачання Дніпро-Донбас, Дніпро-Кривий Ріг, Дністер-Одеса) та інші.

**Водозабірні гідровузли зрошувальних систем** розміщуються в голові системи, й повинні: забезпечувати безперебійну подачу води відповідно до плану водокористування на системі незалежно від коливань рівнів води у джерелі води; охороняти магістральний канал від попадання в нього донних наносів, льоду, шуги, плаваючих предметів; безперешкодно пропускати паводкові й зливові витрати води; припиняти надходження води у водоводи у випадках, передбачених правилами експлуатації, а також при технічному огляді; бути міцними, довговічними, надійними й безпечними в експлуатації; мати необхідні водомірні пристрої для обліку кількості води що забирається в систему; забезпечувати рибо- й природоохоронні заходи.

**Водозабірні споруди підрозділяють на самотливі** (забезпечують подачу води самотливом) і **механічні** (вода з джерела зрошення до зрошуваної площі подається насосами).

**Самотливі водозабори** можуть бути безгребельними й гребельними. Безгребельні водозабори споруджують у тому випадку, якщо самотлива подача води в систему можлива при природних рівнях і витратах у річці без їхнього регулювання; гребельні — коли природні рівні або витрати води в річці не дозволяють подавати воду в систему самотливом і самотливою подачею води забезпечує водопідйомна гребля.

Найбільш поширені **гребельні водозабори**, оскільки можливості зрошення без регулювання річкового стоку в більшості районів розвиненого зрошення практично вичерпані. Тип і конструкцію водозабору приймають з урахуванням багатьох факторів: топографічних і геологічних умов, гідрологічного режиму річки, кількості наносів і ін.

**Для запобігання замулення каналів зрошувальної системи водозабори обладнують відстійниками.** Відстійник виконують у вигляді басейну з великою площею поперечного перерізу, довжиною від кількох сотень метрів до 5-7 км. Їх основне призначення — не допустити попадання крупних часток, що замулюють канали; забезпечити пропуск на поля мулистих фракцій, що підвищують родючість ґрунту. Завдяки малій швидкості току води в ньому наноси осаджуються, потім їх видаляють із відстійника. У



відстійниках осаджується біля третини наносів, що поступають із річки, в основному, піщаних фракцій більших 0,05 мм. У внутрішніх системних відстійниках і на зрошувальній мережі відкладається до 50 % наносів, що надходять із річки. Інші 15-30 % (це частки дрібніші 0,015 мм) – виносяться на поля.

У нашій країні поширені **меліоративні гідровузли на водосховищах** (так, наприклад, на Каховському – Каховської зрошувальної системи, Північнокримського каналу, Північно-Рогачикської зрошувальної системи, Криворізької зрошувальної системи, Верхньо-Тарасівської зрошувальної системи й ін.). Їх основне призначення забезпечення сезоннорічного або багаторічного регулювання річкового стоку, тобто його перерозподілу у часі для потреб водоспоживачів і водокористувачів за допомогою водосховищ.

**Водосховище** – *штучна водойма, що утворилася при спорудженні водопідйомної греблі у долині річки для нагромадження запасів води й регулювання стоку*. У загальному випадку розрізняють характерні рівні води у верхньому (підпертому) б'єфі греблі – водосховищі (рис. 7.3): **рівень мертвого об'єму** (РМО), **нормальний підпірний рівень** (НПР), **форсований підпірний рівень** (ФПР), що, як правило, піднімається над нормальним підпірним рівнем на висоту, *а*, названу висотою форсування рівня води у верхньому б'єфі.

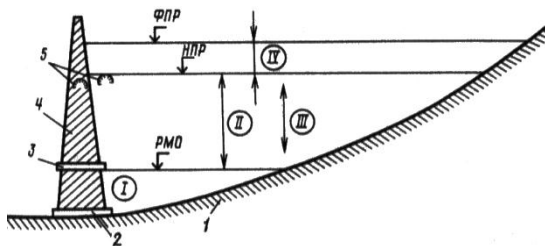


Рис. 7. 3. Характерні рівні води у верхньому б'єфі греблі:

1 – дно тальвегу; 2 – водоспуск; 3 – водозабір; 4 – гребля; 5 – водозливний оголовок автоматичного водоскиду (у тілі греблі або поза нею); I-IV – об'єми; I - мертвий; II – робочий; III – корисний; IV – резервний; I+II – повний.

**Мертвий об'єм** є запасною ємністю, розрахованою на поступове заповнення наносами внаслідок замулення водоймища, а також на інші потреби: зимівлю риби, забезпечення нормальних

санітарних умов, пожежогасіння й ін. У залежності від мертвого об'єму встановлюється оцінка РМО. Мертвий об'єм не повинен перевищувати  $\frac{1}{4}$  повного об'єму водосховища. У рибогосподарських ставках мертвого об'єму може й не бути.

Найвищий проектний рівень верхнього б'єфа, який можна підтримувати при нормальних умовах експлуатації гідротехнічних споруд, називають **нормальним підпертим рівнем**. При призначенні НПР виходять із необхідності забезпечення можливо більшої ємності водосховища, але при цьому враховують неможливість затоплення й підтоплення (тобто підвищення рівня ґрунтових вод) жилих і інших приміщень, споруд, об'єктів, сільськогосподарських угідь, утворення широкої зони мілководдя глибиною до 1-1,5 м.

**Корисний об'єм** — це обсяг водоймища, що використовується для різних господарських (тобто корисних) цілей: подачі води на зрошення, збільшення в маловодний період витрат і рівнів води в нижньому б'єфі, акумуляції паводків для боротьби з повенями і т.п.

**Необхідний корисний об'єм** і оцінка НПР, що визначає цей об'єм, установлюються з обліком різних економічних і господарських міркувань.

**Резервний об'єм**, що розташовується між НПР й ФПР, цілком визначається (при заданій оцінці НПР) оцінкою ФПР. Форсований підпірний рівень є такий рівень, при якому через цілком відкриті водоскидні отвори греблі (і наявні берегові водоскиди) проходить максимальна розрахункова витрата води.

Значення ФПР встановлюється техніко-економічним розрахунком, що враховує збиток від тимчасового затоплення земель у верхньому б'єфі за період, коли рівень знаходиться вище НПР, і вартість тієї або іншої конструкції водопропускних споруд греблі, що забезпечують проходження максимальної розрахункової витрати води. Річний шар випаровування з поверхні водосховища складає 0,5-1,0 м у залежності від місцевих кліматичних умов, а шар утрат на фільтрацію — 0,5-1,5 м.

За **характером регулювання стоку** водосховища бувають **річного** (сезонного, місячного, недільного, добового циклу наповнення й спрацювання робочого об'єму), й **багаторічного** регулювання (із циклом наповнення й спрацювання більше одного року), а також резервні, які використовуються як запасне джерело при перебоях водопостачання з основного регулюючого джерела.

За об'ємом наповнення виділяють **ставки** (повний об'єм менше

1 млн. м<sup>3</sup>, площа дзеркала води при НПР менше 1 км<sup>2</sup>), **мале водосховище** (повний об'єм 1-10 млн. м<sup>3</sup>, площа дзеркала води при НПР 1-2 км<sup>2</sup>) і **велике водосховище** (усі параметри вищі ніж для малого водосховища).

**Ставки й малі внутрішньогосподарські водосховища** відіграють велику роль у сільському господарстві. Їх використовують не тільки для зрошення, але й для розведення водоплавної птиці й риби. Ставки відіграють значну протиерозійну роль, тому що підвищують місцевий базис ерозії й знижують ерозійну міць руслового стоку. Крім того, вони є місцем купання й відпочинку.

**Гребля** – основний тип водопідйомних споруд, які перегороджують водотік і його долину для підняття рівня води.

**Греблі прийнято класифікувати за декількома ознаками.**

**За метою устрою.** Розрізняють дві основні мети устрою греблі:

а) підняття рівня води в річці на деяку висоту й регулювання цього рівня, що досягається будівництвом водопідйомальної греблі. Улаштування такої греблі буває необхідно для створення напору на ГЕС, поліпшення умов відбору води з річки в різні водоприймачі (наприклад, для подачі на зрошення), задоволення вимог судноплавства (шляхом збільшення глибин і зменшення швидкостей течії), забезпечення необхідного санітарного режиму й т.п.;

б) створення сховища води, що досягається будівництвом греблі й водосховища. Облаштування таких гребель має на меті одержати водойми, необхідної, наприклад, для рибного господарства, будівництва річкового порту й т.п.

У багатьох випадках ту саму греблю влаштовують і для підняття рівнів води в річці, й для утворення водоймища. Така гребля буде й водопідйомною, й водосховищною.

**За можливістю пропуску води.** У залежності від пропуску води через створ греблі розрізняють:

а) глухі греблі, безпосередньо через які вода не пропускається; у цьому випадку при необхідності подачі води в нижній б'єф її пропуск здійснюється через так названі берегові водопропускні споруди або водопропускні споруди, улаштовані в тілі греблі (або її основі), що мають дуже малу ширину (порівняно з довжиною греблі);

б) водоскидні греблі, через які відносно широким фронтом здійснюється скидання води в нижній б'єф.

Дуже часто до складу річкового гідровузла входить водоскидна гребля, що сполучається з берегами за допомогою однієї або двох глухих гребель.

**За основним матеріалом греблі поділені на типи:**

а) із ґрунтових будівельних матеріалів будують: земляні греблі, основним матеріалом яких є земля, тобто піщано-глинистий, піщаний і тому подібні ґрунти (рис. 7.4); греблі з кам'яного накиду й із сухої кам'яної кладки, в основному виконані з каменю без застосування в'язких засобів (рис. 7.5, б); кам'яно-земляні греблі, у яких застосована земля й кам'яний накид; кам'яні греблі, виконані з кам'яної (бутової) кладки на розчині, широко розповсюджені в минулому; у даний час не будуються через неможливість комплексної механізації процесу кладки;

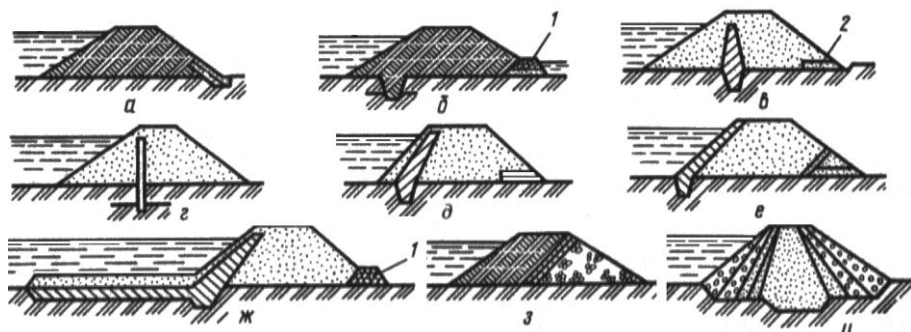


Рис. 7.4. Типи ґрунтових гребель (Ерхов М.С., Ільїн М.І, Місєнев В.С., 1991): а – з однорідного ґрунту; б – із замком; в – із ядром і зубом; г – із жорсткою діафрагмою; д – з екраном і зубом із ґрунтових матеріалів; е – те ж, із не ґрунтових матеріалів (асфальтобетон й ін.); ж – з екраном й понуrom; з – кам'яно-ґрунтова двошарова; и – із неоднорідного ґрунту (збудована гідронамивом); 1 – дренажна призма; 2 – плоский (горизонтальний) дренаж.

б) бетонні греблі (рис. 7.5, а);

в) залізобетонні греблі, у яких в основному застосований залізобетон, хоч є і бетонні елементи (рис. 7.5, в, г);

г) дерев'яні греблі, що мають, кам'яне або земляне завантаження;

д) греблі з інших матеріалів (сталі, синтетичної плівки й т.д.) й комбіновані з різних матеріалів (рис. 7.4, з).

**За висотою створюваного напору** виділять низьконапірні греблі – менше 25 м, середньо напірні — від 25 до 75 м і високо

напірні — більше 75 м.

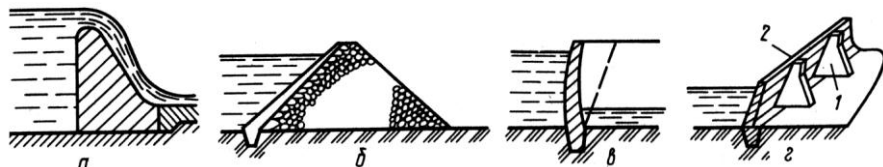


Рис. 7.5. Схеми гребель із не ґрунтових матеріалів (Ерхов М.С., Ільїн М.І, Місенев В.С.): а – гравітаційна (бетонна) водозливна; б – кам'яна; в – арокна (залізобетонна); г – контрфорсна (залізобетонна); 1 – контрфорси; 2 - плити.

**За характером основи** розрізняють греблі, побудовані на м'яких ґрунтах (проникних, нескельних) і на скельних.

**Будівництво бетонних** (часто на скельних основах) і залізобетонних (на не скельних), а також контрфорсних гребель дозволяє прискорити будівництво, спростити скидання води й знизити будівельні витрати. Такі греблі більш надійні в експлуатації у порівнянні з іншими видами, але на їх спорудження потрібна велика кількість цементу й бетону.

**Арокні греблі** будують тільки на скельних основах у гірській місцевості; вони економічні, надійні в експлуатації, однак складні при будівництві.

**Водоскиди – гідротехнічні споруди для пропуску води, яка скидається з верхнього б'єфа для недопущення його переповнення.** Водоскиди можуть суміщати роботу водоспуску (регулювання подачі води з верхнього б'єфа в канал, трубопровід, русло річки). У режимі водоскиду й водовідводу можуть працювати водоспуски, які призначені для повного або часткового (передзливого, аварійного) спорожнення водосховища.

**Водопрпускні споруди класифікують за такими ознаками:**

- 1) за розташуванням вхідних отворів – поверхневі й глибинні. Якщо вони розміщені біля основи споруди, то їх називають донними (донні водоспуски);
- 2) за розташуванням відносно русла річки – руслові, берегові або заплавні;
- 3) за конструктивними особливостями поперечного перерізу – відкриті (із незамкненим поперечним перерізом), закриті,

комбіновані, які мають транзитну частину, частково відкриті й частково закриті;

4) за умовами руху потоку в межах споруди – напірні, безнапірні, із змішаним гідравлічним режимом;

5) за умовами керування – регульовані (із затворами) й нерегульовані (автоматичні). При автоматичному водоскиді гребінь водозливного порога розташовується на відмітці НПР.

Тип і конструкція водоскидних споруд вибирається на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням топографічних та інженерно-геологічних умов у створі гідровузла; водогосподарських показників об'єкта; типу греблі і розрахункового напору; умов проходження будівельних витрат, економічних міркувань.

**Відкриті берегові водоскиди** розташовуються на берегах і схилах річкової долини в обхід греблі. Шлях руху скидної витрати, який обладнаний спорудами називається **водоскидним трактом**. Вибір траси водоскидного тракту проводиться на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням особливостей рельєфу і геологічної будови берегів. Як правило на криволінійних ділянках траси рекомендується розташовувати канали, а інші споруди – на прямолінійних. Радіус закруглення осі каналу  $R_{\min}$  має бути не меншим 5 вк; де: вк – ширина каналу низом.

**Для середніх і великих водосховищ водоскидний тракт розташовується, як правило, біля безпосереднього примикання одного з плеча греблі до берега.** Для такого водоскиду найбільш підходять пологі береги і широкі тераси. **Водоскид складається з п'яти частин:** підвідного каналу, регулюючої споруди, з'єднувального каналу, спряженої споруди, відвідного каналу.

**Підвідний канал** має значний поперечний переріз, що дає можливість пропустити витрати навіть при незначних швидкостях потоку. Канал проектується, частіше, трапецеїдального поперечного перерізу, а в плані – має розширення вверх проти течії. Проектується канал із горизонтальним дном або зі зворотним ухилом.

**Регулююча споруда** розташовується нормально до осі водоскидного тракту й влаштовується на прямолінійній його ділянці. Міст, дороги необхідно розташовувати в межах споруди.

**З'єднувальний канал** розраховується на пропуск витрати води при середній швидкості потоку, яка дорівнює максимально допустимій для ґрунтів ложа каналу. Визначення гідравлічних

характеристик каналу проводиться за залежностями для рівномірного руху рідини. Якщо швидкість потоку в каналі буде перевищувати максимально допустиму (нормативну), то кріплення необхідно влаштовувати на всій його довжині.

**Відвідний канал** прокладається від спряженої споруди до найнижчої відмітки русла водотоку. Якщо спряжена споруда на водоскидному тракті закінчується консольним переходом, то відвідний канал може бути відсутнім.

**Насосні станції** споруджують при водозаборі з поверхневих і підземних джерел. **Насосна станція** (рис. 7.6) – комплекс гідротехнічних споруд і обладнання, що забезпечує водозабір із джерела зрошення або водопостачання, із осушувального каналу, а також підйом води в акумулятивну ємність або в машинний водовід.

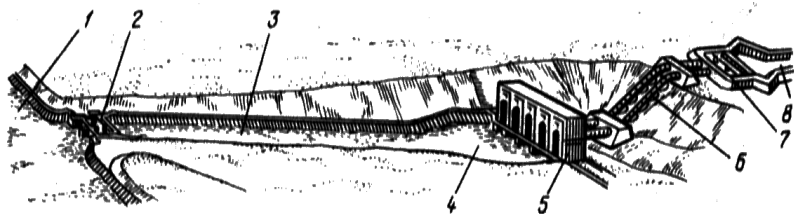


Рис 7.6. Стаціонарна насосна станція:

- 1 — джерело води, 2 — шлюз регулятор, 3 — канал, що підводить воду, 4 - аванкамера, 5 - будівля насосної станції, 6 - напірний трубопровід, 7 — водоспуск у напірний басейн, 8 - машинний канал

За функціональним призначенням насосні станції є **зрошувальними** (для підйому води в зрошувальні канали, осушувально-зрошувальні системи), **осушувальними** (для відводу води з осушуваних площ), **підкачувальними** (для подачі води у закриті зрошувальні системи), **водопровідними** і **каналізаційними**.

За подачею води розрізняють насосні станції **малої подачі** (до 1 м<sup>3</sup>/с), **середньої** (1-10), **великої** (10-100) й **унікальні** (більше 100 м<sup>3</sup>/с).

За джерелом енергії насосні станції розділяють на **електрифіковані й теплові** (із приводом від двигуна внутрішнього згорання), а також **навісні** (тракторні) і з **вітровими двигунами**.

За конструкцією насосні станції можуть бути **стаціонарними** (рис. 7.6), **плавучими**, **пересувними** й **фунікулерними**.

**Плавучі насосні станції** застосовують у тих випадках, коли будівництво стаціонарних важко технічно здійснити або економічно

недоцільно: при великих коливаннях рівнів води (більше 5 м) у джерелі води, хитких берегах, підданих розмиву, й ін.

Для зрошення невеликих ділянок використовують **пересувні насосні станції**, змонтовані на рамах і причепах, що мають колеса або полози.

**Стаціонарні насосні станції** обладнують відцентровими й осьовими насосами (рис. 7.7, 7.8). **Відцентрові насоси класифікують** за наступними ознаками: **за числом ступенів** – **одноступінчасті** (з одним робочим колесом) й **багатоступінчасті**; **за створюваним напором** – **низьконапірні** (до 25 м), **середньонапірні** (25-60 м), й **виськонапірні** (більше 60 м); **за способом подачі води в колесо** – **з одностороннім** (рис. 7.8) і **двостороннім** входом води; за **розміщенням вала** – **горизонтальні** (рис. 7.8, а) й **вертикальні** (рис. 7.8, б). При консольному розміщенні колеса на валу насоси називають консольними (рис. 7.8, а).

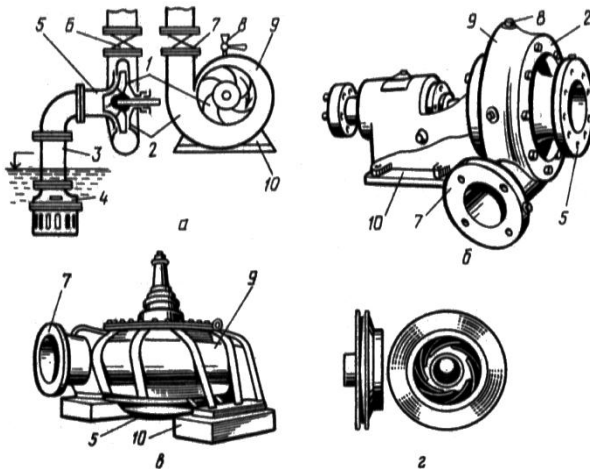


Рис. 7.7. Відцентрові насоси (Ерхов М.С., Льїн М.І, Місєнев В.С., 1991): а – схема, що пояснює принцип дії; б, в – зовнішній вигляд; з – робоче колесо; 1 – лопать робочого колеса; 2 – корпус; 3 – всмоктуючий трубопровід; 4 – приймальний клапан з сіткою; 5 – кришка корпусу з всмоктуючим патрубком; 6 – засувка; 7 – напірний патрубок; 8 – пробка отвору для заповнення корпусу насоса водою; 9 – равлик; 10 – опора.

**Осьові насоси** (рис. 7.8) ділять на одно- й багатоступінчасті; **за розміщенням вала** – на горизонтальні й вертикальні; **за створюваним напором** (до 20-25 м) їх відносять до низьконапірних.



Для приводу насосів у дію використовують електричні двигуни, рідше — внутрішнього згоряння.

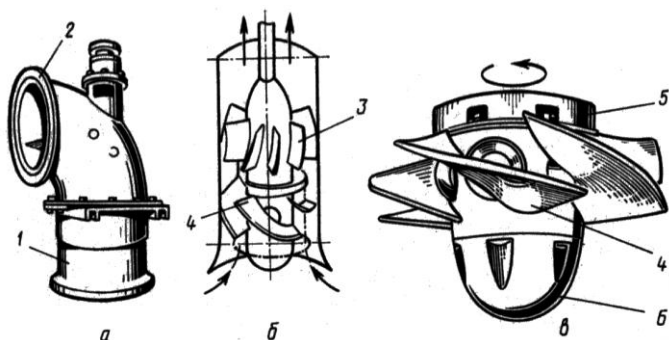


Рис. 7.8. Осьовий насос (Ерхов М.С., Ільїн М.І, Місєнев В.С., 1991): а – зовнішній вигляд; б – схема; в – робоче колесо; 1 – всмоктуючий патрубок; 2 – напірний патрубок; 3 – апарат, що напрямляє струмінь води; 4 – лопать робочого колеса; 5 втулка; 6 – обтічник на вході.

Для підняття води зі свердловин використовують одно- або багатоступінчасті відцентрові насоси типу ЕВВ (Е – електричні, В – відцентрові, В – водні, тобто для подання води, рис. 7.9, а), А (А – артезіанський, рис. 7.9 б) і ВТВ (В – відцентровий, Т – з трансмісійним валом, В – водний). У насосів типу ЕВВ насос і двигун являються єдиним багатоблоковим агрегатом, що опускається під рівень води у свердловину. Електроенергію до заглибленого електродвигуна підводять через гнучкий кабель. У насосах типу ВТВ двигун встановлений над свердловиною, а потужність від нього передається через вертикальний трансмісійний вал, що має декілька опорних підшипників.

При дощуванні подача води насосною станцією рівна сумі витрат одночасно працюючих на даній площі дощувальних машин із врахуванням втрат води на шляху від станції до машини.

**Механічні водозабори** дозволяють зрошувати землі, розташовані значно вище джерела води. Насосну станцію, що забирає воду з джерела зрошення, називають головною або 1-го підйому. При великій висоті підйому, крім головної, споруджують декілька послідовно розташованих насосних станцій (2-го, 3-го підйому й т.д.). Їх називають перекачувальними. **Підкачувальні насосні станції** забирають воду з відкритих каналів і подають у закриту мережу до дощувальних машин.

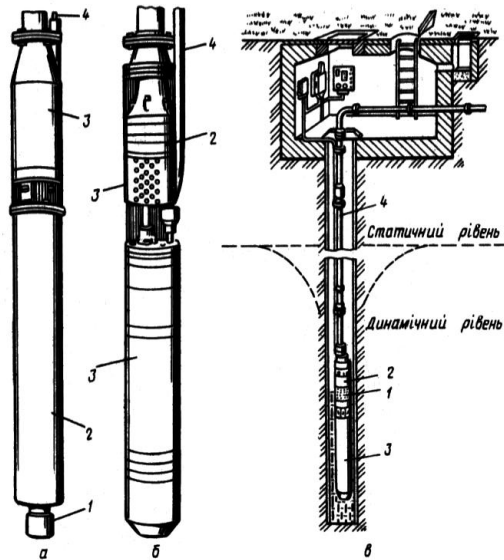


Рис. 7.9. Артезіанські насоси (а, б) й схема їх встановлення у свердловині  
(в): 1 – всмоктуюча труба; 2 – насос; 3 – електродвигун;  
4 – електричний кабель

### 7.3. Провідна й регулююча мережа

*Зрошувальна мережа має подавати воду на поля в потрібні терміни і в достатній кількості, а при необхідності відводити надлишкові поверхневі й ґрунтові води зі зрошуваної території.*

*За конструкцією зрошувальна мережа може бути відкритою, закритою і комбінованою. Відкритою мережею називають таку, в якій вода подається каналами у земляному руслі з облицюванням і без нього або лотками, закритою – коли зрошувальна мережа складається із закритих трубопроводів, комбінованою – коли вода подається каналами й трубами.*

*Конструкція зрошувальної мережі й розміщення її у плані залежать від організації території, рельєфу поверхні зрошуваної площі, ґрунтово-меліоративних умов, техніки поливу, наявності природних і адміністративних кордонів, ліній електропередач і зв'язку, лісосмуг, залізничних та шосейних доріг та інженерних комунікацій.*

Всю зрошувану територію розбивають на сівозмінні ділянки відповідно до спеціалізації господарств.

**Сівозмінна ділянка** – земельний масив, розділений на поля, на кожному з яких відбувається зміна культур у відповідності до ротаційної схеми. Площу сівозмінної ділянки приймають за 800-1000 га для зерно-кормового напрямку господарств, 500-700 га – для сівозмін із технічними культурами (цукровий буряк, соняшник), 150-250 га – овочевого напрямку господарств. Форму й площу кожного поля сівозміни приймають у відповідності з вимогами раціонального використання техніки поливу й механізації усіх робіт, із рельєфом місцевості, як правило, прямокутної форми з відношенням сторін 1:2 – 1:3 або квадратної. Поля сівозміни мають бути однаковими за площею і компактно розміщені.

**Зрошувальну мережу за виконуваними функціями поділяють на провідну й регулюючу.** Регулюючу мережу можна влаштовувати із закритих і відкритих швидко розбірних трубопроводів.

**Провідна мережа** включає великі постійні канали: 1) магістральний, або головний канал, або трубопровід лоток, які забирають воду з джерела зрошення й підводять її до зрошуваної території. Щоб канал або трубопровід міг зросити велику площу, його виконують на більш високих відмітках території; 2) міжгосподарський розподільник, забирає воду з магістрального каналу й подає її на територію декількох господарств; 3) господарський розподільник, забирає воду з міжгосподарського розподільника й подає її на територію одного господарства; 4) міждільничний або міжбригадний розподільник, подає воду на декілька сівозмінних або бригадних ділянок; 5) дільничний розподільник, подає воду тільки на одну сівозміну або бригадну ділянку; 6) груповий зрошувач або трубопровід, забирає воду з дільничного розподільника й подає її на територію, закріплену за механізованим загоном, що поєднує від 3 до 5 механізованих ланок. Груповий зрошувач — останній елемент провідної мережі.

До **регулюючої мережі** відносяться дрібні тимчасові канали: 1) тимчасові зрошувачі, подають воду на поле площею 4-10 га. Їх навесні нарізають каналокочапами, а восени зарівнюють. Якщо тимчасовий (картковий) зрошувач обслуговує площу 20 га й більше, то його роблять постійним і поливи проводять із цього каналу за схемою: постійний канал — вивідні й поливні канали (смуги); 2) вивідні борозни, поливні поліетиленові й інші трубопроводи,

забирають воду з карткових зрошувачів або з гідрантів поливних трубопроводів і подають її на поливну площадку, обмежену двома вивідними борознами або поливними трубопроводами. Поливні площадки (1-3 га) в 4-5 разів менші площі карти. Розмір їх залежить від ступеню вирівнювання поверхні поля, тобто довжини поливних борозен або смуг: чим рівніша поверхня, тим більша поливна площадка; 3) розподільні, або секційні, борозни, забирають воду з вивідної борозни і подають її на секцію борозен. Секція поєднує 10-20 поливних борозен. Розподільну борозну влаштовують поруч із вивідним каналопочачем або вручну об'єднанням поливних борозен; 4) поливна мережа — поливні борозни, смуги, чеки, внутрішні ґрунтові зволожувачі, якими поливна вода розподіляється на полі.

### 7.3.1. Загальні відомості та класифікація каналів

*Споруди, які здійснюють передачу води від водозаборів до певного місця, називають водопровідними спорудами, або водоводами.*

*Канал* (лат. kanalis — труба, жолоб) у *гідротехніці* - *штучний наземний водовід (русло) часто з безнапірним рухом води, що зв'язує два або більше водних об'єкти (річки, озера, моря) або підводить воду у певному напрямку.* Конструктивно канал представляє собою штучне русло, яке забезпечує подачу води для різних цілей господарювання або відвід її при осушенні та скиданні паводкових і інших зайвих вод із водосховищ.

За *господарським призначенням* канали поділяються на: судноплавні, енергетичні або дериваційні, водопровідні, зрошувальні (магістральні й внутрішньо системні), осушувальні (колектори, осушувачі, водоприймачі), обводнювальні, рибохідні, лісосплавні, комплексного призначення (для зрошення, водопостачання, обводнення й судноплавства).

*Судноплавні канали* входять до складу воднотранспортних магістралей, їх розміри та режим роботи залежить від типу та габаритів суден, що проходять каналом.

*Енергетичні канали* підводять воду з водосховищ або річок до дериваційних гідроелектростанцій з метою зменшення втрат енергії їм задають мінімальні ухили. Витрати їх досягають 2000 м<sup>3</sup>/с, а довжина не перевищує 20 км.

**Водопровідні канали** служать для водопостачання населених пунктів та промислових підприємств. Вони повинні мати підвищену надійність, щоб забезпечити цілорічну безперервну роботу.

**Зрошувальні канали** подають воду на зрошувальні системи. При трасуванні магістральні канали розміщують на вищих відмітках поверхні землі, які дозволяють забезпечити самоскидний розподіл води у розподільчі й господарські канали, по можливості, для більшої площі зрошувальних земель.

**Осушувальні канали** влаштовують для осушення заболочених територій та відведення дренажних вод в основні водоприймачі. З метою найкращого дренажу території їх розміщують на найнижчих відмітках рельєфу.

**Обводнювальні канали** подають воду для обводнення безводних та маловодних сільськогосподарських та тваринницьких районів.

**Рибохідні канали** служать для подачі води в нерестилища та пропуску риби в обхід гідротехнічних споруд.

**Лісосплавні канали** служать для сплаву деревини в місцях лісорозробок.

**Комплексні канали** виконують одночасно кілька з вище вказаних функцій.

**Витрати каналів змінюються** від долів до сотень кубічних метрів у секунду. Так, наприклад, витрати води у Каховському магістральному каналі досягають 530 м<sup>3</sup>/с, Північнокримському каналі – 380, Північно-Рогачицькому – 100, у каналах Дніпро-Донбас – 120, Приазовському – 50, Сіверський Донець-Донбас – 43, Дніпро-Кривий Ріг – 41, Інгулецькому – 36 м<sup>3</sup>/с. Приблизно біля 80 % каналів мають витрати води 5-10 м<sup>3</sup>/с.

**Довжина каналів** також змінюється в значних межах і становить для: Північнокримського магістрального – 401 км, Дніпро-Донбас – 233, Сіверський Донець-Донбас – 132, Інгулецького магістрального – 53,5, Приазовського - 50,8, Дніпро-Кривий Ріг – 41 км. В залежності від призначення каналів ставляться різні вимоги до їх конструкції, режиму роботи.

**За способом подачі води** канали поділяються на самопливні (Північнокримський магістральний канал до м. Джанкой, Краснознаменський, Дунай-Сасик) та машинні, вода в них із джерела подається за допомогою насосних станцій (у Каховський на висоту 25 м із Каховського водосховища, у Північнокримський після м. Джанкой – трьохступеневе підкачування на 90 м, в Інгулецький – на

60 м, у Північно-Рогачицький – на 78 м, у Приазовський з Каховського – на 10 м). За умовами використання канали, як і інші гідротехнічні споруди, поділяються на постійні (магістральні) та тимчасові (внутрішньо господарські), причому постійні можуть бути основними й другорядними.

**За капітальністю постійні канали поділяються на чотири класи:** за геологічними умовами, за формою поперечного розрізу, за характером похилу та технологічних умовах роботи.

**За геологічними умовами траси** канали поділяються на такі, що проходять у нескельних і скельних ґрунтах. Так, канали, що проходять у нескельних породах (пісок, супісок, суглинки, лес, глина й ін.) вимагають облаштування порівняно пологих ухилів, часто захисту ухилів і дна від розмиву, захисту від фільтрації (облаштування штучного облицювання). Канали, що проходять через скельні породи, можуть бути з більш крутими ухилами (до вертикальних), допускають більш високі швидкості течії води.

**За характером ухилу** бувають канали з прямим, зворотним та нульовим ухилами. Більшість каналів мають прямий похил. Зі зворотним похилом устоюють канали у місцях, де необхідно погасити швидкості течії води та при підведенні води до насосних станцій. З нульовим похилом (із горизонтальним дном) в основі облаштовують ділянки суднохідних каналів (переважно на вододільних б'єфах).

**За технологічними умовами роботи** канали бувають із безперервним та періодичним процесом роботи. До каналів із безперервним процесом роботи відносяться магістральні і в деяких випадках міжгосподарські. Внутрішньогосподарські канали мають періодичний режим роботи.

**За формою живого перерізу** розрізняються канали трапецієподібні, напівкруглі, полігональні, параболічні, складені, трикутні, балкові та прямокутні (рис. 7.10).

**За станом потоку** розрізняються канали зі спокійним та бурхливим станом потоку. Часто в межах одного каналу зустрічаються ділянки з різним станом потоку. Кожен канал у процесі експлуатації працює при різних видах руху: усталеному, неусталеному, рівномірному, нерівномірному. Переважає нерівномірний неусталений рух внаслідок взаємного впливу споруд, водорозподілу та різних випадкових чинників (утрати води, вихід ґрунтових вод, впадання інших водотоків).

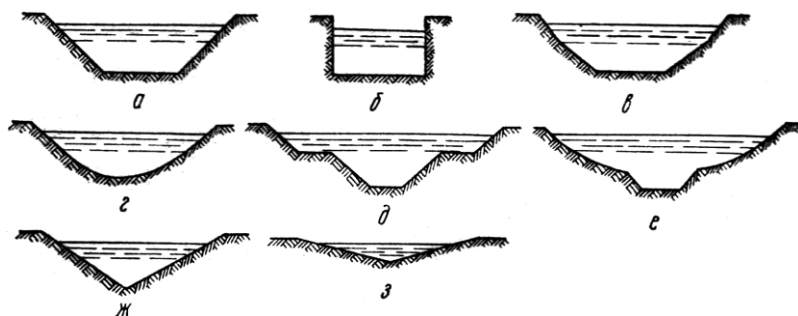


Рис. 7.10. *Форми перерізу каналів (за С.В. Ковальовим, 1985):*  
*а — трапецієподібна; б — прямокутна; в - полігональна; г —*  
*параболічна; д, е — складені; ж — трикутна; з — балкоподібна.*

### 7.3.2. Конструкція й елементи поперечного профілю каналів

Поперечні переріз і профілі зрошувальних каналів повинні відповідати наступним умовам: 1) мають забезпечувати безперебійну планову подачу води на поля; 2) не допускати розмивання русла каналу. Перетин каналу повинен бути таким, щоб при даному ухилі каналу швидкість бігу води в ньому не перевищувала припустиму у відношенні розмивання ґрунту каналу. Допустима швидкість залежить від властивостей ґрунту, глибини води в каналі, умісту наносів у воді й ін. Орієнтовні допустимі швидкості на розмив (м/с):

Важкий мул	0,2-0,6	Лес легкий	0,4-0,8
Глина щільна	0,7-1,2	Лес середній	0,5-1,0
Пісок тонкий	0,35-0,45	Лес важкий	0,6-1,2
Пісок середній	0,4-0,6	Суглинок легкий	0,4-0,9
Пісок крупний	0,6-0,75	Суглинок середній	0,5-1,0
Гравій дрібний	0,75-0,9	Суглинок важкий	0,6-1,2
Гравій крупний	1,1-1,3	Облицювання бетонне	5-10
Галька дрібна	1,2-1,4	Цегляна кладка	2,5-3,5
Галька крупна	1,8-2,2	Дернина	1-1,5

3) не допускати замулювання каналу. Перетин каналу повинен бути таким, щоб швидкість течії води в ньому не допускала відкладення зважених наносів. Якщо швидкість води буде меншою мінімально припустимою, то наноси будуть відкладатися, замулюючи канали. У результаті цього пропускна здатність каналів зменшиться, й на очищення їх потрібні великі затрати праці й засобів. Мінімальна швидкість течії води в каналах має бути не менше 0,3 м/с.

**Траси каналів** вибирають так, щоб вони мали ухили, що забезпечують швидкість води в них, близьку до максимальної. При цьому перетин каналу буде мінімальним для пропуску заданої витрати, а отже, й обсяг робіт буде також мінімальним. Механізми для нарізки каналів сконструйовані з таким розрахунком, щоб виконувати канали гідравлічно найвигіднішого перетину, що збільшує витрату води при тому самому обсязі будівельних робіт.

**Канали**, що проходять у **скельних ґрунтах**, виконують, як правило, прямокутного перетину й облицьовують дошками, каменем, залізобетоном

**Земляні канали** проектують трапецеїдального перетину, береги яких у період експлуатації розмиваються й приймають параболічну форму.

**Дрібні невеликі канали**, тимчасові зрошувачі, вивідні й розподільні борозни, нарізають каналокопачами плужного типу, вони мають трикутний перетин, канали зі збірних залізобетонних лотків — параболічний.

Найбільш прості за устроєм канали в земляному руслі. Але для них характерні значні фільтраційні втрати.

**Поперечний профіль каналу включає наступні елементи:** 1) **ширина дна каналу  $b$** . Для невеликих каналів  $b$  складає 0,2-1 м, для великих — 10 м і більше. Для малих каналів ширина дном визначається типом канавокопача; 2) **глибина води в каналі  $h$** . Для малих каналів  $h$  змінюється від 0,3 до 1 м, для великих — від 1 до 4 м. Глибину води в каналі з метою зменшення фільтрації, дотримання допустимих швидкостей і меншого відчуження землі приймають за співвідношенням  $b/h=1$ , тобто коли гідравлічний радіус  $R$  близький або дорівнює 1. При малій глибині  $h$  і співвідношенні  $b/h>1$  зменшується змочений периметр, знижується фільтрація, але зростають смуга відчуження й обсяги робіт з устрою каналу. При великій глибині  $h$  і співвідношенні  $b/h<1$  зменшується смуга відчуження, збільшуються швидкості руху води, а отже, і пропускна здатність каналу, але зростає фільтрація; 3) **коефіцієнти закладення укосів** (відношення висоти до основи прямокутного трикутника)  $m$  і  $m_1$  характеризують закладення мокрого й сухого укосів. Для невеликих каналів  $m$  і  $m_1$  рівні 1-1,5, для великих — 1,5-3; 4) **брівка каналу** — місце перетинання ліній поперечного профілю каналу або місце переходу горизонтальної площини до укосу каналу. Великі канали, у яких профіль має уступи (берми), мають кілька брівок; 5) **берму, або уступ влаштовують** на великих каналах із виїмкою



більше 5 м для додання більшої стійкості укосам. Ширина берм у залежності від витрати каналу складає 1-1,5 м, при облаштуванні дороги ширину берми збільшують; 6) *загальна глибина каналу  $H$* , залежить від глибини наповнення каналу водою і залишкового напору ( $a/H = h + a$ ). Залишковий напір (запас висоти від рівня води до верха дамби) для невеликих каналів дорівнює 0,15-0,25 м, для великих — 0,5-1,5 м; 7) *ширина дамби каналу зверху  $h$* , для невеликих каналів 0,4-1 м, для великих — 3 м і більше. Ширину  $h$  приймають такою, щоб берма була стійкою й перешкоджала проникненню води через тіло каналу. На великих каналах, особливо на затоплюваних масивах, ширину дамби влаштовують із розрахунком проходу автомобілів і екскаваторів, які застосовують при очищенні й ремонті каналів, а також для переміщення пересувних насосних станцій.

*Берма – уступ на схилах земляних і кам'яних гребель, каналів, кар'єрів, який підвищує стійкість і поліпшує умови експлуатації.*

*Кавальєр – насип правильного профілю утворений землею, взятою з виїмки при спорудженні дороги, каналу не використаний для споруди.*

*Рівні води в каналах* зрошувальної системи повинні забезпечувати самопливну подачу води на зрошувану площу, тобто рівень води в старшому каналі повинний бути вище рівня води в молодшому. Ув'язування рівнів ведуть від молодших каналів до старших, починаючи від тимчасового зрошувача. Рівень води в тимчасовому зрошувачі залежить від способу поливу.

*При поливі борознами перевищення рівня води в голові зрошувача над поверхнею землі приймають не менше 5 см, напуском смугами — не менше 10 см, при затопленні чеків — не менше 20 см.* Рівні води в зрошувальних каналах при нормальних витратах повинні бути вище рівнів води у вихідних із них каналах молодшого порядку на 5-15 см, рівні води у водоскидних каналах — нижче рівня місцевості, із якої відводять воду, на 0,25-0,3 м.

*Канал на крутому схилі* (рис. 7.11) влаштовують у виїмці з насипкою дамби з низової його сторони. Об'єм дамби відповідає обсягу виїмки. Звернений до води укіс роблять крутим ( $m = 1-1,5$ ), сухий — пологішим ( $m_1 = 1,5-2$ ). Ширину дамби для малих каналів приймають 0,5-1 м, для великих — 3 м і більше. У кожному випадку ширину дамб погоджують з обсягом виїмки й експлуатаційними вимогами.

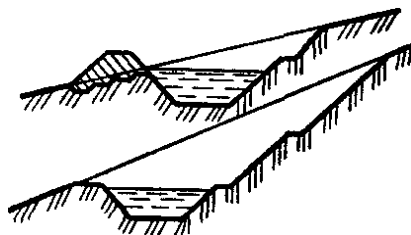


Рис. 7.11. Схеми поперечних переріз каналів на крутому схилі.

Зрошувальні канали на крутому схилі частіше зустрічаються в передгірних районах. Для пропуску великої витрати води, щоб уникнути розмиву й зсувних явищ, стінки й дно їх бетонують.

**Канал у напіввиїмці-напівнасіпі** (рис. 7.12, а) є типовим для регулюючої зрошувальної мережі. Виїмку для нього роблять так, щоб дамби, що відсипаються, забезпечували необхідний рівень командування води над прилягаючою територією. Такий канал дає найменшу площу відчуження. Об'єм виїмки тут майже дорівнює обсягу насипу, тобто профіль каналу в напіввиїмці-напівнасіпі найбільш доцільний у порівнянні з іншими профілями каналів.

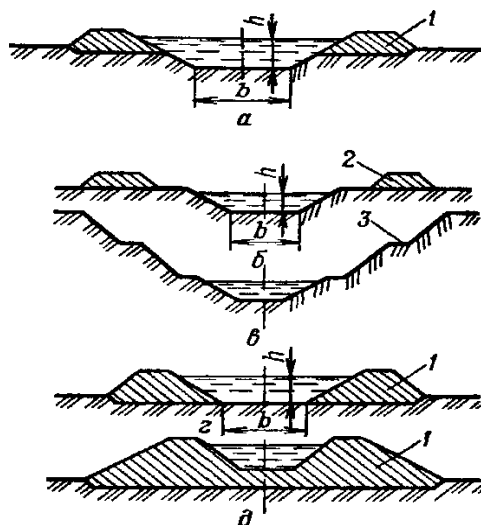


Рис. 7.12. Схеми поперечного перерізу каналів:

а — у напіввиїмці — напівнасіпі, б, в — у виїмці; г, д — у насіпі; 1 — насипний ґрунт з пошаровим ущільненням, 2 — кавальєр, 3 — берма;  $h$  — глибина води,  $b$  — ширина дна.

**Канали у виїмці** (рис. 7.12, б, в) влаштовують у ґрунті. Вийняту землю відсипають у земляні вали — кавальєри. Щоб кавальєри не тиснули на укоси й не викликали оповзання, їх відсипають на відстані 1-2 м від брівки каналів, а потім розрівнюють грейдерами або бульдозерами під посіви сільськогосподарських культур або деревні й плодові насадження.

**Канали у насипі** (рис. 7.12, г, д) влаштовують при дуже малому ухилі місцевості, щоб створити необхідний рівень командування й вивести воду на найбільш високу відмітку місцевості. Землю для насипу беруть із резервів, що закладаються на відстані не менше 1,5 м від її підосви. Це роблять із таким розрахунком, щоб не збільшувалася фільтрація води з каналу. Глибину резервів приймають не більше 1 м. Після устрою каналу резерви зарівнюють бульдозерами і на їхньому місці висаджують дерева. **Канал у насипі, незважаючи на штучне ущільнення, менш стійкий, має підвищену фільтрацію, вимагає пологістих укосів, відчужує значні площі орних земель.**

**Канал у насипі з підсипним дном** влаштовують у тому випадку, якщо на його трасі зустрічаються зниження й балки. При будівництві каналу приходиться не тільки насипати, але й підсипати його дно.

**Укоси постійних каналів** зрошувальних систем закладають з урахуванням стійкості укосів існуючих каналів, експлуатованих в аналогічних умовах. При відсутності таких аналогів величини закладення укосів каналів глибиною до 5 м приймають відповідно до даних, приведених у табл. 7.3, 7.4, а більш глибоких каналів — на основі розрахунків відповідно до рекомендацій Сніп П-53 — 73.

Таблиця 7.3. Закладення укосів каналів (за С.В. Ковальовим, 1985)

Ґрунти, що складають русло каналу	Підводні укоси	Надводні укоси
Скеля: не вивітрена	0,1-0,25	0
вивітрена	0,25-0,5	0,25
Напівскельний водостійкий ґрунт	0,5-1,0	0,5
Галечник і гравій з піском	1,25-1,5	1,0
Глина, суглинок твердий і напівтвердий	1,0-1,5	0,5-1,0
Суглинок м'яко пластичний, супісок	1,25-2,0	1,0-1,5
Пісок: дрібний	1,5-2,5	2,0
пилуватий	3,0-3,5	2,5

Таблиця 7.4. Закладення зовнішніх укосів дамб каналів  
(за С.В. Ковальовим, 1985)

Грунт	Закладення укосів дамб каналів із витратою	
	менше 0,5 м³/с	більше 10 м³/с
Глина, суглинок твердий і напівтвердий	0,75	1
Суглинок м'яко-пластичний	1	1,25
Супісок	1	1,5
Пісок	1,25	2

Величина радіуса повороту каналу повинна бути не меншою п'ятикратної ширини каналу на зрізі води. Припустимі перевищення гребеня дамб каналів над максимальним рівнем води при витраті до 100 м³/с повинні відповідати даним, наведеним у табл. 7.5, а при більшій витраті встановлюються розрахунком.

Таблиця 7.5. Перевищення гребеня дамб каналів над максимальним рівнем води, см

Витрата води в каналі, м³/с	Канали без облицювання	Канали з облицюванням
<1	20	10-15
1-10	30	20
10-30	40	30
30-50	50	35
50-100	60	40

Мінімальна ширина гребеня дамб повинна забезпечувати виробництво будівельних і експлуатаційних робіт.

При витраті до 10 м³/с приймають уніфікований поперечний переріз каналів, а при витраті більше 10 м³/с елементи профілю каналу визначають розрахунком.

Мінімальна фільтрація води з трапецієподібних каналів, що працюють без підпору, буде при найбільш вигідному співвідношенні між шириною каналу на дні  $B$ , його глибиною  $h$  й коефіцієнтом закладення укосу  $m$ , що визначається за формулою:

$$a = b/h = 2[\lambda\sqrt{(1+m^2)} - m], \quad (7.1)$$

де:  $\lambda$  — коефіцієнт виправлення на капілярне бічне поглинання води у відкосі каналу,  $\lambda = 1,1-1,4$ ;  $m$  — коефіцієнт закладення ухилу каналу;  $b$  — ширина дна каналу;  $h$  — глибина води в каналі.

Найбільшу пропускну здатність при заданій площі поперечного перерізу мають канали з гідравлічно найвигіднішим перетином, тобто при

$$a = b/h = 2\sqrt{(1+m^2)} - m. \quad (7.2)$$

Ширину дна каналу стандартизовано й прийнято: 0,4; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 м і т. д.

Неглибокі канали більш стійкі проти розмиву, зручніші в експлуатації й будівництві, ніж вузькі й глибокі. Але на широких каналах більші розміри споруд, швидкості руху води менші, вони швидше заростають, протифільтраційні облицювання дорожчі.

### 7.3.3. Канали-лотки

**Умови застосування.** Найбільш доцільно застосовувати на ділянках переходів через понижені місця при пересічній місцевості, на скельних ґрунтах, що мають велику фільтрацію й просідають, на ділянках із можливими зсувами й з несприятливими гідрогеологічними умовами, коли будівництво земляних каналів із протифільтраційними заходами є дорожчим.

Канали-лотки застосовують на ділянках із нахилом місцевості 0,002-0,005, а з нахилом >0,003 — тільки при техніко-експлуатаційному обґрунтуванні.

**Конструкції каналів-лотків.** Лоткові канали збирають з окремих розтрубних або без розтрубних (гладких) лотків довжиною від 5 до 8 м, як правило, параболічного, еліптичного або півциркульного перетину. Рідше застосовуються прямокутні й трапецієподібні лотки. Товщина стінок лотків 5-8 см. Глибина лотків, що серійно випускаються, на які розроблені типові проекти, складає 30, 40, 60, 70, 80, 90, 100, 120 см.

Союзводпроектком розроблені уніфіковані залізобетонні лотки-канали (табл. 7.6) з витратою води до 5 м<sup>3</sup>/с. Лотки розтрубні з ненапруженого (Лр) й напруженого (Лпр) залізобетону. Опори двох варіантів — пальові й стійкові з фундаментами склянкового типу.

**У залежності від умов командування і несучої здатності ґрунтів лотки укладають у ґрунт на опорні плити, стійки й пальові опори.** При укладанні на опори забезпечується висота командування 1-1,5 м. Установка лотків на опорні плити без стійок або паль допускається тільки в скельних і гравійних ґрунтах.

Стоякові опори рекомендується застосовувати тільки у важких ґрунтах, де забивання паль утруднене. Палі під лотки мають довжину 3-7 м.

Таблиця 7.6. Розміри уніфікованих залізобетонних лотків-каналів

Розмір лотків, см	Лотки з ненапруженого залізобетону				Лотки з напруженого залізобетону			
	Лр-40	Лр-60	Лр-80	Лр-300	Лри-40	Лри-60	Лри-80	Лри-100
Висота	40	60	80	100	40	60	80	100
Ширина зверху	80	98	113,2	167,4	80	98	113,2	167,4
Довжина	611	611	611	611	811	811	811	811
Товщина стінок	5	5	6	7,5	5	5	6	7,5

Найбільш відповідальним елементом у конструкції лоткових каналів, від якого залежить їхня водонепроникність і довговічність роботи, є шви, що влаштовуються в місці з'єднання лотків на опорах.

Лотки з гладкими кінцями стикуються між собою за допомогою сідел, а розтрубні — за допомогою розтруба, у який уставляється гладкий кінець сусіднього лотка. Водонепроникність і гнучкість шва забезпечується прокладкою між лотками й сідлами або розтрубом прядильних канатів, просочених дьогтем, круглої гуми товщиною 2-2,5 см, пороізової прокладки, асфальтових матів.

При гарній якості герметизації швів к. к. д. лоткових каналів складає 0,97-0,98. Зрошувальна мережа із залізобетонних лотків майже цілком виключає утрати води на фільтрацію. Завдяки великій швидкості води лотки не замулюються, не заростають. Крім того, у таких каналах поліпшуються умови командування за рахунок розташування їх вище поверхні землі.

Поворот лотків у плані здійснюється під прямим кутом із відхиленням не більш 5°. Міжгосподарські й господарські канали-лотки допускається повертати кривими лініями, якщо вони проходять землями, що не використовуються. Сполучення лотків здійснюється установкою колодязів або укладанням ланок лотка під кутом або застосуванням лотків із довжиною ланки від 4 до 8 м із скошеними краями.

Нормальна витрата води каналів-лотків визначається за максимальною ординатою гідромодуля, мінімальна — мінімальною ординатою гідромодуля. Коефіцієнт корисної дії каналів-лотків приймають рівним 0,97.

Витрата води на ділянку сівозміни визначається залежністю

$$Q = gF/0,97 \quad (7.3)$$

де:  $g$  — розрахункова ордината гідромодуля, л/с на 1 га;  $F$  — площа нетто сівозміної ділянки, га; 0,97 — коефіцієнт корисної дії лоткової мережі.

Гідравлічний розрахунок лотків здійснюється для рівномірного режиму при коефіцієнті шорсткості  $n = 0,012$  (і у виняткових випадках при  $n = 0,014$ ).

Залежності для визначення гідравлічних елементів лотків, обриси внутрішньої поверхні яких прийняті по параболі з рівнянням  $x^2 = 2py$ , мають наступний вигляд:

$$B = 2\sqrt{2}ph; \quad \omega = 2/3Bh; \quad (7.4)$$

$$x = p[\sqrt{2\tau(1+2\tau)} + \ln(\sqrt{2\tau} + \sqrt{1+2\tau})], \quad (7.5)$$

де:  $h$  — глибина наповнення лотка;  $B$  — ширина дзеркала води;  $\omega$  — площа перетину;  $x$  — довжина змоченого периметра;  $\tau = h/p$ ;  $p$  — параметр параболи, що приймається  $p = 0,2$  для лотків глибиною від 40 до 80 см і  $p = 0,35$  — для лотків глибиною 90 і 120 см.

Мінімальний запас надводного борта приймається рівним 10 см при  $H_d \leq 100$  см і 15 см при  $H_d \geq 120$  см. Додавши до знайденої глибини  $h$  запас борта, за типовими проектами підбирають стандартний лоток, що забезпечує пропуск розрахункової витрати. Потім визначають  $B$ ,  $\omega$  і середню швидкість  $v$ .

Для прискорення гідравлічного розрахунку використовуються номограми, за якими при відомій витраті й ухилі лоткового каналу визначають інші параметри  $h$ ,  $i$ ,  $\omega$ ,  $B$ .

Перевищення дна лотка над поверхнею землі приймають не менше 20 см. На лоткових каналах, де є водоспуски в тимчасові канали, перевищення дна лотка над поверхнею землі приймають не більш 1,5 м, а у всіх інших випадках — не більш 3,5–4 м.

У місцях зміни ухилів лотки різної глибини сполучають у наступному сполученні: при  $i_1 < i_2$  — 70х60; 80х60; 80х70; 90х80; 100х80; 100х90; 120х90, при  $i_1 > i_2$  сполучення лотків буде зворотним.

Лотки сполучають на одній позначці їхнього дна або верха. Довжину кривої спаду або підпору визначають за формулами або номограмами.

Витрати води в параболічних лотках при мінімальних, максимальних і критичних ухилах із коефіцієнтом шорсткості, рівним 0,14 приведені в таблиці 7.7.

**Канали-лотки мають такі переваги над каналами, облицьованими бетоном і залізобетоном:** доступні для огляду й

ремонту; не вимагають облаштування насипів, а відтак і закладання резервів, що підвищує коефіцієнт використання зрошуваних земель: будівельна вартість лоткових каналів нижча вартості каналів із монолітним облицюванням; експлуатаційні витрати на канали-лотки в 2-3 рази нижчі у порівнянні із земляними каналами.

Таблиця 7.7. Витрати води в параболічних лотках  
(Безменов А.І., 1984)

Глибина лотка, см	Глибина води, см	Ухил для лотка			Витрата води в лотку, м <sup>3</sup> /с		
		$i_{\min}$	$i_{\max}$	$i_{\text{крит}}$	$Q_{\min}$	$Q_{\max}$	$Q_{\text{крит}}$
60	50	0,00065	0,003	0,0045	0,3	0,40	0,52
70	60	0,00075	0,003	0,0049	0,3	0,60	0,76
80	70	0,00075	0,003	0,0050	0,4	0,80	1,04
90	80	0,00080	0,003	0,0040	0,8	1,55	1,80
100	90	0,00080	0,003	0,0041	1,0	2,00	3,05
120	105	0,00080	0,003	0,0042	1,4	2,65	3,05

**Недоліки каналів-лотків:** не усуваються втрати води на скидання; мережа лотків стискає механізацію польових робіт.

### 7.3.4. Тимчасова зрошувальна мережа

**Поливна ділянка** – ділянка ґрунтового покриття з одного постійного каналу й обмежена постійними зрошувальними або осушувальними каналами або дорогами. Тимчасові зрошувачі й вивідні борозни, розміщені на поливній ділянці, нарізають і зарівнюють у міру необхідності.

**Тимчасові канали мають відповідати наступним вимогам:** пропускати розрахункові витрати, не розмиватися, не мати зворотних похилів, командувати над прилеглою територією, бути прямолінійними, паралельними між собою й при можливості паралельними сторонами поливної ділянки.

**Тимчасові канали в земляному руслі** нарізають канавокопачами трапецеїдального розрізу наступних розмірів: глибина 70-120 см, ширина дна 30-60 см, закладення укосу 1:1, рідко 1:1,5. Траси тимчасових зрошувачів попередньо планують шириною 4 м для поверхневого поливу і 5,5-6 м – при дощуванні.



При поливі дощуванням тимчасовий зрошувач розраховують на стандартну пропускну спроможність: 10-15-20-25-30-40-50-60-80-100 л/с у залежності від витрати дощувальної машини.

Рівень води в зрошувачах має бути вищим зрошуваної поверхні поля при великих ухилах на 5 см, при середніх – на 10 см і при малих – на 15 см.

Ширину дном тимчасових зрошувачів і глибину наповнення водою при різних витратах приведено в табл. 7.8.

Таблиця 7.8. Розміри поперечного перерізу тимчасових зрошувачів при різних ухилах та витратах води  
(Шульга М.К., Дукмасов А.І, 1986)

Ухил	60 л/с		80 л/с		100 л/с	
	b	h	b	h	b	h
0,0005	0,3	0,42	0,4	0,43	0,5	0,45
0,001	0,3	0,35	0,4	0,37	0,5	0,38
0,002	0,3	0,31	0,4	0,32	0,5	0,32
0,003	0,3	0,28	0,4	0,3	-	-
0,004	0,3	0,26	-	-	-	-
Ухил	120 л/с		160 л/с		200 л/с	
	b	h	b	h	b	h
0,0005	0,5	0,48	0,6	0,47	0,6	0,52
0,001	0,5	0,42	0,6	0,39	0,6	0,42
0,002	0,5	0,35	-	-	-	-
0,003	-	-	-	-	-	-
0,004	-	-	-	-	-	-

**Примітка:** b – ширина дна тимчасового зрошувача, см;  
h – глибина води в зрошувачі, см

**Розрізняють дві основні схеми нарізування тимчасової зрошувальної мережі — поздовжню й поперечну.**

**Поздовжню схему** застосовують у тому випадку, якщо максимальний ухил місцевості не перевищує 0,006. Довжина тимчасових зрошувачів у залежності від ґрунтових і топографічних умов становить 500-1200 м, а відстань між ними 100-200 м при ширині ділянки 500-800 м.

Площа поливної ділянки може досягати 50-100 га. Для неї характерно наступне: 1) дільничний або груповий зрошувач йде під невеликим кутом (0,002-0,005) до горизонталей; 2) тимчасові зрошувачі і польові трубопроводи направляють перпендикулярно до

горизонталей з ухилом не більш 0,006; 3) вивідні борозни або поліетиленові шланги влаштовують або прокладають із мінімальним ухилом 0,001-0,002 так, щоб при більш-менш однаковому напорі можна було одночасно випускати воду у велике число поливних борозен і смуг напуску; 4) розподільні борозни, що поєднують секцію поливних борозен, які включаються одночасно, влаштовують паралельно вивідній борозні; 5) поливні борозни й смуги напуску нарізають у напрямку максимального ухилу, тобто перпендикулярно до горизонталей (Колпаков В.В., 1988).

**Поперечну схему** застосовують при максимальному ухилі місцевості більше 0,006. Тимчасові зрошувачі нарізають поперек схилу, й вивідні борозни часто не потрібні. Вода з тимчасового зрошувача подається у поливні борозни або смуги. Головна перевага цієї схеми – її можна застосовувати при різних похилах, прийнятних для умов поверхневого зрошення. Довжина тимчасових зрошувачів становить 400-500 м, із витратою води 100-150 л/с. Площа поливної ділянки складає 40-75 га. Для неї щоб уникнути водної ерозії й розмиву каналів передбачають наступне: 1) дільничний розподільник або груповий зрошувач влаштовують перпендикулярно або під деяким кутом до горизонталей. При ухилах більше 0,005 русло розподільника бетонують або замість відкритого каналу прокладають закритий трубопровід із гідрантами для випуску води; 2) при значних ухилах такий трубопровід має великий залишковий напір, що дозволяє використовувати його для дощування; 3) тимчасові зрошувачі або польові трубопроводи влаштовують із невеликим ухилом до горизонталей — 0,001-0,002; 4) при самонапірних системах у випадку застосування дощування польові трубопроводи прокладають на максимальному ухилі; 5) вивідні борозни й поліетиленові шланги при самопливному поливі влаштовують паралельно тимчасовим зрошувачам і трубопроводам; 6) поливні борозни й смуги напуску нарізують перпендикулярно до горизонталей місцевості.

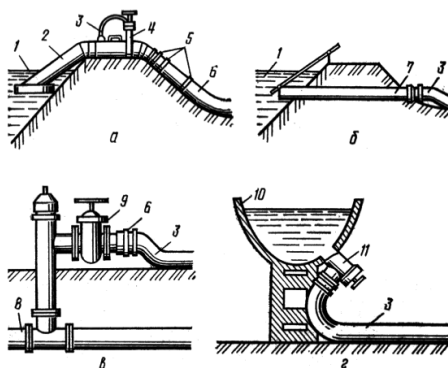
**Підготовка площі зрошуваної ділянки до поливу наступна:** планування поверхні, періодичне експлуатаційне планування й вирівнювання поверхні поля, нарізування й зарівнювання тимчасової зрошувальної мережі; установлення арматури на поливній мережі.

**Полівні смуги** роблять одночасно із сівбою, а широкі – до сівби. Поливні борозни нарізають перед поливом. Вивідні борозни і тимчасові зрошувачі нарізують після сівби зернових культур і трав;

перед першим поливом після нарізування поливних борозен; перед кожним черговим поливом, якщо вони частково зруйнувались в процесі попередніх поливів і культивуції.

**До поливу готують і встановлюють поливну арматуру: сифони, щити, перемички, поливні трубки й щитки, водозливи.**

**Через водоспуски** вода поступає з розподільувачів у тимчасові зрошувачі, жорсткі й гнучкі трубопроводи (рис. 7.13). Водоспуски можуть бути постійними й переносними. Постійні водоспуски будують за типовими проектами у вигляді азбестоцементних труб із затворами у вигляді відкритих залізобетонних або бетонних шлюзів із гвинтовими підйомниками. Споруджують їх у бортах постійних каналів – розподільувачів. Розраховані на пропускання води від 30 до 100 л/с і більше.



**Рис. 7.13. Схема споруд для подачі води в гнучкі трубопроводи:**

*а – за допомогою пересувного сифонного водоспуску; б – через трубчастий водоспуск; в – із закритого трубопроводу через гідрант-водоспуск; г – із лотка; 1 – канал; 2 – переносний сифонний водоспуск; 3 – сполучний шланг; 4 – ручний вакуум-насос; 5 – хомути; 6 – гнучкий трубопровід; 7 – трубчастий водоспуск; 8 – закритий трубопровід; 9 – гідрант-водоспуск; 10 – лоток; 11 – водоспуск лотка.*

**Трубчасті водоспуски**, простіші у виготовленні й дешевші. Їх установлюють на каналі так, щоб вхідний отвір труби був затоплений водою. Для цього трубу опускають на 15-30 см нижче дна тимчасового зрошувача.

Витрата води, яка пропускається трубчастим водоспуском, залежить від різниці рівнів води в дільничному й тимчасовому зрошувачах (табл. 7.9).

Таблиця 7.9. Пропускна спроможність трубчастого водоспуску, л/с

Діаметр труб водоспуску, мм	Різниця рівнів води – перепад, см								
	2	4	6	8	10	12	14	16	20
279	26	36	45	52	58	64	68	73	82
322	44	64	76	88	98	107	116	124	138

**Водоспуски прямокутного перетину** (із відношенням висоти до ширини 1:2) при тих самих умовах командування, що й трубчасті водоспуски, мають значно більшу пропускну спроможність (табл. 7.10, Шульга, Дукмасов, 1986).

Таблиця 7.10. Пропускна спроможність прямокутного водоспуску, л/с

Різниця рівнів води, см	Переріз труби (висота х ширина), см			
	20 х 40	20 х 50	25 х 50	30 х 60
5	58	69	125	145
10	79	98	178	203
15	96	120	216	251
20	111	138	249	296
25	125	151	278	323

**Сифони** використовують для подачі води із постійних каналів в поливні смуги з витратами до 500 л/с, у тимчасові зрошувачі з витратою до 10 л/с і із тимчасових зрошувачів в поливні борозни. Великі й середні сифони роблять із листової сталі, алюмінію, полівінілхлориду; малі – із поліетилену, каучуку, металу. Великі сифони заряджають із допомогою вакуумнасоса, малі заливають водою в каналі.

Витрати води у залежності від діаметра сифона й різниці рівнів води у постійному каналі (дільничний або господарський розподільувач) і тимчасовому зрошувачі приведені в табл. 7.11.

Таблиця 7.11. Витрати води через сифон у залежності від різниці рівнів та діаметру сифона, л/с (Шульга, Дукмасов, 1986)

Різниця рівнів води в каналах, см	Діаметр сифона, мм			
	220	250	280	300
2	19	25	31	35
5	30	39	49	56
10	43	55	69	79
15	52	67	85	97
20	60	78	98	112
30	74	95	119	137

**Арматура.** *Глухі щити* роблять трапецеїдальної форми з півтораміліметрової листової сталі і застосовують їх при повному перекритті водного потоку. У залежності від стандарту тимчасового зрошувача ширина щита зверху може бути 90, 110, 130 або 150 см, ширина щита знизу відповідно – 30, 40, 50, 60 см, висота щита – 35, 40, 50, 60 см. Щоб щит стояв у каналі стійко, його встановлюють стрімко і заглиблюють у дно й ухили не менше ніж на 10 см. З верхньої сторони щит по периметру підсипають ґрунтом, щоб запобігти фільтрації. Розміри щитів, які перегороджують тимчасові зрошувачі або вивідні борозни, приведені в табл. 7.12.

Таблиця 7.12 . Розміри перегородних щитів, см  
(Шульга, Дукмасов, 1986)

Стандарт зрошувача	Ширина дна каналу	Глибина каналу	Ширина щита зверху	Ширина щита знизу	Висота щита
1	30	30	110	40	40
2	40	40	130	50	50
3	50	45	150	60	55
Вивідна борозна	20	25	90	30	35

*Глухі й транзитні перемички* з меліоративної тканини застосовують, як і підпірні щити, для перекривання води у тимчасових зрошувачах і вивідних борознах.

### 7.3.5. Розрахункові витрати каналів

При проектуванні каналів основні розрахунки проводяться для рівномірного та нерівномірного руху. Неусталений рух враховується при вирішенні задач управління технологічними процесами на каналах (водорозподіл, захист від наносів, аварійна обстановка та інше), виборі кріплення тощо. В залежності від призначення, інженерно-геологічних, топографічних умов, способу виконання робіт, витрат води, режиму роботи, типу кріплення та інших факторів вибирається та розраховується форма й розміри поперечного перерізу каналу.

**Найбільш поширена трапецієподібна форма живого перерізу каналів** різного призначення (рис. 7.10 а). Полігональна, параболічна, напівкругла та прямокутна форми перерізу каналу

зустрічаються рідше, хоча вони є вигіднішими в гідравлічному відношенні, ніж трапецієподібна, але останній надається перевага за умовами виконання робіт.

Найвигіднішим перерізом каналу ( $\beta$ ) в гідравлічному відношенні є такий, що має найбільше значення гідравлічного радіуса і найбільшу пропускну спроможність. Для трапецієподібних каналів (рис. 7.14) цей переріз визначається співвідношенням:

$$\beta = b/h = 2(\sqrt{1+m^2}-m), \quad (7.6)$$

де:  $b$  — ширина каналу низом;  $h$  — глибина води;  $m = \operatorname{ctg} \alpha$  — коефіцієнт закладання укосу.

Але найвигідніші гідравлічні перерізи укосів  $m = 1,5 — 3,0$ , мають відносно малу ширину низом та велику глибину, що не завжди доцільно, особливо при будівництві великих каналів. На практиці співвідношення  $b/h$  приймають більшими ніж за залежністю (7.6).

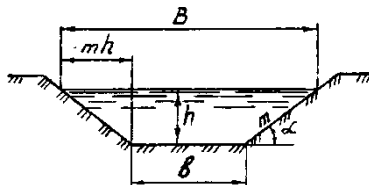


Рис. 7.14. Параметри живого перерізу трапецієподібних каналів

Дуже важливим показником при розрахунку каналів вважається швидкість руху води, від якої залежить пропускну спроможність при заданих розмірах поперечного перерізу. Середня швидкість води в каналі  $V_c$  має відповідати умові:

$$V, < V_c < V_{н.р.}, \quad (7.7)$$

де  $V$ , — не замулююча швидкість;  $V_{н.р.}$  — не розмивна швидкість.

Орієнтовні допустимі швидкості води в каналах на розмив приймаються в залежності від типу ґрунту або від типу його облицювання (табл. 7.13).

**Не розмивна швидкість.** Якщо канал проходить у незв'язних ґрунтах, що близькі, до неоднорідних ( $d_{10}/d_{cp} = 0,2 — 0,3$ ), то середня не розмивна швидкість визначається за залежністю Б. І. Студенічнікова:

$$V_{н.р.} = 3,6 (h d_{cp})^{0,25}, \quad (7.8)$$

де  $h$  — глибина потоку, м;  $d_{cp}$  — середній діаметр частинок ґрунту ложа каналу, м;  $d_{10}$  — діаметр частинок, дрібніше яких у ґрунті знаходиться 10% за масою, м.

Якщо ж канал проходить у незв'язних ґрунтах, що близькі до однорідних ( $d_{10}/d_{cp} \sim 0,67$ ), то:

$$V_{н.р.} = 4,7(hd_{cp})^{0,25}. \quad (7.9)$$

Таблиця 7.13. Допустимі швидкості води в каналах

Ґрунт	Швидкість, м/сек	Ґрунт і облицювання	Швидкість, м/сек
Твердий мул	0,20-0,60	Глина щільна	0,70-1,20
Пісок тонкий, чистий	0,35-0,45	Лес легкий	0,40-0,80
Пісок дрібний середній	0,40-0,60	Лес середній	0,50-1,00
Пісок крупний	0,60-0,75	Лес щільний	0,60-1,20
Гравій дрібний	0,75-0,90	Облицювання каналів	
Гравій крупний	1,10-1,30	Бетонне	5,0-10,0
Галька крупна	1,80-2,20	Цегляна кладка	2,5-3,5
Галька дрібна	1,20-1,40	Одиночна мостова	2,0-3,0
Суглинок легкий	0,40-0,90	Подвійна мостова	2,5-4,0
Суглинок середній	0,50-1,00	Дернина	1,0-1,5
Суглинок важкий	0,60-1,20		

Коли канал прокладається в пухких ґрунтах, то не розмивна швидкість зменшується на 15%. При наявності в потоці завислих наносів не розмивна швидкість збільшується на коефіцієнт  $K$ , який дорівнює

$$K = \sqrt{1 + 3\rho^{2/3}}, \quad (7.10)$$

де:  $\rho$  - мутність потоку,  $\text{кг/м}^3$ .

Використовують також формулу С.А. Гіршкана:

$$V_{н.р.} = kQ^{0,1}, \quad (7.11)$$

де:  $k$  приймають рівним від 0,53 для супісків до 0,85 – для глин.

**Швидкість, що не замулює каналу. Мінімальна швидкість руху води, при якій наноси певного гранулометричного складу транспортуються каналом і не випадають на дно називається допустимою на замулення. Середня швидкість, що не замулює каналу ( $V_{н.з.}$ ) визначається за формулою С.Х. Абольянца:**

$$V_{н.з.} = 0,3R^{1/4}, \quad (7.11)$$

**Середня швидкість - швидкість потоку води, однакова у всіх точках живого перерізу, з якою через даний переріз проходить постійна витрата.** Середня швидкість води в каналі (м/с) визначається за залежністю:

$$V = Q/F, \quad (7.12)$$

де:  $F$  – площа поперечного перерізу ( $F = bh + mh^2$ ),  $m^2$ ;  $Q$  – витрата води,  $m^3/c$ .

або за формулою Шезі:

$$V = C \sqrt{Ri}, \quad (7.14)$$

де:  $C$  — коефіцієнт Шезі;  $R$  — гідравлічний радіус,  $m$ ;  $i$  — ухил поверхні води, рівний ухилу дна водосток.

Витрати води в зрошувальних каналах непостійні в часі. Це обумовлюється утратами води на транспірацію й випаровування, періодичністю поливів, залежить від метеорологічних умов року, водоносності джерела зрошення, зміни культур у зрошуваних сівозміні й ін. У внутрішньогосподарські розподільники молодшого порядку й тимчасові зрошувачі, воду подають періодично. Після закінчення поливів у внутрішньогосподарську мережу подачу води в канали припиняють. **Витрати зменшуються і на довжині каналу, тому що вода з нього подається в канали молодшого порядку, а також губиться на фільтрацію й випаровування.**

Втрати води на випаровування розраховують за рівнянням:

$$E = 0,0116he(\beta + 2m), \quad (7.15)$$

де:  $h$  — глибина води в каналі,  $m$ ;  $e$  — шар води, що випарувався за добу,  $m/добу$ ;  $\beta$  — відношення ширини каналу дном до глибини води в каналі  $h$ ,  $\beta = b/h$ ;  $m$  — закладення укосу каналу.

При визначенні витрат води враховують загальний план водокористування, що складається на основі внутрішньогосподарських планів і гідрологічного режиму джерела води й ґрунтово-меліоративні умови зрошуваних земель.

**Сума витрат води одночасно працюючих каналів** (господарських розподільників) дає витрату каналу який живить їх, водою міжгосподарського розподільника. Витрата головного (магістрального) каналу зрошувальної системи дорівнює сумі витрат міжгосподарських розподільників, що живляться ним.

**Витрату води наприкінці каналу називають витратою нетто, а на початку (у голові) — витратою бруто.**

**Витрата для всього каналу складається з витрат каналів молодшого порядку й дорівнює витраті води в його голові.**

**Нормальна витрата** — це найбільша витрата води, що пропускається каналом тривалий час. **Мінімальна витрата** — це найменша витрата, що пропускається каналом за планом водопостачання. **Форсована витрата** — це збільшена нормальна витрата, що пропускається каналом протягом короткого проміжку часу.



Відносні втрати (% на 1 км довжини каналу) води на фільтрацію (за А. Н. Костяковим) :

$$\sigma = A / Q^m \quad (7.16)$$

де:  $Q$  — витрата води в каналі,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; коефіцієнт  $A$  і показник ступеню  $m$  залежать від характеру ґрунтів, що складають ложе каналу. Для важких, середніх і легких ґрунтів коефіцієнт  $A$  складає відповідно 0,7; 1,9 і 3,4, а  $m$  — 0,3; 0,4 і 0,5.

Абсолютні втрати води на фільтрацію з каналу за Гіршканом С.А. ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$Q_n = (\sigma Ql)/100, \quad (7.17)$$

де:  $l$  — довжина каналу, км.

**Коефіцієнт корисної дії (ККД)** каналу рівняється відношенню витрати води в кінці каналу до його витрат у голові каналу.

**Коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи** — відношення об'єму води, поданої на поля до об'єму води, що поступила в голову магістрального каналу. Чим більша площа зрошувальної системи, тим більша довжина зрошувальних каналів, тим більші втрати води на фільтрацію і тим менший ККД зрошувальної системи.

### 7.3.6. Водоскидна й дренажна мережа

**Екологічне значення мережі. Водоскидну й дренажну мережу** створюють для захисту від затоплення й заболочування, а отже, можливого засолення ґрунтів на зрошуваній території. У сполученні зі зрошувальною вона забезпечує двостороннє регулювання водного режиму ґрунтів.

**До водоскидної й дренажної мережі відносяться:** 1) канали огороджувальної мережі — нагорні, нагорно-ловчі і ловчі, які не допускають надходження поверхневих і підземних вод на зрошувану ділянку; 2) головний водоскидний канал, або колектор, прокладають по найнижчих відмітках зрошуваної території, відводить скидні й дренажні води зі зрошуваного масиву; 3) міжгосподарський водоскидний канал, або колектор, приймає й відводить скидні й дренажні води з території декількох господарств; 4) господарський водоскидний канал, або колектор, приймає й відводить скидні й дренажні води з території одного господарства; 5) міждільничний або міжбригадний водоскидний канал, або колектор, приймає й відводить скидні й дренажні води, що надходять з території,

закріпленої за сівозміною або бригадними ділянками; 6) дільничний або бригадний водоскидний канал, або колектор, приймає й відводить скидні або дренажні води, що надходять з території, закріпленої за одною сівозміною або бригадною ділянкою; 7) дрібну водоскидну мережу — поливну карту, чек, площадку влаштовують на дрібних ділянках.

*Глибину відкритих скидних каналів* визначають з умов пропуску максимальних витрат води. Рівень води у скидному каналі має бути на 5-10 см нижчим від дна розподілювача, який скидає в нього воду. Найменша відстань між скидними каналами 800-1200 м. Ці канали виконують у виїмці, відкоси їх – 0,75-1, ширина дна не менше 0,3 м. Усі зрошувальні канали з витратою 200 л/с і більше мають закінчуватися скидною спорудою й з'єднуватися зі скидною мережею для скидання зайвої води.

#### **7.4. Протифільтраційні заходи на каналах**

**Утрати води** на зрошувальних системах є великими і приносять матеріальний збиток, зв'язаний з марною витратою поливної води й сприяють заболоченню й засоленню зрошуваних земель. Утрати залежать від водопроникності порід, у яких проходять канали й досягають 50% поданої в систему води,

*Утрати води на випаровування, як правило, не перевищують 4-7% утрат на фільтрацію й у розрахунки не включаються.*

Утрати води зі зрошувальних каналів зменшують механічними, хімічними, електрохімічними способами й експлуатаційними заходами.

*Механічні способи — ударне ущільнення, затирання, укочування й розпушування ложа зрошувальних каналів.*

*Хімічні способи — солонцювання, бітумізація, силікатизація й обробка поверхні каналів хімікатами.*

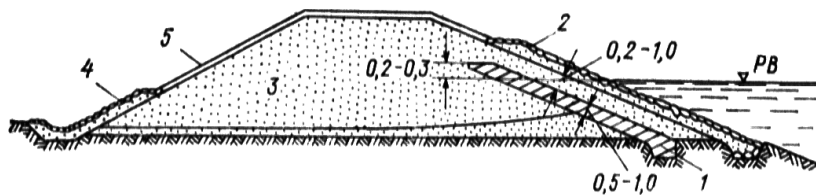
*Технічні способи — покриття каналів різними облицюваннями (бетонні, асфальтові, ґрунтові, кам'яне вимощення), устрій лоткової зрошувальної мережі, застосування синтетичних плівок.*

Найбільшого поширення одержали ущільнення і кольматація ґрунтів, бетонні, залізобетонні й асфальтобетонні облицювання, бетонно-плівкові й ґрунтові плівкові покриття.

**Ущільнення ґрунтів.** У результаті штучного ущільнення зменшується активна пористість ґрунту й водопроникність його падає в кілька разів. Ґрунт стає більш міцним і стійким до розмиву.

**Штучне ущільнення ґрунтів** у залежності від принципу дії машин, що застосовуються, розділяється на ущільнення ковзанками, трамбуванням, вібраторами. В умовах природного залягання ґрунтів застосовується ущільнення: а) вибухами, б) просадних ґрунтів — попереднім замочуванням, в) просадних ґрунтів — попереднім замочуванням із використанням енергії вибуху.

Ґрунт у ложі каналу ущільнюють як у період його будівництва, так і в період експлуатації (рис. 7.15).



*Рис. 7.15. Захист від фільтрації приканальної дамби:*

*1 – глина (суглинок); 2 – кам'яний накид; 3 – пісок; 4 – похилий фільтр і кювет; 5 – дернина або посів трав.*

При будівництві каналів найбільш ефективно застосування кулачкових ковзанок і ковзанок на пневматичних шинах. У залежності від кількості проходів і маси ковзанки ґрунт ущільнюється на глибину до 50-60 см. У зв'язку з цим ковзанки використовуються в основному для шарового ущільнення ґрунту (із потужністю шару 35-45 см) при будівництві дамб каналів.

Кулачкові ковзанки доцільно застосовувати для ущільнення зв'язних ґрунтів. Ковзанками на пневматичних шинах ущільнюють зв'язні й незв'язні ґрунти.

Ударне ущільнення здійснюють машинами, що трамбують, або плитами екскаваторів. Укоси каналів глибиною більш 3 м ущільнюють за допомогою вальцових або плоских трамбувань, застосовуваних на одноковшевих екскаваторах як змінне устаткування, а дно каналів — за допомогою загально будівельних машин, що трамбують. Для малих каналів із шириною дна менше 1,5-2 м може бути використаний метод штампування при скиданні подовжного трамбування, яке виконується у профілі каналу, із висоти 1,0-1,5 м.

**Головна перевага трамбування — можливість ущільнення ґрунту на глибину 1,0-1,5 м. Трамбуванням ущільнюються зв'язні й незв'язні ґрунти, із порушеною й непорушеною структурою.**

**Ущільнення ґрунтів вібраційними машинами** засновано на зменшенні пористості ґрунту в результаті перерозподілу його часток при навантаженні, що періодично прикладається, тобто їхньої вібрації. Віброущільнення переважно незв'язних ґрунтів виконується причіпними й самохідними віброкотками, а також вібрувальними машинами на глибину до 1,2 м.

При ущільненні ґрунту забезпечують оптимальну вологість, що складає: для піску — 8-13%, супіску — 9-15 %, суглинку легкого — 12-18 %, суглинку важкого — 14-20 %, суглинку пилюватого — 15-22 %, глини — 16-26 %.

**Кольматація ґрунтів — процес заповнення порового простору ґрунту більш дрібними пилюватими й глинистими частками, що знаходяться у зв'язеному стані у фільтрованій воді.** Результатом кольматації є зменшення активної пористості ґрунтів і різке зниження фільтрації. Кольматувати можна піски різної крупності, зв'язні й структурні ґрунти, що мають тріщини і ходи землерийних.

**Існує два способи кольматації:** у воді, що рухається і спокійній. Швидкість руху в каналі при кольматації повинна бути 0,1-0,2 м/с. При кольматації у спокійній воді розчин глини вносять не в одному місці, а вздовж всієї ділянки з рівномірним розбризкуванням його на поверхню води в каналі. Він більш ефективний, ніж у воді, що рухається. Необхідна кількість глини для кольматації пісків визначається за залежністю:

$$P = 18DS, \quad (7.18)$$

де:  $P$  — кількість глини, кг;  $D$  — середній діаметр часток піску, мм;  $S$  — площа кольматації,  $m^2$ .

Кольматований шар піску легко руйнується тріщинами, що утворюються при замерзанні й висиханні ґрунтів. Тому кольматацію пісків застосовують для каналів постійної дії. При періодичній роботі каналів закольматований шар необхідно прикривати захисним шаром із піщаного ґрунту

Кольматація ґрунтів вибухом. Сутність методу полягає в тому, що динамічна ударна хвиля вибуху в не пружному водному середовищі передає миттєвий тиск на укуси й дно виїмки. Водопроникність ґрунту знижується, в основному, в результаті зміни мікроагрегатного стану висадженого ґрунту. Уміст мулистих часток

у суглинкових ґрунтах каналу після вибуху збільшується майже в 1,5 рази, а коефіцієнт фільтрації зменшується в 10 разів.

У залежності від діаметра часток кольматажного матеріалу швидкість у закольматованих каналах повинна бути не більшою 0,6-0,7 м/с. Кольматаж зменшує втрати на фільтрацію в 5-10 разів.

**Затирання (загладжування) ложа каналу** виконують тільки з поверхні спеціальним прасувальником, виготовленим за поперечним розміром каналу з листового заліза або бетону (залізобетону), або ж брезентовим мішком шириною 1 м, довжиною 1,5 м, наповненим піском або ґрунтом. Під час роботи поверхня каналу швидко руйнується (особливо на каналах періодичної дії), тому затирання доводиться виконувати перед кожним пуском води. При затиранні руйнується природна структура й дещо ущільнюється поверхневий шар, у результаті чого втрати на фільтрацію зменшуються в 2-4 рази.

Спосіб затирання ложа застосовують для каналів малих розмірів і періодично діючих, переважно на тимчасових зрошувачах.

**Солонцювання.** Цей спосіб полягає в просочуванні ґрунту дна й укосів каналу повареною сіллю або іншими солями натрію. Хімічні процеси, що відбуваються в ґрунті, додають йому властивості солонців, що мають слабку водопроникність. Для солонцювання ґрунту на 1 м<sup>2</sup> поверхні каналу необхідно 2-5 кг повареної солі. Тривалість дії солонцювання 3-4 роки. У перші два роки утрати води на фільтрацію в осолонцьованих каналах зменшуються в 2-5 разів. Солонцювання не рекомендують застосовувати на засолених ґрунтах.

**Бітумізація.** Просочуванням поверхневого шару ґрунту мазутом, нафтою, бітумною емульсією або кам'яновугільним дьогтем створюють слабо проникне ложе каналу. Кількість в'язкої речовини складає 4-12% маси ґрунту, що поліпшується, у шарі 6-12 см. Утрати води на фільтрацію при цьому способі зменшуються в 5-6 разів у перші роки. В міру зникнення ефірних олій ефект знижується. Тривалість служби бітумізованого ґрунту в середньому 4-6 років.

**При нафтуванні** канали поливають (кілька разів) нафтою, розігрітою до 150-160°C, ґрунт попередньо розпушують на глибину 5-7 см; після кожного поливання нафтою поверхню варто присипати просіяною землею, потім утрамбувати й укотити. Останній шар землі насипають товщиною 3 см. Витрата нафти на 1 м<sup>2</sup> поверхні каналу 10-12 кг. Такий вид облицювання перешкоджає заростанню укосів рослинністю, але легко руйнується механічно. При просоченні

бітумною емульсією грубозернистого піску фільтрація зменшується в 60 разів. При застосуванні бітумної емульсії на дрібнозернистих коефіцієнт фільтрації зменшується в 100 разів і більше.

**Силікатизація.** Цей спосіб боротьби з фільтрацією полягає в просочуванні ґрунту дна й укосів каналу силікатом натрію (рідким склом). Силікат натрію як в'язка речовина заповнює пори ґрунту й цементує його. Силікатизацію можна застосовувати на каналах, що проходять у дрібнозернистих незасолених ґрунтах і чистих пісках, не засмічених органічними домішками. Ґрунти, оброблені силікатом натрію, мають гарну водонепроникність, морозотривкі, але хиткі до впливу опадів. Під дією опадів в обробленій поверхні каналу утворюються тріщини, через які і відбувається фільтрація води.

**Електрохімічне закріплення.** Воно зв'язано зі зміною структури суглинкових і супіщаних ґрунтів — ущільненням і цементацією їх. Ці процеси відбуваються в товщі ґрунту під впливом постійного струму, що пропускається через ґрунт. Ущільненню можна піддати шар ґрунту каналу 10-60 см (товщину приймають у залежності від глибини промерзання ґрунту в даній місцевості).

Фільтрацію води з каналу можна зменшити в 7-8 разів, якщо діяти на ґрунт електричним струмом протягом 8-10 год. За дослідними даними, термін дії електрохімічного закріплення ґрунту не менше 10 років, при цьому антифільтраційні властивості ґрунтів із часом підвищуються.

**Облицювання каналів.** Якщо канали проходять у сильно проникних ґрунтах, а також при нестачі води, їх покривають антифільтраційним матеріалом — бетоном, глиною, бітумом і ін.

**Монолітні бетонні облицювання** застосовують для каналів усіх розмірів за умови механізованого провадження робіт. Товщину облицювання для каналів із витратою води менше  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  визначають відповідно до даних, приведених у табл. 7.14, а для каналів із великою витратою води — приймають на підставі розрахунку. У середньому товщина бетонних монолітних облицювань складає 8-15 см при глибині води в каналі від 1 до 4 м (рис. 7.16).

Закладення укосів у каналах із монолітними бетонними покриттями повинне складати не менше 1:1,5. З метою боротьби з підніманням зв'язних ґрунтів при замерзанні, облицювання укладають на піщано-гравійну підготовку товщиною 10-15 см. Збірні залізобетонні плити (табл. 7.15) застосовують для підвищення довговічності каналів і індустріалізації будівництва.

*Таблиця 7.14. Товщина облицювання зрошувальних каналів, см*

Глибина води в каналі, м	Бетон	Залізобетон	Асфальтобетон
1,0—1,5	6—8	6	5
1,5—2,0	8—10	6	5
2,0—2,5	8—10	6-8	6
2,5—3,0	10—12	6—8	6
3,0—3,5	12—14	8—10	6
3,5—4,0	12—14	10—12	8

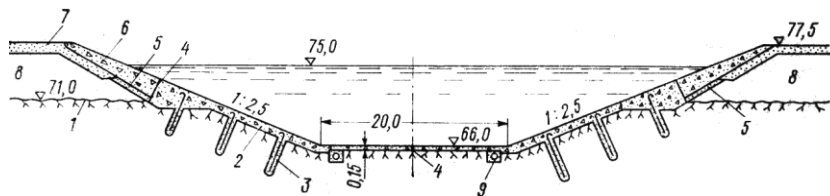


Рис. 7.16. Бетонне (монолітне) облицювання каналу:

- 1 – скала; 2 – бетонні облицювання; 3 – сталевий анкер; 4 – шов;  
5 – зворотній фільтр; 6 – бетонна лежача водопідйомна стінка;  
7 – піщано-гравійна суміш; 8 – суглинок; 9 – дренаж.

Таблиця 7.15. Параметри плит кріплення ґрунтових каналів

Глибина води в каналі, м	Шифр плити	Розміри, мм			Марка бетону
		довжина	ширина	висота	
До 3	НПК 60—10	6000	1000	60	300
1—3	НПК 60—15	6000	1500	60	300
1—3	НПК 60—20	6000	2000	60	300
1—3	ПК 30-15	3000	1500	80	200
1—3	ПК 30—20	3000	2000	80	200
1—3	ПК 30—25	3000	2500	80	200
3—5	ПКУ 30—15	3000	1500	100	200
3—5	ПК У 30—20	3000	2000	100	200
3—5	ПКУ 30—25	3000	2500	100	200

Примітка. НПК - плити з попередньо напруженою арматурою; ПК — із ненапруженою арматурою, ПКУ — посилені з ненапруженою арматурою; цифри в шифрі — габаритні розміри в дециметрах.

Бетонно-плівкові покриття являють собою протифільтраційний захист, що складається із плівкового екрана й монолітного або збірного бетонного або залізобетонного покриття. Для екрана застосовують стабілізовану поліетилен-нову плівку товщиною 0,2 мм відповідно до ДСТ 10354—63.

**Облицювання розбивають швами на окремі секції або панелі.**

За призначенням шви розділяють на усадочні, температурні й будівельні. Часто шви є й усадочними, й температурними. Будівельні шви сполучають із температурно-усадочними через 3-4 м або роблять монолітними.

Плити НПК і ПК застосовують для будівництва каналів із глибиною потоку води до 3 м, максимальною висотою хвилі — 0,5 м і товщиною льоду — до 0,5 м. Плити ПКУ використовують в каналах із глибиною води 3-5 м, висотою хвилі — не більш 1 м і товщиною льоду — до 0,8 м. Закладення укосів у каналах із збірними залізобетонними покриттями має бути не менше 1:1.

При довжині укосу 5 м і більше плити розміщують довгою стороною перпендикулярно до осі каналу. При меншій — розміщують довгою стороною паралельно осі каналу або застосовують змішану розкладку. Плити укладають на спланований укіс плитуукладачами на базі стрілового гусеничного крана.

**Деформаційні шви монолітних і збірних бетонних (залізобетонних) облицювань.** Конструкція шва має забезпечувати повну водонепроникність, задану довговічність з урахуванням навантажень і впливів на покриття каналу, виконуватися зі звичайних не дорогих матеріалів, дозволяти основні будівельно-монтажні роботи виконувати механізованим способом (рис. 7.17).

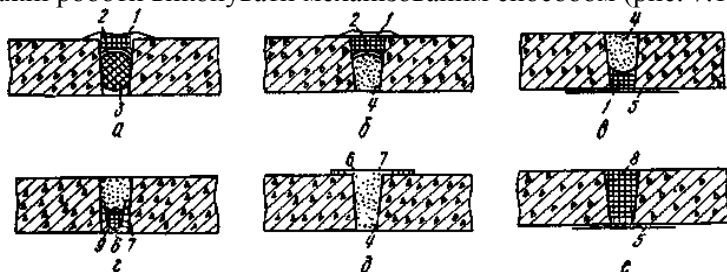


Рис. 7.17. Конструкція деформаційних швів, виконаних із використанням полімерних матеріалів:

а — на пороізовій прокладці; б — на цементному розчині; в — із захисним покриттям із цементного розчину; г, д — обклеювальний з армогерметика або тіколової стрічки; е — заливний або із застосуванням бітумно-полімерної мастики; 1 — полімерна мастика; 2 — проти адгезійний шар; 3 — прокладка пороізолу; 4 — цементний розчин; 5 — прокладка з рулонного матеріалу з протиадгезійним шаром; 6 — еластична смужка з герметика; 7 — клей з герметика; 8 — бітумно-полімерна мастика; 9 — м'який заповнювач.

**Комбіновані облицювання з поліетиленовими екранами.** В



останні роки широке виробництво полімерних плівок дозволило створювати комбіновані облицювання: ґрунтово-стрічкові, а також монолітні й збірні. Для виготовлення плівкових екранів використовують поліетиленову плівку марки С товщиною 0,2 мм, шириною смуги 2500 мм, чорного кольору.

При облаштуванні ґрунтово-плівкового екрана в русло каналу укладають плівку й засипають її захисним шаром ґрунту товщиною до 1 м. Так побудовані Саратовський і Куйбишевський канали з витратами відповідно 50 і 36 м<sup>3</sup>/с, а також Каховський магістральний канал із витратою 530 м<sup>3</sup>/с.

У місцях майбутніх стиків між збірними залізобетонними плитами необхідно передбачати укладання на плівку смуг із пергаменту або толі шириною не менше 20 см для захисту плівкового екрана від ушкоджень.

Закладення укосів на каналах із монолітними бетонно-плівковими облицюваннями повинно бути не менше 1:2,5, а в каналах із збірними залізобетонними покриттями на плівковому екрані — 1:2.

***Утрати води в каналах із бетонно-плівковим монолітним покриттям у 9-10 разів менші, ніж у каналах із монолітним бетонним облицюванням. У каналах із збірними залізобетонними плитами на плівці вони в 24-25 разів менші в порівнянні з таким само одягом без плівкового екрана.***

**Асфальтове покриття.** Цей вид антифільтраційного покриття може бути відкритим і у вигляді екрана. У першому випадку дно й укоси каналу покривають шаром асфальтового бетону товщиною 5-7 см. Попередньо поверхню каналу очищають від бур'янистої рослинності і добре вирівнюють, а ґрунт якісно трамбують. На підготовленій поверхні настиляють піщано-гравійну підготовку, на яку укладають асфальтобетон наступного складу: пісок (або піщаний ґрунт) 80%, бітум 10%, крейда 5%, кам'яновугільний пек 5%. Застосовують асфальтобетон, що складається з асфальтово-в'язкої речовини, піску й щебеню. Найкращий склад бетону за масою 1:1:2, де остання цифра відноситься до щебеню, а перші — до асфальтово-в'язкої речовини й піску.

***Шар асфальтового покриття товщиною 5-7 см зменшує втрати до нуля. Асфальтове покриття має пластичність і морозовитривалість, не реагує на дію солей, що знаходяться у воді, й легко виправляється при ушкодженні. Недоліки***

**асфальтового облицювання:** сповзання при високих температурах повітря маси асфальту й можливість проростання рослинами.

**Ґрунтові облицювання.** Їх виконують у вигляді екранів із глин. Глинистий екран влаштовують товщиною 10-20 см із стовщенням на дні каналу до 30 см. Ложе каналу добре вирівнюють, потім укладають глиняний одяг товщиною 10-20 см із пошаровим ущільненням і покривають захисним шаром ґрунту. Глиняні покриття зменшують утрати води на фільтрацію на 60-70%, устрій їх відносно дешевий, термін служби 6-8 років. *До недоліків цих покриттів відносять заростання рослинністю.*

**Кам'яний накид** у вигляді шару гравію або щебеню товщиною 15-20 см застосовується, в основному, для захисту від розмиву течією та хвильової дії (рис. 7.18). Основними недоліками кам'яного накиду є велика водопроникність, а значить, велика втрата на фільтрацію, та значна шорсткість.

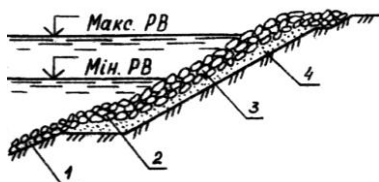


Рис. 7.18. Кріплення каналів кам'яним накидом:

- 1 — полегшене кріплення; 2 — упорна призма; 3 — кам'яний накид;  
4 — підготовка або зворотний фільтр.

## 7.5. Споруди на відкритій зрошувальній мережі

**Призначення гідротехнічних споруд.** Вони необхідні для: здійснення планового (за терміном і кількістю) забору води в систему; розподілу її між окремими районами, господарствами, полями сівозміни; регулювання витрат, рівнів і швидкостей води в каналах; виміру витрат і обсягів води; подолання різного роду перешкод, що зустрічаються на шляху транспортування вод,— ярів, доріг, каналів і т.д.

У залежності від призначення гідротехнічні споруди на каналах підрозділяються на 5 груп: 1) **водоспуски**, що регулюють витрати води; 2) **підпірні** (перегороджувані), що регулюють рівні води; 3) **сполучні**, регулюючі швидкості води; 4) **водопровідні**, призначені

для транспортування води через перешкоди; 5) *уловлювачі наносів* — для затримки наносів.

*Споруди на каналах підрозділяються на типові*, що мають однакову конструкцію й відрізняються одна від одної тільки розмірами, й *індивідуальні*. Перші будуються за типовими проектами, а другі — за індивідуальними.

Як типові, так і індивідуальні *гідротехнічні споруди бувають монолітними, збірними й комбінованими; за конструктивними ознаками – відкритими, діафрагмовими й закритими*. Їх будують із затворами й без них.

*Водоспуски* (регулятори) – *споруди з отворами для спорожнювання каналів, промивання їх від донних наносів та корисного перепускання води у розподільвачі*. Водоспуски (рис. 7.19) служать для регулювання планової подачі води з каналів старшого порядку в канали молодшого. Ці споруди, установлені на міжгосподарській і внутрішньогосподарській мережі, повинні бути водомірними для правильного регулювання й обліку води.

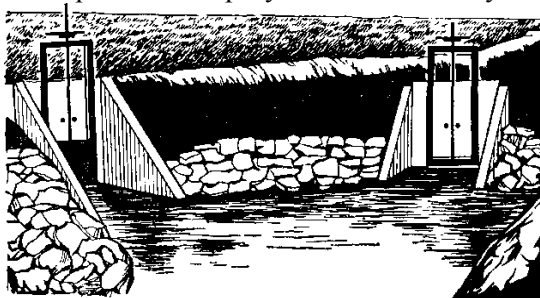


Рис. 7.19. Трубчасті збірні споруди

*Водоспуски будують із переїздом і без переїзду*. Водоспуски обладнують плоскими або сегментними робочими затворами, підйом і опускання яких здійснюється підйомниками ручними, гвинтовими або обладнаними електроприводом. Отвори водоспусків розраховують на пропуск форсованої витрати молодшого розподільника при нормальному рівні води в старшому каналі й на пропуск нормальної витрати при мінімальному рівні води в старшому каналі. Типові трубчасті водоспуски підбирають на пропуск форсованої витрати.

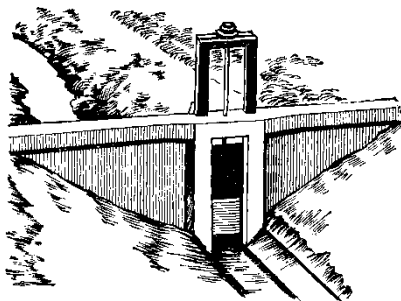


Рис. 7.20. Споруди на мережі з плоских блоків

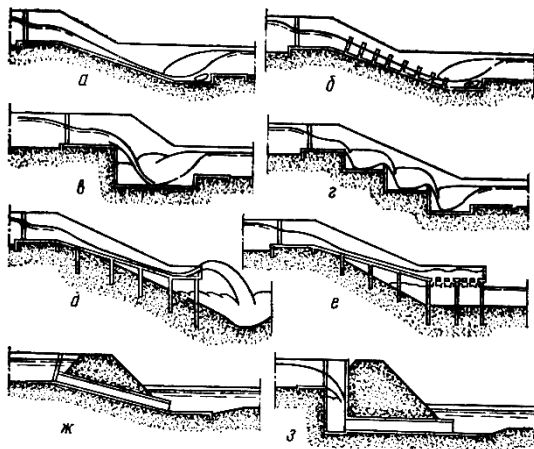
**Водопідпирні (перегороджувані) споруди** (рис. 7.20) призначені для підтримання в каналах необхідних командних рівнів води при пропуску витрат  $Q < Q_{\text{норм}}$ . Конструктивно вони являють собою шлюзи-водоспуски з щитовими затворами, якими цілком або частково перекривають водний потік і тим самим створюють підпір рівня води в каналі.

**Сполучні споруди** (рис. 7.21). Призначені для сполучення ділянок каналів, розміщених на різних відмітках у місцях падіння рельєфу місцевості, ділянок траси відкритих берегових водоскидів гідровузлів із глухими греблями. За умовами руху потоку води ці споруди ділять на дві основні групи: без відриву від жорстких границь (швидкохід, трубчасті швидкоходи, перепади); та з відривом від жорстких меж споруди на окремих ділянках (ступінчасті й консольні перепади).

**Регулюючі й підпирні споруди** часто поєднують у вузлах розподілу, що полегшує експлуатацію, облік води й створення командних рівнів води.

**Швидкоходи й перепади**, призначені для сполучення ділянок каналів із різними відмітками їхнього дна, забезпечують пропуск води у каналах у місцях сполучень без ушкодження русла, для чого енергія падаючого потоку повинна бути погашена в нижньому б'єфі.

**Швидкохід** — це бетонний похилий лоток, що з'єднує два канали, розташованих на різних рівнях. Лоток з'єднується з верхнім каналом входом у вигляді розтруба, а з нижнім — виходом у вигляді водобійного колодезя-заспокоювача. Для регулювання витрат і горизонтів води в щитовій стінці вхідного оголовка встановлюють щит.



*Рис. 7.21. Схеми сполучних споруд:*

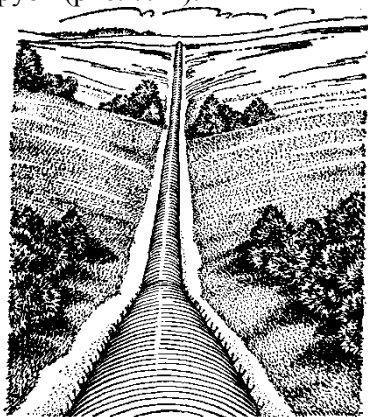
*а – гладкий швидкохід; б – швидкохід з посиленою шорсткуватістю;  
в – одноступінчастий перепад; г – багатоступінчастий перепад;  
д – консольний; е – решітчастий; ж – нахилений трубчастий;  
з – шахтний перепад.*

**Перепад** — це гідротехнічна споруда, виконана у вигляді ступенів для зосередженого падіння води в каналі. Перепади бувають двох основних типів: східчасті й консольні. Східчасті перепади бувають відкритими, напівнапірними і напірними. **Відкриті східчасті перепади** можуть мати різну форму порога. Найбільш поширена прямокутна форма. Для гасіння енергії на перепаді (рис. 7.21, б, в, г) споруджують стінки, що утворюють водобійні колодязі.

**Напірні** (закриті) **перепади** влаштовують при значних падіннях і крутих схилах, що не дозволяють будувати відкритий перепад. Вони представляють шахти або труби (рис. 7.21, з). Консольні перепади характеризуються наявністю в лотку консолі, із якої вода падає струменем на ділянку каналу, що сполучає, водойми. Їх влаштовують на кінцевих ділянках каналів, що скидають воду в водойми або скидну мережу.

**Водопровідні споруди**, призначені для транспортування води на ділянках перетинання каналів із природними (балки, ярами, річками) або штучними (канали, дороги, насипи) перешкодами. До них відносяться дюкери, акведуки, лотки водопропускні труби, тунелі.

*Дюкерами називаються напірні трубопроводи, що влаштовують для транспортування води під каналами, дорогами, річками балками й ін. Основні частини дюкеру — вхідний і вихідний оголовки і напірні труби (рис. 7.22).*



*Рис. 7.22. Дюкер*

*Дюкер* розраховують на пропуск нормальної витрати й перевіряють на пропуск максимальної й мінімальної витрат при швидкостях 1,5-4 м/с.

За матеріалом розрізняються дерев'яні, бетонні, залізобетонні, металеві та комбіновані дюкери. Дерев'яні дюкери витримують напори до 20 м, але через їх, недовговічність останнім часом, використовуються дуже рідко. При напорах 30-50 м влаштовуються бетонні дюкери, а залізобетонні дюкери з попередньо напруженою арматурою витримують напори до 100 м. Металеві (сталеві) дюкери можуть споруджуватись практично при будь-яких напорах, але через їх велику вартість потребують спеціального обґрунтування.

За числом ниток трубопроводів дюкери бувають одно очкові та багато очкові. За умовами експлуатації — заглиблені в ґрунт та укладені.

Для всіх типів дюкерів обов'язковим елементом є спряжені ділянки з каналом. Допоміжні частини — це решітки на вхідному оголовку, затвори, службові містки, водоспускні пристрої для спорожнення дюкеру.

*Акведуки* — гідротехнічні споруди мостового типу, що утворюють штучні русла для пропуску води над зниженими місцями: ярами, або дорогами, ріками. Замість проїзної частини в них

улаштований лоток для води. Акведуки, влаштовують із збірного або монолітного залізобетону (рис. 7.23), іноді з дерева або металу.

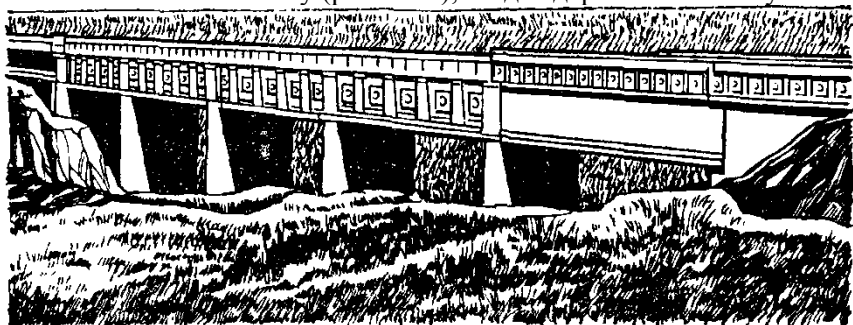


Рис. 7.23. Залізобетонний акведук

**Селепроводи за конструкцією схожі на акведуки** — це лотки на опорах для пропуску через канали, річки, дороги селевих потоків. Основні відмінності їх від акведуків, обумовлені особливостями пропуску селевих потоків, полягають у наступному: вхідна частина виконується у вигляді розтрубу з укріпленими дном та дамбами, чим забезпечується плавний підхід селевого потоку до споруди й попереджують її прорив в обхід споруди у канал; вихідна ділянка також укріплюється та огорожується дамбами; із верхової та низової сторін лотка русло селевого потоку перетинається поперечними стінками глибиною 4 м, що попереджують підмив лотка; лоток облицьовується матеріалом з великим опором проти стирання; ухил споруди приймають більшим, ніж ухил селевого русла з метою недопущення накопичення продуктів виносу перед спорудою. Вісь споруди проектується прямолінійною.

**Водопрпускні труби** застосовують при перетинанні каналів із насипами доріг, каналів, а також для пропуску під каналом поверхневих вод. Для їхнього устрою використовують круглі залізобетонні труби заводського виготовлення. Водопрпускні труби під дорогами називають трубами-переїздами.

**Тунелі. Гідротехнічний тунель** - **закритий водовід, прокладений у земній корі без виймання маси ґрунту, що знаходиться над ним.** Тунелі частіше всього будують у гірських умовах, коли на трасі водоводу (каналу, водоскиду) зустрічаються підвищення місцевості та вододіли, а також при будівництві тимчасових та постійних водоскидів високогірних гребель.

**Гідротехнічні тунелі будують у таких випадках:** вісь водоводу (трасованого каналу або водоскиду) знаходиться на значній глибині від денної поверхні й улаштування відкритої виїмки обходиться дорожче, ніж улаштування тунелю; траса водоводу перетинає крутий схил, на якому можливі зсуви, лавини, падіння каміння, що значно утруднюють спорудження та експлуатацію каналу; траса водоводу проходить по забудованій і густозаселеній місцевості.

Гідротехнічні тунелі класифікуються за різними ознаками.

**За призначенням розрізняються:** *енергетичні* (підводять та відводять воду від ГЕС); *водопровідні* та *каналізаційні* (у містах та великих населених пунктах); *судноплавні* та *лісосплавні* (на річках та великих каналах); *водоскидні* (на гідровузлах); *будівельні* (для тимчасового відводу води від місця будівництва в період виконання робіт); *комбіновані* (для вирішення декількох задач).

**За гідравлічним режимом:** безнапірні та напірні. Транспортні та каналізаційні тунелі можуть бути лише безнапірними.

**За розміщенням осі та характером гірської виробки:** *тунелі*, коли вісь виробки горизонтальна або злегка нахилена; *шахти*, коли вісь виробки вертикальна або круто нахилена; *штольні*, коли поперечний переріз невеликий і, має допоміжне значення; *штреки* — короткі виробки службового призначення.

**Відстійники** споруджують для затримки піщаних наносів і не пропущення їх у зрошувальну мережу з джерела зрошення. Вони являють собою розширені й заглиблені ділянки каналу, у яких потік зменшує швидкість, завдяки чому відбувається випадання наносів.

**Споруди на лотковій мережі.** Найбільш розповсюдженими спорудами на лотковій мережі є водоспуски з каналів у лотки, водорозподільники, скидання, переїзди, перепади й водоспуски з лотків.

**Головні водоспуски,** призначені для регулювання подачі води в лотки. Вони являють собою головну частину лотка, врізаного в дамбу каналу й обладнану затвором на вході, або трубчастий регулятор.

**Водорозподільник** — це розподільний вузол, де вода з лоткового каналу старшого порядку розподіляється в молодші (дільничні) лоткові канали. Лотки, що відводять, приєднуються до розподільного за допомогою круглих або прямокутних у плані колодязів. Вхідні частини лотків, що відводять, обладнаються затворами.



**Скидання** влаштовують для спорожнювання лотків і запобігання їх від переповнення. У трубчастому скиданні перед колодязем установлюється затвор-автомат для підтримки в лотку постійного рівня.

**Переїзди** влаштовують у місцях перетинання лотків із дорогами. Вода під дорогою пропускається дюкером із залізобетонних труб.

**Перепади на лотках** влаштовують у тих випадках, коли ухили їх є більшими критичних. Найбільш часто будують перепади шахтного типу з розташуванням вхідних і вихідних лотків на різних позначках.

**Водоспуски** служать для подачі води з лотків у тимчасові зрошувачі й гнучкі трубопроводи. У якості водоспусків використовують трубчасті регулятори з плоскими або дросельними затворами, водоспуски у вигляді сталевих патрубків діаметром 300 і 400 мм, забитих у борти лотків і обладнаних засувками або тарілчастими затворами.

У тих випадках, коли гнучкі трубопроводи прокладають від ділянок лотків, у яких немає водоспусків, застосовують сифонні водоспуски в гнучкі трубопроводи. Ці сифони виготовляють із поліетиленових труб, склопластику або з листової сталі товщиною 1,5 мм.

**Водоміри** — споруди і пристрої, призначені для виміру витрат і обліку загальної кількості води, поданої у систему, господарство й безпосередньо на полив.

## 7.6. Номенклатура каналів і зрошуваних площ.

Скорочене позначення каналів зрошувальної й водозбірно-скидної мережі на планах і в інших проектних матеріалах установлене наступне.

**Зрошувальна мережа:** магістральний канал МК; гілки магістрального каналу — права ПГМК, ліва ЛГМК; міжгосподарські розподільники першого порядку — Р-1, Р-2 і т.д., другого — Р-1-1, Р-1-2 і т.д., третього — Р-1-1-1, Р-1-1-2 і т.д. (остання цифра вказує послідовність розташування розподільників від голови старшого каналу, а всі попередні позначають порядкові номери старших каналів); господарські розподільники першого порядку — Х-1, Х-2 і т.д., другого — Х-1-1, Х-1-2 і т.д., третього — Х-1-1-1, Х-1-1-2 і т.д. (остання цифра показує порядковий номер господарського розподільника, а всі інші позначають порядковий номер каналу

старшого порядку); дільничні розподільники — Д-1, Д-2 і т.д.; тимчасові зрошувачі — Т-1, Т-2 і т.д. (цифри позначають порядковий номер зрошувача або дільничного розподільника в даному господарстві).

Якщо зрошувальна мережа виконана з лотків або закритих трубопроводів, то його основному літерному позначенню додають відповідно букву Л або Т. Наприклад, РЛ-1-1 — перший лотковий розподільник другого порядку; УТ-2 — другий дільничний трубчастий розподільник.

Водозбірно-скидна мережа: водозбори першого порядку — В-1, В-2 і т.д. (цифри позначають порядковий номер водозбору, починаючи від упадання його у водоприймач); водозбори другого порядку — В-1-1, В-1-2 і т.д. (перша цифра вказує на порядковий номер водозбору першого порядку, а друга — на порядковий номер водозбору другого порядку, починаючи від місця упадання водозбору першого порядку); нагорні канали: НК-1 — перший нагорний канал у системі, НК-2 — другий нагорний канал у системі й т.д.

***Територія, укладена у встановлених границях зрошувальної системи, складає її валову площу.*** У неї входять зрошувані й незрошувані землі, а також озера, водотоки й ін.

Площа, зайнята посівами сільськогосподарських культур і насадженнями, поля яких передбачені проектом, називається ***зрошуваною площею нетто***, або поливною площею.

Площа, зайнята каналами, спорудами, дорогами, лісосмугами, будівлями, а також дрібні незручні ділянки, розташовані в границях зрошуваної території, але не зрошувані за ґрунтово-меліоративними й інших умовами, складають ***площу відчуження***.

Незрошувані великі масиви виділяють окремо і при визначенні коефіцієнта земельного використання не враховують.

***Зрошувана площа нетто разом із площею відчуження складає площу зрошення бруто.***

Для характеристики ступеня використання земельного фонду, розташованого в границях зрошувальної системи, застосовують наступні показники: 1) коефіцієнт використання валової площі; 2) коефіцієнт використання зрошуваних земель.

## 7.7. Закрита зрошувальна мережа

*Закриті зрошувальні системи мають наступні достоїнства:* відсутність утрат води на фільтрацію й випаровування, що забезпечує високий к. к. д. систем і підвищує зрошувальну здатність джерел зрошення; високий коефіцієнт земельного використання; можливість розподілу води на зрошуваній площі при складному рельєфі; сприятливі умови для здійснення автоматизації роботи зрошувальних систем; можливість використання природного напору на підвищених ухилах місцевості.

*До недоліків закритої зрошувальної мережі відносяться:* потреба у великій кількості труб, що значно підвищує капітальні й експлуатаційні витрати; електроенергії на створення потрібного напору в трубопроводах при відсутності або недостатності природного напору.

**Класифікація закритої напірної зрошувальної мережі.** У залежності від способу подачі води розрізняють два типи закритої зрошувальної мережі: із самотпливно-напірною закритою або комбінованою мережею; із механічною подачею води в закриту мережу.

У *самотпливно-напірній мережі* зрошувальна вода в трубопроводах транспортується за рахунок напору, створюваного природним ухилом місцевості. Тому її доцільно будувати на ділянках з ухилом від 0,003 і вище.

*Зрошувальні системи з механічною подачею води* застосовуються в тих випадках, коли рівень води в джерелі зрошення нижче поверхні зрошуваної ділянки або напір, створюваний природним ухилом місцевості, виявляється недостатнім.

У залежності від конструкції мережі закриті зрошувальні системи поділяються на стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні.

Найбільшого поширення одержала *стаціонарна мережа*, у якій вода транспортується трубопроводами, закладеними в землі. На підземних трубопроводах установлюють гідранти, через які вода подається в дощувальні машини або інші поливні устрої.

*Напівстаціонарна мережа* складається з підземних і пересувних поверхневих трубопроводів. За рахунок застосування пересувних польових трубопроводів будівельна вартість цих систем знижується, але зростають експлуатаційні витрати, тому що в процесі поливу трубопроводи необхідно переміщати полем.

**У пересувних закритих системах** трубопроводи розташовують на поверхні землі. Усю мережу можна розбирати й переміщувати на іншу ділянку. Для устрою трубопроводів застосовують асбестоцементні, напірні залізобетонні, напірні залізобетонні зі сталевим сердечником, сталеві, чавунні і пластмасові труби.

**Азбестоцементні труби і сполучні деталі до них.** Напірні азбестоцементні труби діаметром від 100 до 500 мм застосовують у зрошенні трьох класів: ВТ-9, ВТ-12, ВТ-15, із максимальним розрахунковим тиском відповідно 0,6; 0,9 і 1,2 МПа. Труби випускаються довжиною 2,95; 3,95; 5,0; 5,9 і 6,0 м. Для сполучення окремих труб використовують азбестоцементні або чавунні муфти з гумовими кільцями. Термін служби азбестоцементних труб — 20 років. Паскаль (Па) — тиск спричинений силою в 1 ньютон, рівномірно розподілений на поверхні площею 1 м<sup>2</sup>. 1 Па = 0,102 кгс/м<sup>2</sup> =  $7,5 \times 10^{-3}$  мм. рт. ст = 0,102 мм вод. ст.

**Залізобетонні напірні труби.** Залізобетонні напірні віброгідропресовані і центрифуговані труби в залежності від величини розрахункового тиску в трубопроводі підрозділяють на три класи: 1,5 МПа — І; 1,0 МПа — ІІ; 0,5 МПа — ІІІ. Труби випускаються діаметром від 500 до 1600 мм із товщиною стінки 55—105 мм і довжиною 5 м. Для герметизації з'єднань труб застосовують ущільнювач — гумові кільця. Термін служби труб — 40 років.

Залізобетонні напірні труби зі сталевим сердечником складаються зі звареного сталевого циліндра, каліброваного сполучного кільця, внутрішнього й зовнішнього покриття із дрібнозернистого бетону, напруженої спіральної арматури, навитої на сталевий сердечник, і гумового ущільнювального кільця. Труби виготовляють діаметром 250-600 мм довжиною 5 і 10 м із товщиною стінки 40,5-47,5 мм. Призначені вони для прокладки напірних трубопроводів. Глибина закладення труб — 2-4 м. Термін служби — 50 років.

Сталеві труби застосовують декількох типів. Сталеві електрозварювальні труби використовують при робочому тиску 2 МПа і більше. Зовнішня поверхня, захищена від корозії резиново-бітумною ізоляцією. З'єднання труб здійснюється зварюванням. Термін служби таких труб — до 20 років.

Сталеві електрозварювальні спірально-шовні тонкостінні труби з захисним покриттям на основі лаку етанол виготовляють із рулонної вуглецевої сталі марки Ст 3. Труби діаметром 200-400 мм із

товщиною стінки 1,8-4,0 мм, довжиною 5; 6; 9 і 12 м розраховані на робочий тиск до 1,5 МПа. З'єднання труб здійснюється за допомогою обичайок довжиною 100 мм, накладених і приварених до торців труб (20 мм). Обичайки – відрізки труб нафтового асортименту.

Труби укладають на глибину не менше 0,7 м. Термін служби — від 10 до 20 років. Застосування спіральньо-шовних труб забезпечує велику економію металу, швидкість і легкість монтажу.

Сталеві електрозварювальні тонкостінні труби з внутрішнім цементно-піщаним і зовнішнім бітумним або етаноловим покриттям випускають діаметром від 219 до 530 мм. Вони розраховані на робочий тиск до 2 МПа. З'єднуються труби муфтами типу «Жибо». Глибина закладення їх — до 2 м, термін служби — 10 років.

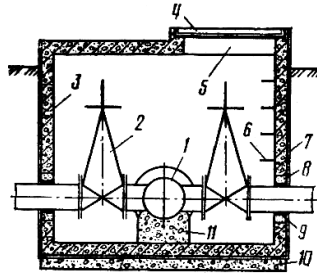
**Чавунні труби.** Їх випускають розтрубними або з гладким торцем. Для ущільнення стиків застосовують гумові кільця, що самоущільнюються. Діаметр чавунних труб — від 65 до 1000 мм. Довжина труб 2, 3, 4, 5 і 6 м. У чавунних трубах типу «напірні під закарбування» робочий тиск обмежується міцністю стику й не перевищує 1 МПа. У трубах типу «напірні, безрозтрубні» герметичність стикових з'єднань забезпечують за рахунок сполучних муфт. Термін служби чавунних труб — до 60 років.

**Пластмасові труби.** Поліетиленові напірні труби випускаються типів Л, СЛ, С і Т, розрахованих на максимальний тиск води відповідно 0,25; 0,4; 0,6 і 1,0 МПа. Труби виготовляють довжиною 6, 8, 10 і 12 м. Поліетиленові напірні труби можна використовувати для транспортування води температурою не вище 30 °С. Термін служби — до 40 років.

**Споруди на закритій зрошувальній мережі.** *Для роботи закритої мережі на ній будують розподільні колодязі, гідранти-водоспуски, упори, колодязі й кінцеві скиди для випорожнення трубопроводів і промивання труб від наносів, гасителі надлишкового напору.*

**Розподільні колодязі** становлять у вузлах водорозподілу, монтуючи в них засувки (рис. 7.24) для регулювання розподілу води між трубопроводами або його ланками. Як правило, засувки ставлять на початку зрошувальних і розподільчих трубопроводів старшого порядку. Сполучну арматуру (хрестовини, трійники, переходи й ін.) можуть бути чавунними, стальними, залізобетонними.

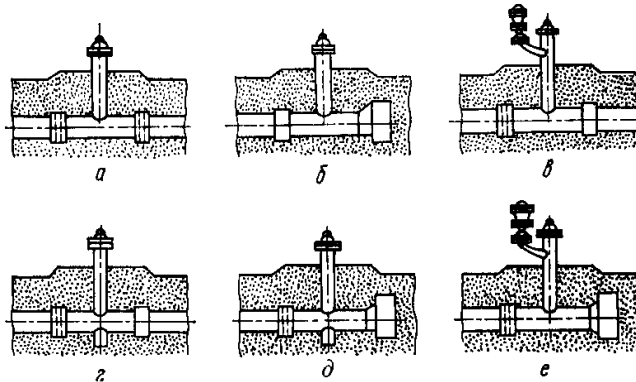
**Патрубки** застосовують для з'єднання трубопроводу з регулюючою, запірною й іншими видами арматури на мережі.



*Рис. 7.24. Конструкція розподільного колодязя:*

*1 – трійник; 2 – засувка; 3 – залізобетонний колодязь; 4 – кришка; 5 – люк;  
6 – скоба; 7 – гідроізоляція; 8 – цементний розчин; 9 – асфальтова мастика; 10 – піщано-гравійна бетонна підготовка; 11 – бетонна подушка*

**Гідранти водоспуски** служать для подачі води із трубопроводів у тимчасові зрошувачі, в дощувальні машини (рис. 7.25), в поливні гнучкі й жорсткі трубопроводи. Розміщують їх на зрошувальних трубопроводах. Відстань між гідрантами-водоспусками для машини “Волжанка” 18 м, “Дніпро” – 54, “Фрегат” 400-1140 (в залежності від модифікації машини).



*Рис. 7.25. Типи гідрантів для підключення до трубопроводів дощувальних машин Волжанка, Дніпро:*

*а – водоспуск; б – кінцевий; в – з вантузом;  
г – зі скидом; д – кінцевий із скидом; е – кінцевий з вантузом.*

**Скидні колодязі** призначені для вивільнення труб від води на зимовий період, для промивання й на випадок ремонту. Вода через спеціальні відводи скидається в природні пониження або в колекторно-дренажну мережу.

Кінцеві скиди служать для промивання труб від наносів і сміття, а також для спорожнення трубопроводів. Вода з них поступає в скидні канали.

**Хрестовини** встановлюють у місцях відгалуження двох трубопроводів молодшого порядку від трубопроводу старшого порядку.

**Переходи** встановлюють у місцях зміни діаметрів трубопроводу.

**Відводи** встановлюють у місцях повороту трубопроводу. Відвід з кутом  $90^\circ$  називають коліном.

**Арматура на закритій зрошувальній мережі.** До арматури на закритій зрошувальній мережі відносять: засувки, зворотні й запобіжні клапани, вантузи, регулятори тиску.

**Засувки з ручками й електричним приводом** в голові трубопроводу встановлюють для регулювання витрати й напору, для виконання ремонтних робіт і для спорожнення зрошувальної мережі.

**Зворотні клапани** ставлять на напірній лінії для запобігання зворотного току води через насоси при їх зупинці й на трубопроводах для зменшення гідравлічного удару.

**Вантузи** встановлюють на трубах у найвищих точках трубопроводу для автоматичного випуску й впуску повітря при спорожненні й заповненні їх водою, а також видалення повітря, що виділяється із води. Для впуску й випуску повітря використовують також гідранти.

**Регулятори тиску** для автоматичного підтримування постійного розрахункового тиску води установлюють у голові зрошувальних трубопроводів і перед дощувальними машинами “Фрегат”. Для збереження труб від механічного пошкодження динамічними навантаженнями їх укладають на глибину не менше 0,7-0,8 м, тобто менше глибини промерзання ґрунту. На зиму всі трубопроводи звільняють від води. При використанні трубопроводів при мінусових температурах їх укладають на 20 см глибше глибини промерзання ґрунту.

**Проектування закритої зрошувальної мережі на плані.** Закрита зрошувальна мережа складається з наступних ланок: магістрального або головного трубопроводу, розподільних трубопроводів різних порядків і польових трубопроводів.

Магістральний трубопровід транспортує воду від місця водозабору до зрошуваного масиву і розподіляє її між розподільними трубопроводами першого порядку, із яких вода подається в

розподільники другого порядку, а потім у польові трубопроводи.

Відстань між польовими трубопроводами в залежності від техніки поливу змінюється в межах 200-900 м.

## 7.8. Основні типи регуляторів та їх конструктивні особливості

За конструктивними ознаками розрізняються три основні типи регуляторів: відкриті, закриті або трубчасті та діафрагмові.

**Регулятор** (від лат. Regulo - впорядковую) — **автоматичний або неавтоматичний пристрій (сукупність пристроїв), що підтримує стале значення регульованої величини або змінює її за певним законом.** Це масові споруди на мережі, вартість яких складає 40 — 60 % від вартості всієї системи. При їх спорудженні необхідно використовувати стандартне обладнання й місцеві матеріали, конструктивні елементи повинні бути доступними для огляду та ремонту, допускати заміну деталей без порушення роботи.

**Водорозподільники** — це відкриті регулятори, що забезпечують поділ води в певних співвідношеннях між двома та більше каналами. Розміщуються вони поперек підвідного каналу фронтально до потоку, як і підпірні регулятори.

У практиці гідротехнічного будівництва меліоративних об'єктів використовуються дві основні схеми компонування водорозподільних вузлів: зближена та віддалена (рис. 7.26).

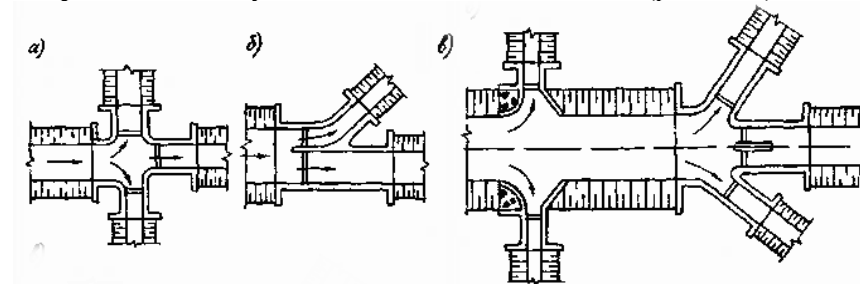


Рис. 7.26. Схема компонування розподільних вузлів:

а, б — зближена; в — віддалена.

**Трубчасті закриті регулятори** (рис. 7.27) складаються з труб, які розміщені на деякій глибині й поверхні, вхідного та вихідного оголовків, затворів з підйомниками та гасителів енергії в нижньому б'єфі. Їх застосовують в таких випадках: коли канал проходить у



глибокій виїмці; при значних коливаннях рівня верхнього б'єфа (0,5 м і більше); при відносно великих напорах пропускають малі витрати (водоспуски магістральних каналів); при влаштуванні переїзду через регулятор; при використанні їх як регуляторів-водомірів.

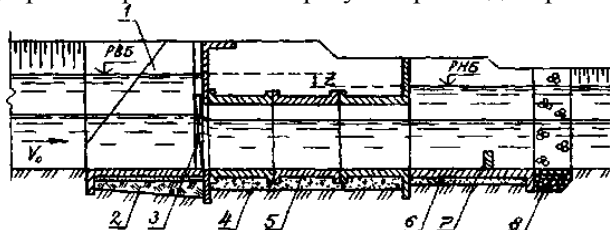


Рис. 7. 27. Трубчастий регулятор: 1 — пірнаюча стінка, 2 — понур, 3 — затвор; 4 — підготовка; 5 — ланка труби; 6 — водобій; 7 — водобійна стінка; 8 — кам'яна призма

При великих напорах трубчасті регулятори влаштовують з залізобетону, а при малих (на іригаційних системах) — із бетону. Основа під трубою повинна бути міцною, а для попередження фільтрації вздовж труби навколо неї укладають м'яту глину або важкий суглинок шаром не менше 0,5 м. Крім цього, іноді по довжині труби влаштовують ребра-діафрагми висотою 0,5-1,0 м.

Окремі ланки труб з'єднуються між собою за допомогою фальцевих, розтрубних, фланцевих та муфтових з'єднань (рис. 7.28).

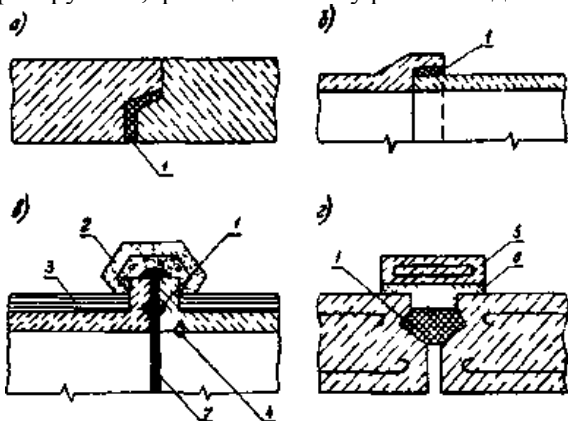


Рис. 7.28. Конструкції з'єднання бетонних та залізобетонних труб: а — фальцеве; б — розтрубне; в — фланцеве, г — муфтове; 1 — заповнення шва (гудрон, бітум, цемент); 2 — зворотний фільтр, 3 — глину; 4 — рубка для нагнітання гарячого бітуму; 5 — залізобетонна муфта; 6 — цемент; 7 — шов

*Затвори на трубчастих неавтоматизованих регуляторах* установлюються як на вході, так і на виході з труби (рис. 7.29, Ерхов М.С., Ільїн М.І., Місєнев В.С., 1991).

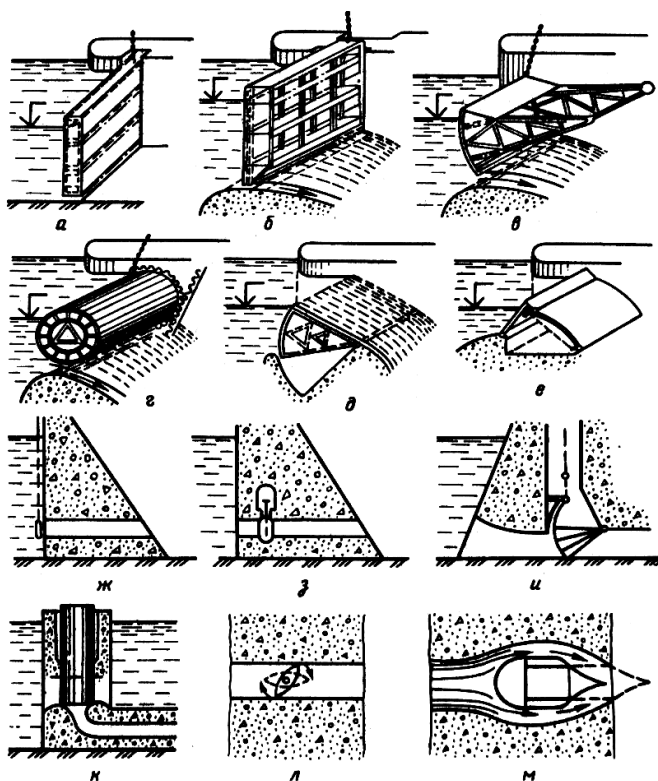


Рис. 7.29. Типи поверхневих (а-е) і глибинних (ж-и) затворів:  
а – шандорний; б – плоский; в – сегментний; г – вальцовий; д – секторний;  
е – дахоподібний; ж – плоский; з – засувка; и – сегментний; к – циліндричний;  
л – дросельний; м – голковий.

Установлення затворів на виході має ряд переваг: зручність управління, доступність огляду та ремонту, незмінність напірного режиму роботи труби. Але при цьому труба завжди знаходиться під напором, створюються умови для замулення при повному закритті затвора, виникає необхідність у влаштуванні ремонтних затворів або пазів на вході.

## 7.9. Принципи автоматизації та водовимірювання на гідромеліоративних системах

Гідромеліоративні системи, оснащені комплексом гідротехнічних споруд, що призначені для регулювання кількості води, рівнів води в б'єфах та кількості наносів. Керування водою в каналі — дуже складний та трудомісткий процес, який ускладнюється ще й тим, що режим подачі води, змінюється дуже часто.

*Автомати, які використовуються в гідротехніці, базуються на двох принципах — електричному або гідравлічному.*

*Електричні автомати потребують дротового зв'язку або радіозв'язку для передачі інформації на диспетчерський пункт, а також електричної енергії для приведення в дію цих автоматів.*

*Найбільш прийнятними та перспективними для меліоративних систем є гідравлічні автомати з вододіючими пристроями.* При створенні гідравлічних автоматів використовується ряд принципових схем, які дозволяють автоматув виконувати певні функції: забезпечувати пропуск постійної витрати, підтримувати заданий рівень вод верхнього або нижнього б'єфів, змивати накопичені наноси й так далі. На рис. 7.30 показано одну з таких схем, в якій поплавков 1, піднімаючись або опускаючись при зміні рівня води у верхньому б'єфі, забезпечує сталість напору  $H$  при вільному витіканні через водозлив з тонкою стінкою.

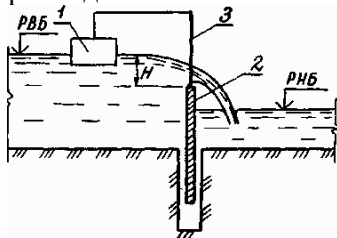


Рис. 7.30. Схема автомата постійної витрати:

1 — поплавок; 2 — водозлив; 3 — штанга.

При цьому витрата  $Q$  залишається незмінною, оскільки вона залежить лише від напору згідно залежності для водозливу з тонкою стінкою.

*Автоматичний затвор стабілізації рівня води нижнього б'єфа* (рис. 7.31) являє собою сегментний затвор з противагою. З боку противаги в спеціальній камері, яка сполучена з нижнім б'єфом,

розміщено поплавков. При зміні заданого рівня води в нижньому б'єфі поплавков переміщує затвор, зменшуючи або збільшуючи витрату води через споруду, що призводить до відновлення заданого рівня в каналі.

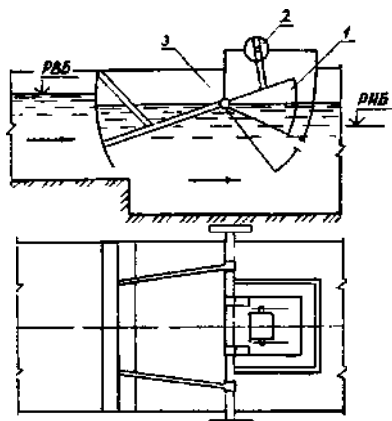


Рис. 7.31. Схема автомата стабілізації рівня води нижнього б'єфа: 1 — поплавков; 2 — пружина; 3 — важіль.

Для правильного регулювання водопостачання та контролю за використанням води необхідно проводити облік води. А тому кожний регулятор повинен бути пристосований до виконання функцій водомірного пристрою.

Регулятори, як правило, таруються і за тарувальними графіками в процесі експлуатації визначається витрата для будь-якого експлуатаційного випадку. У всіх випадках для реєстрації витрат для місцевого водообліку на системі використовуються витратографи, самописці рівня або інші спеціальні прилади, а для централізованого водообліку — прилади, що мають вихід у систему телемеханіки для централізованого контролю та управління.

## 7.10. Дороги й полезахисні лісосмуги

**Дорожня мережа** забезпечує пересування тракторів, машин, підвіз насіння і добрив, транспортування врожаю, нагляд за станом і роботою зрошувальних каналів і споруд.

**Основні дороги на зрошувальній системі:** 1) головна — уздовж головного зрошувального каналу й колектора; 2) міжгосподарська — уздовж міжгосподарського каналу й колектора; 3) господарська —

уздовж господарського розподільного каналу й колектора; 4) міждільнична — уздовж міждільничного розподільника й колектора; 5) дільнична — уздовж дільничного або бригадного каналу й колектора; 6) польові — уздовж каналів, лісосмуг і границь полів, їх роблять постійними.

**Польові й допоміжні дороги** відносяться до 3 категорії. Їх проектують з однією смугою руху, при цьому ширина проїжджої частини складає 3,5 м, обочини — 1,5 м, і земляного полотна — 6,5 м. **Внутрішньогосподарські дороги**, які з'єднують центральні садиби з іншими сільськогосподарськими об'єктами, а також дорогами загального користування відносять до I категорії або II в залежності від вантажних перевезень. **Дороги I категорії** мають дві смуги руху, кожна шириною 3 м, і з обочинами 2 м, а ширина земляного полотна складає 10 м. **Дороги II категорії** мають одну смугу руху шириною 4,5 м, обочини — 1,75 м, ширина земляного полотна 8 м (Ерхов М.С., Ільїн М.І., Місєнев В.С., 1991). Поперечні профілі доріг різного призначення приведено на рис. 7.32.

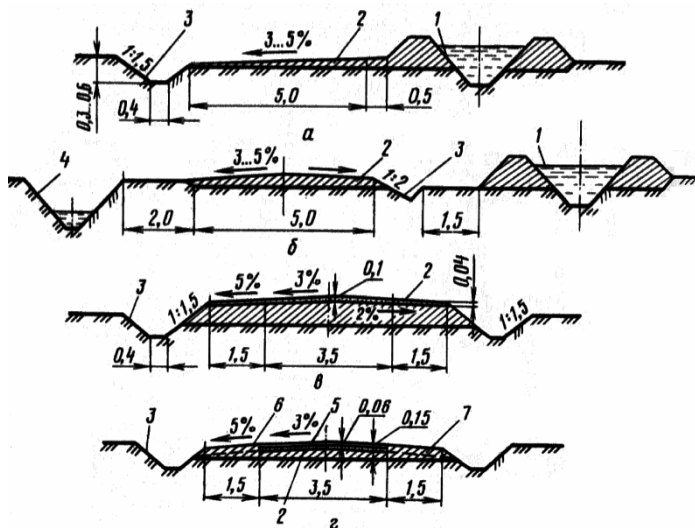


Рис. 7.32. Поперечний переріз профілю польових (а, б), внутрішньогосподарських із гравійним покриттям серповидного профілю (в) і внутрішньогосподарських доріг із гравійним покриттям і поверхневим обробитком бітумом (г): 1 — зрошувальний канал; 2 — насип; 3 — кювет; 4 — колектор; 5 — проїжджа частина; 6 — обочина; 7 — лійки шириною 15-20 см через 8-12 м, заповнені каменем або гравієм.

При дощуванні польові дороги проходять уздовж зрошувальних каналів або польових трубопроводів, із яких машини забирають воду. На зрошуваних пасовищах польові дороги влаштовують не тільки для руху машин, але й для прогону худоби.

Дороги уздовж великих каналів, що забезпечують під'їзд до великих гідротехнічних споруд, називають *експлуатаційними*. Вони, як правило, мають гравійне або асфальтове покриття, шириною не менше 3 м.

**Екологічне значення лісосмуг.** Щоб уникнути ерозії й замулення круті схили й траси уздовж великих каналів зрошувальної й водоскидної мережі засаджують лісом. Полезахисні лісосмуги створюють і на контурі кожної сівозміни або бригадної ділянки. Вони також знижують швидкість вітру, а отже, поліпшують мікроклімат приземного шару повітря й зменшують утрати зрошувальної води на випаровування, затінюють русло каналів і не дають розвиватися бур'янистій рослинності. У зоні фільтрації великих зрошувальних, водозбірних і дренажних каналів, водоймищ лісові посадки виконують роль біологічного дренажу.

**Умови розміщення лісосмуг.** Площа, яку займають лісосмуги, має бути не більшою 4 % від зрошуваної площі системи. Довжина лісосмуг уздовж магістральних і розподільчих каналів має бути не меншою 60 % довжини каналу. Ліс уздовж каналів і доріг не повинний заважати механізованому очищенню й ремонту каналів і споруд. Тому лісові культури саджають з однієї сторони каналу або залишають проходи уздовж його. Уздовж каналів дерева висаджують у 3-6 рядів, шириною 5-10 м, уздовж доріг — у 3-4 ряди, шириною 5-7,5 м. Відстань між рядами за умови механізованого догляду повинна бути 2,3-2,5 м, у ряді після проріджування — не більше 2 м (табл. 7.16). Посадку деревних культур сполучають із чагарниковою рослинністю. Чагарники висаджують на краях смуги, а також у ряді дерев. З боку пануючих вітрів ширину лісосмуги збільшують до 20-30 м. Вона повинна включати високо стовбурні дерева з добре розвиненою кроною.

Основні лісосмуги на краях зрошуваних полів, які тягнуться з півночі на південь, мають ширину 10-20 м і розміщують через 300-500 м, а допоміжні, що розміщуються перпендикулярно до основних — через 600-1000 м. На крутих схилах (більше 1,5—2°), підданих водній ерозії, основні лісосмуги розташовують поперек схилів на горизонталях або під невеликим кутом до них.

Таблиця 7.16. Розміщення лісових насаджень на зрошувальних системах

Елемент зрошувальної системи	Кількість рядів у лісовий смузі	Ширина лісосмуги, м	Розташування лісосмуг щодо каналу
Магістральні канали й крупні колектори	>5-8	18-25	З двох сторін
Гілки магістральних каналів і міжгосподарські розподільовачі	3	>10	З однієї сторони
Внутрішньогосподарські канали	2	6	З двох сторін
Внутрішньогосподарські канали	2—3	6-12	З однієї сторони
Канали колекторно-дренажної мережі	>2	>6	З двох сторін
Розподільні лотки	$\geq 3$	$\geq 9$	З однієї сторони
Розподільні лотки	$\geq 2$	$\geq 6$	З однієї сторони
Дороги	1—2	$\geq 3$	З двох сторін
Ставки, водоймища	$\geq 3$	$\geq 20$	По периметру
Межі зрошуваного масиву	$\geq 5$	$\geq 15$	По периметру
Межі полів сівозмін, садів	2—5	$\geq 6$	По периметру

Відстань між основними лісосмугами на зрошувальних системах із поверхневим поливом коливається в межах від 450 (бурі пустельні й напівпустельні ґрунти) до 500 (каштанові й сіроземні ґрунти) і до 600 м (чорноземні ґрунти). На рисових системах із поливом затопленням відстань відповідно складає 600—700—800 м. При застосуванні дощувальних і поливних машин відстань між смугами повинна бути кратною ширині захоплення машин. Відстань між поперечними лісосмугами приймають не більше 2 км, а на піщаних ґрунтах — 1 км.

**Породи дерев.** Для степових і лісостепових районів рекомендуються наступні породи дерев і чагарників: тополя пірамідальна, дуб, акація біла, береза, в'яз звичайний і вузько листковий, ільм, клен, тополя, липа дрібно листкова, шовковиця біла, груша, слива, алича, вишня, яблуня, абрикос, бересклет, лох, жовта акація, ірга, ліщина, жимолость, глід, гледичія й ін.

**Під конструкцією лісосмуги** розуміється ступінь і характер її проникності для вітру. **Розрізняють три основні конструкції**

**лісосмуги:** щільна, або не продувна, продувна внизу, щільна вгорі (продувна); ажурна, або рівномірно проника.

**Не продувні або щільні смуги** при погляді на них збоку (у профіль) являють собою в зеленому стані непроникну для погляду суцільну стіну лісу. Такі смуги здебільшого триярусні, тобто складаються з головних, супутніх деревних порід і чагарників до 50% числа рослин у смузі.

**Лісові смуги, що продуваються**, за своєю будовою мають унизу до висоти 1,5—2 м суцільні великі просвіти, у яких видно тільки стовбури дерев; угорі, у кронах, такі смуги зімкнуті. Чагарників у таких смугах немає — їх не висаджують або виробують.

**Ажурні лісосмуги** мають дрібні просвіти, більш-менш рівномірно розкидані по всьому подовжньому вертикальному профілю смуги, що займають приблизно 15—35% усієї площі цього профілю. Складаються такі смуги з деревних порід із невеликою домішкою чагарників, рідше — з одних деревних порід.

Полезахисні лісосмуги сприятливо впливають на умови виростання сільськогосподарських культур, зменшуючи силу вітру, поліпшуючи мікроклімат і снігозатримання. У середньому дальність впливу полезахисних лісосмуг складає 25—30, із навітряної сторони 2—3 висоти смуги. У безлистовому стані захисна дія смуг менша, вона дорівнює їх 15—17 висотам. При косих вітрах, що відхиляються від перпендикулярного до смуги напрямку, дальність зниження швидкості вітру зменшується.

Затримуючи сніг, лісосмуги збільшують весняну вологозарядку ґрунту, сприяють опрісненню засолених земель, поліпшенню структури й збагаченню ґрунту гумусом. Рівень ґрунтових вод під смугами й поблизу них навесні вищий, ніж у степу. У середньому під захистом лісосмуг врожайність підвищується: зернових — на 10—15%, овочевих і баштанних - на 20—30%, трав — на 100%. Одночасно підвищується й якість врожаю.

### Контрольні питання

1. Перерахуйте типи й склад зрошувальних систем. 2. Якими бувають водозабірні споруди, насосні станції? Чим обладнуються насосні станції? 3. Як розміщується провідна зрошувальна мережа у відношенні до меж господарств, сівозмін і пасовищ, полів? 4. Для чого і як облаштовується водоскидна, дренажна й дорожня мережа? 5. Як і для чого облаштовуються лісові смуги на зрошувальних системах? 6. Назвіть форми й елементи поперечного профілю каналів. 7. Які Ви знаєте схеми нарізання тимчасової



зрошувальної мережі? 8. З чого складаються витрати каналів? 9. Які ви знаєте гідротехнічні споруди на каналах? Яке їх призначення? 10. Як позначаються канали й зрошувані площі? 11. Які заходи боротьби із утратами води з каналів? 12. Що Ви знаєте про закриту зрошувальну мережу? 13. Яка арматура застосовується на тимчасовій і закритій зрошувальній мережі? 14. Охарактеризуйте основні типи регуляторів води на каналах та їх конструктивні особливості. 15. Яке значення водоскидів? Назвіть їх основні типи. 16. Що Ви знаєте про принципи автоматизації та водовимірювання на гідромеліоративних системах.

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТАХ**

Учення про солі і розчини пройшло тривалу історію розвитку і випробувало на собі вплив різних філософських точок зору про будову речовини, починаючи від корпускулярної теорії XVII ст. до сучасних матеріалістичних уявлень про будову й рух матерії, від пошуків універсального розчинника до знань закономірностей розчинення солей у багатокомпонентних системах.

З усієї розмаїтості солей, відомих сучасній хімії, меліораторів цікавлять тільки ті, які накопичуються у ґрунтах. Їх утворюють наступні аніони й катіони:  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ , що входять до складу більшої кількості простих і комплексних сполук. Вважається доведеним, що солі у ґрунтовій товщі накопичуються переважно в результаті підняття капілярами ґрунтових вод у верхні горизонти й випаровування їх із поверхні ґрунту (Висоцький, 1899-1905; Богдан, 1900; Гедройц, 1912; Віленський, 1924; Ковда, 1937, 1946 і багато інших).

Ґрунтові води, які заповнюють капіляри ґрунтової товщі, фактично стають розчинами. Усі зміни в них протікають у відповідності з умовами ґрунтового середовища як трьохкомпонентної системи, яка знаходиться під впливом різких коливань гідротермічних факторів, життєдіяльності рослин, тварин і людини.

**8.1. Особливості руху, усмоктування й фільтрації води в природних умовах, при поливах і промиванні ґрунтів**

*Найважливішими факторами, які впливають на зміну вологості ґрунтів поверхневого шару й напрямку руху води в ньому є:* 1) кліматичні умови місцевості; 2) коливання температури у товщі ґрунту; 3) властивості ґрунтів, які складають товщу; 4) глибина до рівня ґрунтових вод із врахуванням її коливання протягом року; 5) ступінь мінералізації води, яка заповнює пори ґрунту.

У більшості випадків ґрунт являє собою тіло, яке складається з трьох фаз: твердої, рідкої й газоподібної (повітряної).

Розрізняють наступні спрощені схеми співвідношення твердої, рідкої і газоподібної фаз ґрунту: двофазна система або ґрунтова маса (рис. 8.1 а); водонасичений ґрунт, який містить пухирці газу (рис. 8.1

б); трьохфазна система, де вільна вода не займає всіх пор між частками ґрунту (рис. 8.1 в); тверда фаза розподілена в суцільному газоподібному середовищі, тобто усі пори ґрунту заповнені повітрям (рис. 8.1 г).

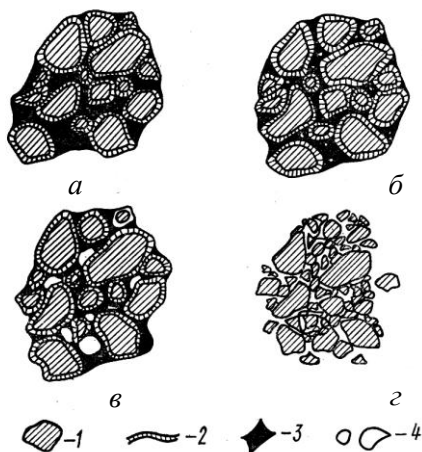


Рис. 8.1. Схеми співвідношення твердої, рідкої і газоподібної фаз ґрунту: 1 – частки ґрунту; 2 – плівки зв'язаної води; 3 – вільна вода; 4 – газоподібна фаза

**У природі існує річний цикл зміни вологості й температури ґрунтів верхніх шарів:** 1) Осіння стадія початкового підвищення вологості верхніх шарів ґрунту у результаті всмоктування атмосферних опадів і недостатнього випаровування (жовтень – листопад). У піщаних ґрунтах більша частина опадів, що випадають восени, просочується великими порами в глибину. У зв'язаних ґрунтах просочування води зменшується й вона накопичується у верхніх шарах; 2) Взимку під дією мінусових температур спостерігається стадія промерзання ґрунту, яка супроводжується переміщенням вологи з нижніх шарів у верхні (грудень – лютий). Особливо інтенсивно протікає переміщення вологи наверх, якщо зона промерзання досягає капілярно-насичених шарів. Чим довше затримується межа промерзання на одному місці, тим більше утворюється у ґрунті льодових кристалів; 3) Весняна стадія розмерзання характеризується максимальним вологонасиченням після встановлення плюсових температур на поверхні ґрунту (березень – квітень). Вологість ґрунту різко збільшується за рахунок

води, яка поступає при таненні льодових прошарків та снігу; 4) Стадія просихання верхніх шарів ґрунту настає після встановлення позитивних температур і випаровування, яке посилюється з ростом температур (травень – вересень).

Найбільш безперешкодно просочування вільної (гравітаційної) води в ґрунтах відбувається порами ґрунту під впливом сили тяжіння. Така вода, присутня у ґрунтах при надлишковому зволоженні. Максимально можливий уміст води у ґрунті або породі при повному заповненні усіх пор. Такий стан ґрунту називають повною вологоємністю або водомісткістю.

Токи такої води, яка фільтрується через ґрунт, зустрічають супротив із боку ґрунтового скелета, поступово втрачають напір і швидкість фільтрації.

Негравітаційне (капілярне) переміщення води відбувається в напрямку менш зволених зон ґрунту, що сприяє їх зволоженню й перезволоженню, особливо в період охолодження ґрунтового масиву.

***Капілярне переміщення води у ґрунтах і породах підпорядковується наступним законам фізики:*** 1) переміщення води капілярними порами у ґрунтах або інших тілах мало залежить від впливу сили тяжіння, але зверху вниз капілярна вода переміщується швидше ніж уверх; 2) напрямку руху води капілярними проміжками пористого тіла відбувається завжди в напрямку, протилежному рівню води; 3) висота капілярного підняття води зворотно пропорційна діаметру капілярів; 4) швидкість переміщення води капілярами тим повільніша, чим менший діаметр капілярів; 5) капілярне переміщення води залежить від її в'язкості, яка змінюється від температури, тому з підвищенням температури висота капілярного підняття води зменшується, а час переміщення води суттєво збільшується.

Усмоктування води трактується в літературі як здатність ґрунту сприймати воду, яка подається на поверхню, і проводити її від шару до шару в ненасичених горизонтах. Під фільтрацією води розуміють здатність ґрунту пропускати її через шари, насичені водою.

Найбільш чітко ця думка виражена Н. А. Качинським (1934) - поверхневі горизонти ґрунту першими насичуються водою, і тоді, коли у відношенні їх уже можна застосувати поняття про фільтрацію води у нижчі шари, підстиляючі їх горизонти будуть тільки усмоктувати воду. Усмоктування води залежить також і від густоти тріщин у товщі ґрунту (рис. 8.2).

Швидкість усмоктування води в більшості випадків дощування (природного й штучного на зрошувальних системах) характеризується згасаючою кривою гіперболічної форми (рис. 8.3).

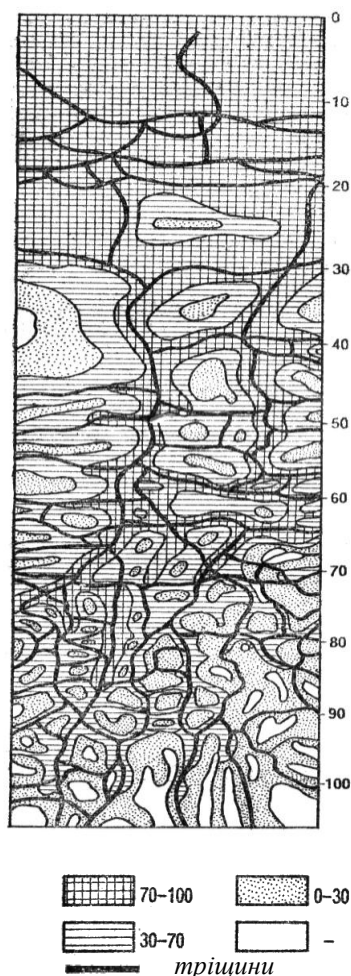


Рис. 8.2. Переміщення та рівень насичення вологою 0-100 см шару ґрунту (%) при дощуванні

Початкова велика швидкість усмоктування води відповідає процесові заповнення великих тріщин і пор. Кінцева низька швидкість усмоктування відповідає повільному проникненню води в тонкі тріщини й капіляри ґрунту. У природних умовах обидва процеси протікають одночасно, тільки перший переважає на початку надходження води на поверхню ґрунту, другий — наприкінці.

При поливах і промиваннях пересушених і тріщинуватих глинистих ґрунтів напуском верхня товща ґрунтів і порід насичується водою в іншій послідовності, ніж при зволоженні. Багаторазові спостереження за поливом напуском або борознами показують, що насичення ґрунтів водою йде в наступному порядку. Струмінь води, виходячи з поливної борозни, спрямовується вниз ухилу поверхні і на своєму шляху поглинається тріщинами.

У нижніх частинах тріщин, що нерідко досягають 1 м глибини й декількох сантиметрів ширини, вода розтікається в різні сторони, заповнює всю систему сполучених між собою тріщин і від дна їх піднімається до поверхневих шарів ґрунту. В таких умовах орні шари ґрунту насичуються водою в

останню чергу. Поверхнею насиченого вологою ґрунту, струмок

води спрямовується далі ухилом місцевості до наступної системи тріщин і наповнює їх водою у тому ж порядку. Через насичену ґрунтову товщу вода фільтрується в підстилаючі породи і ґрунтові води. Швидкість фільтрації води через певні шари ґрунту вважається величиною постійною і відповідно до закону Дарсі характеризується коефіцієнтом фільтрації.

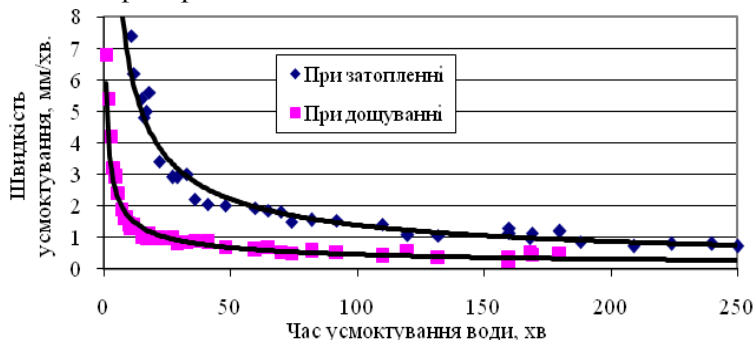


Рис. 8.3. Швидкість усмоктування води незасоленим ґрунтом (мм/хв.)

Стосовно до засолених ґрунтів треба вносити поправку, тому що у процесі фільтрації відбувається вимивання солей із ґрунту, яке супроводжується зміною фізико-хімічних і водно-фізичних властивостей товщі порід, що промиваються, а разом із тим і зміною їх фільтраційних властивостей (рис. 8.4).

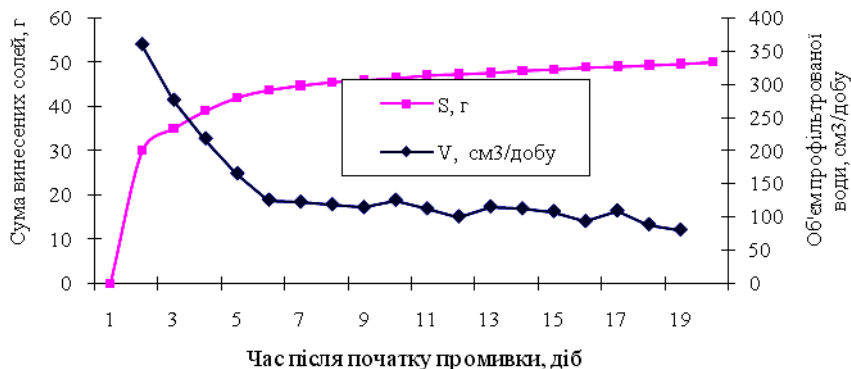


Рис. 8.4. Об'єм профільтрованої води ( $V$  см³/добу) у часі при промиваннях та сумарне виношення солей ( $S$ ) через 0-100 см товщу засоленого ґрунту (за даними П.С. Паніна, 1968 р.)

Варто відмітити, що одночасно з падінням швидкості фільтрації води скорочується загальний уміст солей у колонці (з 74,8 до 25 г) і зменшується мінералізація промивної води з 263 на початку до 2,2 г/дм<sup>3</sup> у кінці промивки. Отже зміна фільтраційних властивостей засоленних ґрунтів протікає одночасно з вилуговуванням солей і найбільша інтенсивність цих процесів співпадає в часі і припадає на початковий період промивок.

При промиванні лучного солончаку протягом 40 діб швидкість вбирання вологи ґрунтом змінювалась від 8,4-7,6 мм/хв. у перші п'ять хвилин досліду до 0,88 мм/хв. через 1,5 годин, до 0,10 – через добу, і до 0,026 мм/хв. через місяць.

На рис. 8.5 приведена крива швидкості усмоктування вологи ґрунтом, яка плавно переходить у криву швидкості фільтрації води. З характеру цієї кривої впливає досить важливий висновок: при подачі води на поверхню ґрунту суцільним потоком або інтенсивним дощем, що заливає відразу всю поверхню ділянки, що промивається, відбувається швидке усмоктування води верхніми шарами ґрунту й насичення їх до повної вологості. Швидкість усмоктування води шарами, що залягають нижче при цьому буде залежати вже не тільки від напору води на поверхні ґрунту або інтенсивності дощу, але й від фільтраційних властивостей насичених водою верхніх горизонтів.

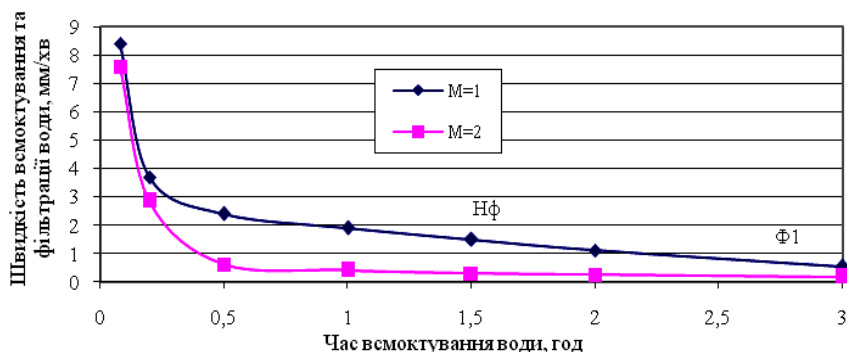


Рис. 8.5. Зміна швидкості всмоктування й фільтрації води в суглинистому хлоридно-сульфатному солончаку (за даними П.С.

Паніна, 1968 р.)  $M=1$  – зміна швидкості всмоктування води в півтораметровому моноліті, відірваному від корінних порід;  $M=2$  – те ж у метровому моноліті, не відірваному від підстилаючих порід;  $H_\phi$  – початок фільтрації води через  $M=1$ ;  $H_\phi$ -  $\Phi_1$  – швидкість фільтрації води мм/хв.

У зв'язку з цим на загальний процес усмоктування води ґрунтом із плином часу більше впливає швидкість фільтрації. Цим і пояснюється поступовий перехід кривої швидкості усмоктування в криву швидкості фільтрації води.

## 8.2. Розчинність солей у різних умовах

**Розчинність** – здатність речовин утворювати з іншими речовинами однорідну систему – розчин. Мірою розчинності речовин є концентрація її насиченого розчину при даних температурі й тиску. Розчинність твердих і рідких тіл у рідинах збільшується з підвищенням температури, а розчинність газів у рідинах від нагрівання зменшується й зростає із збільшенням тиску.

**Розчинниками називають індивідуальні рідини або рідинні суміші, які застосовуються для приготування розчинів.** Розрізняють неорганічні й органічні розчинники. Серед неорганічних розчинників найбільшого практичного значення набула вода, яка є найуніверсальнішим розчинником. З органічних розчинників найбільше значення мають: вуглеводні (бензин, гас, бензол, толуол тощо), спирти (етиловий, метиловий, аліловий та ін.), аміни (етиламін, анілін), кетони (ацетон), хлорорганічні сполуки (чотирихлорид вуглецю, хлороформ, дихлоретан) тощо.

**Розчинами називають гомогенні (однорідні) суміші з кількох компонентів (речовин).** В розчині компоненти рівномірно розподілені в усьому об'ємі, й кожний елемент об'єму характеризується однаковими хімічними й термодинамічними властивостями. Практично усі рідини, що є в природі, являють собою розчини. Крім рідких розчинів, існують газові розчини, їх називають газовими сумішами (наприклад, повітря) й тверді розчини (легкі сплави). Розчинення одного компонента у другому відбувається в деяких межах змінювання концентрації. За концентрацією розчиненої речовини розчини поділяють на насичені, ненасичені й пересичені.

**Насичений розчин** – розчин, що перебуває в динамічній рівновазі з надміром розчиненої речовини, тобто з такого розчину в одиницю часу виділяється стільки ж речовин, скільки поступає. Концентрація насиченого розчину характеризує розчинність речовин за даних умов. Розчинність виражається у відносній ваговій (%) і об'ємній (долі одиниці), ваговій ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), молярній ( $\text{кмоль}/\text{м}^3$ ) формах, у кг або молях на 1 кг чистої води.



Розчинність ґрунтових солей, як і всіх солей, - величина непостійна й залежить від багатьох факторів – найбільше від хімічного складу солей і температури середовища, концентрації інших солей у розчині, і розчинених газів особливо від парціального тиску  $\text{CO}_2$  у ґрунтовому повітрі, реакції середовища, обмінних реакцій між солями, між солями й увібраними основами. При однакових температурних умовах ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) солі розміщуються в наступному порядку при зменшенні розчинності:

1.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ;
2.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ;
3.  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ .

Солі першої групи мають найвищу розчинність у воді (до 27-70 г на 100 г насиченого розчину) й характеризуються відносно невеликими змінами її при підвищенні або пониженні температури середовища.

Солі другої групи порівняно із солями першої мають меншу розчинність при низьких температурах, різко збільшуючи її при підвищенні температури. Особливо показова в цьому відношенні сіль сульфат натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), розчинність якої при температурі від 0 до  $100\text{ }^\circ\text{C}$  підвищується з  $45\text{ г/дм}^3$  до 425, тобто майже в 10 раз, а розчинність соди зростає приблизно в 4 рази.

Ця властивість сульфату натрію змінювати розчинність має суттєве значення при визначенні термінів промивок сульфатних засолених ґрунтів. При промивках сульфатних солончаків у холодний період року промивна вода на поверхні ґрунту й верхніх горизонтах має більш низьку температуру, ніж у нижніх шарах. В міру поглиблення у ґрунтовий профіль температура промивних вод поступово підвищується, насиченість розчину буде сприяти розчиняти нові порції солей.

У третю групу водорозчинних солей приведеного вище ряду входять бікарбонати магнію й кальцію [ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ] та гіпс. Ці солі мають невелику розчинність і незначну їх зміну в різних температурних умовах.

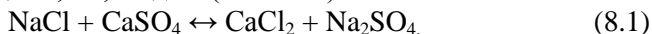
У природних умовах (соляні озера, ґрунтові води, ґрунтові розчини) зустрічаються не окремі чисті солі, а їх складні суміші, які утворюють багатокомпонентні системи, де солі неоднакового хімічного складу знаходяться в різних кількісних відношеннях між собою. У таких системах слабо розчинні солі завжди знаходяться як у розчині, так і у твердій фазі. Легкорозчинні солі у твердій фазі

зустрічаються значно рідше. Частіше вони входять до складу розчинів і частково дисоціюються на іони. В залежності від іонної сили навколо кожного іону існує гідратна оболонка з орієнтованих молекул води. Іони сильних кислот і основ безпосередньо впливають на розчинність солей слабих кислот, посилюючи або ослаблюючи їх розчинність порівняно з розчинністю кожної з цих солей при аналогічній температурі у чистій воді. Крім того, на розчинність солей, головним чином, карбонатів кальцію й магнію, сильний вплив має парціальний тиск  $\text{CO}_2$  повітря.

Прикладом мінливої розчинності під впливом інших солей може слугувати гіпс. Його розчинність у присутності хлориду натрію у різних температурних умовах досліджено протягом 1855-1950 років багатьма хіміками: Ланге, Сейнер (1855), Тилден, Шенстон (1885), Камерон (1901), Н.А. Орлов (1902), Дитріх і Камінер (1916), Сборгі (1926), С.А. Шукарев, Н.В. Кудряшова (1950) і ін.

При підвищенні концентрації хлориду натрію у розчині до  $317 \text{ г/дм}^3$  розчинність гіпсу дещо зменшилась, але не нижче  $5,8 \text{ г/дм}^3$ . У випадку зниження концентрації  $\text{NaCl}$  до нуля розчинність гіпсу знижувалась до  $2,08 \text{ г/дм}^3$ . Збільшення розчинності гіпсу у присутності хлориду натрію пояснюється взаємними реакціями між ними з утворенням інших солей:

За даними досліджень Е.Б. Штиріної й Е.В. Фролової (1949) та за даними інших авторів в інтервалі температур  $14-26^\circ\text{C}$  найвища розчинність гіпсу настає при концентрації хлориду натрію  $117-144 \text{ г/дм}^3$  і складає  $7,2-7,5 \text{ г/дм}^3$  (табл. 8.1).



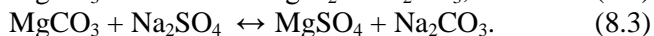
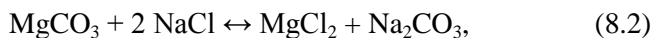
Таблиця 8.1. Розчинність гіпсу  $\text{г/дм}^3$  у залежності від концентрації хлориду натрію (за даними Е.Б. Штиріної й Е.В. Фролової, 1949)

NaCl	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	NaCl	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
217,23	5,816	50,04	6,003
283,50	6,102	19,81	4,312
331,51	6,654	14,87	3,850
180,75	7,056	10,07	3,405
152,13	7,230	4,97	2,899
138,76	7,236	2,49	2,438
119,87	7,216	0,0	2,083
86,10	6,865	-	-

Виходячи з приведеної схеми реакції, можна зробити припущення, що підвищення розчинності гіпсу у цьому випадку обумовлюється витратами частини катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  на утворення  $\text{CaCl}_2$ , а аніону  $\text{SO}_4$  на утворення  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Збільшення розчинності гіпсу у випадку витрати його  $\text{Ca}^{2+}$  на інші реакції, в тому числі й на поглинання колоїдами, спостерігається й при промивці ґрунтів.

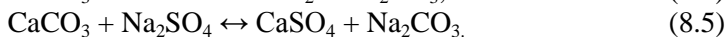
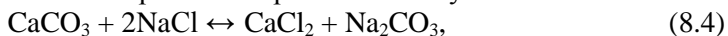
Присутність солей натрію у розчині впливає також і на розчинність карбонатів кальцію й магнію.

При розчиненні карбонату магнію у воді в присутності хлориду або сульфату натрію реакції між солями протікають за наступними схемами:



В обох випадках утворена сіль цих реакцій у розчині – нормальна сода. У зв'язку з цим при промивках засолених ґрунтів, які завжди вміщують карбонати лужних земель, хлорид і сульфат натрію, слід очікувати появи соди у ґрунтовому розчині й промивній воді, яка фільтрується через профіль ґрунту. Кількість соди буде тим більшою, чим більше буде у початкових солях сульфату й хлориду натрію.

У випадку розчинення у воді карбонату кальцію у присутності тих же солей натрію спостерігається наступне:



Після протікання цих реакцій утворюються солі, з одного боку, хлорид кальцію й гіпс, а, з іншого – нормальна сода.

У ґрунтовому середовищі на розчинність карбонатів має вплив наявність  $\text{CO}_2$  повітря. Розчиняючись у воді,  $\text{CO}_2$  утворює вугільну кислоту  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , й підвищує розчинність карбонатів лужних земель. Вплив парціального тиску  $\text{CO}_2$  на розчинність карбонатів вивчали Фриер, Джонсон і Кляйном (1929), а узагальнив ці дані К.К. Гедройц (табл. 8.2, 1955).

Отже, із підвищенням парціального тиску  $\text{CO}_2$  розчинність  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{MgCO}_3$  у воді зростає, але не пропорційно зростанню тиску  $\text{CO}_2$ . Так, при зростанні парціального тиску від 0,00031 до 0,96840 атм, тобто в 3123 рази, розчинність карбонату кальцію зросла тільки з 0,52 до 8,91 мг-моль в 1000 г води або в 17 разів, а розчинність карбонату магнію – у 21 раз з 10,13 до 213,5 мг-моль у літрі води. Варто наголосити, що при будь-якому парціальному тиску

розчинність карбонату магнію в 20-14 рази вища розчинності карбонату кальцію.

Таблиця 8.2. Розчинність кальциту  $\text{MgCO}_3$  у воді при температурі 25 °С в присутності різної кількості  $\text{CO}_2$

Парціальний тиск $\text{CO}_2$ , атм.	Уміст в 100 мл води, мг-моль	
	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
0,00031	0,52	10,13
0,00093	0,76	16,24
0,00334	1,17	22,10
0,00690	1,51	25,07
0,04320	2,87	45,01
0,11160	4,03	62,66
0,96840	8,91	213,50

### 8.3. Значення розчинності сполук

**Міграційна спроможність розчинених продуктів вивітрювання й ґрунтоутворення тим вища, чим більша їх розчинність у воді.** Такі малорозчинні сполуки, як силікати (ортотлаз -  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , альбіт –  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , анортит –  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  й ін.), вуглекислий кальцій ( $\text{CaCO}_3$ ) і доломіт [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ], при випаровуванні ґрунтових і підземних вод швидко утворюють насичені розчини, випадають в осад і акумулюються у осадових породах і ґрунтах. **Малорозчинні сполуки** [(силікати: рогова обманка –  $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})_3(\text{SiO}_3)_4$ , каолінит –  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , монтморилоніт -  $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , мусковіт –  $\text{H}_4\text{K}_2\text{C}(\text{AlFe})_6\text{Si}_6\text{O}_{24}$ ), вуглекислий кальцій, вуглекисле залізо ( $\text{FeCO}_3$ ) й марганець ( $\text{MnCO}_3$ ), фосфати кальцію ( $\text{Ca}_3\text{P}_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )] **не можуть мігрувати на далекі відстані від місця утворення.** Міграційна спроможність гіпсу значно вища, особливо у сумішах з іншими солями хлоридом натрію й магнію ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), коли розчинність гіпсу збільшується з 1,9 до 10-15 г/дм<sup>3</sup>. Розчинність гіпсу й вуглекислого кальцію сильно розрізняється, тому у природі часто зустрічаються порізно зони акумуляції вуглекислого кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ) й зони акумуляції гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), але у багатьох випадках вони концентруються у одних і тих же ґрунтах і наносах.

Значно вища розчинність вуглекислих і сірчаноокислих солей натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) та калію ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). Відповідно і їх, міграційна спроможність також набагато більша. Тому **циркуляція підземних і наземних вод сприяє вилуговуванню й переміщенню сульфатів і карбонатів лугів на порівняно далекі відстані й обумовлює їх просторове розділення від карбонатів і сульфатів кальцію**. Особливо велика розчинність хлоридів кальцію й магнію ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), а також нітратів натрію й кальцію [ $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ]. Міграційна спроможність цих компонентів незвичайно велика, і вони акумулюються зазвичай на значній відстані від місця утворення, формують розчини дуже високих концентрацій і ґрунти сильної засоленості.

**Найменшу розчинність у воді при 20 °C мають солі карбонат кальцію** ( $\text{CaCO}_3$ ) та сульфат кальцію ( $\text{CaSO}_4$ ) відповідно 0,8-0,9 та 2,0 г/дм<sup>3</sup>, **найвищу – нітрат амонію** ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) – 1770 г/дм<sup>3</sup>. Для інших солей ці значення такі: карбонат калію ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) – 11; гідрокарбонат натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ) – 98; гідрокарбонат кальцію ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) – 168; карбонат натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 218; нітрат калію ( $\text{KNO}_3$ ) – 318; хлорид калію ( $\text{KCl}$ ) – 340; сульфат магнію ( $\text{MgSO}_4$ ) – 445; хлорид магнію ( $\text{MgCl}_2$ ) – 545; хлорид кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ) – 745; нітрат натрію ( $\text{NaNO}_3$ ) – 845 г/дм<sup>3</sup>.

Відомо, що **розчинність деяких солей міняється у залежності від умов середовища: температури розчину, присутності, або відсутності супутників, які підвищують, або понижують їх розчинність**. Розчинність деяких сполук, наприклад, хлористого натрію ( $\text{NaCl}$ ), мало змінюється у залежності від температури. Тому хлористий натрій відзначається високою стійкою міграційною спроможністю незалежно від сезону як у жарких, так і в холодних широтах Землі. Розчинність вуглекислих і сірчаноокислих солей натрію ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ) й калію ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KHCO}_3$ ), є високою при температурі +20-30 °C, різко знижується при +10°C і особливо при нульових і мінусових температурах. Це веде до швидкого перенасичення ґрунтових вод і ґрунтових розчинів сірчаноокислими й вуглекислими солями натрію, випадінню їх в осад і відділенню від хлоридів.

Зазвичай легкорозчинні солі мігрують у ґрунтових розчинах і ґрунтових водах у вигляді сумішей. Присутність одних компонентів сприяє підвищенню або пониженню розчинності інших. Так, хлористий натрій дуже помітно підвищує розчинність вуглекислого

кальцію. При високих концентраціях сульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) знижується розчинність сірчанокислих солей кальцію ( $\text{CaSO}_4$ ). У цьому *проявляється вплив відомого правила про зниження розчинності солей у присутності однойменних іонів*.

*Вивчення геохімічних особливостей засолення ґрунтів і материнської породи в межах України свідчить про існування визначеної закономірності поширення їх на території.* У материковій частині геохімічні зони засолення ґрунтів змінюються в напрямку з півночі на південь - від зони Лісостепу до Присивашся - у міру зниження гіпсометрії у наступному ряді послідовності: содове, хлоридно-сульфатно-содове, содово-хлоридно-сульфатне, хлоридно-сульфатне, сульфатно-хлоридне (Марюшин, 1996 р.).

У Криму зміна геохімічних зон засолення відбувається в напрямку з півдня на північ - від передгір'їв до Присивашся - також у міру зниження гіпсометрії - у такій послідовності: гідрокарбонатне, сульфатне, сульфатно-хлоридне, хлоридне.

*Вплив органічної речовини на геохімічну рухомість елементів і їх сполук такий само значний, як і вплив мінеральних солей.* Так, гумусові кислоти, особливо фульвокислоти сприяють збільшенню рухомості заліза, марганцю, алюмінію, нікелю, кобальту, міді. Утворені фульвати з цими металами, як правило, розчинні й у великих кількостях поступають у ґрунтові розчини, підземні води, джерела й річки. Водні розчини цих органо-мінеральних сполук мають бурий і темно-бурий колір.

*Чим вищий рівень кольоровості води різних річок, тим вища у ній концентрація марганцю, нікелю, кобальту, міді, алюмінію, заліза.* Так, у водах Дніпра на долю вище перерахованих органо-мінеральних сполук припадає до 50-70 %, які утворюють гумусові кислоти. Розчини гумінової кислоти при кислотній або нейтральній реакції водного середовища сприяють осадженню алюмінію, заліза, марганцю, міді, нікелю, кобальту, цинку. У лужному середовищі утворюються рухомі колоїдні розчини гумітів лугів, які переміщуються з вологою у ґрунтах, поступають у підземні води й річки.

Рівень кислотності середовища з pH 5-6 і менше значною мірою сприяє зростанню рухомості сполук заліза, марганцю, алюмінію, доломіту ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ), гіпсу, які у кислому середовищі інтенсивно розчиняються й руйнуються.

Сполуки кремнію більш розчинні й рухомі у лужному

середовищі при рН більше 8. Алюміній має два піки розчинності при рН 3-3,5 та 9-10. У першому випадку алюміній веде себе як катіон, у другому – як аніон.

Трьохвалентне залізо випадає у осад при рН середовища 3-5, двохвалентне – 5,5-7,5, алюміній – 4-6, берилій – 6, цинк – 6-7, марганець – 8,5-10, магній – 10,5-11 (Ферсман, 1954).

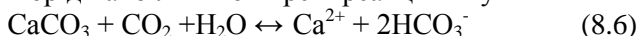
Мікроелементи Sr, Be, Cu, Zn, Cr, Mn, Co рухомі у кислому середовищі, а As, Cr, Mo, V – у лужному. Такі елементи як Li, Rb, Cs, Br, I рухомі у широкому діапазоні рН.

#### 8.4. Вилуговування

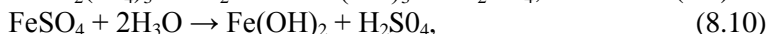
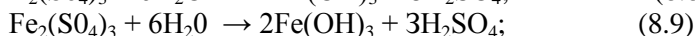
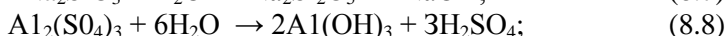
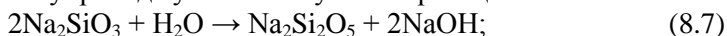
Під **вилуговуванням** розуміють перехід у рідку фазу одного або декількох компонентів твердої речовини під впливом водного розчину газів, кислот, лугів і інших речовин.

**На відміну від розчинення вилуговування - це більш складний і найчастіше необоротний процес, звичайний у природних умовах (наприклад, розкладання породи підземними водами).** Найбільш розповсюдженими в природних водах видами вилуговування є вуглекислотне вилуговування, гідроліз, окислювання. Усі види вилуговування супроводжуються хімічною взаємодією компонентів твердої речовини з водою й розчиненими в ній раніше речовинами (газами, кислотами, лугами й ін.).

При **вуглекислотному вилуговуванні** компоненти, що надходять із твердої речовини, взаємодіють із водою й розчиненим у ній вільним вуглекислим газом. Наприклад, при вилуговуванні карбонатних порід найбільш поширені реакції типу



При **гідролізі** відбувається зв'язування одного з іонів води або обох із компонентами твердої фази з утворенням важкорозчинних речовин. Наприклад, гідроліз силікатів натрію, сульфатів алюмінію й заліза супроводжується наступними реакціями:

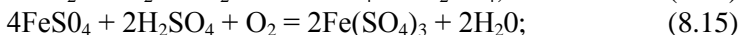
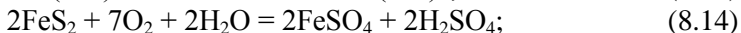
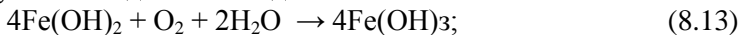


При гідролізі в системі вода - породи відбувається заміщення катіонів породи на водневі й гідроксильні іони, які утворюються у

великих кількостях при дисоціації води в присутності кислот:



При **окислюванні** речовини твердої фази ґрунту взаємодіють із киснем, розчиненим у воді й, утворюються нові речовини, які переходять у розчин і в залежності від розчинності утримуються в ньому або випадають в осад:



Зі збільшенням загальної концентрації різних солей у водному розчині зростає інтенсивність переходу в розчин деяких слабозрчинних сполук (кальцій, доломіт, гіпс і ін.). Розчинність солей, таких як  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$  і ін., дуже значно підсилюється, якщо в підземних водах містяться певні гази, кислоти, луґи й інші речовини, тобто вода зв'язана з процесом вилуговування.

**Процеси вилуговування й розчинення солей у ґрунтах і водовмісних породах відіграють головну роль при формуванні іонно-сольового складу іриґаційно-ґрунтових вод і вод порового простору зони аерації в наступних випадках:** 1) при інфільтрації прісних зрошувальних вод у засолені породах зони аерації; 2) при значній амплітуді коливань дзеркала ґрунтових вод у зоні засоленіх порід; 3) при русі іриґаційно-ґрунтових вод у напрямку областей розвантаження в умовах слабого водообміну; 4) при наявності у водах значної кількості хімічно активних речовин (кислот, газів, луґів).

## 8.5. Кристалізація

**Кристалізація** — це процес випадання кристалів солей з насиченого розчину у зв'язку зі зміною умов навколишнього середовища (температура, тиск), при яких раніше між рідкою й твердою фазою ґрунту існувала динамічна рівновага.

У системі вода — сіль концентрація, при якій у даних умовах починається випадання твердої фази, називається **концентрацією кристалізації**, а температура, при якій починається випадання твердої фази при постійній концентрації й тиску, називається



**температурою кристалізації.** При постійній температурі розчин не твердне цілком, незалежно від його концентрації.

У результаті наявності динамічної рівноваги між твердою й рідкою фазами в міру зниження температури весь розчин може перейти у твердий стан. Отже, отвердіння розчину відбувається протягом деякого інтервалу температур. При цьому, інтервал температури отвердіння розчину пропорційний концентрації розчиненої речовини. Температура, при якій відбувається повне отвердіння розчину, називається **евтектичною**. Чим вища розчинність твердої фази, тим нижча евтектична температура розчину. **При збільшенні концентрації багатокомпонентного розчину шляхом випарювання або при зниженні температури солі випадають в осад у порядку їхньої розчинності: спочатку випадають малорозчинні солі, потім більш розчинні.** Осад виділяється у вигляді чистої солі, кристалогідрату або їхньої суміші. У **кристалогідратах** до складу іонних кристалів входять нейтральні молекули води. З підвищенням температур кристалогідрат стає хитким і розкладається з утворенням менш гідратованої речовини, а при досягненні певної температури відбувається повне зневоднювання осаду.

Для того щоб розглянутий фактор почав робити значний вплив на мінералізацію й іонно-сольовий склад ґрунтових вод у період випаровування, повинні бути виконані наступні умови: 1) рівень ґрунтових вод має розміщуватися на глибині, при якій можливе безпосереднє випаровування із дзеркала води; 2) швидкості притоку й відтоку ґрунтових вод не повинні перевищувати певних значень.

У випадку випаровування вод із капілярної облямівки, зв'язаної з ґрунтовими водами, вода, випаровуючись, підвищує мінералізацію порових розчинів, збагачує ґрунт і породу солями. Мінералізація ґрунтових вод при цьому не збільшується. Збільшення мінералізації ґрунтових вод відбувається тоді, коли ці солі вмиваються назад у ґрунтові води під дією інфільтрації опадів або іригаційних вод. У цілому в результаті випаровування вод капілярної облямівки з наступним вмиванням у ґрунтові води продуктів випаровування за багаторічний період мінералізація ґрунтових вод підвищується одночасно зі зміною концентрацій окремих іонів. Таким чином, **безпосереднє випаровування з ґрунту впливає на мінералізацію й іонно-сольовий склад ґрунтових вод у періоди переваги випаровування над інфільтрацією.**

При **випарному концентруванні** в міру збільшення концентрації кожного з аніонів і катіонів у воді утворюються недисоційовані молекули різних солей, при певних їхніх концентраціях ці солі починають випадати в осад, тобто починається кристалізація. Цей процес підсилюється зі зниженням температури, тому у випадку насичення деякими солями ґрунтових вод при температурі випаровування вони випадають в осад лише через якийсь час, коли температура води понизиться. Наприклад, в умовах недостатнього зволоження (улітку) під впливом різних факторів, у тому числі й випаровування, у ґрунтових водах накопичуються сульфати натрію; узимку в результаті зниження температури велика частина сульфату натрію, що знаходився в розчині, випадає в осад у вигляді прозорих світлих великих кристалогідратів мірабіліту —  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , який при прогріванні порід збезводнюється й кристалізується у вигляді борошнистого білого порошку тенардиту  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

## 8.6. Іонний обмін

**Іонний обмін, або обмінна адсорбція**, — це процес поглинання поверхневим шаром адсорбенту іонів із розчинів електролітів, який супроводжується переходом у розчин еквівалентних кількостей іонів, поглинутих адсорбентом раніше.

Кількісно обмін іонів оцінюється ємністю **обміну іоніту**, тобто концентрацією здатних до обміну іонів у вбирному комплексі іоніту (у кг/екв на  $1 \text{ м}^3$  іоніту або кг-екв/кг). Ємність обміну в даних умовах є для даного іоніту величиною постійною. Умови іонного обміну значною мірою впливають на величину ємності обміну. Важливими факторами, що впливають на ємність обміну, є рН розчинів, концентрація іонів у розчині, дисперсність або величина внутрішньої поверхні іонітів, типи іонів, що обмінюються.

Величина рН середовища істотно впливає на обмінну ємність слабокислотних і слабоосновних іонітів; ємність сильнокислих і сильноосновних іонітів практично не залежить від величини рН. У природних умовах із збільшенням рН розчину ємність обміну природних адсорбентів підвищується. Це зв'язано з тим, що водневі іони, що володіють максимальною енергією обміну, перешкоджають надходженню інших катіонів у поверхневий шар

адсорбенту. Чим вища дисперсність або внутрішня поверхня іоніту, тим більша ємність обміну. Зі збільшенням концентрації іонів у розчині ємність обміну також зростає. Залежність ємності обміну від типу іонів, що обмінюються, визначається *їхньою енергією обміну й спорідненістю іонів, що обмінюються*. Чим вища енергія обміну при інших рівних умовах, тим менша спроможність іонів до обміну й обмінна ємність іоніту. Енергія обміну в значній мірі залежить від валентності й атомної ваги іонів, зростаючи з їхнім збільшенням. Виключення складають іони водню й  $\text{OH}^-$ , які, незважаючи на одновалентність, володіють найбільшою енергією обміну й здатністю до адсорбції. *За здатністю до обміну катіони й аніони можна розташувати відповідно в наступні ряди:*  $\text{H}^+ < \text{Fe}^{3+} < \text{Al}^{3+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Mn}^{2+} < \text{Mg}^{2+} < \text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Li}^+$  і  $\text{OH}^- < \text{PO}_3^{3-} < \text{SO}_4^{2-} < \text{NO}_3^- < \text{Cl}^-$ . Ємність обміну іоніту тим вища, чим більша спорідненість іонів, що обмінюються, тобто споріднення за валентністю й величиною іонного радіуса (наприклад,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{Li}^+$ ).

*Швидкість іонного обміну* визначається сумою результуючих швидкостей прямої і зворотної іонно-обмінних реакцій.

*Істотну роль у формуванні іонно-сольового складу іригаційно-грунтових вод і порових розчинів у породах зони аерації відіграють процеси іонного обміну у наступних випадках:* 1) в умовах несталого іонно-сольового режиму, коли зміна концентрацій окремих компонентів у розчині порушує іонно-обмінну рівновагу між рідкою колоїдною й твердою фазами; 2) при надходженні зрошувальних вод невеликої мінералізації в ґрунти й породи зони аерації й ґрунтових вод; 3) при надходженні вод підвищеної мінералізації в незасолені ґрунти й породи; 4) при змішуванні підземних вод різного хімічного складу; 5) при надходженні вод у водовмісні породи або ґрунти, що відрізняються за складом від тих, де ці води сформувалися; 6) при зміні кислотно-лужного стану у водах; 7) при надходженні в ґрунти й породи вод, катіонний склад яких відрізняється від катіонного складу обмінного комплексу твердої фази; 8) при значній амплітуді коливань дисперсності водовмісного середовища.

Провідне значення в іонному обміні належить катіонам, у зв'язку з тим, що природні сорбенти (колоїдний комплекс порід і ґрунтів) складаються в основному з оксидів кремнію, полуторних оксидів заліза, алюмінію й інших металів, тобто з негативно

заряджених часток, що поглинають катіони. У результаті обмінний комплекс порід і ґрунтів складається переважно з катіонів, здатних до обміну з іншими катіонами. Роль аніонів в обмінних реакціях, що протікають у природних умовах, невелика. Іонний обмін комплексно визначається величиною *ємності обміну вбирного комплексу* ( $\text{кг/м}^3$ ), константою рівноваги іонообмінної реакції й швидкістю іонного обміну, який характеризується коефіцієнтом швидкості іонного обміну.

В обмінному комплексі засолених порід переважають катіони з мінімальними енергіями обміну ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), а в обмінному комплексі незасолених порід — із максимальними енергіями обміну ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  і ін.). *Унаслідок цього при надходженні прісних зрошувальних вод у засолені породи катіони з більшою енергією обміну (які переважають у слабомінералізованих водах) легко витісняють з обмінного комплексу іони натрію й калію. І навпаки, при надходженні вод підвищеної мінералізації, як правило ґрунтових, у незасолені промиті зрошувальними водами породи зони аерації, іони кальцію й магнію заміщаються на іони натрію й калію, які у надлишку присутні у воді.* У другому випадку мало енергійні іони заміщають більш енергійні внаслідок різкого зсуву іонно-обмінної реакції, яка відновлює цю рівновагу, тобто до заміни у вбирному комплексі двовалентних катіонів на одновалентні. У випадку, якщо в породи, насичені обмінним натрієм, надходять слабомінералізовані води сульфатно-гідрокарбонатного кальцієвого або магнієвого складу, нешкідливі для культурних рослин, у результаті обмінних реакцій можуть утворитися води, у яких концентрація соди й сульфатів натрію ( $\text{Mg}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Mg}_2\text{SO}_4$ ) перевищують допустимі для нормального розвитку рослин межі. Іншими словами, процес катіонного обміну в цьому випадку приводить до нагромадження у воді токсичних для рослин солей.

*Содові води* утворюються в межах плоских річкових терас, складених суглинистими породами, із надлишком натрію у вбирному комплексі, що виник при випаровуванні порових вод. Такі території найчастіше поширені в межах степових ділянок лісостепової зони, де ґрунтові води, що мають гідрокарбонатний кальцієвий склад, залягають неглибоко від поверхні землі. Содові води утворюються в зоні підйому рівня ґрунтових вод у результаті обмінних реакцій.

Істотне значення має іонний обмін при формуванні іригаційно-

грунтових вод за рахунок інфільтраційних при малих швидкостях фільтрації. Інфільтраційні води в міру руху в порах порід зони аерації змінюють свою мінералізацію й іонно-сольовий склад за рахунок катіонного обміну; надходячи на рівень ґрунтових вод у перші роки зрошення. Ці води різко підвищують мінералізацію верхнього шару іригаційно-ґрунтових вод. Такі ж принцеси відбуваються в зоні підйому рівня ґрунтових вод у результаті значних фільтраційних втрат (із зрошувальних каналів, ставків, водосховищ) в умовах недостатнього дренажу. Особливо інтенсивно катіонний обмін відбувається в системі ґрунтовий розчин — тверда фаза — колоїдна фаза. У залежності від типу ґрунту й наявності в ньому гумусу склад катіонів вбирного комплексу і ємність поглинання будуть різними.

## 8.7. Адсорбція

*Адсорбцією* називають зміну вмісту даного компонента в поверхневому шарі речовини в порівнянні зі вмістом його у внутрішніх шарах. Адсорбція — процес мимовільний, який виникає на поверхні розділу двох фаз, де завжди є надлишкова поверхнева енергія, обумовлена особливим положенням молекул речовини в поверхневому шарі. У відповідності з другим законом термодинаміки, вільна поверхнева енергія (ізобарний потенціал) прагне до мінімуму, що здійснюється або за рахунок зменшення сумарної поверхні (у випадку твердої речовини — укрупнення часток), або за рахунок притягання до поверхні розділу більш дрібних часток із дисперсійного середовища.

Речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція, називається *адсорбентом*, а речовина, що поглинається - *адсорбатом*. Розчинення адсорбата в адсорбенті, тобто перехід його з поверхні усередину останнього, називається сорбцією.

Поглинаюча й поглинута речовини при цьому носять відповідно назви *сорбенту й сорбтиву*. У випадку, якщо сорбтив хімічно взаємодіє із сорбентом, процес називається *хемосорбцією*. Сорбентом і сорбтивом можуть бути газоподібні, рідкі й тверді речовини, що утворюють гетерогенні фазові сорбційні системи (газ — рідина, рідина — тверда речовина, тверда речовина — газ). Розрізняють *позитивну й негативну адсорбції*. У першому випадку

вміст даного компонента в поверхневому шарі збільшується в порівнянні зі вмістом його у внутрішніх шарах, у другому — навпаки. Виділення з поверхні адсорбенту раніше адсорбованих речовин унаслідок зміни стану навколишнього середовища називається **десорбцією**. Кількісно адсорбцію можна оцінити величиною **питомої адсорбції**, під якою розуміється кількість речовини, адсорбованої одиницею поверхні або маси адсорбенту в умовах, коли швидкості адсорбції й десорбції рівні. Питома адсорбція в даній сорбційній системі залежить від температури, тиску й концентрації речовини в середовищі, що стикається з адсорбентом.

На відміну від хемосорбції, у природних умовах переважає **фізична адсорбція**, обумовлена дисперсійними, орієнтовними й індукційними взаємодіями адсорбатів з адсорбентами. Звичайно, фізична адсорбція супроводжується екзотермічним ефектом для газів і ендотермічним — для розчинів.

Сорбційно-десорбційні процеси є рівноважними; рівновага системи адсорбент — розчин визначається **коефіцієнтом розподілу**, що є при даній температурі величиною постійною.

Процеси сорбції (десорбції) впливають на іонно-сольовий склад ґрунтових вод і порових розчинів у тому випадку, якщо вони слабомінералізовані й рухаються з невеликою швидкістю в породах, вбирний комплекс яких має вільну сорбційну ємність або надлишкову кількість катіонів у порівнянні з рівноважними значеннями цих величин (кг на 1 м<sup>3</sup> адсорбенту). Після встановлення сорбційної рівноваги між розчином і породою, у результаті якого мінералізація прісних вод зростає або зменшується за рахунок десорбції або сорбції катіонів, процеси сорбції (десорбції) надалі не будуть за даних умов впливати на іонно-сольовий склад води. При зміні умов зовнішнього середовища — температури, тиску, мінералізації води — рівновага між сорбцією й десорбцією порушиться і концентрація катіонів у воді відповідно зміниться до настання нової рівноваги.

**Негативна адсорбція** — це процес, обумовлений відштовхуванням аніонів розчину негативно зарядженими поверхніми часток адсорбенту. У результаті концентрація аніонів (особливо іонів хлору) у розчинах, що містяться усередині порового простору ґрунту, збільшується з відстанню від поверхні ґрунтових часток. Обсяг розчину, у якому спостерігаються знижені

концентрації аніонів у результаті негативної адсорбції, називається *не розчинюючим обсягом*.

## 8.8. Природа залишкового засолення й солонцюватості ґрунтів

*Під природним засоленням ґрунтів і порід розуміють накопичення легкорозчинних солей у верхній двохметровій товщі зони аерації, яке відбувається в умовах недостатнього зволоження при випаровуванні порових розчинів капілярної облямівки ґрунтових вод.* Необхідною умовою засолення ґрунтів є перевищення рівня капілярної облямівки над рівнем її випаровування. Під вторинним засоленням ґрунтів розуміють швидку втрату родючості внаслідок накопичення солей у верхньому двохметровому шарі, яке відбувається в результаті підйому рівня ґрунтових вод вище критичного рівня (за рахунок фільтраційних втрат іригаційних вод при зрошенні).

За залишкове засолення в більшості випадків приймаються солі, виявлені водними витяжками після промивання ґрунтів. Залишкове засолення оцінюють або за аніонами  $\text{Cl}^-$  й  $\text{SO}_4^{2-}$  або за щільним залишком без аналізу катіонів й зв'язування іонів у молекулярні солі. Фактично, солі, виявлені в ґрунтах після промивання, є вторинними. Одні з них виникають у процесі промивок у результаті обмінних реакцій ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), інші — при переході в розчин із твердої фази, наприклад, гіпс,  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{MgCO}_3$ . Ці процеси додатково підсилюються при підготовці водних витяжок із промитих ґрунтів.

Отже, солі, які переходять у ґрунтовий розчин після повного насичення ґрунтів водою, названі первинними, а солі, які переходять у ґрунтовий розчин і виносяться з промивними водами після повторної подачі води на ґрунт — вторинними. Склад первинних і вторинних солей при промиванні ґрунтів різного засолення наведено у таблиці 10.2.

**Вторинні солі** утворюються в результаті переходу у розчин слабо – й середньо розчинних солей, які знаходяться у твердій фазі ґрунту, а також при утворенні у розчині порівняно незначної кількості легкорозчинних солей у результаті іонно-обмінних реакцій.

Завдяки зазначеним явищам в окремих зразках ґрунтів виявляється неоднакова кількість солей після промивання. У тих шарах ґрунту, із яких гіпс вимивався цілком, сума солей, що залишилася дуже невелика, у межах близько 0,1%. В шарах із невеликою кількістю залишкового гіпсу сума солей водних витяжок

підвищується до 0,25—0,4%, а при більшій кількості залишкового гіпсу їх виявляється до 0,7—1%.

Таблиця 10.2. Склад первинних і вторинних солей при промивках різних типів засолених ґрунтів

Тип засолення	Соли	
	первинні	вторинні
Хлоридне	NaCl, CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub> , NaCl, MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Сульфатно-хлоридне	MgCl <sub>2</sub> , NaCl, CaSO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaHCO <sub>3</sub>	NaCl, MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub>
Хлоридно-сульфатне і сульфатне	NaCl, CaSO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Содово-сульфатне	NaCl, MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CaSO <sub>4</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaCO <sub>3</sub>

Відповідно до того, наскільки відмиті шари ґрунту від гіпсу, змінюється й сполуки солей водних витяжок із них. У відмитих шарах переважають гідрокарбонати Ca<sup>2+</sup> й Mg<sup>2+</sup> та виявляється двовуглекисла сода (NaHCO<sub>3</sub>), сульфатів Na<sup>+</sup> і Mg<sup>2+</sup> утримується дуже небагато й у сумі вони не перевищують 0,4 мг-екв на 100 г ґрунту. У загіпсованих шарах знижується вміст гідрокарбонатів Ca<sup>2+</sup> й Mg<sup>2+</sup>, зовсім відсутня сода й різко зростає кількість вторинних солей сульфатів магнію й натрію, сягаючи 7,5—8 мг-екв на 100 г. Таке різке підвищення вмісту сульфатів пояснюється обмінними реакціями між поглинутими катіонами й гіпсом.

У процесі промивання хлориднозасолених ґрунтів гіпс вимивається з ґрунтів раніше, ніж цілком витісняється натрій з поглинутого стану відповідних шарів ґрунту. Після вимивання гіпсу в ґрунтовому розчині переважають катіони Ca<sup>2+</sup>, зв'язані із CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> і HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, якими частково й витісняються залишкові кількості обмінного натрію.

За свідченням О. А. Грабовської (1961), у поглинутому стані поряд із катіонами знаходиться і деяка частина хлору, адсорбованого колоїдами протилежного заряду. Отже, у складі вторинних солей за рахунок витиснення поглинутих Na<sup>+</sup> і Cl<sup>-</sup> може знаходитися не тільки NaHCO<sub>3</sub>, але й небагато хлористого натрію.

Крім зазначених, у складі залишкових солей знаходиться гіпс, що перейшов у водну витяжку з твердого стану.

Приведені зведення залишкового засолення ґрунтів дозволяють



констатувати наступне. У випадку загіпсованості ґрунтів і високої насиченості ґрунтових колоїдів натрієм у ґрунтовому розчині утворюються вторинні солі сульфатів, що при висхідних капілярних токах вологи й інтенсивного її випаровування з поверхні, будуть накопичуватися у верхніх шарах ґрунтів і сприяти їхньому вторинному засоленню навіть без участі солей ґрунтових вод.

### **Контрольні питання**

1. Яка різниця між усмоктуванням і фільтрацією води? 2. Як насичуються ґрунти водою при різних видах зрошення? 3. Назвіть найбільш поширені солі у ґрунтових розчинах і ґрунтах? Які катіони й аніони їх утворюють? 4. Охарактеризуйте основні групи розчинності солей? Від яких параметрів вона залежить? 5. Яка закономірність поширення легкорозчинних солей у ґрунтах України? 6. Як впливають природні умови на рухомість солей і хімічних елементів? 7. Що розуміють під вилуговуванням солей? Назвіть найбільш поширені його форми. 8. Від яких природних факторів залежить кристалізація солей ґрунтового розчину? 9. Які природні фактори впливають на іонний обмін у ґрунтовому середовищі? 10. Що таке адсорбція? Як її розрізняють? 11. Охарактеризуйте терміни природне, вторинне, залишкове засолення ґрунтів. Які солі характерні для кожного типу засолення?

## Розділ 9

### МЕЛІОРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТАХ

*Засолені ґрунти – ґрунти з підвищенням* (понад 0,25 %) *умістом розчинних у воді солей*. Такі ґрунти на території України приурочені до рівнинних терас Дніпра і його приток в Лісостепу й Степу, а також до понижених безстічних плато Причорноморської низовини. Виключенням є також окремі ділянки Донбасу, де на поверхню виходять високо мінералізовані шахтні води. Вивченням засолених ґрунтів України у різні часи займалися Буданов М.Ф., Вернандер В.Б., Гедройц К.К., Гринь Г.С., Годлін М.М., Крупський М.К., Левенгаупт А.І, Махов Г.Г, Новикова А.В., Попупан М.І., Самбур Г.М., Соколовський О.Н. і ін.

#### 9.1. Причини накопичення солей і засолення ґрунтів

За В.А. Ковдою розрізняють наступні цикли накопичення солей.

**Континентальне** накопичення солей пов'язано з рухом, перерозподілом і акумуляцією вуглекислих, сірчано кислих і хлористих солей у внутрішніх материкових безстічних областях. Тут виділяють первинні й вторинні цикли.

**Первинне** континентальне накопичення солей зумовлено їх акумуляцією у ґрунтах і водах, у процесі вивітрювання й ґрунтоутворення.

**Вторинне** континентальне накопичення солей є процесом перерозподілу, раніше акумульованих у товщі осадових соленосних порід.

**Приморське** накопичення солей зумовлено акумуляцією морських солей, хлоридів і сульфатів натрію і магнію в прибережно-морських низовинах і на берегах мілководних заток.

**Дельтове** накопичення солей характеризується складним поєднанням процесів руху й акумуляції солей, які приносяться з континенту річкою і долинно-дельтовим ґрунтовим потоком, і солей, які поступають зі сторони моря.

**Акумуляція солей у горизонтах ґрунтового профілю зумовлена:** 1) надходженням солей із засоленими ґрунтовими водами; 2) перерозподілом солей при вивітрюванні гірських порід

під дією поверхневих вод і їх акумуляцією у ґрунтах понижень рельєфу; 3) перенесенням солей вітром (імпульверизація) у вигляді крапель і твердих аерозолів з басейнів солоних озер, морів, поверхні солончаків; 4) трансформацією нейтральних продуктів вивітрювання під впливом ґрунтоутворення в токсичні водорозчинні сполуки; 5) вторинним розчиненням солей у ґрунтоутворюючих і підстильних породах, прісними іригаційними водами, їх перенесенням і акумуляцією у ґрунтового профілі.

## **9.2. Солончаки, солончакуваті ґрунти їх діагностика і класифікація**

*Солончаками називають ґрунти, в яких у верхніх шарах і у профілі нагромаджується велика кількість легкорозчинних солей, що дуже шкідливо діє на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин.* В залежності від хімізму засолення накопичення солей у солончаках становить від 0,6-0,7 до 2 і більше %. Вони утворюються на середніх і важких за механічним складом ґрунтах унаслідок випаровування мінералізованих ґрунтових вод, які залягають близько від поверхні, де випаровування з водної поверхні становить близько 1000 мм, а кількість атмосферних опадів не перевищує 200-300 мм, а також унаслідок тимчасового zalивання поверхні ґрунту, особливо понижених місць, атмосферними водами з розчиненими в них солями та при перенесенні солей вітром із морської води у приморських зонах. Солончаки найбільш поширені в Криму та в басейні Дніпра. В солончаках найбільш поширені солі:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а також у невеликій кількості  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgCO}_3$ , та ін.

Високий уміст солей у солончаках визначає особливості будови профілю й властивості. Профіль солончаків слабо диференційований на генетичні горизонти. У ньому виділяють гумусовий горизонт Н, перехідний НР і ґрунтоутворюючу породу Р (рис. 9.1).

Горизонт Нк – сольова кірка біла з буруватим відтінком до 2 см.

Горизонт Н – гумусний, чорного забарвлення, безструктурний, ущільнений, скипає від  $\text{HCl}$ . Товщина 20-24 см.

Горизонт НР – перехідний, темнувато-сірий, пухкий, крупно-грудкуватої структури. Товщина 35-40 см.

Горизонт Р – ґрунтоутворююча порода – карбонатний, мергелізований, легкий суглинок.

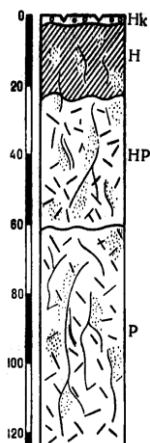


Рис. 9.1. Будова профілю солончаку

У всьому профілі солончаку помітні вицвіти солей, особливо після підсихання стінки розрізу. В нижній частині, а іноді у всьому профілі проявляються ознаки глейового процесу, що виражаються в наявності іржаво вохристих краплень або сизих плям.

Класифікацію ґрунтів залежно від глибини залягання сольового горизонту виконують за максимальним вмістом солей у першому від поверхні горизонті. Перший горизонт акумуляції солей, на будь-якій з 0-200 см шару ґрунту глибині, із середнім або сильним засоленням є солончаком. Серед засолених ґрунтів виділяють солончаки, солончакові, високосолончакові, солончакуваті, глибоко-солончакуваті, глибокозасолені і незасолені ґрунти (табл. 9.1).

За складом переважаючих солей солончаки поділяють на сульфатні ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), содові ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{HCO}_3$ ), хлоридні ( $\text{NaCl}$  і  $\text{MgCl}_2$ ) і змішані - сульфатно-содові, хлоридно-сульфатні, сульфатно-хлоридні.

В залежності від співвідношення катіонів розрізняють натрієві, магнієво-натрієві, кальцієво-натрієві, магнієві й кальцієві солончаки. Солончаки, до складу яких входить водорозчинні хлориди і сульфати у різних відношеннях, розрізняють за часткою хлору у сумі солей: сульфатні (хлору менше 10 %), хлоридно-сульфатні (хлору 10-25 %), сульфатно-хлоридні (хлору 25-40 %), і хлоридні (хлору більше 40 %).

Солончаки поділяють на 2 типи — гідроморфні й автоморфні (табл. 9.2).

Таблиця 9.1. Класифікація засолених ґрунтів у залежності від глибини залягання сольового горизонту (Базилевич, Панкова)

Ґрунти	Глибина залягання першого сольового горизонту, см
Солончаки	0-5
Солончакові	0-30
Високосолончакові	30-50
Солончакуваті	50-100
Глибocosолончакуваті	100-150
Глибocosазолені	150-200
Незасолені	Понад 200

Таблиця 9.2. Класифікація солончаків

Типи	Підтипи	Роди	Види
Солончаки гідроморфні	Типові Лучні Болотні Сорові Приморські Мерзлотні Вторинні Отакирені	За типом засолення	а) за характером розподілу солей: поверхневі (0-30 см), глибоко-профільні (у всьому профілі); б) за морфологією поверхні: кіркові (NaCl), пухкі (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), мокрі (CaCl <sub>2</sub> ), чорні (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
Солончаки автоморфні	Типові, Літогенні Залишкові Еолово-пагорбкові Отакирені		

**Гідроморфні солончаки** розділяють на підтипи: типові гідроморфні, лучні, болотні, сори (шори), приморські, мерзлотні, вторинні, сазові й такири. Вони розвиваються в умовах близького залягання мінералізованих ґрунтових вод.

**Автоморфні солончаки** поділяють на літогенні, залишкові й еолово-горбисті. Вони формуються на засолених ґрунтоутворюючих породах при глибокому заляганні рівня ґрунтових вод. Материнськими породами є елювій і делювій третинних, крейдових і інших древніх відкладів, а також морські засолені породи четвертинного періоду, наприклад, «шоколадні» глини Прикаспію (Ковда, Кондорська).

**Гідроморфні солончаки поділяються на підтипи:** типові, лучні, болотні, сорові, приморські, мерзлотні, вторинні,

такироподібні. Серед *автоморфних солончаків* виділяють підтипи: типові, літогенні, залишкові, еолово-горбисті, такироподібні.

**Типові гідроморфні солончаки** формуються при близькому заляганні сильно мінералізованих ґрунтових вод. Профіль їх слабо диференційований на горизонти. За даними хімічних аналізів вимальовують сольовий профіль солончаку: вліво від нульової лінії показують уміст катіонів, а вправо – аніонів. Водорозчинні солі містяться у великій кількості у всьому профілі з максимальною концентрацією у верхній частині (рис. 9.2.).

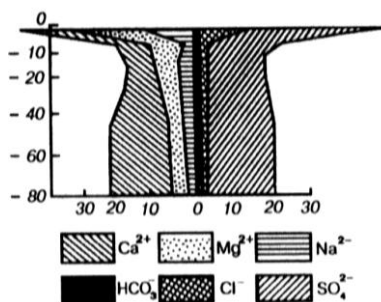


Рис. 9.2. Сольовий профіль типового солончаку, мг-екв на 100 г ґрунту

**Лучні солончаки** розвиваються при близькому заляганні ґрунтових вод, але менш мінералізованих. Профіль їх підрозділяється на генетичні горизонти. Серед лучних солончаків особливо виділяються карбонатні кальцієві, котрі на відміну від інших містять менше водорозчинних солей, більш карбонатні й гумусні. На таких солончаках добре виростає лучна рослинність. Серед лучних солончаків зустрічаються із содовим засоленням. Сода сильно гнітить розвиток рослинності, і врожаї на таких ґрунтах дуже низькі.

**Сорові (шорові) солончаки** розвиваються в результаті випаровування поверхневої води мілководних солоних озер і русел древніх рік. Місцями днища висохлих озер покриті шаром солей у декілька сантиметрів. Такі солончаки позбавлені рослинності. Грязьово-вулканічні солончаки утворюються із сольових грязей, що вилилися на поверхню при виверженні вулканів.

**Приморські солончаки** — найбільш молоді утворення морських відкладів. Мають вологу пухку сольову скоринку, під якою розташовується піщаний або супіщаний шар із величезною кількістю черепашок. Профіль сильно засолений хлоридами. На глибині 1—2 м

виявляється гірко-солонна вода.

**Вторинні солончаки** утворюються в результаті неправильного зрошення, що викликає підйом ґрунтових вод і, як наслідок, нагромадження легко розчинних солей у поверхневих горизонтах ґрунтів. Вторинне засолення інтенсивно розвивається при глибині залягання мінералізованих ґрунтових вод 1,5—2 м; при 3—4 м засолення може мати місце, а при глибині більше 6 м не виникає.

**Мерзлотні солончаки** мають на невеликій глибині мерзлотний горизонт, який є водотривким. У таких солончаках сильно засолені верхні горизонти, або весь профіль. Склад солей різний. Частіше зустрічаються солончаки хлоридно-сульфатні або сульфатно-хлоридні.

**Болотні солончаки** розвиваються при близькому заляганні мінералізованих ґрунтових вод. У всьому профілі відбувається глеєутворення і сильне засолення, а іноді й виторфовування верхнього горизонту.

**Отакирені (пустельні) солончаки** характеризуються своєрідною тріщинуватою поверхнею, утворення якої зв'язано з особливими гідротермічними умовами пустельної зони.

**Залишкові солончаки** розвиваються на відкладах, засолення яких зв'язано з попередньою гідроморфною стадією.

**Болово-горбисті солончаки** виникають у результаті переносу солей вітром і являють собою навіяні підкущові горби сильно засоленого матеріалу.

**Солончаки розділяють на роди** за складом солей, які визначають за співвідношенням аніонів і катіонів у водній витяжці.

Якісний склад солей відбивається на зовнішніх ознаках солончаків. Серед них розрізняють коркові, пухкі, мокрі і чорні.

У **кіркових солончаках** із перевагою хлориду натрію на поверхні ґрунту утворюється сильно просочена солями кірка. При великому умісті хлориду кальцію й магнію, що володіє високою гігроскопічністю, розвиваються **мокрі солончаки**. Якщо в складі солей домінує сульфат натрію, формуються **пухкі солончаки**. **Чорні солончаки** утворюються при підвищеній кількості соди, де збільшується розчинність органічної речовини й профіль здобуває темне (чорне) забарвлення.

**За характером розподілу солей солончаки підрозділяють на види:** поверхневі (солі в шарі 0-30 см) і глибоко профільні (солі по всьому профілю до ґрунтових вод).

Запаси загального вмісту солей та й окремих іонів у ґрунтах визначають за рівнянням:

$$S = s \cdot \delta \cdot 100, \quad (9.1)$$

де:  $S$  - запаси солей у шарі ґрунту 100 см, т/га;  $s$  - середній вміст солей або іонів у 100 см шарі ґрунту, %;  $\delta$  - середньоарифметична щільність метрового шару ґрунту, т/м<sup>3</sup>; 100 - коефіцієнт перерахунку у т/га.

Солончаки мають низьку природну родючість. Висока концентрація у ґрунтовому розчині різко порушує постачання рослин водою і приводить їх до загибелі. У культурних рослин на засолених ґрунтах порушуються мінеральне живлення й обмін речовин, затримується розвиток, особливо в початковій фазі, послаблюється фотосинтез і, як наслідок, знижуються врожай і його якість (Ковда, Сгоров, Муратова, Строганова, 1960).

Чим легше солі проникають у рослини, тим вони більш токсичні. Токсичність солей зростає від сульфатного до содового типу засолення. Особливо токсичною є сода, менш токсичний сульфат натрію. Сульфат кальцію нешкідливий, але в ґрунтах він є супутником інших солей.

Гранична солестійкість сільськогосподарських культур на початку розвитку виражається наступними показниками (уміст хлору, % на повітряно-сухий ґрунт, за Кобаєвим В Е, 1958): ячмінь — 0,04; просо — 0,04; буряк, цукровий і кормовий — 0,04; бавовник — 0,03; пшениця — 0,03; овес — 0,03; люцерна — 0,02.

Овочеві культури за солестійкістю (%) розташовуються в наступному порядку: гарбуз — 0,02; томати — 0,08; капуста — 0,02; дині — 0,015; цибуля — 0,01; кавуни — 0,008; огірки — 0,007.

З деревних і чагарникових порід найбільш солестійкі в'яз дрібнолистий, смородина золотава, акація жовта, клен татарський, тамарикс, лох вузьколистий, жимолость татарська, дереза, солончакові форми берези бородавчастої, верби сибірської, тополі білої й осики.

### **9.3. Класифікація ґрунтів за типом і ступенем засолення**

Ступінь засолення ґрунтів встановлюється за величиною загальної суми водорозчинних солей, але обов'язково з врахуванням типу засолення. Тип засолення ґрунтів визначається складом аніонів і катіонів у різних прошарках ґрунту. При цьому в першу чергу



визначається тип аніонного засолення за співвідношенням їх вмісту у мг-екв ( $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ ) (табл. 9.3).

Таблиця 9.3. Хімізм (тип) засолення ґрунтів за аніонним складом (за Н.І. Базилевич і Е.І. Панковою, 1968)

Хімізм	Співвідношення аніонів у мг-екв на 100 г ґрунту			
	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	Інші умови
Гідрокарбонатний (Г)	-	>2,5	>2,5	-
Хлоридний (Х)	>2,5	-	-	-
Сульфатно-хлоридний (СХ)	2,5-1,0	-	-	-
Хлоридно-сульфатний (ХС)	1,0-0,2	-	-	-
Сульфатний (С)	<0,2	-	-	-
Содовий (Сд)	-	>2,5	-	$\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$ $\text{Na} > \text{Ca}$
Содово-сульфатно-хлоридний (СдСХ)	>1	<1	<1	
Содово-хлоридно-сульфатний (СдХС)	<1	<1	<1	
Содово-хлоридний (СдХ)	>1	<1	>1	
Содово-сульфатний (СдС)	<1	>1	<1	
Хлоридно-содовий (ХСд)	>1	>1	>1	
Сульфатно-содовий (ССд)	<1	>1	>1	
Сульфатно або хлоридно-гідрокарбонатний (СГк або ХГк)	Будь-яке	>1	>1	$\text{Na} < \text{Ca}$ $\text{Na} < \text{Mg}$ $\text{HCO}_3 > \text{Na}$

Найпростіший спосіб визначення типу засолення базується на розрахунку відсоткового вмісту кожного з аніонів у мг-екв/100 г ґрунту від загальної суми. При визначенні типу засолення включають лише ті компоненти, уміст яких перевищує 20 % від суми аніонів й катіонів. При цьому аніон, що переважає, у назві типу засолення ставиться на останнє місце, а аніон із найменшим умістом на перше. Вміст аніона  $\text{CO}_3^{2-}$  у розрахунок не залучається, оскільки він входить у величину загальної лужності.

Якщо у результатах аналізу ґрунту за методом водної витяжки значне переважання  $\text{Cl}^-$  й  $\text{SO}_4^{2-}$ , а іон  $\text{CO}_3^{2-}$  має кількість меншу 20 % від суми, але більшу 0,03 мг-екв/100 г ґрунту хоч би в одному з горизонтів, або іон  $\text{HCO}_3^-$  має концентрацію вищу 1,4 мг-екв/100 г ґрунту, то у назві типу засолення слід відображати можливу присутність соди. Тип засолення визначають за співвідношенням переважаючих іонів із доповненням у назві "із слідами соди".

Тип засолення ґрунтового розчину за катіонним складом визначається за співвідношенням вмісту катіонів у мг-екв на 100 г ґрунту згідно табл. 9.4. При цьому, назву катіонного засолення визначають лише за двома катіонами з найбільшим умістом.

Таблиця 9.4. Хімізм засолення ґрунтів за катіонним складом  
(за Н.І. Базилевич і Е.І. Панковою, 1968)

Хімізм засолення	Відношення катіонів, м.екв/100 г		
	Na/Mg	Na/Ca	Mg/Ca
Натрієвий	>1	>1	-
Магнієво-натрієвий	>1	>1	>1
Кальцієво-натрієвий	>1	>1	<1
Кальцієво-магнієвий	<1	<1	>1
Магнієво-кальцієвий	<1	>1	<1
Магнієвий	<1	-	>1
Натрієво-магнієвий	<1	>1	>1
Натрієво-кальцієвий	>1	<1	<1

Таблиця 9.5. Класифікація ґрунтів за ступенем засолення  
(за ВБН 33-5.5-01-97)

Тип засолення	Ступінь засолення, % солей до маси сухої породи				
	Не засолені	Слабо засолені	Середньо засолені	Сильно засолені	Дуже сильно засолені
Хлоридний	<0,05	0,05-0,15	0,15-0,3	0,3-0,7	>0,7
Сульфатно-хлоридний	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	>0,8
Хлоридно-сульфатний	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,9	>0,9
Сульфатний	<0,3	0,3-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	>1,2
Сульфатний з підвищеним вмістом гіпсу	<1,0	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Содовий і змішаний за участю соди	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,5	>0,5

Досить часто спостерігаються ґрунтові розрізи, в яких тип засолення змінюється пошарово. Це явище пояснюється високою вертикальною рухливістю водорозчинних солей, зміною їхнього співвідношення при різній вологості ґрунтів, значному впливі на цей процес сумарного випаровування у літній період, близьким заляганням рівня ґрунтових вод.

Ступінь засолення ґрунтів установлюється за величиною загальної суми вмісту солей, але обов'язково з врахуванням типу засолення. Пов'язано це з тим, що при одній і тій же сумі солей у залежності від їх складу вони мають різний вплив на рослини. Так при сумі солей до 0,3 % ґрунти із сульфатним типом засолення відносяться до незасолених, а ґрунти з хлоридним типом засолення при такому ж вмісті солей мають бути віднесені до середньо засоленних. Отже різні солі з ґрунтового розчину мають різну токсичну дію на рослини. Саме тому ми спочатку визначаємо тип засолення ґрунту і лише після цього його ступінь (табл. 9.5).

#### 9.4. Вторинне засолення зрошуваних ґрунтів

Незалежно від типу й ступеню варто розрізняти первинне й вторинне засолення. *Первинним* засоленням називають природне накопичення у ґрунті солей внаслідок випаровування ґрунтових вод, умісту солей в материнських породах або в результаті впливу еолових, біогенних і інших факторів.

*Вторинне* засолення пов'язано з накопиченням у ґрунті солей, які виникають у результаті штучної зміни водного режиму. Вторинне засолення ґрунту може виникнути у незасолених або первинно засоленних ґрунтах. У більшості випадків вторинне засолення ґрунтів зумовлено переміщенням до поверхні водорозчинних солей з глибоких шарів ґрунтоутворюючих і підстильних порід і ґрунтових вод або пов'язано з припливом мінералізованих вод з вище розміщених зрошуваних масивів. Разом з тим вторинне засолення може бути зумовлено і технікою поливу. Так, при зрошенні дощуванням культур малими частими поливами водою з невисокою мінералізацією в умовах аридного клімату можливе накопичення в поверхневих горизонтах токсичних солей, які негативно впливають на властивості ґрунтів і продуктивність рослин. За даними ЮНЕСКО ФАО, у всьому світі не менше 40-50 % площ зрошуваних ґрунтів в аридній зоні піддано вторинному засоленню й солонцюванню. Ці землі дають низькі врожаї або взагалі випали із сільськогосподарського використання. Процес вторинного засолення продовжується. Щорічно сотні тисяч гектарів поливних земель виходять із використання в результаті засолення.

Найбільш інтенсивно вторинне засолення розвивається на масивах з недостатнім дренаванням, які приурочені до дельт, заплавл,

надзаплавних терас, приозерних і приморських низовин, у меншій мірі – на високих терасах, передгірних і вододільних рівнинах, особливо у тих випадках, коли ґрунти цих територій підстелені породами з добрими фільтраційними породами – пісками, піщано-галечниковим і валунно-галечниковим алювієм.

**Виділяють** (Ковда В.А) *три стадії засолення ґрунтів*: 1) засолення ґрунтів вздовж нових зрошувальних каналів; 2) загальне засолення зрошуваної території; 3) розсолення старих зрошуваних територій і засолення прилеглих незрошуваних територій.

**Перша стадія** вторинного засолення характеризується інтенсивною фільтрацією води з нових каналів і підвищенням рівня ґрунтових вод в зоні впливу каналу. Вздовж каналу утворюється зона вторинного засолення ґрунтів. На другій стадії розвивається загальне засолення ґрунтів зрошуваної території.

**Друга стадія** має етапи: 1) сезонне плямисте засолення; 2) постійне плямисте засолення; 3) суцільне засолення.

**Третя стадія** розсолення відбувається у тому ж порядку, що й засолення. Спочатку опріснюються території вздовж каналів, потім відбувається розсолення всієї зрошуваної території. Солі з зрошуваної території витісняються на їх периферію й далеко за межі зрошуваних масивів на незрошувані землі. Виникає так зване периферійне засолення зрошуваних оазисів. Чим старіший зрошуваний масив, тим більш виражений процес розсолення центральної частини масиву й засолення периферії й прилеглих незрошуваних земель.

**Стадії вторинного засолення** протікають в залежності від ступеню мінералізації ґрунтових вод. При низькій мінералізації вторинне засолення розпочинається із стадії періодичного плямистого засолення, яке змінюється постійним плямистим засоленням. При сильній мінералізації ґрунтових вод процес засолення протікає так, як це описано вище.

#### 9.4.1. Хімічний склад ґрунтового розчину

**ґрунтовым розчином називають краплиннорідку вологу з розчиненими у ній речовинами, яка циркулює у генетичних горизонтах ґрунту.** Чим менше води у ґрунті, тим більш концентрований розчин солей у ньому.

ґрунтовий розчин утворюється внаслідок того, що вода має

властивість розчиняти солі у ґрунті й вбирати гази, які потрапляють у ґрунтове повітря з атмосферними водами ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ). Азотні сполуки утворюються при грозових розрядах. З атмосферними водами у ґрунті привносяться сірчистий газ і солі  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та інші сполуки, що потрапляють у повітря з морської води (біля морів) та солончаків (у пустелях).

Рідка фаза ґрунту є найбільш мобільною, динамічною і в той же час активною її частиною. У ґрунтовому розчині відбуваються процеси розпаду й синтезу гумусових речовин, формування вторинних мінералів, утворення органо-мінеральних сполук. З ґрунтового розчину рослини отримують необхідні поживні речовини й воду. Внаслідок того що одні речовини ґрунту можуть вбиратися рослинами, мікроорганізмами й колоїдами, а інші можуть залишатися у ґрунтовому розчині, між рідкою й твердою фазами ґрунту встановлюються динамічна адсорбційна рівновага. У ґрунтовому розчині мінеральні й органічні речовини знаходяться у молекулярному, колоїдному й іонному стані.

З мінеральних сполук у ґрунтовому розчині переважають двовуглекислі солі кальцію, магнію й ін., містяться також сульфати, нітрати, фосфати й хлориди. У ґрунтах південних регіонів міститься сода, солі кремнієвої кислоти.

Органічні речовини ґрунтового розчину представлені гумусовими речовинами, солями гумінових і фульвокислот, молекулярними розчинами цукрів, амінокислот, органічних кислот і ін.

Слабо мінералізовані ґрунтові розчини, характерні для підзолистих, сірих лісових ґрунтів, чорноземів і червоноземів, більш мінералізовані для каштанових, бурих напівпустинних і сіроземних ґрунтів, сильно мінералізовані - для солонців і солончаків, у яких при підсиханні можуть випадати з розчину у осад солі у вигляді кристалів.

У сільськогосподарській практиці концентрацію ґрунтового розчину вважають слабкою, якщо у одному літрі міститься 0,5-2 г/дм<sup>3</sup> солей. Така концентрація ґрунтового розчину характерна для ґрунтів півночі. У південних засолених ґрунтах літр ґрунтового розчину вміщує від 5 до 100 г солей.

Найважливіші іони ґрунтового розчину:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Більшість із них має важливе поживне значення для рослин. Серед катіонів у ґрунтовому розчині знаходяться усі ті, які входять у склад обмінних катіонів:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,

$\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ . У надзвичайно малих кількостях у ґрунтовому розчині присутні катіони мікроелементів:  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  і ін.

Мінеральна частина ґрунтового розчину складається із солей азотної ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ), фосфорної ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ), соляної ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ), сірчаної ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), вугільної [ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ], та інших кислот.

Ґрунтовий розчин для вивчення хімічного складу відбирають із ґрунту за допомогою відсмоктування спеціальними приладами — тензіометрами, де у замкнутій системі з ємністю для приймання рідини установлюють від'ємний тиск у 7-8 атм. Крім того, менш точний хімічний склад ґрунтового розчину можна визначити за допомогою водної витяжки, яку одержують при змішуванні 5 вагових частин дистильованої води з 1 частиною абсолютно сухого ґрунту (висушеного при  $105^\circ\text{C}$ ).

У більшості ґрунтів концентрація окремих розчинних сполук становить 0,25-0,001 % і менше.

Наприклад, в чорноземах найбільше розчиненого  $\text{Ca}$  (від 40 до 100 мг на 1 кг ґрунту) і  $\text{Mg}$  (5-12 мг). У засолених ґрунтах багато розчиненого натрію.

Якісний і кількісний склад ґрунтового розчину впливає на мікробіологічні процеси, живлення та урожайність рослин. Від вмісту окремих катіонів і аніонів у ґрунтовому розчині залежать фізичні властивості ґрунту, його механічний обробіток, потреба у водній або хімічній меліорації й ін. заходах.

#### **9.4.2. Роль рельєфу і фільтраційних характеристик порід у накопиченні солей у ґрунтах**

В науці існує теорія континентального накопичення солей в умовах сухого (аридного) клімату. Сутність цієї теорії полягає в тому, що при кліматичній безстічності (недостатня кількість опадів) утворені солі в процесі вивітрювання гірських порід і мінералізації органічної речовини, яка щорічно відмирає не виносяться в моря й океани, а залишаються на місці, накопичуються у понижених рівнинах і засолюють ґрунти, породи і ґрунтові води. Солі ж при вивітрюванні або винесенні із засолених порід змиваються у низини і там збагачують ґрунтові води, потім із капілярним током вологи перевідкладаються в елементах мікрорельєфу.

Провідна роль рельєфу у міграції солей полягає в певному перерозподілі тепла й вологи на поверхні землі, тобто в створенні мікроклімату, який має значний вплив і на розподіл солей у ґрунтах і породах. Місцевий внутрішній ґрунтовий і підземний стік ґрунтових вод сприяє винесенню солей з підвищених місць і накопиченню їх у низинах: при цьому хлоридів у ґрунтах низин більше ніж на підвищених ділянках рельєфу.

За величиною нахилу місцевості виділяють ділянки: практично безстічні - нахил менший за 0,0002; 2) слабостічні - 0,0002-0,002; 3) середньостічні - 0,002-0,006; 4) сильно стічні - 0,006-0,03; 5) дуже сильно стічні - більше 0,03.

У межах безстічних і слабостічних областей засолення буде набагато вищим, ніж у сильностічних.

Таблиця 9.6. Орієнтовні значення фільтраційних характеристик гірських порід (за даними В.Ф. Жабіна, 1980)

Тип водомістких порід	Коефіцієнт гравітаційної водовіддачі, $\mu$	Коефіцієнт фільтрації, м/доб ( $k$ )	Радіус живлення, м, ( $R_{\Pi}$ )
Суглинки	0,02-0,05	0,05-0,15	10-15
Суглинки, піщаністі	0,05-0,07	0,15-0,5	15-20
Супіски	0,07-0,1	0,5-1,0	15-20
Піски, дрібнозерністі	0,1-0,15	4-6	20-50
Піски, середньозерністі	0,15-0,18	10-15	50-100
Піски, крупнозерністі	0,18-0,20	20-50	100-200
Піщаники на глинистому цементі	0,02-0,03	3-6	200-300
Піщаники на карбонатному цементі, тріщинуваті вапняки	0,001-0,005	3-6	
Закарстовані породи	0,01-0,05	50-100	
Торф не розкладений	0,1-0,13	1,5-5	10-20
Торф слабо розкладений	0,07-0,1	0,7-1,5	10
Торф добре розкладений	0,02-0,04	0,08-0,17	10

Роль літології у розвитку засоленості ґрунтів і порід позначається тим, що саме літологічним складом визначається ступінь їх водопроникності, водотримання, відтоку ґрунтових вод, висоти капілярного підняття й ін. У зв'язку з цим на ділянках складених важкосуглинковими ґрунтами, засоленість, при інших рівних умовах, завжди буде вищою, ніж на ділянках із супіщаною й піщаною будовою зони аерації.

На півдні України з усіх генетичних видів четвертинних порід найбільш розповсюджені еолово-делювіальні лесові відклади, які є основними ґрунтоутворюючими породами. Потужність їх змінюється від 5 до 20 і більше м. За механічним складом лесові відклади варіюють від легких суглинків до легких глин. Фільтраційні характеристики різних типів порід і ґрунтів приведено у таблиці 9.6.

#### 9.4.3. Критична глибина ґрунтових вод

За характером засолення ґрунтових вод і ґрунтів у межах України виділено два великих макрорайони:

1) Лісостеп, де ґрунтові води й ґрунти засолені нормальною содою й бікарбонатом натрію. Хлориди й сульфати натрію зустрічаються в помітних кількостях лише у південних районах на терасах Псла, Ворскли, в межах древньої Дніпровської долини;

2) Причорноморський степ, засолений переважно хлоридами й сульфатами; сода зустрічається рідко на сильно зволжених прирічкових пониженнях терас або на масивах інтенсивного зрошення поблизу магістральних каналів і близького залягання рівня мінералізованих ґрунтових вод.

При досягненні ґрунтовими водами критичного рівня створюється можливість інтенсивної витрати їх на випаровування й транспірацію. Якщо водний баланс складається таким чином, що ця стаття витрат переважає над привхідною (опаді плюс зрошувальна норма й підземний притік), то в ґрунтах розпочинається процес вторинного засолення.

Міграція солей у ґрунтах здійснюється двома основними процесами: дифузія солей і пересування їх разом із вологою.

Дифузійне переміщення підпорядковується загальній закономірності вирівнювання концентрації, яка зводиться до того, що кількість дифузної речовини пропорційна падінню концентрації й часу. Швидкість дифузії залежить від розчинності солі, її концентрації, вологості ґрунту.

При пересуванні води у водонасиченому середовищі проявляється механізм конвективної дифузії, тобто молекулярної дифузії у потоці рідини, величина якої хоч і мала, але має суттєве значення у визначених умовах. ***Найбільшу глибину рівня ґрунтових вод Н, при якій починається засолення ґрунту,***



**називають критичною глибиною.** В умовах зрошення вона рівна сумі глибини кореневого шару рослин  $h$  і висоті капілярного підйому води  $H_0$ .

Переміщення солей з водою може бути молекулярним, капілярним, гравітаційним. Від форм вологи залежить і швидкість переміщення солей: вона є невисокою при плівковому переміщенні і великою - у всіх інших випадках. Критична глибина залягання ґрунтових вод залежить від ступеню їх мінералізації. Для лесових ґрунтів важкого механічного складу її приймають у наступних межах (табл. 9.7).

Таблиця 9.7. Критичні глибини залягання рівня ґрунтової води в залежності від її мінералізації, що не викликають вторинного засолення ґрунтів

За методикою	Глибина до рівня води, м при мінералізації, г/дм <sup>3</sup>						
	1	3	5	10	15	20	25
Лозовіцький, Каленюк, 1999	1,5	2,0	2,3	2,7	3,5	4,0	4,5
Методичні рекомендації, 1986	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5
Муромцев, Блохіна, Драчинська, 1991	1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0
Остапчик, Жовтоног, Горбатенко й ін. 1991	1,4-1,8	1,5-1,8	1,7-2,2	2,1-3,2	2,1-3,2	2,1-3,2	2,1-3,2

Накопичення водорозчинних солей у каштанових ґрунтах і породах Присивашся відбувається переважно в результаті підняття капілярами ґрунтових вод у верхні горизонти, їх випаровування з поверхні ґрунту й випадання в осад солей. Ступінь вторинного засолення верхнього метрового шару важкосуглинкового ґрунту описується сильною кореляційною залежністю від мінералізації й рівня ґрунтових вод за рівнянням:

$$S_{0-100} = 0,624 - 0,248 \text{ РГВ} + 0,03269\text{М} \quad (9.2)$$

де:  $S_{0-100}$  - засоленість верхнього метрового шару ґрунту, %; РГВ - рівень ґрунтової води, м; М - мінералізація ґрунтової води, г/дм<sup>3</sup>.

Зростання мінералізації ґрунтової води на 1 г/дм<sup>3</sup> при постійному заляганні рівня підвищує в середньому засоленість верхнього метрового шару ґрунту на 0,033 %. В той же час, підняття рівня ґрунтової води на 0,5 м при постійній мінералізації ґрунтових вод

збільшує засоленість цього ж шару на 0,122 % (табл. 9.8).

Таблиця 9.8 Ступінь вторинного засолення метрового шару ґрунтів у залежності від глибини залягання та рівня мінералізації ґрунтової води (за П.С. Лозовіцьким, С.М. Каленюком, 1999)

Рівень води, м	Засоленість, % у залежності від мінералізації води, г/дм <sup>3</sup>						
	1	3	5	10	15	20	25
0,5	0,455	0,598	0,663	0,827	0,990	1,154	1,315
1,0	0,408	0,474	0,579	0,703	0,866	1,030	1,193
1,5	0,288	0,350	0,415	0,578	0,742	0,905	1,068
2,0	0,160	0,225	0,290	0,454	0,617	0,780	0,944
2,5	-	0,101	0,166	0,330	0,493	0,657	0,820
3,0	-	-	-	0,216	0,369	0,533	0,696
3,5	-	-	-	0,081	0,245	0,407	0,562
4,0	-	-	-	-	0,120	0,283	0,447
4,5	-	-	-	-	-	0,160	0,324
5,0	-	-	-	-	-	-	0,192

Примітка: - вторинного засолення у верхньому метровому шарі не спостерігається

Зростання мінералізації ґрунтової води на 1 г/дм<sup>3</sup> при постійному заляганні рівня підвищує в середньому засоленість верхнього метрового шару ґрунту на 0,033 %. В той же час, підняття рівня ґрунтової води на 0,5 м при постійній мінералізації ґрунтових вод збільшує засоленість цього ж шару на 0,122 % (табл. 9.8).

При допомозі дренажу, промивок, поливів теоретично й практично можна регулювати глибину рівня ґрунтової води і її мінералізацію. Доцільність тих або інших заходів має визначатися природними й економічними факторами.

Ще більш значним є зв'язок між вторинним засоленням усієї зони аерації ( $S_{3.A.}$ ) каштанових ґрунтів з однієї сторони й рівнем та мінералізацією ґрунтової води - з іншої. Рівняння регресії при ( $r = 0,851$ ) має вигляд:

$$S_{3.A.} = 0,488 - 0,247 \text{ РГВ} + 0,0804 \text{М} \quad (9.3)$$

При мінералізації ґрунтової води вищій за 3 г/дм<sup>3</sup> усереднена засоленість зони аерації вища, ніж верхнього метрового шару ґрунту на 0,1-1,0 % (табл. 9.9). Це свідчить, що піки вторинного засолення у зоні аерації формуються у зоні 50-100 см над рівнем ґрунтової води. Зростання мінералізації ґрунтової води на 1 г/дм<sup>3</sup> при незмінному її рівні підвищує вторинну засоленість зони аерації у середньому на

0,074-0,08 %. Зниження рівня ґрунтової води на 0,5 м зменшує вторинне накопичення солей у зоні аерації на 0,12-0,135 %.

Таблиця 9.9. Ступінь вторинного засолення ґрунтів зони аерації у залежності від глибини залягання та рівня мінералізації ґрунтової води (за даними Лозовіцького П.С., Каленюка С.М., 1999)

Рівень води, м	Засоленість, % у залежності від мінералізації води, г/дм <sup>3</sup>						
	1	3	5	10	15	20	25
0,5	0,444	0,606	0,765	1,169	1,572	1,974	2,376
1,0	0,321	0,481	0,641	1,045	1,461	1,850	2,249
1,5	0,198	0,358	0,520	0,922	1,325	1,727	2,129
2,0	0,075	0,256	0,397	0,798	1,201	1,603	2,005
2,5	-	0,111	0,272	0,674	1,077	1,479	1,881
3,0	-	-	0,149	0,551	0,946	1,356	1,758
3,5	-	-	-	0,426	0,815	1,230	1,625
4,0	-	-	-	0,300	0,684	1,104	1,490
4,5	-	-	-	0,176	0,553	0,974	1,350
5,0	-	-	-	0,052	0,422	0,848	1,220

Примітка: - вторинного засолення у зоні аерації не спостерігається

Отже, величина вторинного засолення ґрунту й материнської породи в зоні аерації з близьким рівнем залягання ґрунтової води залежить від пропорційного впливу двох перемінних: прямого - мінералізації ґрунтової води і зворотного - рівня її залягання.

#### 9.4.4. Засолення зрошуваних ґрунтів в залежності від мінералізації поливної води та терміну зрошення

*Досить суттєвим джерелом накопичення солей у ґрунтах України на нинішньому етапі ґрунтоутворення є зрошення.* На території держави зрошувалося близько 2,6 млн. га земель, що становило біля 8 % усіх орних земель.

В умовах зрошення можуть відбуватися процеси:

- прогресуючого засолення, яке протікає в умовах близького залягання рівня ґрунтових вод;
- перемежованого засолення, пов'язаного із сезонним коливанням рівня ґрунтових вод;
- прогресуючого розсолення при глибокому заляганні рівня ґрунтової води.

*До основних причин, які викликають засолення зрошуваних ґрунтів відносяться:* 1) висока мінералізація поливної води (вище 2,5 г/дм<sup>3</sup>) при глибокому заляганні рівня ґрунтових вод; 2) слабка природна дренажність території; 3) наявність визначеного початкового запасу солей у верхніх горизонтах зони аерації; 4) підняття ґрунтових вод вище критичного рівня і зростання їх, мінералізації; 5) залучення солей ґрунтової води зі стану резерву в активний стан вологосолеобміну у верхніх горизонтах зони аерації (при рівні ґрунтових вод менше 3 м від поверхні землі).

Загальна (за усередненими даними досліджень П.С.Лозовіцького, 2001) засоленість верхнього 0,5 м прошарку зрошуваних ґрунтів залежить від мінералізації поливної води та терміну зрошення і записується у вигляді рівняння регресії з коефіцієнтом кореляції ( $r = 0,943$ ,  $F = 353,4$ ,  $R^2 = 0,889$ ):

$$S_{\text{зр.}}, \% = 0,0936 M + 0,00283 T - 0,063, \quad (9.4)$$

де:  $S_{\text{зр.}}, \%$  - засоленість 0-50 см шару зрошуваних ґрунтів, %;  $T$  – термін зрошення ґрунтів, років;  $M$  – мінералізація поливної води, г/дм<sup>3</sup>.

Використання для зрошення поливної води з мінералізацією до 0,5 г/дм<sup>3</sup> протягом перших 5-8 років викликає опріснення ґрунтів у прошарку 0-50 см, а потім через 25-30 років після початку зрошення їхня засоленість наближається до того рівня, що була до початку зрошення.

Таким само чином діє на ґрунти протягом перших 10-15 років зрошення поливна вода з мінералізацією 1 г/дм<sup>3</sup>. Не викликає засолення ґрунтів протягом 45-50 років зрошення поливна вода з мінералізацією до 1,5 г/дм<sup>3</sup>, протягом 25 років – вода з мінералізацією 2,0 г/дм<sup>3</sup>, протягом 10 років – вода з мінералізацією 2,5 г/дм<sup>3</sup>.

Вода з мінералізацією 3-4 г/дм<sup>3</sup> викликає слабе засолення верхнього 0-50 см прошарку, 4-6 г/дм<sup>3</sup> – середнє, а більше 7 г/дм<sup>3</sup> – сильне засолення зрошуваних ґрунтів протягом перших 3-5 років зрошення (табл. 9.10).

У першу чергу, варто врахувати, що ґрунти півдня України сформовані на лесових породах, багатих умістом гіпсу, кальциту – мінералами майже не розчинними в дистильованій воді (аналіз водної витяжки). Але переважна присутність хлористого натрію в поливній воді дуже помітно перевищує розчинність вуглекислого кальцію, що переходить із мінерального вмісту у ґрунтовий розчин і

збільшує кількість водорозчинних солей у ґрунті. При цьому варто пам'ятати, що зрошуючи ґрунти, учащаємо зміну окисно-відновлювальних процесів.

Таблиця 9.10. Ступінь засолення зрошуваних ґрунтів у залежності від мінералізації поливної води й терміну зрошення (П.С. Лозовіцький, 2000)

Термін зрошення, роки	Загальна засоленість ґрунтів (%) при мінералізації води (г/л) і співвідношенні Na/Ca=1						
	1	2	3	4	5	6	7
5	0,066	0,165	0,264	0,363	0,461	0,560	0,659
10	0,080	0,179	0,278	0,377	0,475	0,574	0,673
15	0,094	0,193	0,292	0,391	0,490	0,588	0,687
20	0,108	0,207	0,306	0,405	0,504	0,602	0,701
30	0,136	0,235	0,334	0,433	0,532	0,630	0,729
40	0,165	0,263	0,362	0,461	0,560	0,659	0,757
50	0,193	0,291	0,390	0,489	0,588	0,687	0,785
60	0,221	0,320	0,418	0,517	0,616	0,715	0,814

Окислювання сульфідів супроводжується утворенням сірчаної кислоти, руйнацією карбонатів і утворенням сірчаноокислого натрію на безкарбонатному фоні. Під час окисного процесу потік вологи спрямований униз. Разом із вологою в нижні прошарки ґрунту переносяться, в основному, хлориди натрію. При переваженні відновлювальних процесів потік ґрунтової вологи спрямований нагору. Разом із ґрунтовою вологою нагору рухаються водорозчинні солі, але з більш високою концентрацією, ніж у поливній воді за рахунок залучення в обмінні процеси солей скелета ґрунту. При випаровуванні вологи солі розчинів випадають в осад і мінералізуються в скелеті ґрунту.

П.С. Лозовіцьким (2001) встановлено, що збільшення мінералізації поливної води на 1 г/дм<sup>3</sup> (при незмінному терміні зрошення) підвищує, у середньому, засоленість 0-50 см прошарку ґрунтів на 0,092 %, а збільшення терміну зрошення на 5 років при незмінній мінералізації - на 0,014-0,015 %.

Отримані результати підтверджують висновки Полупана Н.І. і Ковальова В.Г. (1994), про те, що збільшення вмісту солей у зрошуваних ґрунтах практично пропорційне мінералізації поливної води. Рівновага у верхніх прошарках ґрунтів настає протягом 3-5

років зрошення, але для цього необхідно використати на поливи біля 7 тис. м<sup>3</sup> води.

Необхідно погодитися з висновками Мінашиної І.Г. тридцятирічної давнини, що в умовах континентальних аридних районів на суглинкових важких ґрунтах можливості застосування для зрошення мінералізованих вод обмежуються.

На думку Марюшина П.А. у зоні зрошуваних чорноземів хлоридно-сульфатний і сульфатний типи засолення ґрунтів є переважаючими (80-90 % площ). Сольовий режим у сезонному плані характеризується чергуванням періодів накопичення солей улітку з періодами розсолення ґрунтів зимою. У залежності від виду культур, типу ґрунтів і т.п. токсичним рівнем засолення можна вважати 0,2-0,3 % солей навесні і 0,4-0,6 % восени.

За Лозовіцьким (2003) такий рівень засолення зрошуваних ґрунтів досягається протягом 2-3 років зрошення водою з мінералізацією 3-4 г/дм<sup>3</sup>.

За Ковдою В.А. механізм цього явища пояснюється так: “В умовах степового ландшафту, при неповному наскрізному промочуванні кори вивітрювання й ґрунтів, легкорозчинні солі утримуються в глибших шарах, розташовуючись у послідовності, що відповідає їхній розчинності: карбонати кальцію, гіпс затримуються вище, а сірчаноокислий і хлористий натрій промиваються глибше. Міграційна спроможність розчинних продуктів вивітрювання й ґрунтоутворення тим вища, чим більша їхня розчинність у воді.”

Крім того, присутність у поливній воді навіть невеликих концентрацій нормальної й двовуглекислої соди (рН у поливній воді в липні-серпні досягає 9-9,7 од.) викликає різке зниження розчинності вуглекислого кальцію і посилює його перехід в осад, майже до повного зникнення в розчині. При цьому, компоненти хлористого натрію відносяться до хімічно пасивних з'єднань, які не реагують один з одним, мають найбільш високу міграційну спроможність, залишаються в розчині і переміщуються з ґрунтовою водою. Калій і магній зв'язуються в глинистих мінералах у необмінній формі.

***Отже, ступінь загального засолення зрошуваних ґрунтів чорноземного типу (% солей), в умовах глибокого залягання рівня ґрунтової води, має пряму кореляційну залежність від загальної мінералізації поливної води, терміну зрошення, зрошувальної норми.***

## 9.5. Способи видалення солей із засолених ґрунтів

Явище засолення ґрунтів має широке розповсюдження і спостерігається у багатьох країнах зрошуваного землеробства Азії, Африки, Америки. В результаті вторинного засолення десятки мільйонів гектарів із колись продуктивних земель перетворились в малопродуктивні засолені ґрунти і соляні пустелі. В Індії, країнах Середньої Азії, Іраку й ін. у результаті цього утворюються навіть вторинні солончаки. Щорічно у різних країнах світу гине 200-300 тис. га поливних земель від засолення й заболочення.

### 9.5.1. Заходи попередження накопичення солей

*Для попередження накопичення солей у верхніх горизонтах ґрунту необхідно проводити наступні заходи:* 1) шляхом створення й підтримання грудкуватої структури ґрунту знижувати висоту капілярного підняття ґрунтових вод; 2) покращанням структури ґрунту зменшувати випаровування вологи з них; 3) нормуванням водокористування підтримувати достатню глибину рівня ґрунтових вод; 4) при близькому заляганні мінералізованих ґрунтових вод забезпечити їх відтік побудовою дренажу.

У системі заходів із попередження й боротьби із засоленням ґрунтів велике значення має комплексне застосування перерахованих заходів. На зрошуваних полях, засіяних багаторічними травами, досить інтенсивно накопичуються органічні речовини й перегній у ґрунті, це веде до підвищення родючості. Помітно покращується структура орного шару, зростає його фільтраційна спроможність і знижується небезпека засолення.

Для зниження випаровування з поверхні ґрунту на межах зрошуваних полів висаджують лісові смуги. Лісові смуги значно знижують швидкість вітру, підвищують вологість повітря в приземному шарі, внаслідок чого зменшується випаровування вологи із ґрунту й інтенсивність підняття солей у верхні шари, в період інтенсивної вегетації (травень-жовтень) поглинають велику кількість фільтрованої з каналів води й тим самим сприяють зниженню рівня ґрунтових вод у зоні зрошувальних каналів, діючи як біологічний дренаж.

На полях засаджених лісовими смугами висотою 15-18 м випаровування води з поверхні ґрунту при швидкості вітру 2-3 м/с

знижується на 17, а при швидкості 5-6 м/с - на 25 % порівняно з полями, де нема таких смуг. Значну роль при попередженні засолення й заболочення зрошуваних територій відіграють меліоративно-експлуатаційні заходи: застосування раціональної техніки поливу; додержання вірного водокористування й режиму зрошення, який не допускає скидання поливної води; підтримування в справному стані зрошувальної мережі, каналів, дамб, гідротехнічних споруд; випорожнення каналів від зайвої води в період паводків, після поливів і при аваріях на зрошувальній мережі.

### **9.5.2. Механічне видалення солей**

Спосіб механічного видалення солей заключається у згрібанні сольової кірки солончаків або сильно засолених ґрунтів тракторними скребками й наступного транспортування зібраних таким чином солей за межі зрошуваного масиву. Цей спосіб застосовують на сильно засолених ґрунтах. Механічне видалення солей доцільно проводити перед промивкою. Це сприяє скороченню витрат промивних вод на розсолення й прискорює процес розсолення.

### **9.5.3. Заорювання солей**

Заорювання солей застосовується на слабо засолених ґрунтах у тих випадках, коли нижні горизонти профілю вільні від солей, а незначне підвищення концентрації невеликої товщини зосереджено у поверхневих горизонтах профілю. Переорювання при відносно товстому гумусовому горизонті створює умови для рівномірного розбавлення солей у дрібноземі орного горизонту до рівня концентрацій, які не зашкоджують нормальному розвитку й росту сільськогосподарських рослин.

### **9.5.4. Поверхнєве промивання**

Для видалення солей із кореневмісного горизонту важких ґрунтів з низькою водопроникністю, високою вологоємністю й високим умістом солей застосовують *поверхнєве промивання*. При поверхневому промиванні видалення солей із верхніх горизонтів відбувається шляхом декантації, тобто систематичного розчинення солей у промивних водах і їх скидання. Повторна декантація новими



порціями води здійснюється за один прийом 2-3 рази. Цей спосіб використовують на важких ґрунтах з високим умістом солей у верхніх горизонтах і відносно низьким умістом у глибоких шарах ґрунтового профілю. Спосіб передбачає застосування значних мас води (до 20-30 тис м<sup>3</sup>/га); він дозволяє суміщати поверхневе промивання з вимиванням солей при рисосіянні або розведенні риби на зрошуваних масивах.

#### **9.5.5. Вмивання солей**

На слабо засолених ґрунтах з глибоким заляганням рівня ґрунтових вод тимчасове опріснення ґрунтів може бути досягнуто шляхом витіснення, **вмивання солей** у нижні горизонти профілю. При цьому, солі не поступають у ґрунтовий потік. Цей спосіб можна використовувати при умові, що дорослі рослини переносять властиве даному ґрунту засолення, а для молодих створюються сприятливі умови після поливу, направлено на вмивання солей у нижні горизонти профілю у початковій фазі вегетації.

#### **9.5.6. Наскрізна промивка**

*Наскрізною промивкою називають промивку водорозчинних солей із усієї товщі горизонтів ґрунтового профілю із винесенням солей у ґрунтовий потік і їх видалення в умовах природного або штучного дренажу за межі зрошуваного масиву.* При наскрізному промиванні можливе опріснення не тільки ґрунтової товщі, ґрунтоутворюючих і підстелених порід, але й поверхневих шарів ґрунтових вод. Тільки наскрізне промивання на фоні дренажу може забезпечити створення умов на об'єктах зрошення, які виключають відновлення їх засолення.

У ролі фітомеліорантів на промитих ґрунтах використовують бобові культури — буркун, середелу, лядвенець, чину, конюшину, горошок, горох, люпин, люцерну, які крім того є найкращими джерелами зелених або сидеральних добрив. На коріннях усіх бобових містяться бульбочки з азот-фіксуючими бактеріями, які щоденно витягають із повітря газ азот і накопичують його в бульбочках, що сприяє піднесенню родючості ґрунту й урожайності наступних культур у сівозміні. Буркун крім того, має потужну

кореневу систему, яка проникає на глибину до 2 м, розсолоне засолені землі, зимостійкий, посухостійкий, найкраще росте на ґрунтах, багатих на вапно.

## 9.6. Промивні норми

Надлишок солей з кореневмісного шару ґрунту видаляють, промиваючи його водою. До початку посіву сільськогосподарських культур кількість іонів хлору у метровому шарі ґрунту не повинна перевищувати 0,01 % його маси.

Ґрунти промивають, як правило, в осінній період, коли ґрунтові води стоять глибоко. Поле має бути завчасно спланованим, зораним, заборонованим (при таких умовах вода буде просочуватись вглибину ґрунту повільно й рівномірно) і розділеним на ділянки - чеки. Промивку, як правило, проводять у два етапи.

В перший етап кореневмісний шар зволожують до найменшої (польової) вологоємності, при цьому солі, що знаходяться в ґрунті, переходять у розчин.

На другому етапі відбувається подальше розчинення й витіснення солей із шару, що промивається в ґрунтові води. Утворений розчин солей разом із ґрунтовими водами відводять дренажем за межі зрошуваної території. Разові промивні норми на легких ґрунтах складають 1500-1800 м<sup>3</sup>/га, на середніх - 1900-2000, і на важких - 2000-2500 м<sup>3</sup>/га.

Загальну промивну норму визначають по-різному. Наприклад, за Л.П. Розовим вона становить:

$$M = \Pi - m + nA, \quad (9.5)$$

де:  $\Pi$  - найменша вологоємність шару, що промивається, м<sup>3</sup>/га;  $m$  - запаси води в шарі ґрунту, що промивається до промивки, м<sup>3</sup>/га;  $nA$  — додаткова кількість води, необхідна для витіснення розчинених солей із шару  $H$ , м<sup>3</sup>/га;  $n$ -коефіцієнт, який залежить від ступеню засолення ґрунту, змінюється від 0,5 до 1,5 (визначають дослідним шляхом).

Промивна норма (м<sup>3</sup>/га) за А.Н. Костяковим:

$$M = 100 N \alpha [(\beta_0 - \beta) + (S_1 - S_2 / K)]. \quad (9.6)$$

де  $H$  - глибина шару, що промивається, м;  $\alpha$  - щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $\beta_0$  - найменша вологоємність, % маси;  $\beta$  - вологість ґрунту перед промивкою, % маси;  $S_1$  - вміст солей до промивки, % маси;  $S_2$  - допустимий вміст солей після промивки, % маси;  $K$  — коефіцієнт витіснення (або вимивання) солей на 1 м<sup>3</sup> води, залежить від фізичних властивостей ґрунту, глибини залягання

рівня ґрунтових вод, кількості і виду солей. Визначається він дослідним шляхом у польових умовах.

Рух води і розчинених солей у ґрунті - складний фізико-хімічний процес. Експериментальні дослідження свідчать, що при одноразовій зміні ґрунтового розчину кількість витіснених солей завжди менша 100 % їх, початкового вмісту. Винесення солей залежить від механічного складу і водно-фізичних властивостей ґрунту. Так, в пісках при промиванні вимивається до 90 % солей, в мулистих суглинках - до 80 %, а в агрегованих суглинистих ґрунтах - до 60 %.

Промивна норма визначається й більш просто за В. Р. Волобуєвим:

$$M_{\text{пр}} = 10000 \cdot h \cdot L \cdot \lg(Sh/Sk) \quad (9.7)$$

де:  $M_{\text{пр}}$  - промивна норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $h$  - потужність шару ґрунту, що промивається,  $\text{м}$ ;  $L$  - показник солевіддачі, який визначається за даними дослідно-виробничих примовок;  $Sh$  уміст токсичних солей у ґрунті до початку промивки, % від абсолютно сухого ґрунту;  $Sk$  - допустимий уміст токсичних солей, % від абсолютно сухого ґрунту.

Коефіцієнт солевіддачі для ґрунтів із різним механічним складом і типом засолення визначається у полі на дослідних промивках площадок незначного розміру ( $5 \times 5$ ;  $10 \times 10$  м). Із збільшенням території дослідних площадок точність визначення солевіддачі підвищується, а коефіцієнт солевіддачі визначається за формулою 9.8:

$$L = M_{\text{пр}} / [10000 \cdot h \cdot \lg(Sh/Sk)]. \quad (9.8)$$

Для розсолення солонців, які характеризуються високим вмістом (більше 10 % загальної ємності поглинання) у ґрунтовому вбирному комплексі натрію, промивку необхідно проводити в сполученні з гіпсуванням. При гіпсуванні в умовах доброго зволоження у ґрунтах іде реакція витіснення натрію кальцієм, утворюється сірчаноокислий натрій, розчинний у воді. Його видаляють наступною промивною.

Дози внесення гіпсу визначають за вмістом увібраного натрію й практично складають 3-20 т/га. Великі дози вносять долями протягом двох-трьох років.

Після гіпсування й промивки солонців із метою покращання їх фізичних властивостей і окультурення проводять глибоку оранку, вносять органічні добрива, висівають культури з глибокою кореневою системою. Значне місце приділяють відновленню грудкуватої структури ґрунту.

### 9.7. Види дренажу для зниження рівня ґрунтових вод.

Дренаж може бути відкритим (у вигляді каналів), закритим горизонтальним, вертикальним, комбінованим, двоохрусним і ін.

**Відкритий дренаж** (рис. 9.3) застосовують на ділянках із малими ухилами і при невисокій водопроникності ґрунту. Відкриті канали глибиною 1,5-2,5 м (відстань між каналами від 200 до 500 м) впадають у канали-колектори глибиною 2,5-3,5 м. При цьому за межі зрошуваної території відводять ґрунтові й поверхневі води. Для запобігання замулювання швидкість руху води в каналах має бути не меншою 0,25-0,4 м/с, а ухил - 0,001-0,003.

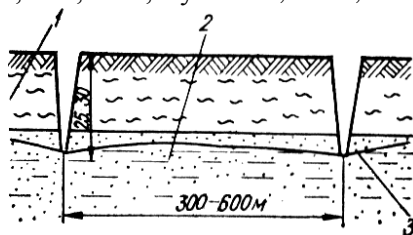


Рис. 9.3. Схема роботи відкритого горизонтального дренажу:

1 – ґрунт; 2 – пісок; 3 – рівень ґрунтових вод

Відкрита дренажна мережа має ряд суттєвих недоліків: канали утрудняють роботу сільськогосподарських машин на полях; відкоси й дно дренажних каналів і колекторів заростає бур'янами й ці місця є джерелом засмічення полів; під відкриті канали відводиться частина орних земель; витрати на експлуатацію значні, 2,5-8 % будівельної вартості мережі.

**Горизонтальний закритий дренаж** добре понижує й відводить ґрунтові води зі зрошуваної території. Його виконують із керамічних, азбестоцементних, бетонних або пластмасових труб: для первинних і групових дрен діаметром 10-20 см, для колекторів діаметром до 50 см. Керамічні труби укладають, стикуючи їх із зазором 0,5-1 мм, через який ґрунтові води просочуються в дренаж. Для запобігання замулювання стики труб на  $\frac{2}{3}$  їх окружності прикривають мішковиною, скловатою або обсыпають гравієм. У легких суглинкових ґрунтах під дренажними трубами облаштовують гравійну підстилку (шаром 10 см), а їх стикування обсыпають щебенем і гравієм.

Щоб дренажна система працювала більш ефективно, дрени

розміщують у напрямку гідроізогіпс, а колектори уздовж похилу місцевості. Закритий дренаж виконують на відстані не менше 20 м від зрошувальних каналів і він не повинен проходити під ними для запобігання фільтрації води.

Рівень ґрунтових вод під дією дренажу знижується, а між дренами утворюється депресивна поверхня. Верхня точка депресивної поверхні в середині відстані між дренами має перевищення (напір)  $h$  над рівнем води у дрени, під дією якої відбувається рух води й вихід її у дренаж. Чим більший напір  $h$  над дренажем, тим вища швидкість руху й більші витрати води, яка поступає в дренаж. Нижньою межею напору ґрунтових вод над рівнем води у дрени вважають у легких ґрунтах 20-30 см, у середніх - 30-40, у важких - 40-50 см, в дійсності ці напори можуть ще знижуватись. Граничне положення ґрунтових вод між дренами має бути не вищим критичної глибини  $h_{кр}$  (рис. 9.4).

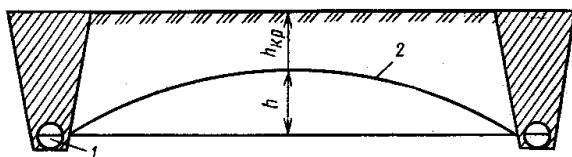


Рис. 9.4. Схема дії закритого горизонтального дренажу:

1 – дрена; 2 – депресійна крива

Глибина закладання дрен ( $H$ ) визначається за формулою 9.9:

$$H = h_{кр} + h + h_0, \quad (9.9)$$

де:  $h_{кр}$  – критична глибина рівня ґрунтових вод, м;  $h_0$  – глибина води в дрени, м.

Міждренню відстань ( $L$ ) в одно пластовому потоці розраховують за формулою Шестакова В.М.:

$$L = 4 \sqrt{L_d^2 + (Th/2W - L_d)},$$

де:  $L_d = 0,73m_d \lg(2m_d/\pi d)$ ,  $T$  – водопровідність пласта,  $m^2/\text{добу}$ ;  $h$  – розрахунковий напір між дренами, м;  $W$  – інтенсивність інфільтрації,  $m/\text{добу}$ ;  $L_d$  – розрахункова довжина зони різкої деформації потоку поблизу дрен, м;  $m_d$  – відстань від водоупору до розрахункового рівня води в дрени, м;  $d$  – діаметр дрени зовнішнього контуру фільтру, м.

Дренаж закладають на глибину 2-4 м. В залежності від механічного складу ґрунтів і порід відстань (м) між дренами приймають у наступних межах:

Глинисті без піщаних прошарків

80-200 м

Суглинисті без піщаних прошарків	200-300 м
Суглинисті з піщаними прошарками	400-500 м
Суглинисті добре водопроникні	500-600 м
Суглинисті з прошарками гравію	600-1200 м

Дрени можуть бути довжиною 500 м і більше. Діаметр їх визначають гідравлічним розрахунком. Витрату води ( $Q$ ), яка поступає у дрена розраховують за формулою 7.10:

$$Q = q \cdot \omega, \quad (9.10)$$

де:  $\omega$  - площа, із якої приймає воду дрена, га;  $q$  - модуль дренажного стоку, л/с/га.

Для запобігання замулення дренажу його ухили мають бути не меншими 0,002, а швидкість руху води в дренах - 0,35-0,8 м/с. Через кожні 100-200 м дренажу споруджують оглядові колодязі, які періодично очищують від мулу.

**Вертикальний дренаж** (рис. 9.5) застосовують для пониження рівня ґрунтових вод на зрошуваних землях: при заляганні добре водопроникних ґрунтів і порід (товстих, крупнозернистих, піщаних або гравійних); на землях, які підстилаються галечниковими алювіальними відкладами й ін. Дренаж прискорює процес розсолення зрошуваних земель на велику глибину у порівнянні з горизонтальним, але вимагає й більших експлуатаційних затрат.

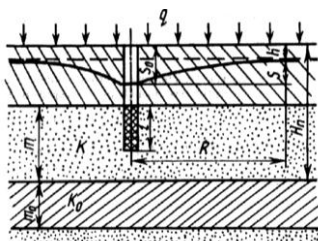


Рис. 9.5. Схема дії вертикального дренажу:

1 – водоносний горизонт; 2- водотрив; 3 – депресійна крива;  
4 – обсадні труби, насос фільтр

Вертикальний дренаж споруджують у вигляді бурових свердловин діаметром 30 см і більше і глибиною 30-150 м, в залежності від умов залягання водоносного пласта. Нижню частину свердловини обладнують фільтром для прийому ґрунтової води. Свердловини розміщують рівномірно на усій площі, якщо необхідно понизити рівень ґрунтових вод на всій зрошуваній території, або по

одній лінії, якщо необхідно перехопити потік ґрунтових вод, який поступає на дану територію зі сторони прилеглих земель. Відстані між вертикальними свердловинами на ухилі потоку ґрунтових вод приймають 1,5-3 км, на горизонтальній місцевості - 0,7-1,7 км. Одна свердловина обслуговує площу 100-400 га. В залежності від дебіту свердловини обладнують глибинними зануреними насосами з подачею води 20-400 л/с.

До недоліків вертикального дренажу можна віднести високі експлуатаційні затрати, потребу в електроенергії і якісних фільтрах.

Дебіт кожної свердловини можна визначити за рівнянням:

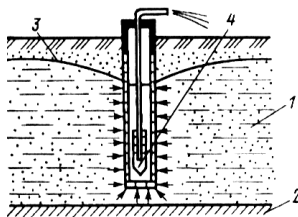
$$Q = \pi R^2 (q = P),$$

де: середньорічна інтенсивність живлення ґрунтових вод за рахунок зрошення,  $\text{м}^3/\text{добу} \cdot \text{м}^2$ ;  $P$  – напірне живлення,  $\text{м}^3/\text{добу} \cdot \text{м}^2$ ;  $R$  – радіус круга, який відповідає максимальному розміру депресійної лійки навколо однієї свердловини, м.

При відомих радіусі впливу  $R$  однієї свердловини й її дебіті  $Q$  можна визначити, знаючи проектну глибину ґрунтових вод  $h$ , розрахувати пониження рівня води у свердловині (рис. 9.6.):

$$S_0 = h = (Q/4\pi K_{\Phi} m) [\ln (R/r) + \xi],$$

де:  $S_0$  - пониження рівня води у свердловині, м;  $K_{\Phi}$  – коефіцієнт фільтрації водоносної товщі, м/доб;  $m$  – товщина водоносної товщі в добре фільтрованих породах, м;  $r$  – зовнішній радіус фільтра свердловини, м;  $\xi$  – коефіцієнт, який враховує недосконалість свердловини;  $h$  – глибина ґрунтових вод від денної поверхні (проектна), м.



9.6. Схема розрахунку вертикального дренажу при установленій фільтрації

**Комбінований дренаж** представляє систему горизонтальних (відкритих або закритих) дрен із підключеними до них вертикальними свердловинами-посилувачами, які розкривають глибокі добре водопроникні обводнені горизонти. Свердловини-посилувачі працюють без примусової відкачки, під дією природного напору, який виникає в результаті різності відміток рівня ґрунтових

вод у середині міждренної відстані й рівня води в устях свердловин.

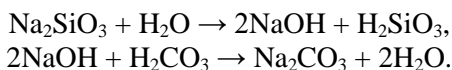
Комбінований дренаж, на відміну від горизонтального, має меншу будівельну й експлуатаційну вартість, надійніший у роботі.

**Двоярусний дренаж** сприяє більш рівномірному розсоленню ґрунтів і порід. Верхній ярус укладають безтраншейним способом із пластмасових труб на глибині 1,5-2,0 м, нижній виконують у вигляді постійного закритого дренажу. Нижній ярус робить процес промивки ґрунту інтенсивним, суттєво вирівнює спадні швидкості промивних потоків води.

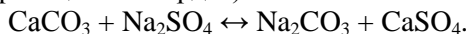
## 9.8. Особливості меліорації ґрунтів содового засолення

Сода в ґрунтах, породах і ґрунтових водах утворюється у результаті наступних причин.

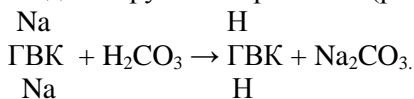
1. У процесі вивітрювання гірських порід (базальту, габро, вулканічних лав, вулканічного попелу, нефелінових сієнітів і ін.), які містять алюмосилікати натрію, перенесення їх вітром і водами поверхневого й ґрунтового стоку. Реакція содоутворення протікає за схемою:



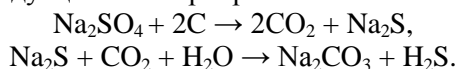
2. Сода в ґрунтах і породах може виникати у результаті заміщення кальцію карбонатів на натрій хлоридів і сульфатів ґрунтових вод (реакція Гільгардта):



3. Сода утворюється внаслідок обмінних реакцій між ґрунтом, насиченим увібраним натрієм, вугільною кислотою або карбонатом кальцію ґрунтових вод або ґрунтових розчинів (реакція Гедройца):



4. Біохімічним шляхом в результаті діяльності сульфат-редукційних мікроорганізмів у перезволоженому ґрунті в анаеробних умовах. Реакція протікає при обов'язковій наявності органічної речовини й сульфатів натрію у ґрунтах при активній участі сульфатредукційних мікроорганізмів за схемою:





Крім того, сода може утворюватися біохімічним шляхом в результаті процесу денітрифікації азотних сполук натрію за схемою (Антипов-Каратаєв):

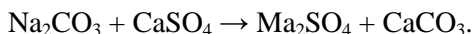


5. В результаті мінералізації рослин, які містять натрій.

6. За рахунок надходження глибинних напірних лужних вод, а також при зрошенні ґрунтів слабо лужними водами.

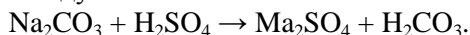
Отже нині існує три основних теорії утворення соди – теорія обмінних реакцій К.К. Гедройца, біохімічна теорія І.Н. Антипова-Каратаєва та геохімічна теорія В.А. Ковди.

**Протягом багатьох десятиліть для хімічної меліорації ґрунтів содового засолення використовували природний гіпс.** У результаті обмінної реакції у ґрунтах утворюється сульфат натрію й вапно за схемою:

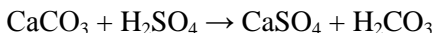


Сульфат натрію, сіль менш токсична, ніж нормальна сода, легко розчиняється у воді й виноситься ґрунтовими за межі зрошуваного масиву. Але процес меліорації ґрунтів содового засолення з допомогою гіпсу навіть на фоні промивання й дренажу протікає дуже повільно, а ефективно діючі дози меліоранту досить значні – від 15-20 до 60-90 т/га гіпсу. При цьому гіпс рекомендується вносити послідовно, в декілька прийомів.

**Більш ефективним є використання для меліорації ґрунтів содового засолення сірчаної кислоти й продуктів, що містять сірку (залізного купоросу, сірки й ін.).** Сірчану кислоту розбавляють і 1% - й розчин подають у чеки для промивання. Сірчана кислота активно розчиняє соду за схемою:



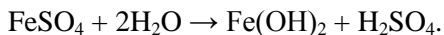
Оскільки промивку ґрунтів проводять сірчаною кислотою при горизонтальному й вертикальному дренажі, то сульфат і бікарбонат натрію – легкорозчинні солі, що утворюються, - швидко виводяться з промивними водами за межі зрошуваної території. Оскільки ґрунти содового засолення містять карбонат кальцію, при обробці сірчаною кислотою утворюється гіпс:



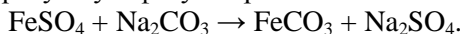
Новоутворений гіпс відрізняється від природного високою дисперсністю й реактивністю, позитивно впливає на ґрунт, змінює йонний склад ґрунтового розчину і вбирного комплексу.

Після завершення промивання валики чеків розрівнюються, а в

грунти вносять залізний купорос. Залізо цієї солі компенсує винесення трьохвалентних металів при промивках ґрунтів розчином сірчаної кислоти, сприяє покращенню їх фізичних властивостей, а частина утвореної з купоросу сірчаної кислоти продовжує меліоративну дію на відмивання від соди лужного ґрунту. Залізний купорос – сіль сильної кислоти і слабкої основи у воді піддається гідролізу:



При цьому виникає оксид двохвалентного заліза. Гідрооксид заліза просочує ґрунтовий дрібнозем і сприяє відновленню структури. Одночасно утворюється сірчана кислота, яка нейтралізує соду. Залізний купорос діє й безпосередньо на соду, сприяючи утворенню сидерату і сульфату натрію:



Отже, кислотування й внесення у ґрунт залізного купоросу має багатофакторну меліоративну дію на карбонатні ґрунти содового засолення.

#### **Контрольні питання.**

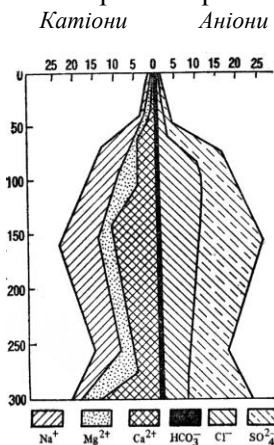
1. Від яких факторів залежить хімічний склад ґрунтового розчину, який його зв'язок із твердою фазою ґрунту? 2. Назвіть основні причини накопичення водорозчинних солей у ґрунтах. 3. Який існує зв'язок між рівнем ґрунтової води, їх мінералізацією та вторинним засоленням ґрунтів? 4. Як впливає якість поливної води на вторинне засолення ґрунтів? 5. Як класифікують ґрунти за аніонним складом? 6. Як класифікуються ґрунти за катіонним складом? 7. Як класифікуються ґрунти за ступенем засолення? 8. Охарактеризуйте ґрунти за глибиною розміщення першого сольового горизонту. 9. Як розраховують запаси солей у ґрунтах? 10. Назвіть основні заходи боротьби із засоленням ґрунтів.

## МЕЛІОРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ НА СОЛОНЦЯХ І СОЛОНЦЮВАТИХ ҐРУНТАХ

*Солонці – це ґрунти ілювіальний (І) горизонт яких насичений поглинутими солями натрію (більше 20 % від ємності катіонного обміну) у результаті близького до поверхні (20-80 см) розміщення джерела легкорозчинних солей (соди й ін.) або вторинного засолення в результаті невірнього зрошення.* Поширені переважно у Присивашші, Причорномор’ї, на річкових терасах лісостепової частини Лівобережжя. *Солонцюваті ґрунти містять у своєму складі увібраних основ від 5 до 20 % натрію.* Солонцюватими за Mg є також ґрунти у яких уміст останнього перевищує 20 % від суми катіонів, а за Na – при його вмісті вищому за 3-5 %.

### 10.1. Характеристика солонців і солонцюватих ґрунтів

У лісостеповій, степовій, сухо-степовій і напівпустельній зонах розповсюджені ґрунти з високим умістом увібраного натрію в поверхневих горизонтах, слабо лужною або лужною реакцією (рН більше 8,4) й елювіально-ілювіальною диференціацією профілю. Солонці так, як і солончаки, є засоленими ґрунтами, але легкорозчинні солі вимиті з верхніх горизонтів у глибші (рис. 10.1).



мг-екв 100 г ґрунту

Рис. 10.1. Розподіл і склад водорозчинних солей у профілі солонцю сухо-степової зони

Такі ґрунти, поширені у південній частині Херсонської, запорізької, Миколаївської областей, на півночі Автономної Республіки Крим, в Середньому Придніпров'ї, Полтавській області, менш значними за площею ділянками в інших областях. Такі ґрунти зустрічаються й на заплавах річок Донбасу, які утворилися внаслідок стікання у річки солоних заводських та шахтних вод. Значні території солонцюватих земель розміщені на зрошувальних системах: Інгулецькій, Явкінській, Спаській і інших. Площа солонцюватих ґрунтів на зрошувальних системах України складає майже 900 тис га (Драчинська Е.С., 2001).

**Солонцюваті ґрунти характеризуються** великою в'язкістю, розпиленістю, несприятливим водним і повітряним режимами. У вологому стані солонцевий горизонт сильно набухає, стає важко проникним для води, в'язким, а в сухому стані перетворюється у щільну, тверду масу, яка не піддається обробці. Солонцевий горизонт перешкоджає проникненню кореневої системи рослин углиб профілю ґрунту. В результаті обмінних реакцій між увібраним натрієм і бікарбонатом кальцію або вугільної кислоти у ґрунтового розчині цих ґрунтів утворюються вуглекислі солі натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), які являючись гідролітичними лугами, підвищують лужність розчину до  $\text{pH} = 9$  й більше.

У таблиці 10.1 приведено класифікацію ґрунтів за ступенем солонцюватості ґрунтового вбирного комплексу (ГВК).

Таблиця 10.1. Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості

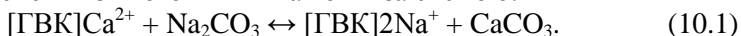
Ґрунти	Ступінь солонцюватості, % від ємності ГПК				
	Несолонцюваті	Слабо-солонцюваті	Середньо-солонцюваті	Сильно-солонцюваті	Солонці
Високо-гумусні	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20
Малогумусні	< 3	3-5	5-10	10-15	> 15
Увібрані катіони	Ступінь солонцюватості, % від ємності ГПК				
Ca	> 80	80-60	60-45	45-30	< 30
Mg	< 20	20-30	30-40	40-50	> 50
Na	< 5	5-10	10-15	15-20	> 20

Згідно теорії К.К. Гедройца солонці утворюються при розсолненні солончаків, засолених нейтральними солями натрію.

**Під солонцевим процесом розуміють проникнення в ґрунтовий вбирний комплекс іону натрію і, як, наслідок, наступає різке підвищення дисперсності органічної й мінеральної частини,**

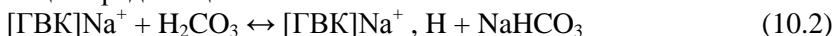
**зниження стійкості колоїдів до води й виникнення лужної реакції середовища.**

При пониженні рівня ґрунтової води змінюється тип водного режиму з випітного на не промивний. При цьому процес розсолення проходить декілька стадій. **Перша** – засолення ґрунтів солями Na, що веде до утворення солончаку. **На другій стадії** відбувається осолонцювання – насичення ґрунтового вбирного комплексу натрієм і витіснення з нього інших катіонів за схемою:



Обмінний натрій різко змінює властивості ґрунту: руйнується агрегатний склад, при зволоженні ґрунт сильно набухає, у сухому стані – стає твердим і щільним.

**Третя стадія** – розсолення солончаку: а) вимивання солей з верхнього горизонту; б) пептизація колоїдів, які вимиваються вниз, утворюючи надсолонцевий горизонт; в) коагуляція вимитих колоїдів на певній глибині. Тут утворюється солонцевий (ілювіальний) горизонт; г) утворення соди й виникнення в результаті лужної реакції середовища:



Утворена сода підвищує рН до 10-11. Під впливом сильно лужної реакції середовища частина колоїдів ґрунту розпадається, їх продукти також вимиваються вниз. Солонці більше тяжіють — до південно-степових і напівпустельних ландшафтів.

**Морфологічний профіль солонців** має дуже характерні риси, у першу чергу щільний ілювіальний горизонт. Будова цих ґрунтів наступна (рис. 10.2.):

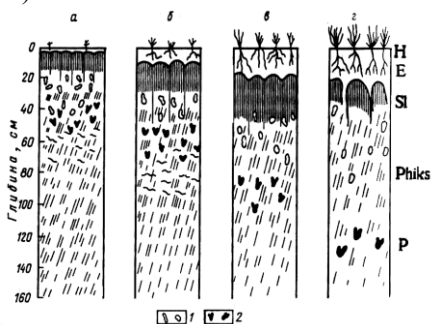


Рис. 10.2. Схематична будова профілю солонцю (Єгоров В.В., 1954):  
а – кірковий; б – мілкий; в – середній; г – глибокий. 1 – білозірка; 2 – гіпс

Горизонт *H* — сірого кольору, пухкої будови, товщина його від 1—2 до 10 см. У верхній частині іноді виділяється дернина.

Горизонт *E* — над солонцевий горизонт. Він має ясно-сірий колір, із листувато-шаруватою дуже неміцною структурою й товщиною 5—10 см. Часто розчленовування горизонтів *H*, і *HE* утруднене, в цілому це пухкий бурувато-сірий горизонт товщиною від 3—5 до 20—30 см.

Горизонт *Sl* (*IH*) — солонцевий, характеризується великою щільністю, темно-бурим кольором і характерною стовпчастою структурою. Верхня границя надзвичайно різка, що чітко виділяється після видалення пухкого горизонту *H*. На вершинах стовпчастих окремоостей часто є присутнім наліт пилюватих часток уламкових мінералів — кремнеземиста присипка. У нижній частині солонцевого горизонту (*Phiks*) є підгоризонти скупчення новоутворень — карбонатних і гіпсових.

Горизонт *Psk* — материнська порода, засолена, карбонатна, загіпсована.

Солонці мають наступну класифікацію (табл. 10.2).

Таблиця 10.2. Класифікація солонців

Типи	Підтипи	Роди	Види
Автоморфні	Чорноземні Каштанові Бурі Напівпустельні	а) за типом засолення; б) за глибиною засолення, см: солончакові (5-30); високо солончакуваті (30-50); солончакуваті (50-100); глибокосолончакуваті (100-150); несолончакуваті (150-200); в) за ступенем засолення: солонці-солончаки; сильно засолені, середньо засолені, слабо засолені, незасолені; г) за глибиною залягання $\text{CaCO}_3$ та гіпсу: високо карбонатні (вище 40 см), глибоко карбонатні (нижче 40 см), високо гіпсові (вище 40 см), глибоко гіпсові (нижче 40 см)	а) за товщиною <i>HE</i> : кіркові (< 3 см), мілкі (3-10), середні (10-18), глибокі (> 18 см); б) за умістом увібраного <i>Na</i> в <i>Sl</i> , % від СВ: залишкові (< 10), мало натрієві (10-25), середньо натрієві (25-40), багато натрієві (>40); в) за структурою <i>Sl</i> : стовпчасті, горіхуваті, призматичні, брилуваті
Напівгідро-морфні	Лучні о-чорноземні Лучно-каштанові Лучно-мерзлотні		
Гідроморфні	Чорноземно-лучні Каштаново-лучні Мерзлотно-лучні Лучно-болотні		

Примітка: розподіл на роди й види відноситься до усіх типів

Типи солонців виділяють за характером водного режиму, підтипи – за розташуванням в ґрунтово-біокліматичній зоні.

**Солонці автоморфні** формуються в умовах глибокого залягання рівня ґрунтових вод ( $> 6$  м) на засолених породах, найчастіше в степу. Ці солонці слабо засолені, а їх лужність менше  $0,1\% \text{ HCO}_3^-$ .

**Солонці напівгідроморфні** (лучно-степові) формуються на першій та другій надзаплавній терасах, у пониження рельєфу, при рівні залягання ґрунтових вод 3-6 м. Горизонт водорозчинних солей знаходиться на глибині 50-150 см.

**Солонці гідроморфні** розповсюджені в заплавах річок, в приозерних, міжбалкових зниженнях при глибині залягання рівня ґрунтових вод менше 3 м. У їх профілі неглибоко від поверхні залягають водорозчинні солі, а в ґрунтовому вбирному комплексі міститься до 50-70 % натрію. Як правило, ці ґрунти є солонцями-солончаками або солончакуватими й солончковими солонцями. Серед лучних солонців широко представлені роди хлоридно-сульфатні, содово-хлоридні, сульфатні солончкові й інші солонці.

**Солонці каштанової зони** мають меншу товщину горизонтів і більш світлі відтінки в порівнянні із солонцями чорноземної зони. Солонцюватість мають ґрунти сухо-степової й пустельної зон.

**Гігроморфні й напівгідроморфні солонці**, які містять у своєму профілі значну масу солей, меліорують на основі промивного зрошення й дренажу – вертикального або горизонтального. На відміну від них автоморфні солонці можна успішно меліорувати в бездренажних умовах.

Важливим фактором, що лімітує родючість солонців є їх водно-фізичні властивості. Ґрунтова маса солонцевого горизонту у вологому стані відрізняється тиксотропністю, тому що знаходиться в колоїдно-дисперсному стані. *Це пояснюється тим, що при взаємодії ґрунту з натрієвими солями (обов'язкова умова розвитку солонцевого процесу) відбувається заміщення катіонів кальцію в колоїдно-полімерному комплексі на натрій.* Останнє призводить до зростання заряду колоїдних часток і електричному відштовхуванню. Ґрунтова маса при цьому легко пептизується.

*У вологому стані солонцевий горизонт високопластичний, в'язкий і липкий, сильно набухає.* Останнє призводить до дуже низької повітроємної пористості й пониженому повітрообміну, що викликає сильне кисневе голодування рослин. При висиханні солонцевого горизонту має місце сильне стиснення ґрунтової маси,

розвивається тріщинуватість і грудкуватість ґрунтів, особливо помітна на пашні. Стискування ґрунтової маси призводить до сильної деформації, а в деяких випадках й до розриву рослин. При висиханні твердість солонцевого горизонту зростає, що сприяє збільшенню опору ґрунтів при обробітку.

У вологому стані солонці мають дуже низьку водостійкість, вона в 10-15 разів менша, ніж у не солонцюватих ґрунтів. **Водопроникність солонців тим нижча, чим вища доля обмінного натрію.** Швидкість фільтрації через солонцевий горизонт на 6-ту годину заміру в ґрунтах з умістом обмінного Na до 10 % знижувалась від 0,43 до 0,108 мм/хв., а при збільшенні умісту Na понад 20 % фільтрація через солонцевий горизонт повністю припинялась. Низька водопроникність сприяє стіканню поверхнею ґрунту більшої частини опадів. Запас вологи в солонцях завжди низький.

**Негативною характеристикою солонців є високий уміст недоступної для рослин вологи,** вона складає у солонців 12-17 %, тоді як у чорноземів всього 8-12 %. Всмоктуюча сила коренів культурних рослин є недостатньою, щоб засвоїти цю вологу. Саме тому при однакових загальних запасах вологи у солонцевих ґрунтах активної вологи завжди менше, ніж у інших ґрунтах. **У зв'язку з цим у солонцях спостерігається “фізіологічна сухість” ґрунту.**

## 10.2. Меліорація солонців

Основна причина низької родючості солонців – підвищений уміст поглинутого натрію у ґрунтовому вбирному комплексі й їх несприятливі фізичні, хімічні й фізико-хімічні властивості. Тому меліорація солонців має бути направлена на витіснення поглинутого натрію кальцієм гіпсу або іншої кальцієвої сполуки й усунення підвищеної лужності. Для покращення солонців використовують меліоранти гіпс, фосфогіпс, гіпсоносні природні породи; позитивні меліоративні результати дає внесення у ґрунт органічної речовини, залізного купоросу, сірки й інших сполук, спроможних при біохімічному окисленні утворювати сірчану кислоту.

Вивченням і меліорацією солонців на території України в різний час займалися Антипов-Каратаєв І.Н., Буданов М.Ф., Гедройц К.К., Грінченко А.М., Кізаков Ю.Е., Крупський М.К., Левенгаупт А.І., Махов Г.Г., Можейко А.М., Самбур Г.М., Соколовський О.Н., Розов Л.П. і ін.



### 10.2.1. Гіпсування

*Гіпсування ґрунту – це вид хімічної меліорації пов’язаний з внесенням у ґрунт гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) для заміни у вбирному комплексі натрію на кальцій і для нейтралізації лужності, шкідливої для багатьох сільськогосподарських культур, поліпшення фізичних, фізико-хімічних та біологічних властивостей, а також для підвищення його родючості.*

**Гіпс сиромелений** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) отримують шляхом розмелу природних покладів гіпсу. Це білий або сірий порошок, який містить 71-73 %  $\text{CaSO}_4$ , у воді розчиняється слабо (але краще, ніж вапняк). За стандартом товщина помелу має бути такою: усі часточки мають пройти сито в 1 мм, а не менше 70-80 % часток – сито в 0,25 мм. Вологість мelenого гіпсу має бути не вищою 8 %, інакше він злежиться і при зберіганні перетвориться у брили та грудки.

**Фосфогіпс** – відходи при виробництві фосфорних добрив (подвійного суперфосфату й преципітату), дуже тонкий порошок сірого або білого кольору, містить 70-75 %  $\text{CaSO}_4$  і фосфору (2-3 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), внаслідок чого має перевагу перед природним гіпсом. Ці меліоранти зберігають у сухих критих приміщеннях.

Найважливішим питанням хімічної меліорації солонців є встановлення ефективних норм солей кальцію й зокрема, гіпсу. Сьогодні відомо, що 3-5 % увібраного натрію у ґрунтах негативно не впливає на розвиток сільськогосподарських культур. Отже різниця між загальним вмістом увібраного натрію у ґрунтах і допустимим його значенням ( $\text{Na}^+$  - 0,05 Е) складає кількість обмінного натрію, яку необхідно замінити на кальцій

*Для типових солонців нейтрального засолення* потреба в гіпсі (фосфогіпсі) становить

$$H = 0,086 (\text{Na}^+ - 0,1 \text{ Е}) \text{ l d}, \quad (10.4)$$

де: H - потреба в гіпсі, т/га;  $\text{Na}^+$  - уміст поглинутого натрію, мг-екв на 100 г ґрунту (для чорноземів південних необхідно брати 0,05 Е, для темно-каштанових ґрунтів 0,03 Е); l - глибина солонцюватого горизонту, см; d - об’ємна маса ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

*Для солонців з високим умістом поглинутого магнію* (25-30 %) від смності поглинутих основ потреба в меліоранті становить

$$H = 0,086 (\text{Na}^+ - 0,05 \text{ Е}) + (\text{Mg}^{2+} - 0,3 \text{ Е}) \text{ l d}, \quad (10.5)$$

де:  $\text{Mg}^{2+}$  - вміст поглинутого магнію, мг-екв на 100 г ґрунту.

В різних матеріалах, які застосовуються для гіпсування ґрунту, міститься неоднакова кількість сульфату кальцію, тому для внесення

обчисленої дози (Д) гіпсу необхідно вести перерахунок. Перерахунок норми гіпсу (фосфогіпсу), необхідної для меліорації солонцюватих ґрунтів, із наступним відновленням родючості ґрунтів, необхідно вести за формулою:

$$Д = Н / х. \quad (10.6)$$

де: х – вміст  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  у меліоранті.

Дози гіпсу варіюють в широкому діапазоні – від 3-5 до 70 т/га. Гіпс вносять на плями солонців, розміщених серед незасолених і не солонцюватих ґрунтів. Якщо плями солонців займають >30 % площі масиву, застосовують суцільне внесення гіпсу.

Меліоративна дія гіпсу залежить від ступеню перемішування його з ґрунтом. Тому гіпс обов'язково зашпаровують під глибоку зяблеву оранку, щоб солонцевий шар краще перемішати з ним і верхнім надсолонцевим шаром.

Розчинність і позитивна дія гіпсу тим більші, чим краще перемішано його із солонцевим шаром і чим більша вологість ґрунту. Основну масу гіпсу необхідно вносити під осінню оранку або зяб.

В кормових і прифермерських сівозмінах гіпс потрібно вносити під зяб, на якому висівають трави та просапні культури, а також під озиму пшеницю, яку вирощують після багаторічних трав.

На мілких, або коркових, солонцях весь гіпс вносять після оранки й зашпаровують культиватором. На середньо – й глибокостовпчастих солонцях у яких солонцевий горизонт залягає на глибині 7-20 см, гіпс застосовують у два прийоми – частину під плуг із передплужниками, а іншу – після оранки під культиватор. Чим більша товщина солонцевого горизонту вивертається при оранці на поверхню, тим більше гіпсу вносять після оранки. На глибокостовпчастих солонцях, де солонцевий шар, розміщений на глибині більше 20 см, всю дозу гіпсу вносять перед оранкою й зашпаровують плугом із передплужником.

Меліорація солонців методом гіпсування найбільш ефективна при внесенні великих норм органічних добрив і зрошення. В умовах зрошення меліоративний ефект може бути досягнутий за порівняно короткий термін – 2-3 роки.

Ефективність гіпсування різко зростає на фоні зменшення товщини розмелу гіпсу. Чим тонший помел, тим більший контакт між частинками гіпсу й ґрунту, тим вища його розчинність і меліоративна дія. Гіпсування позитивно діє на властивості солонців,

зменшує уміст поглинутого натрію, збільшує їх водопроникність, покращує структуру ґрунту і в цілому родючість.

### 10.2.2. Усунення лужності

Лужну реакцію розчину мають ґрунти сухих степів, напівпустель і пустель – південні чорноземи й каштанові ґрунти, солонці.

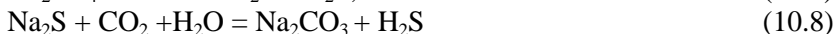
*Лужність ґрунтового розчину – ступінь вмісту їдких солей лужних і лучно-земельних металів, що створюють дуже несприятливі умови ґрунту, які ведуть до пригнічення розвитку рослин, мікроорганізмів, погіршують агрофізичні властивості ґрунту.*

Розрізняють актуальну й потенціальну лужність.

Актуальна лужність визначається вмістом у ґрунтовому розчині або водній витяжці гідролітично-лужних солей, переважно карбонатів і гідрокарбонатів лужних і лужноземельних металів ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ).

У ґрунтовому розчині хімічним методом визначається загальна лужність, лужність від нормальних карбонатів і бікарбонатів.

Лужність від нормальних карбонатів може проявлятися у результаті обмінних реакцій ґрунту, який вміщує обмінний натрій, внаслідок життєдіяльності сульфат бактерій, які відновлюють в анаеробних умовах у присутності органічної речовини сірчаноокислі солі натрію до соди:



**Активна лужність** виражається величиною рН і відповідає значенням 7,1-10. **Потенціальна лужність** спостерігається у ґрунтів, які містять увібраний натрій. При взаємодії такого ґрунту з вугільною кислотою, яка міститься у ґрунтовому розчині, відбувається реакція заміщення, результатом якої є накопичення соди у підлуженому розчині:



Потенційну лужність виражають у мг-екв на 100 г ґрунту. Лужність ґрунтового розчину переносять культурні рослинами гірше, ніж кислотність.

Найбільш токсичними являються карбонати натрію. Їх шкідлива дія починає проявлятися при вмісті іону  $\text{CO}_3$  у кількості 0,005-0,02

%, або 0,17-0,7 мг-екв на 100 г ґрунту. Бікарбонати натрію менш токсичні. Їх шкідлива дія починає проявлятися при вмісті іона  $\text{HCO}_3$  у кількості 0,065-0,4 % або 1,00-6,25 мг-екв на 100 г ґрунту.

Надмірна у ґрунті лужність може усуватися застосуванням фізіологічно кислих мінеральних добрив, гною, а також гіпсуванням ґрунту:



Доза внесення гіпсу розраховується у залежності від кількості обмінного натрію й загальної лужності.

*Для типових солонців содового засолення* потреба в меліоранті становить:

$$H = 0,086 (\text{Na} - 0,05 \text{ E}) + (\text{S} - \text{M}) \text{ l d}, \quad (10.11)$$

де S - вміст ( $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ ) в водній витяжці з ґрунту, мг-екв на 100 г ґрунту; M - вміст ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) у водній витяжці ґрунту, мг-екв на 100 г ґрунту.

### 10.2.3. Вапнування. Поліпшення властивостей ґрунтів мочарних ландшафтів

Застосування вапна для меліорації солонців (особливо содових) не знайшло широкого розповсюдження, оскільки цей захід веде до появи соди у ґрунтах.



У результаті вапнування відбувається значне підлуження ґрунту. Вапно – слабо розчинна сполука, тому реакція взаємодії ґрунту з меліорантом розвивається повільно. Вапнування може бути найбільш корисним переважно на мало натрієвих солонцях і особливо на солонцюватих ґрунтах у поєднанні з внесенням значних доз органічних добрив, які підвищують концентрацію вуглекислоти у ґрунтовому розчині, повітрі й збільшують розчинність вуглекислого кальцію.

Вапнування ефективно також при поліпшенні мочарних ґрунтів з високим умістом поглинутого натрію й добре вираженими ознаками злитості (Зайдельман і ін., 1998). Такі ґрунти поширені на півдні України у степових пониженнях подах і перезволожені. Після пониження рівня ґрунтових вод ці ґрунти мочарних ландшафтів продовжують зберігати свої несприятливі фізичні властивості – високу щільність складання, крупну грудкуватість. Для їх поліпшення проводять поверхневе вапнування з використанням

місцевих вапнякових матеріалів – наприклад, вапняку нормами 10-20 т/га. Потім поле обробляють дисковою бороною, а в орний горизонт вносять суміш азотної (3-3,5 т/га) й фосфорної (0,5 т/га) кислот.

#### **10.2.4. Кислотування**

Кислотування як спосіб меліорації ґрунтів содового засолення розглянутий у розділі 8. Ця технологія, досить ефективна при меліорації солончаків содового засолення, може бути використана й при меліорації солонців. Вона особливо результативна при меліорації содових солонців. У рівній мірі з метою меліорації використовують залізний купорос, сірку й інші сірковмісні сполуки, які при окисленні утворюють сірчану кислоту. Важливою умовою ефективного кислотування солонців є наявність у їх профілі достатніх резервів вуглекислого кальцію. Спосіб кислотування застосовується тільки на зрошуваних масивах і є більш ефективним, ніж гіпсування й вапнування.

#### **10.2.5. Глибоке меліоративне рихлення**

Глибоке меліоративне рихлення дозволяє суттєво поліпшити ефективність гіпсування. Суть цього прийому полягає в тому, що солонці й солонцюваті ґрунти після внесення гіпсу піддають глибокому меліоративному без відвального рихленню. При цьому відбувається механічне руйнування щільного солонцевого горизонту, більш повна взаємодія меліоранту (гіпсу) з мінеральною частиною ґрунту, зміна несприятливих властивостей ґрунтів в більш товстішому шарі, зменшення ємності катіонного обміну, знижується уміст поглинутого натрію. Глибоке меліоративне рихлення сприяє накопиченню вологи й більш активному промиванню профілю солонцю. Воно доцільне на зрошуваних ґрунтах на фоні дренажу.

#### **10.2.6. Самомеліорація солонців (плантажна оранка)**

*Плантаж або надглибокий обробіток ґрунту — це періодичний вплив на ґрунт спеціальними ґрунтообробними знаряддями й машинами з метою корінної зміни генетичного горизонту ґрунту з взаємним переміщенням шарів і горизонтів у*

*вертикальному напрямку на глибину більш 35 см.* Плантажна оранка буває двох- і трьохшаровою.

**Плантажна двошарова оранка** — прийом відвального обробітку, що забезпечує кришення, розпушування, взаємне переміщення верхньої й нижньої частин оброблюваного шару ґрунту, підрізання підземних і закладення в ґрунт надземних органів рослин, насіння бур'янів, збудників хвороб і шкідників культурних рослин плантажними плугами з установкою робочих корпусів на двох рівнях на глибину 40 см і більше.

**Плантажна тришарова оранка** — прийом відвального обробітку ґрунту, що забезпечує кришення, розпушування й взаємне переміщення у вертикальному напрямку трьох різноякісних частин оброблюваного шару ґрунту плугами різних конструкцій на глибину 50—75 см.

Застосування способу саомеліорації солонців засновано на тому, що в зоні сухих степів і напівпустель у цих ґрунтах близько від поверхні залягають гіпсовий і карбонатний горизонти. За допомогою плантажної оранки на глибину 50-55 см гіпсовий горизонт, який залягає на глибині 35-50 см перемішують із солонцевим. Таким чином, здійснюється гіпсування солонцю за рахунок природних ресурсів гіпсу, які залягають у його профілі. Вперше цей досить ефективний спосіб меліорації солонців сухих степів і напівпустель був запропонований В.А. Ковдою й А.Ф. Большаковим для меліорації солонців Прикаспійської низовини.. Після плантажної оранки проводять обробіток ґрунту важкими дисковими боронами для руйнування брил, а також виконують заходи з накопичення вологи у ґрунті шляхом влаштування продувних смуг, висівання високостеблових культур для створення куліс. Меліорація солонців при плантажній оранці відбувається протягом 4-5 років.

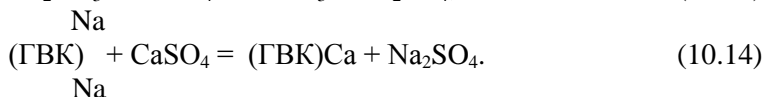
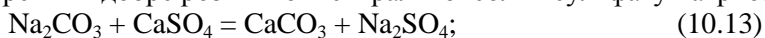
### **10.2.7. Багатоярусна оранка**

При меліорації солонців способом багатоярусної оранки, запропонованої І.Н. Антиповим-Каратаєвим, з допомогою плугів спеціальної конструкції міняють місцями солонцевий і гіпсовий горизонти. Гіпсовий горизонт піднімають до поверхні, солонцевий з несприятливими властивостями опускають вниз. Гумусовий горизонт при обробці ґрунтів триярусним плугом піддають рихленню, його обертають, і він залишається на поверхні.

Поєднання такого обробітку з комплексом заходів з підвищення родючості ґрунтів дозволяє додати солонцям, які оброблені багатоярусною оранкою, сприятливих властивостей для ведення сільського господарства.

### **10.3. Зміни у солонцях та солонцюватих ґрунтах викликані гіпсуванням**

При внесенні у ґрунти гіпсу з ґрунтового розчину усувається сода, а увібраний натрій витісняється й заміщується кальцієм з утворенням добре розчинної нейтральної солі – сульфату натрію:



При утворенні у розчині невеликої кількості  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , сіль не спричиняє шкідливої дії на рослини. Але при гіпсуванні солонців, які містять більше 20 % натрію від ємності вбирання, появляється велика кількість  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , і її необхідно видаляти із ґрунту, використовуючи зрошення. Внесений у солонцевий ґрунт гіпс усуває лужну реакцію середовища. Заміна увібраного натрію на кальцій супроводжується коагуляцією ґрунтових колоїдів; утворений при розкладанні рослинних решток перегній у присутності кальцію склеює ґрунтові грудки, після чого ґрунт набуває міцної грудкуватої структури, поліпшуються його фізичні властивості, водопроникність і аерація, полегшується обробіток.

Усунення лужності й поліпшення фізичних властивостей ґрунту при гіпсуванні сприяє розвитку й діяльності ґрунтової мікрофлори.

### **10.4. Ефективність гіпсування**

За даними великої кількості дослідів, середня прибавка врожаю від внесення гіпсу в чорноземній зоні без зрошення складає 3-6 ц/га, а в зоні каштанових ґрунтів 2-7 ц/га. Унаслідок повільної взаємодії гіпсу з ґрунтом позитивна дія його проявляється поступово і в перші роки після внесення постійно зростає. Без зрошення повна ефективність від гіпсування проявляється через 4-5 років. Важлива умова швидкого меліоративного ефекту від гіпсування – достатня вологість ґрунту. В сухих умовах розчинність гіпсу, заміщення

кальцієм увібраного натрію й видалення натрію з верхнього шару ґрунту майже не відбувається, або протікає цей процес дуже повільно. Саме тому в умовах неполивного землеробства для підвищення ефективності гіпсування його поєднують з глибокою оранкою, снігозатриманням і іншими агротехнічними заходами, які сприяють видаленню натрію з кореневмісного шару ґрунту.

Високій ефективності хімічної меліорації солонців сприяють посіви буркуну. Головною біологічною особливістю буркуну є те, що його коренева система проходить через ілювіальні горизонти солонців, де вона після перегнивання залишає широкі пори, які сприяють низхідним токам води й відмиванню легкорозчинних солей. Крім цього, буркун мобілізує ґрунтовий кальцій глибоких горизонтів і поступово нагромаджує його у верхньому шарі. Дослідженнями встановлено, що після буркуну водопроникність ґрунту збільшується в 6-7 разів.

Періодичного гіпсування (4-6 т/га раз в 5-7 років) потребують ґрунти, зрошувані мінералізованими водами.

Ефективність гіпсування солонців значно підвищується при внесенні гною та сульфату амонію й суперфосфату.

### **Контрольні питання**

1. Яка головна мета гіпсування ґрунтів? 2. Які ґрунти називають солонцями, де вони поширені? 3. Як поділяються солонці в залежності від глибини солонцевого горизонту? 4. Як поділяють солонці за сольовим складом? 5. Як поділяють солонцюваті ґрунти за глибиною залягання солей? 6. Головні умови і причини утворення солонців. 7. Чим відрізняються солонці від солончаків? Де вони поширені? 8. Як поділяють солончаки за морфологічними ознаками? 9. Назвіть причини і умови утворення солончаків? 10. Назвіть найбільш токсичні і характерні для кожного типу солончаків солі? 11. Як усувають надмірну кількість солей з солончаків? 12. Чим відрізняються солонцюваті ґрунти від солонців, місця їх поширення? 13. Як класифікують ґрунти за ступенем солонцюватості? 14. Які заходи необхідно застосувати, щоб докорінно змінити властивості солонцюватих ґрунтів? 15. Охарактеризуйте матеріали які застосовують для гіпсування ґрунтів? 16. Які властивості солонців і солонцюватих ґрунтів змінюються при гіпсуванні? 17. Чим виражається ефективність гіпсування ґрунтів? 18. Наведіть формулу розрахунку дози гіпсу для нейтралізації типових солонців? 19. Наведіть формулу розрахунку дози гіпсу для нейтралізації содових солонців? 20. Наведіть формулу розрахунку дози гіпсу для нейтралізації солонців з високим вмістом увібраного магнію?



## **ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ГРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ У КИСЛИХ ГРУНТАХ**

### **11.1. З історії застосування меліорантів для поліпшення властивостей ґрунту**

Кислі ґрунти у ґрунтовому вбирному комплексі з катіонами кальцію й магнію містять іони водню, алюмінію й заліза, які різко погіршують фізичні, фізико-хімічні й біологічні властивості, а в кінцевому результаті - їх родючість. Для підвищення родючості кислих ґрунтів застосовують хімічну меліорацію, для нейтралізації кислотності вапнуванням та проведення агротехнічних заходів.

Вапнякові добрива у сільському господарстві застосовують з давніх-давен. Ще в часи римлян землероби Галлії й Британських островів (2000 років тому) використовували мергель і крейду на полях, лугах і пасовищах. У XVI-XVIII ст. вапнування ґрунтів застосовували у Англії, Франції, Німеччині, Нідерландах і інших країнах Західної Європи. Багато уваги вапнуванню ґрунтів приділяв видатний французький учений середини XVIII ст. Дюамель.

В ті часи не знали природи дії вапна. Зловживання в Англії та Німеччині високими нормами та частим внесенням вапна у ґрунти та ігнорування внесення гною, призвело до негативних результатів.

Досліди з застосування вапняків із метою підвищення врожаю сільськогосподарських культур в Україні почалися в кінці другої половини XIX ст. в буряковій зоні. Цими дослідженнями вирішувалось питання можливості заміни органічних добрив відходами цукрової промисловості – дефекаційною гряззю.

Пізніше в більших масштабах проводили дослід з вапнування ґрунтів (1900-1905 рр.) на мережі дослідних ділянок, організованих Всеросійським товариством цукрозаводчиків. У 1925 р. розпочато дослідження з вивчення ефективності вапнування дослідною мережею Цукротресту. Дослідження з виявлення ефективності використання мергелю як компонента з корінного поліпшення слабопідзолистих піщаних ґрунтів Полісся розпочалися в 1925 р. на Поліській дослідній станції. До методичних недоліків досліджень відносять застосування високих норм мергелю (36 т/га) й післядії на монокультурах озимого жита та картоплі.

У 1933 р. розпочато вивчення ефективності вапнування дерново-підзолистих ґрунтів Полісся Українським науково-дослідним

інститутом землеробства. У цих дослідках вивчали ефективність вапнування як заходу поліпшення родючості дерново-підзолистих кислих ґрунтів і збільшення врожаю сільськогосподарських культур. У дослідках вивчали вплив вапнякових матеріалів на агрономічні, фізико-хімічні та фізичні властивості ґрунту.

Недоліком проведених в Україні досліджень була їх короткочасність. Дослідження не дали можливості вивчити дію вапна на підвищення родючості ґрунту у поєднанні з розміщенням культур у сівозміні.

Для забезпечення кращих результатів від вапнування кислих дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтів треба досконало знати їх властивості та природні умови, що впливали на їх формування.

***Отже, вапнування ґрунту – це застосування вапнистих добрив на кислих ґрунтах для нейтралізації кислотності, шкідливої для багатьох сільськогосподарських культур, поліпшення фізичних властивостей, створення в ньому запасів кальцію.*** Лише на Поліссі України є близько 10 млн. га ґрунтів, які потребують вапнування. У вісімдесятих роках ХХ ст. щорічно в Україні вапнували 1,2-1,3 млн. га земель.

## **11.2. Характеристика ґрунтів, що потребують вапнування**

В районах Полісся, Лісостепу, Прикарпаття, гірській зоні Карпат та Закарпатті поширені дерново-підзолисті, опідзолені та бурі лісові ґрунти, які в переважній більшості мають кислу реакцію середовища.

**Дерново-підзолисті ґрунти.** Дерново-підзолисті ґрунти, поширені переважно на Поліссі, південна межа якого проходить у напрямку з північного сходу на південний захід по лінії Глухів – Конотоп – Ніжин – Київ – південніше Житомира – Шепетівка – Рава-Руська, а також у Прикарпатті та Закарпатті.

Легкий механічний склад та достатня кількість опадів сприяють постійному промиванню ґрунту водою, яка інфільтрується з поверхні в більш глибокі горизонти профілю. Рослинні органічні рештки дернового ґрунту розкладаються переважно плісеневими грибами. У процесі розкладання виділяються органічні кислоти, розчинні у воді. Розчинені у воді кислоти просочуються крізь ґрунт, розчиняючи на своєму шляху сполуки кальцію, заліза, алюмінію, марганцю. Унаслідок багаторічного вимивання з верхніх шарів дерново-

підзолистого ґрунту органічних і мінеральних речовин, які переносилися потоком вологи і відкладалися в значно глибших шарах формувалися дерново-підзолисті ґрунти з кислою реакцією ґрунтового розчину.

На більш зв'язаних супіщаних та легкосуглинкових ґрунтоутворюючих безкарбонатних породах формувалися дернові - дуже та переважно середньо підзолисті ґрунти, а на пухких піщаних породах – дерново-слабопідзолисті. Найвищу кислотність мають дернові -, середньо - й дуже підзолисті суглинкові ґрунти, поширені з обох сторін Карпатських гір. Дерново-слабопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти мають менш кислу реакцію, ніж попередні, і поширені на Поліссі та частково в Лісостепу.

**Опідзолені ґрунти.** Опідзолені суглинкові ґрунти, поширені переважно в зоні Лісостепу та частково на Поліссі. Серед них виділяються сірі, темно-сірі і світло-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені.

**Сірі опідзолені ґрунти,** поширені невеликими масивами на лесових породах. Світло-сірі та сірі опідзолені ґрунти, характерні тим, що в них відсутні ознаки чорноземів, слабо гумусовані, не насичені основами ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ), а тому мають значну кислотність; профіль їх різко диференційований на генетичні горизонти (HE) та колоїдного ілювію (I), в них карбонати кальцію вимиті на глибину 120-200 см від поверхні.

**Темно-сірі опідзолені ґрунти** мають ознаки чорноземів – відносно значну гумусність, порівняно високу насиченість основами ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ), та незначне порушення структури. Ознаки підзолів виявляються у вилуговуванні карбонатів, порушенні та переміщенні колоїдів профілем, вони менш кислі ніж світло-сірі та сірі опідзолені ґрунти.

**Опідзолені чорноземи** - це процес перетворення, або “остепніння”, раніше опідзолених сірих і темно-сірих ґрунтів, які були звільнені від лісу й порівняно добре змінені у процесі землеробства. У цих ґрунтах спостерігається переміщення карбонатів ближче до поверхні, підвищився вміст гумусу, вбирний комплекс більш насичений основами, поліпшилась структура, пухкість і родючість.

**Бурі лісові ґрунти,** поширені в гірських зонах Карпат та Криму. Гумусовий шар цих ґрунтів становить 20-30 см, а іноді й більше з досить високим умістом гумусу. Кислотність цих ґрунтів дуже

висока в усьому профілі, крім тих, де карбонатні породи залягають близько від поверхні. Бурі лісові ґрунти Карпат мають слабо виявлені ознаки підзолистого процесу.

**Болотні ґрунти.** Площа ґрунтів в Україні понад 2,6 млн. га. Поширені на Поліссі, Лісостепу. Ґрунти залягають на великих зниженнях, в заплавах річок, а також на великих пониженнях серед польових земель та лугів, де ґрунтові води підходять близько до поверхні. Залежно від наявності торфового шару й його товщини вони поділяються на: мулуватоболотні, торфовоболотні та торфовища. На Поліссі торфові ґрунти кислі, а в Лісостепу – переважно лужні.

**Дернові ґрунти** поширені в заплавах річок, та на понижених елементах рельєфу, у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Серед них виділяються лучні з гумусовим шаром понад 50 см з виразною структурою і дернові з коротким гумусовим шаром і з меншим умістом гумусу, ніж у лучних ґрунтів.

### 11.3 Морфологічні особливості й класифікація солоді

**Солоді – гідроморфні або напівгідроморфні ґрунти западин лісостепової й степової зон з різко диференційованим профілем, яскраво вираженим освітленням горизонтом Е, з наявним увібраним натрієм та лужною реакцією в горизонті І, з карбонатами й легкорозчинними солями у нижній частині профілю.** Утворилися із солонців і солонцюватих ґрунтів під впливом інтенсивного промивання їх водою й заміною у ГВК увібраного натрію на увібраний водень у верхній розсоленій частині профілю. Зовні дуже схожі на сірі лісові ґрунти.

**Будова профілю солоді наступна (див рис. 10.2.3):**

Горизонт  $H_0$  – лісова підстилка або дернина, товщиною до 3 см.

Горизонт Н — гумусовий, буруватого забарвлення, багатий кореннями трав і часто торфований. Товщина 3—10 см.

Горизонт  $E_{gl}$  — білуватоборошnistий горизонт вимивання з неясною листовою структурою. Потужність близько 10—20 см. Часто містить численні залізо-марганцеві конкреції.

Горизонт  $E_{lgl}$  — горизонт вмивання, темно-бурого кольору, дуже щільний, злитий, стовпчасто-призматичної структури, що внизу змінюється брилуватою. Товщина близько 50 см і більше. У нижній

частині горизонту зустрічаються неясно виражені карбонатні стягнення.

Нижче залягають горизонти Ik, gl та Is, gl, які утворюють поступовий перехід до ґрунтоутворюючої породи.

**Солоді поділяються на підтипи: лучно-чорноземні** з глибиною залягання РГВ ( $> 3$  м), товщина гумусового горизонту 50-70 см; **лучні** (степові) з глибиною РГВ 1,5-3 м, меншою товщиною гумусного горизонту, більшим оглеєнням; **лучно-болотні**: РГВ = 0,5-1 м; **сильно глейові**, на поверхні є горизонт торфу (табл. 11.1).

Таблиця 11.1. Класифікація солодів

Підтипи	Роди	Види
Лучно-чорноземні, Лучні, Лучно-болотні	Звичайні, Безкарбонатні, Незасолені, Солончакуваті, Несолонцюваті, Солонцюваті	а) глейові, глеюваті; б) малогумісні ( $< 3$ % гумусу), середньогумісні (3-6), високогумісні ( $> 6$ %); в) торф'янисто-глейові ( $T < 10$ см), г) торф'яно-глейові ( $T = 10-20$ см)

У неглибоких степових западинах і на ділянках високої заплави створюються умови підвищеної зволоженості. Тут розвивається лучно-стєпова рослинність, що забезпечує більш значну кількість рослинного опаду, ніж на навколишніх просторах. Періодичне обводнення ґрунту затрудняє руйнування органічних решток. У результаті формуються **лучно-чорноземні** й **лучно-каштанові ґрунти**, що відрізняються меншою товщиною горизонту Н і слабкою засоленістю.

На центральних ділянках западин степової й лісостепової зон ґрунтові води розташовуються дуже близько до поверхні. У таких умовах утворюються **перегнійно-глейові** (часто **торф'янисто-перегнійно-глейові**) ґрунти. Для профілю цих ґрунтів типовий дерново-перегнійний, слабо торфований горизонт, нижче якого знаходиться сизувато-сірий глейовий горизонт, що містить у верхній частині численні залізисті й залізо-марганцеві новоутворення (особливо характерні роренштейни).

За властивостями солоді, мають багато спільного із солонцями, що виявляється загалом у будові профілю й особливостях складу генетичних горизонтів.

**Солоді утворюються із солонців шляхом деградації їх у результаті заміни обмінного натрію на водень.** В умовах лужної реакції, яка виникає у процесі взаємодії вивільненого з обмінної

форми  $\text{Na}^+$  із вуглекислою, відбувається руйнування ґрунтового вбирного комплексу.

В утворенні солоді значна роль належить явищам анаеробності, які розвиваються при надлишковому зволоженні. Тимчасовий анаеробізм сприяє утворенню активних органічних кислот (фульвокислот і низькомолекулярних кислот) та рухомих форм заліза і марганцю, які спроможні утворювати комплексні органо-мінеральні сполуки, у формах здатних виносити з верхніх горизонтів у нижні заліза, марганцю й інших елементів (С.П. Ярков, І.С. Кауричев).

**Необхідними умовами для утворення солоді є:** наявність засолених порід, гідроморфізму, негативних форм рельєфу та специфічної рослинності.

Різка диференціація профілю солоді чітко просліджується у механічному складі. Так, верхній осолоділий шар, збіднюється мулистими частками, а ілювіальний горизонт збагачується ними.

У хімічному складі солоді ще більш різко, ніж у солонцях, виділяється вилугуваний (осолоділий) горизонт НЕ, що характеризується високим умістом кремнезему (за рахунок залишкового нагромадження кварцу) й збіднений оксидами алюмінію, заліза, марганцю, калію. Ілювіальний горизонт, навпаки, збагачений цими оксидами й збіднений кремнеземом. Значна кількість  $\text{SiO}_2$  у солодах може накопичуватися біогенним шляхом (І.В. Тюрін, Н.І. Базилевич) у результаті розвитку діатомових водоростей, які концентрують кремнезем при побудові своїх панцирів, а також за рахунок фітолітарій (кремнієвих тілець), які утворюються у тканинах злаків і осок.

**Отже, утворення солоді пов'язано не тільки зі специфічними фізико-хімічними й хімічними процесами, які протікають у профілі цих ґрунтів, але й з певною сукупністю біологічних і біохімічних процесів.**

Горизонт Еh у солодах часто настільки позбавлений високодисперсних компонентів, що має світлий білястий колір, що нагадує підзолисті ґрунти. Подібність підсилюється тим, що горизонт НЕ утримує велику кількість грубого гумусу і часто торфований. З верхньої частини профілю солоді, виміті не тільки високодисперсні частки, але й усі водорозчинні компоненти, у тому числі рухомі форми гумусу. Винесені речовини акумулюються в горизонті умивання. Ілювіальний горизонт характеризується також високою щільністю у зв'язку із вмитими колоїдами й сильним

набуханням при зволоженні (об'єм збільшується на 30-35 %). Це зумовлює абсолютну водонепроникність ґрунту, що викликає поверхневе заболочення у вологі роки.

Уміст гумусу у солоді коливається в межах від 1,5 до 10 % й більше. Дернові солоді степових лиманів більш гумусові, ніж типові лісові. У складі гумусових речовин значна частина припадає на фульвокислоти.

Уміст рухомого азоту залежить від умісту гумусу і складає 0,1-0,8 %. Ємність вбирання в осолоділому горизонті невисока – 10-15 мг-екв на 100 г ґрунту, в ілювіальному зростає й в деяких випадках може досягати 30-40 мг-екв. У складі увібраних катіонів переважають  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , є й  $\text{Na}^+$  і  $\text{H}^+$ .

Вимивання з верхньої частини ґрунтового профілю відбувається настільки енергійно, що в горизонтах HE й Eh спостерігається кисла реакція ( $\text{pH} = 3,5-6,5$ ) у нижніх горизонтах –  $\text{pH}$  близьке до нейтральної або слабо лужної реакції. Аналіз водної витяжки солоді типової свідчить про незначний уміст у них водорозчинних солей. Верхній метровий шар солоді, як правило промитий від карбонатів кальцію.

#### 11.4. Кислотність ґрунту

Завдяки великій рухомості ґрунтовий розчин вбирає в себе усі гази, які містяться в повітрі порід ґрунту: кисень, азот, вуглекислоту, водень. У ґрунті постійно утворюється  $\text{CO}_2$ . При розчиненні вуглекислого газу в ґрунтовій волозі утворюється  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , яка дисоціює на іони  $\text{H}^+$  і  $\text{HCO}^+$ . В результаті підвищується концентрація іонів водню в розчині, він підкислюється.

**Кислотність ґрунту – це концентрація іонів водню у ґрунтовому розчині.** В залежності від концентрації іонів водню й величини  $\text{pH}$  реакція ґрунтового розчину підрозділяється наступним чином.

Реакція	$\text{pH}$
Сильнокисла	3-4,5
Кисла	4,5-5,5
Слабокисла	5,5-6,5
Нейтральна	6,5-7,5
Слаболужна	7,5-8,0
Лужна	8-9
Сильнолужна	9 і більше

**Форми кислотності ґрунту.** Виділяють дві форми кислотності ґрунту: актуальну (активну) й потенціальну.

**Актуальна кислотність ґрунту** зумовлюється концентрацією дисоційованих Н іонів у ґрунтовому розчині. Це найбільш рухома й активна частина водневих іонів.

**Потенціальна кислотність** зумовлюється іонами водню та алюмінію, увібраними ґрунтом. Вона поділяється на **обмінну й гідролітичну кислотність**.

**Актуальна кислотність.** Показану в нормальностях концентрацію іонів Н у ґрунтовому розчині або водній витяжці позначають умовним символом рН, який є показником ступеню концентрації іонів Н (Сн), написаний з протилежним знаком. При нейтральній реакції концентрація іонів Н<sup>+</sup> дорівнює концентрації іонів ОН<sup>-</sup> і відповідає Сн –  $1,0 \cdot 10^{-7}$ , тобто рН = 7. Коли концентрація іонів Н<sup>+</sup> в ґрунтовому розчині або водній витяжці з ґрунту більша концентрації ОН<sup>-</sup>, тобто рН менше 7, наприклад, 6,0; 5,0; 4,0; 3,0 і т.д. то ґрунт кислий. При переважанні концентрації ОН<sup>-</sup> над концентрацією іонів Н<sup>+</sup> реакція ґрунту лужна, а величина рН може змінюватися від 7,5 до 11,0. Отже, між показниками Сн і рН існує обернена залежність. Якщо концентрація Сн збільшується, то величина рН зменшується і навпаки.

**Отже, актуальна кислотність – це кислотність ґрунтового розчину створювана вуглекислою (Н<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>), водорозчинними органічними кислотами й гідролітичними кислими солями.** Актуальна кислотність безпосередньо впливає на розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів.

**Потенціальна кислотність** вимірюється сумарною кількістю іонів Н та алюмінію у вбирному комплексі ґрунту в прихованому увібраному стані й можуть витіснятися у ґрунтовий розчин різними солями. Найбільш рухома частина іонів Н<sup>+</sup> може бути переведена в розчин при обробці ґрунту розчинами нейтральних солей (KCl, BaCl<sub>2</sub>).

**Обмінна кислотність – це кислотність обумовлена обмінними увібраними іонами водню й іонами алюмінію, які витягуються із ґрунту при обробці її розчином нейтральної солі.** Обмінна кислотність ґрунтового розчину характеризується не лише переходом у розчин іонів Н, досить часто вона зумовлюється наявністю іонів Al. Обмінна кислотність є найбільш шкідливою для сільськогосподарських рослин формою кислотності ґрунту. Вона



характерна для ґрунтів дуже збіднених на обмінні основи, які заміщені іонами Н або Al. Саме наявність обмінної кислотності визначає потребу вапнування ґрунтів.

Величину обмінної кислотності виражають у мг-екв на 100 г ґрунту. У величину обмінної кислотності входить і актуальна кислотність, отже, обмінна кислотність ґрунту завжди більша, ніж актуальна, а рН сольової витяжки відповідно нижчий, ніж рН водної витяжки.

***Гідролітична кислотність ґрунту - це кислотність, яка виявляється в розчині після обробки його оцтовокислим натрієм, що включає всі іони водню, які містяться в ґрунті, тобто легко рухомі (обмінні) і менш рухомі, спроможні до заміни на основи лише при лужній реакції.***

Гідролітичну кислотність виражають у мг-екв на 100 г ґрунту.

Гідролітична кислотність у ґрунтах появляється на початку збіднення їх, основами. А подальша втрата основ веде до появи обмінної й актуальної кислотності.

Чорноземи, за виключенням південних, мають гідролітичну кислотність, хоч обмінної у них може й не бути, вилучені чорноземи - гідролітичну і невелику обмінну, дерново-підзолисті ґрунти мають значну гідролітичну, сильно виражену обмінну, а також актуальну кислотність.

Внаслідок того, що гідролітична кислотність включає менш рухому частину іонів водню, вона (при відсутності обмінної) не шкідлива для рослин.

### **11.5. Знешкодження кислотності – як засіб поліпшення агрономічних властивостей ґрунту**

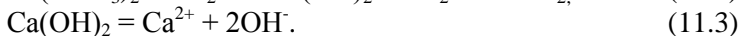
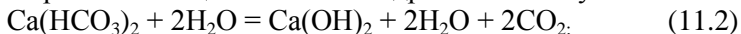
***Основна ціль вапнування кислих ґрунтів – знешкодження надмірної кислотності, яка негативно впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур та погіршує агрономічні властивості ґрунту.***

Вапно ( $\text{CaCO}_3$ ) практично нерозчинне у чистій воді (в 100 тис часток води розчиняється 1 частина карбонату кальцію), але у воді, яка містить вугільну кислоту, розчинність його значно збільшується (приблизно в 60 раз). При внесенні  $\text{CaCO}_3$  у ґрунт під впливом вуглекислоти, яка знаходиться у ґрунтовому розчині, карбонат кальцію (або магнію) поступово перетворюється в розчинний

бікарбонат кальцію (або магнію):

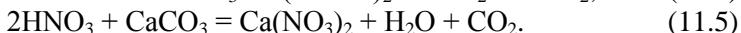
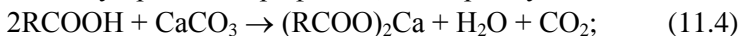


Бікарбонат кальцію являється гідролітичною лужною сіллю:



У ґрунтовому розчині, який містить бікарбонат кальцію, підвищується концентрація іонів гідроксиду й кальцію. Катіони кальцію витісняють іони водню із ґрунтового вбирного комплексу і кислотність нейтралізується.

Вапно взаємодіє також з вільними гумусовими й іншими органічними кислотами в кислих ґрунтах і з азотною кислотою, яка утворюється у процесі нітрифікації, і нейтралізує їх:



Внесене в ґрунт вапно нейтралізує в першу чергу актуальну кислотність ґрунтового розчину, а потім у міру розчинення вапна починаються обмінні реакції з катіонами  $\text{H}^+$  та  $\text{Al}^{3+}$ , що знаходяться в поглинутому стані вбирного комплексу, зменшуючи обмінну та гідролітичну кислотність. При цьому, останні переходять у нерозчинну й тому недоступну для рослин форму - півтораоксидів, яка не токсична для них.

На легких за механічним складом ґрунтах дія вапна на зменшення кислотності відбувається інтенсивніше, ніж на суглинкових і глинистих, не тільки в орному шарі, а й у підорному, що є результатом більш швидкого переміщення вглиб ґрунтового профілю бікарбонату кальцію. Дія вапна на легких ґрунтах за таких обставин менш тривала в часі у порівнянні з важкими.

Нейтралізуючи кислотність, вапнування сприяє численним діям направлених на поліпшення властивостей ґрунту, створює сприятливі умови для життєдіяльності корисних мікроорганізмів. Кальцій вапна коагулює ґрунтові колоїди, покращує структуру ґрунту, водопроникність і аерацію, зменшує можливість утворення кірки і значно полегшує обробіток важких ґрунтів.

При внесенні достатніх доз вапна знижується вміст у ґрунтах рухомих сполук алюмінію, заліза, марганцю, вони переходять у нерозчинні форми й цим усувається шкідлива їх, дія на рослини.

Вапнування подавлює шкідливі мікроорганізми, зменшує ураження рослин різними хворобами, такими як фітофтора, гельмінтоспоріоз.

У вапнованих ґрунтах швидше розкладаються кореневі та інші органічні рештки. Продукти розкладу органічної речовини, вступаючи у взаємодію з кальцієм вапна, утворюють малорозчинні гумати кальцію. Вапно утримує гумус у верхньому горизонті ґрунту, не дає змоги йому вимиватися з потоком вологи у нижчі шари.

### 11.6. Реагування сільськогосподарських культур на кислотність ґрунту й вапнування

Більшість культурних рослин і ґрунтових організмів краще розвиваються при слабокислій або нейтральній реакції (рН 6-7): лужна й надмірно кисла реакція впливає на них негативно. Різні рослини по-різному відносяться до реакції середовища – мають неоднаковий інтервал рН, сприятливий для їх росту й розвитку й володіють різною чутливістю до відхилення реакції від оптимальної (табл. 11.1).

Таблиця 11.1. Амплітуди рН для деяких сільськогосподарських культур

Культури	Нижня межа росту	Оптимальна	Верхня межа
Пшениця та ячмінь	4,0	6,5-7,0	9,0
Овес	3,5	5,0-6,0	9,0
Картопля	3,5	5,2-7,2	8,5
Кормові буряки	4,0	5,8-7,5	9,0
Кукурудза й просо	4,0	6,5-8,5	9,5
Конюшина	4,0	5,8-7,0	8,5
Люцерна		7,2-8,5	
Люпин	3,5	4,0-5,5	7,5
Соя		6,5-7,5	
Гречка	4,7	7,0-7,4	8,5
Жито	4,5	5,5-7,5	
Томати		5,0-8,0	
Льон	4,5	5,9-6,6	
Просо		5,5-7,5	
Капуста		7,0-7,4	
Огірки		6,4-7,5	

У зв'язку з тим, що чутливість різних культур до кислотності ґрунту неоднакова, різна й чуйність їх до вапнування. За чуйністю на

вапнування сільськогосподарські рослини можна розділити на наступні групи:

1. Люцерна, кормові, столові й цукрові буряки, конопля, капуста найбільш чутливі до кислотності ґрунту, дуже сильно відзиваються на внесення вапна навіть на слабокислих ґрунтах.

2. Ячмінь, пшениця озима й яра, кукурудза, соя, квасоля, горох, кормові боби, конюшина, соняшник, огірки, цибуля чутливі до кислотності й добре відзиваються на вапнування. Без нього ці культури не дають добрих врожаїв не тільки на сильнокислих ґрунтах, але й на середньо кислих. На вапнованих ґрунтах різко зменшується випадіння озимої пшениці й конюшини при зимівлі.

Вапнування ґрунту впливає на прискорення росту кукурудзи і вже на ранніх стадіях розвитку збільшується нагромадження сухої речовини й зменшується кількість вологи у рослинах.

Ячмінь найкраще росте при рН 6,8-7,5, тому доцільно вносити повну норму вапна під попередник за 2-3 роки до його сівби.

3. Жито, овес, гречка, тимофіївка слабо чутливі до підвищеної кислотності, але позитивно реагують на застосування високих доз вапна. Позитивна дія вапнування на врожай цих культур пояснюється не тільки зниженням кислотності, скільки посиленням мобілізації поживних речовин і покращення живлення рослин азотом і зольними елементами. Вносити вапно під ці культури необхідно лише на сильнокислих ґрунтах.

4. Льон, картопля, томати, редька потребують вапнування тільки на сильнокислих ґрунтах. Картопля, малочутлива до кислої реакції й добре, розвивається на кислих ґрунтах. Для льону найбільш сприятливі слабокислі ґрунти. При внесенні високих доз вапна і доведенні реакції ґрунту до нейтральної урожайність картоплі й льону, їх якість знижується. Картоплю сильніше поражає парша, а льон – бактеріоз.

Негативний вплив підвищених доз вапна на ці рослини пояснюється не стільки нейтралізацією кислотності, скільки зменшенням засвоюваних форм бору у ґрунті, а також порушенням відношення катіонів у ґрунтовому розчині, надлишковій концентрації іонів кальцію, в результаті чого утрудняється надходження у рослини інших катіонів – магнію й калію.

5. Люпин синій і жовтий краще ростуть на кислих ґрунтах (оптимальний рН 4,5-5,5), чутливі до надлишку водорозчинного кальцію у ґрунтах, особливо на початковому етапі росту, тому й не

потребують вапнування. При внесенні занижених норм вапнякових добрив, які містять магній, зниження врожаю цих культур не спостерігається.

Шкідливо впливає кислотність ґрунту на кісточкові: сливу, вишню, черешню, а з ягідних на смородину. Не терпить також підвищеної кислотності агрус, який краще росте на слабокислих ґрунтах із рН 5,5-6,5.

**Ефективність вапнування.** Більшість сільськогосподарських культур дуже позитивно реагує на вапнування кислих ґрунтів і дає високі прироби урожаю.

На великій кількості проведених польових дослідів у різних кліматичних зонах отримано наступні середні прироби урожайності у перший рік внесення (у ц на 1 га):

Яра пшениця, ячмінь, жито, овес	2-5
Озима пшениця	3-7
Столові буряки, капуста	30-80
Кормові буряки	30-100
Картопля	5-30
Конюшина (сіно)	8-15

На дію вапна значний вплив має ступінь кислотності ґрунту, особливості вирощування культур, дози й види застосованих вапнякових добрив. Чим вища кислотність ґрунту, тим вища ефективність від вапнування.

Вапнування покращує якість урожаю сільськогосподарських культур, особливо при одночасному внесенні борних добрива. При цьому у рослинах збільшується відсотковий уміст хлорофілу в листі і посилюється фотосинтез, підвищується вміст цукру в коренеплодах, білків і жирів у насінні, більше накопичується каротину й аскорбінової кислоти в травах і коренеплодах. Вапнування позитивно впливає на посівну якість насіння протягом ряду років.

Зміни властивостей ґрунтів, викликані вапнуванням, зберігаються тривалий час, тому позитивна дія повної дози вапнякових добрив проявляється протягом наступних 15-20 років, протягом двох-трьох ротацій семи-восьмипільної сівозміни.

Вапнякові добрива погано розчиняються й повільно взаємодіють із ґрунтом, сприятлива реакція середовища після вапнування встановлюється не зразу, а поступово, і в перші роки після внесення

ефективність зростає з року в рік. Повна дія спостерігається тільки на другий або третій рік після внесення вапна. Затрати на вапнування окупувались прибавкою врожайності за два три роки.

При внесенні вапняних добрив в кількості 0,5-1,0 норми на дерново-підзолистих ґрунтах у дослідях Українського науково-дослідного інституту землеробства та його дослідної мережі залежно від ступеню кислотності ґрунту врожай озимої пшениці зростав на 3-6 ц/га, гороху – на 4-10, жита – на 2,5-4, ячменю – на 6-8, зерна кукурудзи – на 6-12, зеленої маси кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості – на 65-120 ц/га. На вапнованих ґрунтах Полісся різко знижується засміченість полів бур'янами: дикою редькою, горобиним щавлем, пікульником, торицею польовою, а на луках – жовтцем повзучим, вересом, білоусом і ін.

### 11.7. Вапняні матеріали для вапнування ґрунтів

На території України зустрічаються у значних кількостях такі вапняні матеріали: мергель, мергелізовані торфи, крейдяні мергелі, крейда, вапняки та велика кількість відходів виробництва – дефекаційна грязь (дефекат), флотаційні хвости, поташеві браки, торфовий попіл, доменні шлаки, деревний попіл, відходи паперового виробництва. В цілому всі ці матеріали поділяються на три групи: 1) тверді вапнякові породи, які вимагають помелу або обпалювання; 2) м'які вапнякові матеріали, які не вимагають помелу; 3) відходи промисловості, багаті вапном.

**Тверді вапнякові породи.** *Сиромелений вапняк* – найбільш поширене і досить ефективне вапняне добриво. Вапняк містить 55-56 % CaO і до 0,9 % MgO; вапняки доломітизовані 42-55 % CaO і 0,9-9 % MgO; доломіти – 32-30 % CaO і 18-20 % MgO.

За вмістом глини, піску й інших домішок тверді вапнякові породи поділяють на такі групи: чисті вапнякові породи (вміст домішок до 5 %); мергелиста, або піщана вапнякова порода (вміст домішок 5-25 %); мергель, або піщана вапнякова порода (вміст домішок 25-50 %).

При наявності домішок більше 15-20 % використовувати їх доцільно тільки тоді, коли нема інших добрив і доставляються вони з близької відстані. Великі поклади твердих вапняків є у Вінницькій, Хмельницькій, Тернопільській, Львівській, Закарпатській, Чернівецькій, Івано-Франківській областях.

Сиромелений вапняк може застосовуватись під різні рослини на всіх ґрунтових типах, які потребують вапнування.

**Крейда** також є дуже цінним матеріалом для вапнування кислих ґрунтів під різні культури. Вона містить до 55 % CaO і 0,02-0,6 % MgO. Відрізняється від вапняків більшою м'якістю, легше розмелюється, діє швидше молотого вапняку й тому більш ефективна, особливо в перший рік після внесення.

Великі поклади крейди, товщина яких досягає 100 і більше метрів, зустрічаються у північних районах Сумської області, Новгород-Сіверському районі Чернігівської області, Волинській та Рівненській областях.

При внесенні у ґрунти вимагає тонкого помелу до 0,25-0,15 мм. Із збільшенням товщини помелу знижується ефективність застосування і при товщині часток 1-1,5 мм – прибавка урожайності сільськогосподарських культур нижча в два рази у порівнянні з тонким помелом.

**Палене й гашене вапно.** При обпаленні твердих вапнякових матеріалів карбонати кальцію та магнію втрачають вуглекислоту й перетворюються в окис кальцію або окис магнію:



При взаємодії паленого вапна з водою (у пропорції приблизно 1:3) утворюється гідроокис кальцію або магнію, тобто так назване гашене вапно – тонкий порошок, що розсипається:



Гасити палене вапно можна безпосередньо в полі, присипаючи його вологим ґрунтом. Це найбільш швидкодіюче вапнякове добриво особливо на глинистих ґрунтах. На другий рік різниця в дії гашеного вуглекислого вапна згладжується. За можливістю нейтралізувати кислотність ґрунту 1 т Ca(OH)<sub>2</sub> рівна 1,35 т CaCO<sub>3</sub>.

**М'які вапнякові породи.** **Вапнякові туфи** містять 90-98 % CaCO<sub>3</sub>, іноді 80-90 % й значну кількість мінеральних і органічних домішок. Це легка пориста порода сірувато-білого кольору, як добриво придатна для вапнування без попереднього подрібнення та помелу. Великі поклади вапнякових туфів зустрічаються лише в Житомирській області.

**Мергель лучний.** Дуже високоефективне добриво, яке поширене в багатьох поліських районах і тому може бути основним матеріалом для вапнування кислих, особливо легких за механічним складом піщаних і супіщаних ґрунтів. Вміст карбонату кальцію у мергелях

досягає 25-50 %. Дозу мергелю встановлюють у залежності від вмісту  $\text{CaCO}_3$ .

**Торфотуфи (карбонатизований торф)** – це низинний торф, багатий вапном, темного, світло-сірого і навіть білого кольору. Містить від 10-15 до 50-70 %  $\text{CaCO}_3$ . Поклади поширені у торфовищах Київської, Житомирської та деяких районах Сумської області. Оскільки торфотуфи складаються на 50 % з торфу, вони є дуже цінним добривом для виготовлення торфогнойових компостів, які застосовуються на кислих, бідних на органічну речовину піщаних та супіщаних ґрунтах.

**Вапняні відходи промисловості. Дефекат (дефекаційна грязь)** - відходи цукрового виробництва, на якому вапно застосовується для очищення бурякового соку. Кількість карбонату кальцію в сухому дефекаті досягає 50-80 %. Крім того, він містить близько 0,5 % азоту, 0,5-0,7 % - фосфору, 0,2-0,3 % - калію, незначну кількість сірки та 10-15 % органічної речовини.

**Вапнякові відходи сірчаного виробництва (флотаційні хвости).** Їх одержують з сірчаних вапняних порід, що застосовують для видобування сірки у Львівській області. Вони містять близько 80 %  $\text{CaCO}_3$ , 8-12 % елементарної сірки, а також незначну частину кремнезему, півтораоксидів, окису натрію, фосфору й органічної речовини. Через високий вміст сірки треба обережно підходити до доз цих відходів при вапнуванні кислих ґрунтів.

## 11.8. Визначення потреби у вапнуванні ґрунтів

Для визначення потреби у вапнуванні ґрунтів треба виявити ступінь його кислотності, насиченість основами та набір культур, які будуть вирощуватись у сівозміні.

В залежності від обмінної кислотності ґрунти з середнім умістом гумусу 2-3 % діляться за ступенем потреби у вапнуванні наступним чином: при рН 4,5 і нижче – потреба сильна; від 4,6 до 5,0 – середня; від 5,1 до 5,5 – слабка; при рН вищому за 5,5 – ґрунти вапнування не потребують.

Ступінь кислотності важливий, але не єдиний показник, який характеризує потребу ґрунту у вапнуванні. Наступним таким показником є ступінь насичення основами (сума увібраного  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \text{S}$ ). Для цього в лабораторії визначають суму вбирних основ



(S) і гідролітичну кислотність (H), а потім вираховують ступінь насиченості ґрунту основами (V) у відсотках за формулою:

$$V = (S \cdot 100) / (S + H). \quad (11.8)$$

В залежності від ступеню насичення ґрунту основами їх ділять на наступні групи: V = 50 % і нижче – потребують першочергового вапнування; V = 50-70 % - проявляють середню потребу у вапнуванні; V = 70-80 % - потреба у вапнуванні слабка; при V > 80 % - ґрунти вапнування не потребують. Слід відмітити, що важкі ґрунти потребують вапнування більше, ніж ґрунти легкого механічного складу. Корнілов М.Ф. запропонував класифікацію ґрунтів, які потребують вапнування (табл. 11.5)

Таблиця 11.5. Оцінка потреби у вапнуванні в залежності від властивостей ґрунту (за М.Ф. Корніловим)

Потреба у вапнуванні							
сильна		середня		слабка		відсутня	
pH	V	pH	V	pH	V	pH	V
Для важких і середньо суглинкових ґрунтів							
< 5,0	< 45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	> 6,0	> 70
< 4,5	< 50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	> 5,5	> 75
< 4,0	< 55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	> 5,0	> 80
Для легкосуглинкових ґрунтів							
< 5,0	< 35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	> 6,0	> 65
< 4,5	< 40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	> 70
< 4,0	< 45	4,0-4,5	45-65	4,5-5,0	65-75	> 5,0	> 75
Для супіщаних і піщаних ґрунтів							
< 5,0	< 30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	> 6,0	> 55
< 4,5	< 35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	> 5,5	> 60
< 4,0	< 40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	> 5,0	> 65
Для торфових і торфоболотних ґрунтів							
< 3,5	< 35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	> 4,8	> 65

Сівозміни, насичені такими культурами як картопля, льон, овес, люпин не потребують вапнування. Сівозміни з овочевими, кормовими й іншими найбільш чутливими культурами до кислотності потрібно вапнувати в першу чергу не тільки з сильно кислими, а й середньо кислими ґрунтами.

В кожному господарстві з врахуванням конкретних умов – площі земель, які потребують вапнування, забезпечення необхідними машинами й транспортними засобами, наявності вапняних добрив і інших умов має бути складений добре продуманий перспективний

план проведення вапнування кислих ґрунтів. Для кращої організації проведення вапнування кожне господарство має мати картограму кислотності земель з різним ступенем потреби у вапнуванні. Такі карти мають уточнюватись кожні 4-5 років, шляхом відбору й аналізу зразків ґрунту на агрохімічні властивості.

### 11.9. Дози вапнистих добрив

При проведенні вапнування дуже важливо встановити оптимальну дозу вапна у відповідності з особливостями ґрунту й вирощуваних рослин. ***Кількість вапна необхідного для зменшення підвищеної кислотності орного шару ґрунту до слабокислої реакції (рН водної витяжки 6,2-6,5, сольової витяжки 5,6-5,8), сприятливої для більшості культур і корисних мікроорганізмів, називається повною, або нормальною дозою.*** Вона залежить від величини кислотності ґрунту. Більш точно повну дозу вапна можна визначити за гідролітичною кислотністю. Для обрахунку таким шляхом дози вапна (у тонах  $\text{CaCO}_3$  на 1 га) множать величину гідролітичної активності ( $H_T$ ), виражену в мг-екв. на 100 г ґрунту, на щільність ґрунту ( $\delta$ ).

Отже, формула для визначення дози вапна  $D$  ( $\text{CaCO}_3$ ) буде мати наступний вигляд (у тонах на 1 га):

$$D (\text{CaCO}_3) = \delta \cdot H_T. \quad (11.10)$$

#### Контрольні питання

1. Коли і де вперше почали застосовувати вапно для поліпшення властивостей ґрунту?
2. Основні історичні відомості з застосування вапна і вапнистих матеріалів для ліквідації кислотності ґрунтів України?
3. З якою метою проводиться вапнування кислих ґрунтів?
4. Охарактеризуйте ґрунти України які потребують вапнування?
5. Що зумовлює кислотність ґрунту?
6. Як класифікується водний розчин ґрунтів за концентрацією іонів водню та величиною рН?
7. Назвіть і охарактеризуйте форми кислотності ґрунту?
8. Наведіть хімічну схему ліквідації кислотності ґрунту?
9. Які властивості ґрунтів поліпшуються при вапнуванні?
10. Як реагують сільськогосподарські рослини на кислотність ґрунту та вапнування ґрунтів?
11. Яка ефективність вапнування кислих ґрунтів? Терміни післядії доз вапна при їх застосуванні на кислих ґрунтах?
12. Вапняні матеріали для вапнування ґрунтів?
13. Як визначається потреба у вапнуванні ґрунтів?
14. Дози вапнистих добрив при вапнуванні кислих ґрунтів?

## **ВПЛИВ ЯКОСТІ ВОДИ Й ТЕРМІНУ ЗРОШЕННЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ**

### **12.1. Вплив 50-річного зрошення мінералізованою водою на еколого-меліоративний стан Інгулецького зрошуваного масиву**

Дослідження з вивчення впливу зрошення слабо-мінералізованою сульфатно-хлоридною натрієвою водою на еколого-меліоративний стан земель проводяться у радгоспі "40 років Жовтня" Снігірівського району Миколаївської області з 1957р. Для зрошення земель використовуються змішана інгулецька і дніпровська вода з мінералізацією 0,7-2,9 г/л, хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного натрієвого складу. Основні результати вивчення якості води у джерелі зрошення викладено у розділі 4.

#### **12.1.1. Вплив зрошення на засоленість ґрунтів**

До початку зрошення (1957 р.) вміст солей у метровому шарі ґрунтів збільшувався з глибиною і змінювався від 0,021 % в орному прошарку до 0,045 % у прошарку 80-100 см. Ґрунти характеризувалися як незасолені й мали хлоридно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий тип засолення. У цей же період рівень ґрунтової води на ділянці знаходився на глибині 9,2 м, а її мінералізація становила 3,38 г/л.

10-річне зрошення чорноземів південних призвело до зміни типу водного режиму з автоморфного непромивного на гідроморфний промивний з підняттям рівня ґрунтових вод до 2,8 м. За цей період на 1 га земель було вилито 36,4 тис. м<sup>3</sup> води. Разом із поливною водою в ґрунти надійшло 32,72 т/га солей, значна частина, із яких залишилася у верхньому метровому шарі. У результаті вже в 1966 р. ґрунти перейшли з розряду чорноземів у лучно-чорноземні слабо й середньо осолонцювані, незасолені із загальною концентрацією солей 0,115 %.

До 1992 р. засоленість цих ґрунтів носила квазівстановлений характер: на кінець вегетаційного періоду спостерігали підвищення засоленості до 0,15-0,2 %, із наступним вимиванням їх, осінньо-зимовими опадами в шари, що залягають нижче, й ґрунтові води. В

цілому у метровоому шарі ґрунтів сума легкорозчинних солей за 35 років зрошення зросла більш ніж у 5 разів і становила 0,152 %, що не давало права класифікувати ґрунти як засолені. Збільшення кількості легкорозчинних солей у профілі зрошуваних ґрунтів відбувалося за рахунок усіх іонів за винятком  $\text{HCO}_3$ .

Тип засолення ґрунтів змінився з хлоридно-гідрокарбонатного натрієво-кальцієвого на хлоридно-сульфатний кальцієво-натрієвий. При цьому величина рН зросла з 6,3 до 7,2-7,6, тобто реакція ґрунтового розчину характеризувалася як слаболужна.

Зменшення водопостачання на зрошення з 1993 по 1998 рік призвело до зміни типу водного режиму з промивного на гідроморфно-випаровувальний і характеризувалося порушенням сталого рівноважного водно-сольового балансу в зоні аерації, що спричинило накопичення солей у ґрунтах зони аерації та материнській породі в другій половині вегетаційного періоду. Найбільше накопичення солей відзначено в прошарку 40-100 см - 0,33-0,44 %. Джерелом засолення є ґрунтові води, що залягають на глибині 2-3 м. Ґрунти характеризувалися як слабо й середньо засолені з хлоридно-сульфатним магнієво-кальцієвим і сульфатним магнієво-кальцієвим типом засолення. За глибиною залягання сольового горизонту ґрунти відносяться до солончакуватих. Верхній шар ґрунту 0-40 см залишився незасоленим. Запаси солей у метровому шарі ґрунтів протягом усього періоду досліджень зростали з 4,1 т/га в 1957 р. до 10,8 - 1959, 15,9 - 1966, 19,4 - 1987, 22,1 - 1992 і до 40,95 т/га в 1998 році (табл. 12.1).

Таблиця 12.1. Динаміка зміни запасу солей у метровому шарі ґрунтів

Інгредієнт	Вміст солей т/га в шарі 0-1 м у роки					
	1957	1959	1966	1987	1992	1998
Усього	4,10	10,80	15,90	19,40	22,10	40,95
$\text{HCO}_3^-$	1,80	4,00	4,25	3,60	2,40	3,70
$\text{Cl}^-$	0,34	0,65	1,70	2,45	3,00	3,50
$\text{SO}_4^{2-}$	0,41	2,42	4,75	7,80	9,82	21,60
$\text{Ca}^{2+}$	0,39	1,10	1,45	2,00	3,00	6,00
$\text{Mg}^{2+}$	0,14	0,24	0,50	0,85	0,80	2,65
$\text{Na}^+$	0,35	2,05	2,15	2,60	2,90	2,75
РГВ, м	9,20	8,00	2,84	2,50	2,35	2,40
Мінералізація ґрунтової води, г/л	3,38	3,17	4,15	2,93	2,40	3,86

За цей період із поливною водою внесено в ґрунти біля 135 т/га солей.

Отже, за 40 років зрошення запаси солей у 1-метровому шарі ґрунтів зросли у 10 разів: сульфати - із 0,41 до 21,6 т/га, хлориди - із 0,34 до 3,5, гідрокарбонати - із 1,8 до 3,7, кальцій - із 0,39 до 6,0, магній - із 0,14 до 2,65 і натрій - із 0,35 до 2,75 т/га.

### **12.1.2. Вплив зрошення на агрохімічні властивості ґрунтів**

Ґрунтовий поглинальний комплекс чорноземів південних до початку зрошення характеризувався високим ступенем насиченості кальцієм і магнієм. Сума основ становила 26,2-22,6 мг-екв/100 г ґрунту, зменшуючись униз профілю. Вміст увібраного  $\text{Ca}^{2+}$  в орному шарі досягав 89,9 %, зменшуючись із глибиною до 79,6 % у прошарку 80-100 см; увібраний магній збільшувався з глибиною від 8,9 % в орному шарі до 17,3 % у прошарку 80-100 см, а вміст увібраного натрію не перевищував 3,1 % (табл. 12.2).

За ступенем осолонцювання ґрунти відносилися до не солонцюватих як за магнієм, так і за натрієм. При цьому співвідношення поглинутого кальцію до поглинутого магнію в метровому шарі змінювалося від 10,08 до 4,60.

Зрошення ґрунтів вже у 1962 р. призвело до слабкого й середнього осолонцювання як за натрієм, так і за магнієм. За даними Мусієнко А.В. уміст обмінного магнію досяг 7-9 мг-екв/100 г, а натрію - 1-2 мг-екв/100 г ґрунту, що складало 28-36 % і 3-7 % від суми обмінних основ.

У цей час були початі спроби боротьби з осолонцюванням ґрунтів шляхом внесення гіпсу на поверхню у розрахунку 1-2 т/га щорічно. Пізніше, гіпс, вносили на поверхню ґрунтів аж до 1990 року: 3-5 т/га - кожні 4-5 років, чим сприяли зниженню насамперед натрієвого осолонцювання. Незважаючи на вжиті заходи з плином часу процеси осолонцювання продовжувалися й посилювалися.

До 1987 року вміст увібраного кальцію в шарі 0-60 см зменшився, у порівнянні з 1957 роком, на 1-2 мг-екв/100 г ґрунту, а вміст магнію й натрію збільшився, відповідно, на 1,8-2,1 і 0,15-0,34 мг-екв/100 г ґрунту. З глибини 40 см ґрунти перейшли в розряд слабо осолонцьованих, а з 80 см - у розряд середньо осолонцьованих як за магнієм, так і за натрієм.

Таблиця 12.2.. Фізико-хімічні властивості чорнозему південного

Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %	Увібрані основи				
		мг-екв/100 г ґрунту				
		сума	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>
До початку зрошення, 1957 р. *						
0-20	3,28	25,8	23,2	2,3	0,3	10,08
20-30	2,91	26,6	23,2	2,8	0,6	8,28
35-45	1,72	26,2	22,0	3,5	0,7	6,26
50-60	1,28	24,5	20,4	3,5	0,6	5,83
65-75	0,55	23,55	19,2	3,7	0,65	5,19
80-100	0,45	22,6	18,0	3,9	0,7	4,60
Зрошувані 40 років, 1998						
0-20	2,92	24,03	18,1	5,6	0,33	3,23
20-40	2,41	25,26	18,5	6,3	0,46	2,94
40-60	1,61	25,30	17,5	7,1	0,70	2,46
60-80	0,86	25,97	13,3	11,3	1,37	1,18
80-100	0,99	24,50	13,6	9,1	1,80	1,49
100-120	0,27	23,77	12,8	9,1	1,87	1,41
Зрошувані 51 рік, 2007						
0-20	2,95	25,66	18,6	6,3	0,76	2,95
20-40	2,46	26,83	19,1	6,9	0,83	2,77
40-60	1,72	26,68	17,9	7,8	0,98	2,29
60-80	1,03	27,87	15,2	11,1	1,57	1,37
80-100	0,99	27,06	14,3	10,3	2,46	1,39
100-120	0,30	25,57	13,0	9,8	2,77	1,33
120-140	-	22,53	10,6	9,2	2,73	1,15
140-160	-	20,5	8,4	9,4	2,70	0,89
160-180	-	20,75	8,4	9,9	2,45	0,85
180-200	-	20,82	8,4	10,2	2,22	0,82

До кінця вегетаційного періоду 1992 р. вміст поглинутого натрію й магнію у шарі ґрунтів 0-60 см досяг 3,2-4,0 і 24,3-28,3 %, що характеризувало їх як слабо солонцюваті за натрієм і магнієм.

Зміна типу водного режиму в наступні 1993-1998 роки з промивного на гідроморфно-випаровувальний сприяла збільшенню вмісту увібраного кальцію у верхньому 0-60 см шарі на 1,1-1,5 мг-екв/100 г ґрунту, зниженню вмісту увібраного натрію на 0,4-0,25 мг-екв/100 г ґрунту, збільшенню суми основ і буферності ґрунту. Крім того, ґрунти, хоч і залишилися слабо солонцюватими за магнієм, але

вийшли з розряду солонцюватих за натрієм. У більш глибоких шарах (60-180 см) процеси солонцювання, особливо за магнієм, збільшилися й у шарі 60-80 і 120-180 см досягли рівня сильно осолонцюваних (43,5-49,6 %).

Останнє дослідження зрошуваних ґрунтів проведене в 2007 р., свідчить про накопичення карбонатів кальцію та збільшення вмісту увібраного кальцію на 0,4-0,6 мг-екв/100 г ґрунту у порівнянні з 1998 р. Але разом з тим, у профілі ґрунту зріс уміст увібраного кальцію й магнію і відсотковий їх уміст перевищив значення які були у 1998 р.

Отже, ґрунти після 51 року зрошення у верхньому орному шарі були не солонцюватими, у шарі 20-60 см – слабо солонцюватими, у шарі 60-80 см – середньосолонцюватими, а глибше сильносолонцюватими за натрієм. За умістом магнію ці ґрунти у шарі 0-60 см були слабо солонцюватими, у шарі 60-120 см – середньосолонцюватими, глибше – сильносолонцюватими.

### 12.1.3. Гумусний стан зрошуваних ґрунтів

До початку зрошення товщина гумусових горизонтів чорноземів південних глинистих і важко суглинкових становила 45-52 см, чорноземів південних середньо суглинкових – 57-64 см, чорноземів південних змитих – 30-45 см [4]. Після 41 року зрошення границі генетичних горизонтів були зміщені в глибину на 12-26 см (табл. 12.3). Тобто за рахунок зволоження сільськогосподарські рослини формували більш глибоку й масивнішу кореневу систему яка й послужила додатковим джерелом органічної речовини. Границі переходів не чіткі, розмиті й мають затікання. За товщиною гумусового горизонту нині чорноземи південні базових пунктів спостережень відносяться до середньотовстих.

Таблиця 12.3. Зміна товщини генетичних горизонтів чорнозему південного середньосуглинкового під впливом зрошення

Рік досліджень	Індекси генетичних горизонтів					Глибина скипання
	Но	Н	Нрі	Рк	Д	
Чорнозем південний, “40-років Жовтня”						
1957*	0-20	20--32	32-61	61-90	90-150	61,0
1998	0-20	20-47	47-73	73-116	116-200	73,0

\* за Будановим М.Ф.

Більш наглядно про помітну зміну будови ґрунтового профілю і його морфологічні ознаки в процесі господарського використання темно-каштанових ґрунтів радгоспу “Городній велетень” Білозірського району Херсонської обл. свідчить аналіз даних таблиці 12.4. Ці зміни спостерігаються як на незрошуваних, так і на зрошуваних ділянках. Під впливом механізованого обробітку, травопільних сівозмін, внесення мінеральних і органічних добрив, зрошення та тривалого сільськогосподарського використання зросла товщина гумусового горизонту з 25 см в 1930 р. (Таранець) до 52 см на незрошуваних землях і до 58 см - на зрошуваних у 2001 р. За товщиною гумусового горизонту вони відносяться до ґрунтів з малою товщиною.

Горизонт гумусових затікань опустився униз із 70 см в 1951 р. до 76 см на незрошуваних темно-каштанових ґрунтах на лесі й до 94 см на зрошуваних. Нижня границя карбонатно-ілювіального горизонту темно-каштанових ґрунтів основного плато нижньої тераси змістилася униз на зрошуваних ґрунтах з 85 см в 1951 г. до 183 см - в 2001 г.

Таблиця 12.4. Зміна товщини генетичних горизонтів темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, см

Рік дослідження	Індекси генетичних горизонтів						Глибина скипання
	He	Hpi	Phi	Phk	Pkh	Pk	
Незрошуваний ґрунт							
1937*	2-7	8-19	20-25	40-45	-	-	-
1951**	0-12	12-30	30-50	50-70	70-90	90-123	-
1983***	0-19,8	19,8-32	32-48	48-74	74-92	92-119	60,6
2001****	0-24,6	24,6-34	34-52	52-76	76-94	94-124	62,0
Зрошуваний ґрунт							
1937*		3-10	18-25	32-39	-	-	-
1951**	0-20	20-34	34-50	50-70	70-85	85-122	-
1983***	0-29	29-38	38-53	53-88	88-118	118-168	73.0
2001****	0-33	33-45	45-58	58-94	94-127	127-183	79.5

Примітка: \* - за Калачевим Б.А., \*\* - за Філіповою В.Н.; \*\*\* - за Золотуном В.П., Ленець П.К., Захарченко Т.І., Кухтеевою К.М.; \*\*\*\* - за Лозовіцьким П.С., Шевелєвим І.В.

За роки зрошення вміст гумусу в орному шарі знижувався з 3,28 % у 1957 р. до 3,21 у 1962, 2,95 у 1987, 2,94 у 1992 і до 2,92 % у 1998



р. Водночас відзначено його накопичення в шарі 60-100 см, що, є наслідком вилуговування кальцію й міграції по профілю ґрунту гумусових речовин, не закріплених мінеральною частиною. Крім того, на зрошуваних землях коренева система рослин досягає більш глибоких шарів, ніж на незрошуваних, що також є додатковим джерелом органічної речовини при гумусоутворенні.

Таблиця 12.5. Динаміка зміни запасів гумусу в зрошуваних ґрунтах, т/га

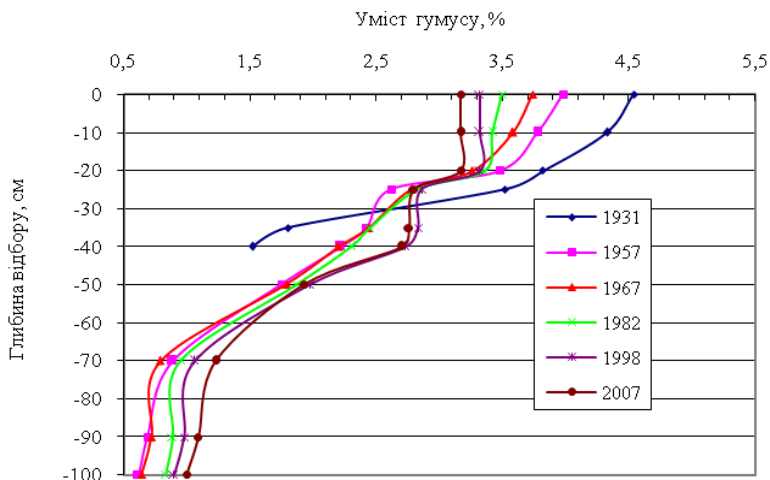
Шар ґрунту, см	1957	1962	1966	1987	1992	1998	2007
0-20	78,1	80,3	79,4	75,5	76,4	77,1	80,8
20-40	64,0	62,6	61,1	61,5	62,0	68,7	70,4
40-60	44,7	45,9	48,0	44,1	45,6	48,9	52,5
60-80	16,6	16,9	19,3	29,1	30,0	31,2	31,9
80-100	13,6	14,6	16,1	24,3	26,5	29,3	31,3
0-100	217,0	220,2	223,9	234,5	240,6	255,2	266,9

В цілому запаси гумусу в метровому шарі постійно незначно збільшувалися з 217 т/га в 1957 році до 266,9 т/га в 2007 р. (табл. 12.5). Слід зазначити, що в часі запаси гумусу в шарі ґрунту 20-60 см не мали чітко вираженої тенденції, то зменшувались, то збільшувались. Шар 60-100 см можна охарактеризувати, як зону акумуляції гумусових речовин, де їхні запаси за 50 років зрошення виросли більш, ніж у 2 рази з 31,2 до 63,2 т/га (табл. 12.5).

Аналогічні результати зміни запасів гумусу у часі отримано й при зрошенні чорноземів південних Миколаївської сільськогосподарської дослідної станції.

Проведені в далекому 1931 р. професором Маховим Г.Г. [5] дослідження ґрунтів у зоні бавовносіяння (Миколаївської дослідна станція) свідчать, що уміст гумусу у шарі 0-20 см тоді становив 4,22 %, але на глибині 35-40 см знижувався до 1,52 % (рис. 12.1).

Наступні дослідження проведені у 1957 р. засвідчили, що сільськогосподарське використання земель з 1931 до 1957 р. без зрошення призвело також до зниження умісту гумусу у верхньому 30 см шарі на 0,5-0,8 %. Проте відповідно відбувалося накопичення умісту гумусу у глибших шарах.



*Рис. 12.1. Динаміка зміни вмісту гумусу у ґрунтах Миколаївської дослідної сільськогосподарської станції.*

За роки зрошення вміст гумусу в орному шарі знижувався з 3,72 % у 1957 році до 3,58 % у 1967, 3,42 % у 1982, 3,22 % у 1992, 3,17 % у 2007 р. Деяким виключенням з цього правила був 1998 р. коли було відмічено зростання вмісту гумусу у порівнянні з попереднім періодом обслідування – 1992 р. Водночас відзначено його накопичення в шарі 60-100 см. В цілому як і на попередній ділянці запаси гумусу в метровому шарі зрошуваних ґрунтів зросли з 220,6 т/га в 1957 році до 284,4 т/га в 2007 р.

Необхідно відмітити, що за період інтенсивного сільськогосподарського використання ґрунтів знизився вміст гумусу й на незрошуваній ділянці розміщеній поруч. Так, в орному шарі він знизився на 0,49 % у порівнянні з 1957 р., у шарі 20-40 см і глибше вміст гумусу зріс на 0,02-0,22 %.

#### **12.1.4. Вплив зрошення на зміну водно-фізичних властивостей**

В умовах тривалого зрошення відбувається підвищення щільності ґрунтів і щільності твердої фази у всьому профілі метрового шару. Так, щільність орного прошарку ґрунту у радгоспі “40-років Жовтня” Снігірівського району підвищилася з 1,19 до 1,28

г/см, а прошарку 50-100 см - із 1,51 до 1,58 г/см<sup>3</sup>. При цьому в метровому шарі зрошуваних ґрунтів зменшується шпаруватість: в орному прошарку - із 53,4 до 50,8 %, а в прошарку 20-30 см - із 47,3 до 46,3 %. Коефіцієнти фільтрації зрошуваних 30 років ґрунтів зменшилися в прошарку 0-30 см більш ніж на 25 %, а в прошарку 30-100 см - майже наполовину і складають 0,00033-0,00028 і 0,00015-0,00013 см/с.

Аналогічні результати зростання щільності чорноземів південних отримано на полях Миколаївської сільськогосподарської дослідної станції (рис. 12.2, 12.3).

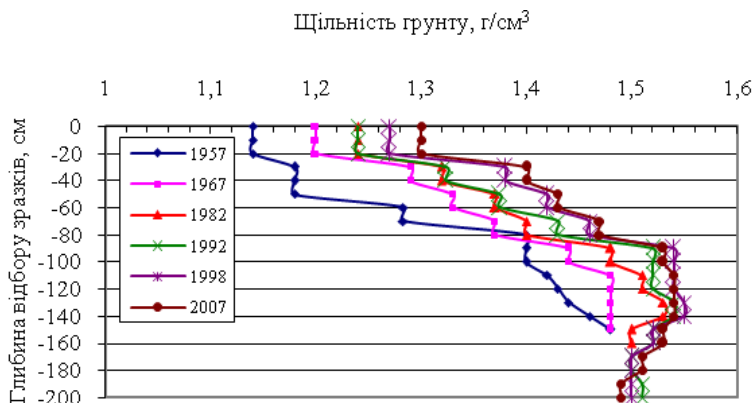


Рис. 12.2. Динаміка зміни щільності чорноземів південних в умовах тривалого зрошення

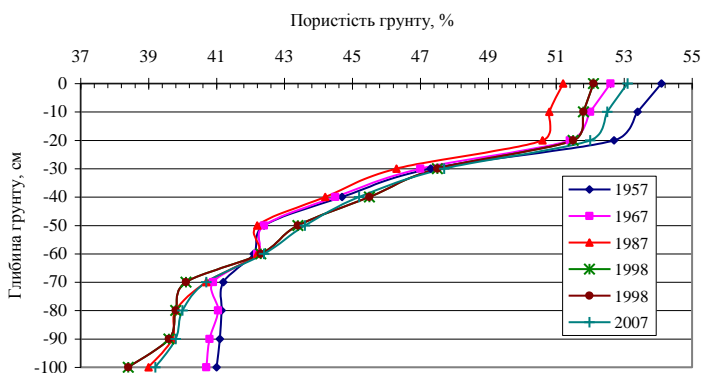


Рис. 12.3. Динаміка зміни пористості чорноземів південних в умовах тривалого зрошення

### 12.1.5. Зміна мінералогічного й валового хімічного складу ґрунтів

Відібрані й проаналізовані у 1987 році зразки богарних і зрошуваних ґрунтів на мінералогічний склад свідчать про зміни у складі фракції глини (< 50 мк) зрошуваних ґрунтів і материнської породи. Переважаючих мінералів з вмістом (> 50 %) як у зрошуваних, так і незрошуваних ґрунтах не виявлено. Великий вміст (> 10-40 %) у метровому шарі незрошуваних ґрунтів кварцу, монтморилоніту, гідрослюди, а з глибини 20 см - хлориту. Домішок (5-15 %) становлять змішано-шарові гідрослюдисто-сметкитові утворення, із глибини 40 см - кальцит, а в прошарку ґрунтів 20-80 см - польові шпати, малі домішки – низькотемпературна органіка, гіпс, польові шпати (у прошарках 0-20, 80-100 см).

Тривале зрошення цих ґрунтів (30 років при промивному типі водного режиму) призвело до зменшення кількості глинистих мінералів. Так, у прошарку ґрунтів 0-60 см виявлено багато гідрослюди й кварцу, із глибини 60 см - хлориту, а з 80 см - монтморилоніту. Отже, вміст одного з головних вторинних алюмосилікатних глинистих мінералів - монтморилоніту, характерні риси якого - набрякання, інтенсивне всмоктування води й повільна її віддача при висиханні, висока поглинальна спроможність (70-150 мг-екв/100 г мінералу), висока пластичність, грузькість у вологому стані і сильна усадка при висиханні, при зрошенні слабо мінералізованими водами значно зменшується й у верхньому (0-60 см) прошарку складає малу домішку: у прошарку 60-80 см - до 5 % й лише з глибини 80 см його вміст близький до вмісту у незрошуваних ґрунтах.

У процесі зрошення можливе перетворення монтморилоніту в гідрослюду, тобто іллітизація монтморилоніту завдяки укоріненню калію в міжшаровий простір кристалічної решітки.

У верхньому (0-60 см) прошарку зрошуваних ґрунтів зменшується вміст й іншого глинистого мінералу - хлориту, - водного силікату магнію і заліза, що містить алюміній. Крім того, у цьому ж прошарку зрошуваних ґрунтів розчинився і цілком вимився найбільш цінний для сільського господарства карбонатний мінерал - кальцит, а в прошарку 60-100 см його вміст значно менший, ніж у незрошуваних.

З'єднання заліза й марганцю, коагулюючи роздільно або з органічною речовиною й кремнеземом, утворюють у лучно-чорноземних ґрунтах вторинні мінерали типу змішано шарових, що веде до гідрогенного глейкування.

Отже, тривале зрошення чорноземів південних при промивному типі водного режиму призвело до зменшення вмісту глинистих мінералів (монтморилоніт, хлорит), збільшенню вмісту мінералів із жорсткими структурами (кварц) й відносного зростання ролі гідрослюди й гідрослюдисто-сметитових утворень.

У профілі як незрошуваних, так і зрошуваних 30 років ґрунтів переважав оксид кремнію, зменшуючись із глибиною, причому в нижніх прошарках (40-100 см) зрошуваних земель його вміст на 6,54-9,1% вищий, ніж на незрошуваних. Вміст оксидів кальцію сильно зменшувався з глибиною й у прошарку 80-100 см складав 4,88 %, а на незрошуваних - 14,37 %, що було наслідком фізико-хімічного вилугування у всьому профілі.

Значне зниження відношення валового вмісту Са до Mg у профілі зрошуваних ґрунтів (із 1,5-8,16 до 1,07-3,97) свідчило про інтенсивний процес гідроморфізму при промивному типі водного режиму. Слід зазначити підвищений вміст валового  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , FeO,  $TiO_2$ , MnO,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  у метровому профілі зрошуваних ґрунтів у порівнянні з богарними. Збільшення валового вмісту глинозему на 1,46-2,16 % підтверджує наявність процесу глеєутворення перезволожених ґрунтів.

#### **12.1.6. Накопичення у зрошуваних ґрунтах мікроелементів**

Вивчення умісту мікроелементів у різних шарах зрошуваних ґрунтів свідчить про накопичення вище фонового рівня (для чорноземів України) барію у 10 раз, сірки - 3, миш'яку - 1,3-2,2, свинцю - 1,2-1,8, цирконію - 1,7 рази. Крім того, в окремих шарах відмічено перевищення фонового значення для хрому, міді, цинку.

Співставлення отриманих результатів на Інгулецькій зрошувальній системі з Кларками у земній корі свідчить про значне перевищення цих значень для барію у 7,8 рази, миш'яку - 5,3, сірки - 4,7, хрому - 3,6, цирконію - 2,8, свинцю - 1,3, ітрію - 1,17 рази.

Уміст деяких елементів у профілі зрошуваних інгулецькою водою ґрунтів перевищує установлені в Україні граничнодопустимі концентрації за цинком, хромом, свинцем.

## **12.2. Зміна властивостей темно-каштанового ґрунту в умовах тривалого зрошення прісною водою**

### **12.2.1. Загальна характеристика Каховської зрошувальної системи**

Тривалі дослідження з вивчення впливу зрошення дніпровською водою на зміну родючості ґрунтів з 1974 р. проведені в радгоспі “Чаплинський” Чаплинського району Херсонської обл..

Для зрошення земель використовували дніпровську воду з розподільного каналу Р-2, що мала мінералізацію 300-600 мг/дм<sup>3</sup> гідрокарбонатного кальцієвого складу.

Поливні й зрошувальні норми, що аж до 1993 року на системі підтримували промивний тип водного режиму, складали, відповідно, 500-750 м<sup>3</sup>/га, і 2000-5800 м<sup>3</sup>/га в залежності від вирощуваної культури. Високі поливні норми, та й фільтрація води з каналу, що знаходиться на відстані 1,2 км від дослідної ділянки, сприяли перетіканню вологи на рівень підземних вод. Так, у квітні 1977 року її рівень досяг глибини 19,1 м, у вересні 1979 р. - 18,5 м із мінералізацією відповідно 10370 і 13170 мг/дм<sup>3</sup> сульфатно-хлоридного натрієво-магнієвого типу засолення. При цьому в складі води постійно зростав уміст кальцію.

### **12.2.2. Зміна сольового складу ґрунтів**

До початку зрошення вміст солей у метровому шарі ґрунтів зростав із глибиною і змінювалося від 0,068 % в орному шарі, 0,055 - у підорному до 0,136 % у шарі 75-100 см. Глибше засоленість ґрунту зростала: у шарі 100-150 см до 0,193 %; у шарі 150-200 см - до 0,884 %, де вони характеризувалася як сильно засолені. Ґрунт мав хлоридно-сульфатний магнієво-кальцієвий тип засолення в орному шарі, хлоридно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий - у шарі 25-50 см, содово-сульфатний кальцієво-натрієвий - у шарі 50-150 см, сульфатний магнієво-натрієвий у шарі 150-200 см.

Величина рН зростала з глибиною від 7,05 в орному шарі до 8,45 - у шарі 100-150 см. На глибині 150-200 см рН знижувалася до 7,95.

Запаси солей у метровому шарі ґрунтів 1974 р. складали 11,799 т/га, а в шарі 1-2 м - 80,237 т/га. (табл. 12.6). У їхньому складі

переважали нетоксичні гідрокарбонати кальцію й токсичні - сульфати й хлориди натрію й магнію

Перші чотири роки застосовували наступні зрошувальні норми: 1976 - 386 мм, 1977 - 400, 1978 - 481,2, 1979 - 372,7 мм. Разом із поливною водою на поверхню ґрунтів було внесено відповідно приведеним рокам 1,168, 1,2, 0,996, 0,892 т/га солей.

Таблиця 12.6. Вплив зрошення прісною водою на зміну запасів солей у верхніх шарах темно-каштанового ґрунту, т/га

Інгредієнти	Запаси солей у шарах 0-1 і 1-2 м на різні роки досліджень									
	1974		1979		1985		1990		2001	
	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2	0-1	1-2
Сума солей	11,799	80,237	15,219	104,67	11,620	26,874	9,266	12,844	8,736	12,749
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,360	0,725	0	0,290	0	0	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,060	8,420	4,583	8,717	4,375	6,056	4,899	5,183	4,878	5,680
Cl <sup>-</sup>	0,785	4,172	0,958	0,670	0,805	1,136	0,284	0,760	0,400	0,567
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,497	44,551	4,993	64,740	3,325	12,491	1,740	3,040	0,983	2,801
Ca <sup>2+</sup>	1,043	8,270	1,881	20,339	1,505	3,936	1,171	1,672	1,092	0,959
Mg <sup>2+</sup>	0,479	4,544	0,718	2,831	0,525	0,908	0,533	0,760	0,510	0,537
Na <sup>+</sup>	1,471	12,442	1,197	6,407	1,050	2,307	0,533	0,988	0,327	1,727
K <sup>+</sup>	0,103	0,045	0,077	0,043	0,067	0,030	0,058	0,024	0,044	0,046
РГВ, м	24,85		18,5		9,20		3,50		2,8-3,20	
Мінералізація підземної води, мг/дм <sup>3</sup>	430-610		13170		16340		9270		4270	

При цьому перетікання води на рівень підземної води щорічно складало - 80,6-94,2 мм, або 16,75-21,6 % від зрошувальної норми. Разом з потоком води із зони аерації на рівень підземної води виносилося 12,161-8,904 т/га солей.

Навесні 1976 р. на поверхню ґрунтів було внесено 4 т/га гіпсу, а протягом вегетаційного періоду - 2,2 т/га сірчаної кислоти з поливною водою для ліквідації лужної реакції ґрунтового середовища й соди. Це сприяло нагромадженню солей як у шарі 0-100, так і 100-200 см за чотирирічний період зрошення (1976-1979 р.). Найбільше виросла засоленість ґрунту в шарі 25-50 і 150-200 см. При цьому в шарі ґрунту (0-50 см) зросли концентрації HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>; у шарі 50-100 см - Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. У шарі ґрунту 100-150 см зменшилася концентрація всіх головних іонів за

винятком  $\text{HCO}_3^-$ . Засоленість шару ґрунту 150-200 см зросла з 0,884 до 1,228 % за рахунок нетоксичних сульфатів кальцію. Концентрація токсичних сульфатів і хлоридів натрію й магнію зменшилася майже наполовину.

Тип засолення ґрунту після 4 років зрошення: содово-сульфатний магнієво-кальцієвий у шарі ґрунтів 0-75 см; сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-натрієвий - у шарі 75-150 см; сульфатний кальцієвий - у шарі 150-200 см. У шарах ґрунтів 25-100 см і 150-200 см спостерігали зниження величини рН на 0,66-0,56, але реакція ґрунтового розчину за винятком орного шару мала лужну реакцію середовища.

Подальше зрошення прісною водою темно-каштанових ґрунтів викликало вилугування солей, як із верхнього метрового шару, так і із шару 100-200 см. У 1985 р., у порівнянні, із 1979 р., відзначено зменшення засоленості на 0,009-0,048 % у верхньому метровому шарі за рахунок усіх без винятку головних іонів. Найбільше за цей період вимилися сульфати кальцію в шарі 150-200 см, а загальна засоленість цього шару зменшилася з 1,228 % до 0,26 % і ґрунти стали незасоленими.

У 1985 р. запаси солей у метровому шарі знизилися порівняно з 1979 р. на 3,6 т/га і складали 11,62 т/га. Зменшення відбулося за рахунок винесення гідрокарбонатів кальцію, сульфатів магнію й натрію. У шарі ґрунтів 1-2 м запаси солей знизилися істотно з 104,67 т/га до 26,874 т/га й, у першу чергу, за рахунок сульфатів кальцію.

З 1985 до 1990 р. спостерігали подальше зменшення концентрації водорозчинних солей у 2-метровому профілі ґрунтів і материнської породи на 0,008-0,162 % за рахунок усіх головних іонів за винятком  $\text{HCO}_3^-$ . Весь профіль ґрунтів і материнської породи на кінець 1990 р. мав сульфатно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий тип засолення.

Весь період зрошення (1976-1990 р.) у товщі ґрунтів і материнської породи підтримували гідроморфний промивний режим. Рівень підземної води у вересні 1990 р. досяг 3,5 м від поверхні землі. Мінералізація води змінювалася в межах 7280-9470 мг/л.

Запаси водорозчинних солей у 2 - метровому профілі ґрунтів з 1985 до 1990 р. продовжували знижуватися за рахунок усіх головних іонів. Найбільше вимивалися сульфати кальцію й натрію.

Сумарний вміст водорозчинних солей у профілі ґрунтів на осінь 2001 р. незначно відрізнявся в порівнянні з 1990 р. (табл. 12.6). Разом



із цим, відзначено зниження вмісту сульфатів кальцію у всьому 2-метровому профілі. Запаси солей у порівнянні з 1990 р. знизилися незначно й складали 8,736 і 12,749 т/га відповідно в шарах 0-1 і 1-2 м.

### 12.2.3. Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів

Ґрунтовий вбирний комплекс насичений, в основному, катіонами  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ . До початку зрошення вміст поглинутого  $\text{Ca}^{2+}$  зменшувалося з глибиною від 22,7 мг-екв/100 г ґрунту в орному шарі до 14,1 - у шарі 80-100 см, що складало 79,78-57,55 % від суми основ. Вміст поглинутого  $\text{Mg}^{2+}$ , навпаки, зростав із глибиною від 5,5 мг-екв/100 г ґрунту в орному шарі до 9,9 - у шарі 80-100 см, що складало 19,51-40,41 %. Уміст поглинутого  $\text{Na}^+$  не перевищував 0,5 мг-екв/100 г ґрунту, або 2,04 %, тобто ґрунти за вмістом  $\text{Na}^+$  - були не солонцюватими. Сума основ, також, зменшувалася з глибиною від 28,95 мг-екв/100 г ґрунту в орному шарі до 24,5 - у шарі 80-100 см.

За вмістом поглинутого  $\text{Mg}^{2+}$  темно-каштанові ґрунти були: у шарі 0-10 см не солонцюватими; у шарі 10-40 см - слабо солонцюватими; 40-80 см - середньо солонцюватими; 80-100 см - сильно солонцюватими.

4-літнє зрошення (1975-1979 р.) на тлі внесення гіпсу привело до незначного процентного зростання вмісту  $\text{Mg}^{2+}$  у шарі 0-60 см і зниженню процентного умісту поглинутого  $\text{Na}^+$  у всьому метровому профілі. У шарі 60-100 см незначно знизилася сума поглинутих основ, за рахунок зниження вмісту  $\text{Mg}^{2+}$ . Ґрунти в шарі 0-80 см були слабо солонцюватими за  $\text{Mg}^{2+}$ , а в шарі 80-100 см - середньо солонцюватими.

Після 11-літ зрошення у всьому метровому профілі ґрунтів відзначено зниження, порівняно зі станом до початку зрошення, вмісту поглинутого  $\text{Ca}^{2+}$  на 0,2-1,2 мг-екв/100 г ґрунту. При цьому сума основ у шарах ґрунтів 0-20 і 20-40 см перевищувала вихідну на 0,95 і 0,6 мг-екв/100 г за рахунок більш високого вмісту  $\text{Mg}^{2+}$ , а глибше - була більш низкою, ніж до початку зрошення на 1,4 - у шарі ґрунтів 40-60 см; на 1,85 - у шарі 60-80 см; на 1,60 мг-екв/100 г ґрунту в шарі 80-100 см. У шарі 0-60 см ґрунт був слабо солонцюватий за  $\text{Mg}^{2+}$ , а в шарі 60-100 см - середньо солонцюватий.

Протягом наступних 5 років зрошення (1986-1990 р.) також спостерігали зменшення вмісту поглинутого  $\text{Ca}^{2+}$  у шарі ґрунтів 20-80 см. Поруч із цим відзначено зменшення суми основ у шарі ґрунтів 0-80 см, як у порівнянні з попереднім обстеженням, так і станом до початку зрошення. Процентний уміст поглинутих катіонів істотно не змінився.

У наступні 11 років зрошення (1990-2001 р.) спостерігали подальше зменшення поглинутого  $\text{Ca}^{2+}$  у шарі 20-100 см і істотне підвищення вмісту, поглинутого  $\text{Mg}^{2+}$  у всьому 1-метровому профілі до 7,5-12,5 мг-екв/100 г ґрунту. У шарі 0-40 см ґрунт був слабо солонцюватий, у шарі 40-60 - середньо, у шарі 60-100 см - сильно солонцюватим за  $\text{Mg}^{2+}$ .

Уміст поглинутого  $\text{Na}^+$  у 1-метровому профілі ґрунту повільно зростав з 1979 до 2001 р., але ступеню слабого осолонцювання не досяг.

Під впливом зрошення прісною водою в профілі 1-метрового шару ґрунту постійно розчинялися карбонати. На осінь 2001 р. уміст  $\text{CaCO}_3$  не перевищував 1 % у шарі 60-100 см, при початковому вмісті 16,2-19,35 %.

27-літнє зрошення, водою з лужною реакцією середовища, сприяло підлужуванню ґрунтів у верхньому 0-40 см шарі й збільшенню рН сольового з 5,35-6,25 у 1974 м до 7 у 2001 р. і вирівнюванню цього показника у всьому 1-метровому профілі.

Уміст поглинутого  $\text{Na}^+$  у 1-метровому профілі ґрунту повільно зростав з 1979 до 2001 р., але ступеню слабого осолонцювання не досяг.

Під впливом зрошення прісною водою в профілі 1-метрового шару ґрунту постійно розчинялися карбонати. На осінь 2001 р. уміст  $\text{CaCO}_3$  не перевищував 1 % у шарі 60-100 см, при початковому вмісті 16,2-19,35 %.

27-літнє зрошення, водою з лужною реакцією середовища, сприяло підлужуванню ґрунтів у верхньому 0-40 см шарі й збільшенню рН сольового з 5,35-6,25 у 1974 м до 7 у 2001 р. і вирівнюванню цього показника у всьому 1-метровому профілі.

Під впливом тривалого зрошення у верхніх шарах ґрунту вміст гумусу постійно знижувався. Так, його вміст в орному шарі знижувався з 3,72 % у 1974 р. до 3,62 - у 1979, до 3,47 - у 1985, до 3,21 - у 1990, до 2,95 % - у 2001 р. (табл. 12.7). Уміст гумусу в підорному шарі за весь період зрошення можна охарактеризувати, як

стабільний з незначними відхиленнями, як убік зменшення, так і убік збільшення. У більш глибоких шарах 40-100 см спостерігали постійне зростання вмісту гумусу.

Таблиця 12.7. Вплив терміну зрошення на зміну запасів гумусу

Шар грунту, см	Пошарові запаси гумусу в роки досліджень, т/га				
	1974	1979	1985	1990	2001
0-20	87,792	85,432	84,668	81,534	77,880
20-40	63,450	61,830	62,100	61,548	64,752
40-60	34,404	35,532	37,728	39,150	42,328
60-80	15,840	16,704	17,934	22,052	28,272
80-100	9,052	10,512	11,544	13,072	15,808
0-100	210,538	210,010	213,974	217,356	229,04

Протягом 27-літнього періоду зрошення запаси гумусу в метровому шарі незначно зросли з 210,538 до 229,04 т/га. При цьому в орному шарі вони знизилися майже на 10 т/га, або 11,3 %, а в шарі 60-100 см - зросли на 19 т/га, або на 77 % (табл. 12.7).

#### 12.2.4. Зміна водно-фізичних властивостей ґрунтів

Аналіз основних фізичних властивостей темно-каштанового ґрунту до початку зрошення і після 27 років зрошення, свідчить про збільшення щільності ґрунту, щільності твердої фази ґрунту й зниження її пористості. Так, щільність ґрунту орного шару збільшилася на 0,12, підорного - на 0,07 г/см<sup>3</sup>. У більш глибоких шарах (40-150 см) щільність ґрунту збільшилася на 0,06-0,08 г/см<sup>3</sup>.

Щільність твердої фази ґрунту також незначно збільшилася на 0,01-0,02 г/см<sup>3</sup> у всьому 2-метровому профілі.

Між щільністю й пористістю існує зворотна залежність: чим щільніший ґрунт, тим менша його пористість. В орному шарі пористість зменшилася з 55,5 % у 1974 р. до 50,4 % у 2001 р.; у підорному - з 49,4 до 47 % (табл. 12.8).

У всьому 2-метровому профілі темно-каштанового ґрунту під впливом зрошення зменшилася найменша вагова вологості на 2,2-0,3 %. При цьому значно зменшився коефіцієнт фільтрації, особливо у верхньому 0-40 см шарі.

Відзначено зміни в механічному складі зрошуваних ґрунтів. Так, у всьому 1,5 м шарі збільшився вміст фізичної глини: в орному шарі

з 55,35 до 56,5 %; у підорному - з 62,25 до 64,65. Вміст фізичної глини збільшувався, в основному, за рахунок збільшення вмісту мулистих часток при зменшенні вмісту середнього й дрібного пилу.

Таблиця 12.8. Водно-фізичні властивості темно-каштанового ґрунту

Шар грунту, см	Щільність, г/см <sup>3</sup>		Пористість, %	Вологоє м-ність, % (НВ)	Коефіцієнт фільтрації, см/с
	грунту	твердої фази грунту			
1974 р., до початку зрошення					
0-20	1,18	2,65	55,5	32,0	0,000494
20-40	1,35	2,67	49,4	27,2	0,000332
40-60	1,41	2,68	47,4	24,0	0,000216
60-80	1,44	2,68	46,3	22,9	0,000167
80-100	1,46	2,69	45,8	21,8	0,000154
100-150	1,45	2,67	45,7	21,4	0,000141
150-200	1,53	2,70	43,4	20,7	0,000140
2001 р., після 27 років зрошення					
0-20	1,32	2,66	50,4	29,8	0,000283
20-40	1,42	2,68	47,0	26,1	0,000188
40-60	1,48	2,69	45,0	24,3	0,000147
60-80	1,52	2,70	43,7	22,2	0,000135
80-100	1,54	2,71	43,2	21,5	0,000124
100-150	1,52	2,73	44,4	21,1	0,000131
150-200	1,55	2,72	42,3	19,9	0,000136

За механічним складом темно-каштановий ґрунт (до початку зрошення й після 27 років зрошення) відноситься до важкого суглинку, мулистого крупно пилуватого.

### 12.2.5. Валовий хімічний склад ґрунту

До початку зрошення у верхньому 0-50 см шарі переважав оксид кремнію. З глибиною його вміст зменшувався з 60,85 % в орному шарі до 47,4 % - у шарі 100-125 см. У зрошуваному 27 років ґрунті вміст SiO<sub>2</sub> збільшився на 4,27-6,40 % у кожному з 25 см прошарків і оксид кремнію став переважати у всьому 0-150 см профілі.

Другим за нагромадженням у темно-каштановому ґрунті є полуторний оксид алюмінію зі вмістом до початку зрошення 9,03-11,3 % і 10,75-12,15 % - після 27 років зрошення. Нагромадження глинозему відзначено в усьому профілі зрошуваного ґрунту: у шарі

0-25 см - на 2,04 %, 25-50 см - на 0,96, 50-75 см - на 1,3, 75-100 см - на 0,9, 100-125 см - на 2,17, у шарі 125-150 см - на 0,72 %. Пояснюється це тим, що при постійному припливі кремнезему окисли алюмінію піддаються каолінізації, а потім ілітизації й монтмориллонітизації й практично не мігрують. За Ковдою захоплення кремнію окислами заліза, алюмінію, марганцю супроводжується неосинтезом каолініту, гідролюд, а при присутності іонів магнію - монтморилоніту або змішаношарових мінералів. При надлишковому зрошенні й перезволоженні ґрунтів залізо й марганець переходять у рухомі хелатні сполуки з фульвокислотами і мігрують униз ґрунтовим профілем, що веде до злитості. Розширення молекулярного відношення  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  з 2,62-3,33 у темно-каштанових ґрунтах до початку зрошення до 3,87-4,20 після 27 років зрошення підтверджує наявність цього процесу й проявлення глейового процесу, зв'язаного з перезволоженням.

Зменшення значень молекулярного відношення  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  у профілі зрошуваних ґрунтів до 7,94-5,93 у порівнянні з 8,28-5,63 до початку зрошення, також підтверджує вплив елювіально-глейового процесу на розвиток і формування темно-каштанового ґрунту в сучасних умовах.

Таким чином, аналіз валового вмісту оксидів, свідчить, що для темно-каштанового ґрунту в даний час характерні процеси фізико-хімічного вилугування одних сполук ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) і акумуляції інших ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ).

При зрошенні й частих змінах окислювально-відновлювальних умов у лужному середовищі ґрунтів проявляється інтенсивна міграція сполук хрому, двовалентного заліза й марганцю. Так, концентрація хрому в орному шарі зменшилася з 1000 мг/кг ґрунту в 1974 р. до 100 мг/кг - у 2001 р. У більш глибоких шарах розходження у вмісті менш значні, а в прошарку 100-125 см зрошуваних ґрунтів відзначено незначне нагромадження хрому.

Уміст мікроелементів заліза в профілі зрошуваного ґрунту зменшився на 15-20 %, марганцю в 3-2 рази. Слід зазначити, що й у незрошуваному ґрунті спостерігаються такі ж процеси.

Валовий вміст сірки в досліджених ґрунтах до початку зрошення перевищував установлені в Україні ГДК (160 мг/кг ґрунту). Після 27 років зрошення її вміст зріс у всьому профілі ще на 50-100 мг/кг ґрунту.

Аналіз умісту інших мікроелементів у різних шарах ґрунту

свідчить про нагромадження свинцю з 0 до 17-10 мг/кг, гафнію з 5-10 до 9-14, лантану від слідів до 17-28, барію з 325-250 до 451-507, нікелю з 20-45 до 27-60 мг/кг ґрунту. Уміст таких елементів як стронцій, мідь, фосфор у профілі зрошуваного ґрунту нижчий, ніж був до початку зрошення.

Уміст деяких з елементів перевищує встановлені для ґрунтів України граничнодопустимі рівні: миш'як - 12 мг/кг (ГДК - 2.,0), свинець - 17 мг/кг (ГДК = 12.0 мг/кг), сірка - 400 (160), цинк - 83 (46), хром - 500 мг/кг (100).

### **12.3. Заболочення й засолення зрошуваних ґрунтів у дуже складних гідрогеологічних умовах**

#### **12.3.1. Природні умови до зрошення**

Етапи та показники змін у часі розглянемо на прикладі зрошення в зоні будівництва та експлуатації другої черги Північно-Кримського каналу на дослідно-виробничій ділянці (ДВД) в КСП "Таврія" Нижньогірського району Автономної Республіки Крим.

Дослідна ділянка, розміщена в межах Присивашської низовини, яка являє собою плоску або слабо горбисту рівнину з висотами 0-20 м над рівнем моря.

Четвертинні відклади представлені лесовими суглинками легкоглинистого механічного складу. Щільність ґрунту 1,22-1,27 г/см<sup>3</sup>, а материнської породи 1,48-1,50 г/см<sup>3</sup>. Щільність твердої фази орного шару ґрунту 2,63-2,66 г/см<sup>3</sup>, із глибиною зростає до 2,73-2,76 г/см<sup>3</sup>.

Загальна пористість верхнього горизонту 52-54 %, із глибиною зменшується до 42-46 %. Найменша вологемісткість орного шару 28,3-31,5 %, а в ґрунтоутворюючій породі знижується до 21,7-22,5 %. Запаси доступної для рослин вологи в метровому шарі складають 1140-1160 м<sup>3</sup>/га, а в шарі 0-60 см - 800-860 м<sup>3</sup>/га. Водопроникність орного шару низька з коефіцієнтом фільтрації 0,082-0,069 м/добу, а в ґрунтоутворюючій породі - 0,012-0,001 м/добу.

У 1967 р. (до початку зрошення), ґрунтові води залягали на глибині 5-6 м від поверхні землі і не впливали на розвиток ґрунтового покриву. Ґрунти - каштанові малогумусні з умістом гумусу в шарі 0-25 см 2,5 %, а в шарі 25-50 см - 1,75 %. Уміст увібраних основ: Ca<sup>2+</sup> - 27,6 та 26,7, Mg<sup>2+</sup> - 4,8 та 4,9, Na<sup>+</sup> - 0,04 та 0,1

мг-екв/100 г ґрунту відповідно тим же горизонтам. В шарі ґрунту 50-75 та 75-100 см вміст  $\text{Ca}^{2+}$  складав 22,1 та 17,9,  $\text{Mg}^{2+}$  - 5,3 та 6,9 і  $\text{Na}^+$  відповідно 0,15 та 0,3 мг-екв/100 г ґрунту. З глибини 75 см вміст увібраного магнію складав біля 27,5 %, що відповідало слабкому осолонцюванню за магнієм. Сума опадів (400 мм/рік) значно менша за випаровування (900 мм/рік). Тип водного режиму ґрунту характеризувався як автоморфний не промивний з відсутністю суцільного промочування ґрунтового профілю й материнської породи, що представлена лесовим суглинком, до рівня ґрунтової води. Кількість водорозчинних солей у ґрунті до початку зрошення була незначною. Уміст токсичних солей до глибини 0,75 м не перевищував 0,1 %. Засоленість материнської породи спостерігалась з глибини 0,75 м до 2,0 м у кількості від 0,15 до 1,51 %, в тому числі хлору від 0,03 до 0,11 % і більше з глибиною.

### **12.3.2. Вплив зрошення на вторинне засолення та осолонцювання ґрунту**

Для зрошення земель використовували придатну для поливів дніпровську воду Північнокримського каналу.

З початком зрошення характер водного режиму території почав змінюватись. Для поливу сільськогосподарських культур у той час застосовували зрошувальні норми 4,0-6,0 тис.  $\text{м}^3/\text{га}$ , а поливні 500-800  $\text{м}^3/\text{га}$  і за вегетаційний період значна частина цієї води (30-50 %) надходила в шари материнської породи, підвищуючи рівень ґрунтової води.

Спостереження за динамікою вологи у часі та просторі зони аерації при поливних нормах 200, 500, 600 і 700  $\text{м}^3/\text{га}$  показали, що при заляганні ґрунтової води на глибині 2,63 м, вологості 1-метрового шару ґрунту 70 % НВ, поливній нормі 200  $\text{м}^3/\text{га}$  не спостерігається переміщення вологи за межі 40-сантиметрового шару ґрунту. Навпаки, відбувається підживлення 1-метрового шару ґрунту за рахунок вологи з ґрунтових вод порядку 0,044 мм за добу. За 14 діб у 1-метровий шар надійшло 0,62 мм вологи.

Збільшення поливної норми до 500  $\text{м}^3/\text{га}$  в умовах залягання ґрунтової води на глибині 2,9 м й початкової вологості метрового шару ґрунту до 67 % НВ процес підживлення метрового шару ґрунту й материнської породи через добу змінюється інфільтрацією від 0,8-

0,5 на початку до 0,02-0,01 мм на 13-14-ту добу після поливу. За 14 діб спостережень інфільтрація дорівнює 2,7 мм.

При нормі  $600 \text{ м}^3/\text{га}$  початкової вологості метрового шару ґрунту 70 % НВ інфільтрація за межі метрового шару ґрунту дорівнює 1,1-1,4 мм на добу і за 14 днів спостережень становить вже 15,1 мм або 25,2 % від поливної норми. При проведенні аналогічних спостережень в умовах залягання рівня ґрунтової води на глибині 4,0 м і початкової вологості 68 % НВ полив нормою  $700 \text{ м}^3/\text{га}$  промочує товщу 1,5 м, а потік вологи досягає глибини 1 м за 31 годину. Інфільтрація за межі 1- метрового шару становить 20,7 мм або 29,5 %.

Усе це свідчить про необґрунтовано високі поливні норми, які призвели до погіршення екологічного стану, а пізніше й до підтоплення ґрунту. Цей процес характеризувався вимиванням солей у зоні аерації, в основному хлоридів і натрію, й перенесенням їх на рівень ґрунтової води. На дослідному полі мінералізація ґрунтової води зростає з  $12,25 \text{ г/дм}^3$  у 1967 р. до  $18,86$  - у 1978 р., в основному за рахунок солей хлору й натрію.

Поповненню запасів ґрунтових вод сприяє й надходження на територію ДВД фільтраційної води з Азовського рисового каналу в кількості  $1,3\text{-}2,2 \text{ м}^3$  із погонного метра каналу за добу. Значна інфільтрація з каналу сприяла зниженню мінералізації ґрунтової води в межах 200 м зони обабіч каналу, де загальна мінералізація становила  $2,1 \text{ г/л}$  в 10 м від каналу, зростаючи до  $10,4 \text{ г/л}$  на відстані 100 м від каналу.

Експлуатація рисових систем, що розташовані між ДВД і Сивашем, значно погіршила відтік ґрунтових вод внаслідок їх підпору водами, що фільтруються з поверхні чеків на території самих рисових систем. Відсутність необхідного відтоку додаткових запасів води зі зрошуваних територій призвело до підйому рівня ґрунтових вод на території ДВД із швидкістю  $0,35 \text{ м}$  за рік. Через 10 років зрошення (1977 р.) ґрунтові води на території ДВД у приканальній зоні шириною до 200 м залягали на глибині  $0,4\text{-}1,5 \text{ м}$ , а на решті території  $1,5\text{-}2,3 \text{ м}$ .

Таким чином, за час зрошення тип водного режиму ґрунту з автоморфного не промивного змінився на гідроморфний промивний, а ґрунт із каштанового типу - на лучно-каштановий.

У зоні впливу Азовського рисового каналу цей процес пішов ще далі. Гідроморфний тип перейшов у галоморфний, внаслідок чого



лучно-каштановий через лучно-болотний тип каштанового ґрунту змінився на галоморфний солончак вторинний сульфатно-хлоридний на весну 1978 р. (рис. 12.5).

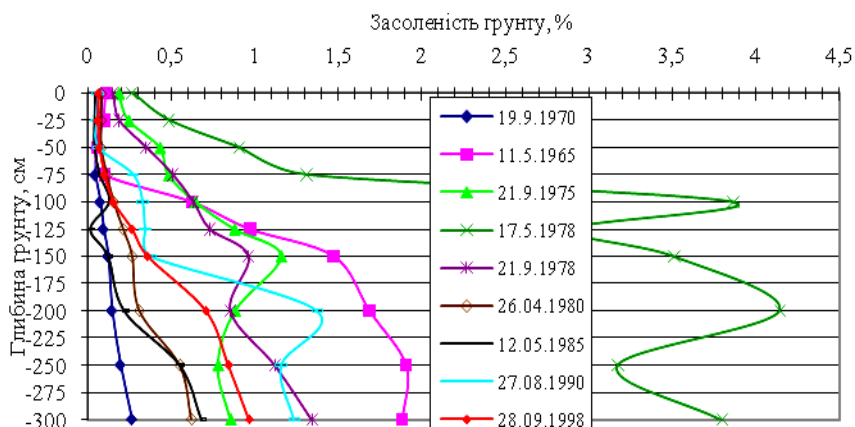


Рис. 12.5. Зміна ступеню засолення зрошуваних ґрунтів у часі

Отже, підняття рівня ґрунтової води призвело до підтоплення території, що супроводжувалось її заболоченням, глеєутворенням материнської породи й вторинним засоленням ґрунту. Крім цього, відбулися зміни і в ґрунтовому вбирному комплексі.

Так, восени 1977 р. уміст увібраного Са значно знизився (на 5,2-4,7 мг-екв на 100 г ґрунту) і становив у шарі ґрунту 0-25 см 22,4, а в шарі 25-50 - 22,0 мг-екв на 100 г ґрунту, натомість вміст увібраного магнію зріс до 7,8 і 10,1 мг-екв на 100 г ґрунту. У процентному відношенні вміст  $Mg^{2+}$  зріс за рахунок кальцію в орному шарі з 14,8 до 25,7 %, а у підорному з 15,45 до 31,3 %, і ґрунти перейшли у розряд слабо- та середньосолонцюватих за магнієм. Дещо знизився й загальний вміст увібраних основ та загальна буферність ґрунту.

Вторинне засолення ґрунту, що відбулося внаслідок підйому рівня ґрунтових вод із мінералізацією від 13,4 до 21,0 г/дм<sup>3</sup> до 0,4-1,5 м від поверхні землі призвело до вилучення із сільськогосподарського користування 50 га землі. На площі ще 100 га внаслідок часткового засолення родючість ґрунту знизилась на 25-50 %.

### 12.3.3. Побудова дренажу, гіпсування, промивання засолених ґрунтів

З метою запобігання подальшого засолення ґрунту в 1977-1978 рр. на площі 780 га побудовано закритий гончарний та пластмасовий дренаж глибиною 2,5-3,0 м через 200-230 м, а в понижених елементах рельєфу - через 110-130 м із примусовим відведенням насосною станцією дренажних вод із території.

Дренаж знизив рівень ґрунтових вод на більшій частині території до 2,0-3,5 м від поверхні землі, але завдяки тому, що дрени були закладені перпендикулярно трасі Азовського рисового каналу в місцях його проходження в насипу рівень ґрунтової води залягав на глибині 1,2-2,0 м.

З весни 1978 р. розпочали будівництво чеків та тимчасових зрошувачів для наступного промивання засолених ґрунтів. Перед промиванням на поверхню ґрунтів було внесено 6 т/га гіпсу, після промивання — 80 т/га гною. Промивали засолені ґрунти прісною дніпровською водою методом затоплення чеків площею 0,1-1,0 га з 11 липня до 30 серпня 1978 р.. Норма подачі води - 8000 м<sup>3</sup>/га у три заходи: 3000, 2600 та 2400 м<sup>3</sup>/га.

Будівництво дренажу та підтримання промивного типу водного режиму при зрошенні сільськогосподарських культур сприяло розсоленню ґрунту і верхніх шарів материнської породи. Інтенсивне розсолення метрового шару ґрунту й материнської породи спостерігалось протягом перших двох років дії дренажу. За 1978-1979 рр. засоленість шару ґрунту й материнської породи знизилась з 1,36 до 0,13 %, а в другому метровому шарі материнської породи - з 3,83 до 0,35 % (рис. 12.5). За рахунок внесення меліоранту (гіпсу) відбулися зміни й у ґрунтовому вбирному комплексі, де відмічено на осінь 1979 р. повне заміщення увібраного натрію кальцієм та зниження вмісту магнію до 6,6 мг-екв/100 г ґрунту в шарі 0-25 см і до 7,2 - в шарі 25-50 см. За вмістом магнію (24,5-22,5 %) ґрунти стали слабо солонцюватими.

В подальшому протягом 1979-1988 років засоленість ґрунту й материнської породи змінювалася в незначних межах. Розсолення ґрунту й материнської породи відбувалося за рахунок вимивання хлоридів і сульфатів натрію та магнію. Одночасно з розсоленням ґрунту й верхнього шару материнської породи відбувається опріснення ґрунтових і дренажних вод за рахунок вимивання хлори-

дів і сульфатів магнію й натрію. Мінералізація ґрунтової води знизилась з 13,4-21,3 до 4,9-13,3 г/дм<sup>3</sup>, а дренажної води - з 16,2-19,8 до 8,4-14,7 г/дм<sup>3</sup>. Хімічний склад ґрунтових вод змінився з хлоридно-гідрокарбонатного натрієво-магнієво-кальцієвого до сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридного натрієво-магнієво-кальцієвого.

Слід відмітити, що восени 1978 року мінералізація ґрунтової води поруч із зрошувальним каналом була значно нижча ніж на відстані 400 м відповідно 2100 і 19100 мг/л. Отже, значна фільтрація зі зрошувального каналу, яка постійно поповнювала запаси ґрунтових вод у приканальній 250 м зоні прісною водою позначилася в першу чергу на різному вмісті найбільш токсичних іонів хлору та натрію, де різниця становила 30 і більше разів. Після 12 річного зрошення в умовах відведення води дренажним стоком ця різниця дуже суттєво скоротилася.

Отже, з 1978 р. на території ДВД підтримується гідроморфний промивний режим лучно-каштанового ґрунту.

Відсутність відсічного дренажу вздовж Азовського рисового каналу й значна різниця в рівнях залягання підземних вод на території ДВД (1,2 м біля каналу і 3,5 м в 300-500 м від нього) обумовлює різні умови зволоження ґрунту і материнської породи в період поливу сільськогосподарських культур дніпровською водою дощувальною машиною ДДА-100МА.

В наступні 1992-1998 роки спостерігали деяку стабільність у вмісті солей у ґрунтах. Але значне скорочення поливів протягом 1996-1998 років сприяло підвищенню засоленості ґрунтів і материнської породи.

#### **12.4. Накопичення пестицидів у ґрунтах при зрошенні дренажно-скидними водами рисових систем**

Площа рисових систем України, розташованих у південних областях, складає 63 тис. га. На вирощування 1 га рису використовується до 24,5 тис. м<sup>3</sup> води, біля 50 % якої дренується й скидається.

Щорічно на рисових системах України формується й скидається в затоки Чорного моря біля 600 млн. м<sup>3</sup> дренажно-скидних вод. Тільки в Скадовському районі Херсонської області щорічно скидається в Джарилгачську затоку до 170 млн. м<sup>3</sup> - із мінералізацією до 1 г/дм<sup>3</sup>. Ці води містять підвищені концентрації біогенних

речовин, залишки пестицидів, мікроелементів. Унаслідок багаторічних скидань цих вод у затоках відбулися екологічні зміни, що вплинули на склад і чисельність гідробіонтів прибережної зони Чорного моря. Крім того, у результаті опріснення й забруднення вод погіршуються санітарно-гігієнічні умови, знижуються лікувальні властивості морських вод. Забруднення мілководних заток, які є курортною зоною, токсикантами, що містяться в дренажно-скидних водах, несе реальну небезпеку для мешканців водойм.

З метою дати токсикологічне обґрунтування можливості використання дренажно-скидних вод рисових систем для зрошення культур зерно-кормової сівозміни, знизити негативний вплив на мілководні затоки Чорного моря й навколишнє середовище відділом охорони природи інституту Укрдільпроводгосп восени 1982 року було закладено стаціонарну дослідну ділянку в полі № 5 радгосптехнікуму Української науково-дослідної станції рису. Основні задачі досліджень: оцінити вплив зрошення дренажно-скидними водами рисових систем на накопичення пестицидів, біогенів, мікроелементів у ґрунті й продукції рослинництва, оцінити продуктивність сільськогосподарських культур зерно-кормової сівозміни у порівнянні зі зрошенням дніпровською водою.

Дослідні ділянки розміщалися в межах Причорноморської низовини на типових для зрошувальної системи ґрунтах - темно-каштанових, середньо суглинкових, слабо солонцюватих, незасолених, добре забезпечених рухомими формами калію, фосфору. Перед закладенням дослідів вміст гумусу в орному шарі складав  $2,27 \pm 0,17$  %, у підорному -  $1,84 \pm 0,19$  %. Сума поглинутих основ збільшувалася з поверхні до одного метра й складала 17,4-23,0 мг-екв на 100 г ґрунту, вміст поглинутого кальцію - 67,8-76,96 % від суми основ, магнію - 22,58-32,19 %, що характеризує ґрунти як слабо- й середньо солонцюваті за магнієм. Уміст поглиненого натрію фіксувався з глибини 0,5 м і не перевищував 1, 1 %.

Загальна кількість водорозчинних солей у півтораметровому шарі ґрунту не перевищувала 0,189 %, величина рН збільшувалася з глибиною від 7,2 в орному шарі до 8,2 на глибині 1,25-1,50 м. Щільність метрового шару ґрунту  $1,47 \text{ г/см}^3$ , найменша вологоємність - 18,8 %. Запаси продуктивної вологи у метровому шарі - 125 мм. Основних пестицидів, що застосовуються в рисосіянні в ґрунтах дослідного поля не знайдено.

Рівень ґрунтової води у вегетаційний період змінювався від 1,5

до 2,0 м. У міжвегетаційний, після скидання води із сусідніх рисових чеків і припинення поливів знижувався до 3,0 м. Мінералізація ґрунтової води не перевищувала 0,8 г/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатного кальцієвого складу.

Досліди проведені в 1983-1991 роках на мілко ділянковому стаціонарі в трьох варіантах: 1 - зрошення сільськогосподарських культур дніпровською водою зрошувального каналу (контроль); 2 - зрошення сільськогосподарських культур водою рисового чеку, де видержувалась прийнята для зони технологія вирощування рису і вносилися рекомендовані норми добрив і пестицидів; 3 - зрошення сільськогосподарських культур водою скидного каналу СКР-1, що збирає воду зі свердловин вертикального дренажу, ділянок горизонтального дренажу і рисової системи.

У дослідженні прийнята шестипільна сівозміна культур: озима пшениця з пожнивним посівом кукурудзи на зелену масу; яровий ячмінь із підсівом люцерни; люцерна; люцерна; кормовий буряк; кукурудза на зерно. Розміщення ділянок варіантів у польовому досліді - послідовне, багаторусне. Облікова площа ділянок 24 м<sup>2</sup>, прямокутної форми (6 х 4 м), повторність культур - п'ятикратна. Варіанти, розділені захисними смугами шириною 4 м, культури одного варіанта - смугами шириною 2 м.

За вмістом залишків пестицидів дренажно-скидні води мали значну розбіжність: від не встановлено наявності до 0,025 мг/дм<sup>3</sup> пропаніду, 0,047 мг/дм<sup>3</sup> - сатурну, 0,014 мг/дм<sup>3</sup> - 2,4-Д аміної солі, 0,006 мг/дм<sup>3</sup> - ДДТ, 0,009 мг/дм<sup>3</sup> - γ-ГХЦГ. У воді рисового чеку їхній уміст був у 1,5-2 іноді в 3 рази вищим. Середньоарифметична концентрація сатурну у воді рисового чеку складала 0,036±0,02, скидного каналу - 0,028±0,015, зрошувального каналу - 0,0001±0,000 мг/дм<sup>3</sup>. Але максимальні концентрації сатурну й пропаніду у воді рисового чеку складала 0,097 і 0,065 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, що значно перевищувало ГДК.

ДДТ частіше й у більших концентраціях зустрічається у воді зрошувальних каналів. Це пояснюється тим, що ДДТ не є рисовим препаратом, на посівах рису практично не застосовується, а його наявність у водах зрошувальних каналів - наслідок більш широкого й тривалого застосування, високої спроможності мігрувати, стійкості до впливу зовнішнього середовища на розкладання.

У значних кількостях у воді рисового чеку знайдено метаболіт пропаніду - 3,4-ДХА. У воді скидного каналу його вміст удвічі

нижчий (див. табл. 4.7). 2,4-Д амінна сіль, як і ДДТ, стійкий хлорорганічний препарат, який застосовується на посівах зернових у боротьбі з бур'янами. Препарат легко мігрує й часто зустрічається не тільки в дренажно-скидних, а й поверхневих водах рік, каналів.

Вміст біогенних речовин у воді рисового чеку вищий, ніж у воді зрошувальних каналів, де концентрація нітритів і азоту аміаку в 16 і 52 % проб перевищували ГДК. Сумарний вміст біогенних речовин у дренажно-скидних водах змінюється мало й не перевищує 10 у рідкісних випадках 15 мг/л.

Режим зрошення складено таким чином, щоб забезпечити потребу рослин у волозі в різні періоди розвитку. Поливні норми для всіх культур і варіантів складали, як правило, 400 м<sup>3</sup>/га, а чергові поливи проводили через 8-10 і більш діб. Терміни поливів установлювали за вологістю ґрунтів, у межах 0,6-0,8 НВ.

В умовах рисосіяння застосовувалися такі пестициди: рогор, хлорофос, Бі-58 (інсектициди); цинеб, рицид (фунгіциди); сатурн, ронстар, 2М-4Х, пропанід, ордрам, мідний купорос, симазин, атразін, далапон, полідім, діурон (гербіциди) та інші. Але у великих кількостях і на більшій частині території рисової системи застосовували гербіциди сатурн і пропанід.

За перші п'ять років досліджень (1983-1987 рр.) у ґрунти зрошувані водами рисового чеку з поливною водою внесено біля 212 г/га пропаніду, 545 г/га - сатурну, 55 г/га - 3,4-ДХА, 20 г/га - 2,4 Д - амінної солі. У ґрунти зрошувані дренажно-скидними водами при зрошувальній нормі 15140 м<sup>3</sup>/га в ґрунти надійшло 167 г/га - пропаніду, 420 г/га - сатурну, 35 г/га - 3,4-ДХА, 23 г/га - 2,4 Д - амінної солі. Концентрація пестицидів у дренажно-скидній воді в період із 1988 до 1991 року була дещо вищою, ніж у попередні п'ять років і пов'язано це зі зменшенням вмісту у дренажних водах - вод, скинутих із рисових чеків. З поливною водою нормою 11600 м<sup>3</sup>/га за ці роки в ґрунти внесено 135 г/га пропаніду, 355 г/га - сатурну, 30 г/га - 3,4-ДХА, 20 г/га - 2,4 Д-аміної солі. З водою рисового чеку за ці роки в ґрунти внесена така кількість пестицидів: пропаніду - 172 г/га, сатурну - 428, 3,4-ДХА - 46 г/га.

Накопичення залишкових кількостей пестицидів виявлено в орному шарі ґрунтів під усіма зрошуваними культурами й у всі роки досліджень. При цьому, у перший і другий роки досліджень в усіх варіантах і під усіма культурами відзначено накопичення пропаніду і його метаболіту 3,4-ДХА, сатурну, після третього року досліджень -

базаграну, 2,4-Д аміної солі, 2М-4Х у ґрунтах ділянок люцерни, кормового буряка, кукурудзи на зерно другого й третього варіантів. Крім цих пестицидів у ґрунтах під кукурудзою на зерно другого й третього варіантів виявлено накопичення пропаніду відповідно 0,004 і 0,002 мг/кг. Після четвертого року досліджень в орному шарі ґрунтів на ділянках другого варіанта люцерни, озимої пшениці, кукурудзи на зерно приблизно в рівних кількостях виявлено пропанід (0,001- 0,003 мг/кг), на ділянках люцерни, кукурудзи на зерно й особливо ярого ячменю третього варіанта - пропанід відповідно 0,0007, 0,00287 і 0,02 мг/кг.

Таблиця 12.9. Вміст залишків пестицидів у профілі ґрунтів, мг/кг абсолютно сухого ґрунту (Лозовіцький П.С., 2001)

У шарі ґрунти, см	1 варіант			2 варіант			3 варіант		
	Са- турн	Пропанід	3,4- ДХА	Са- турн	пропанід	3,4- ДХА	Са- турн	Пропанід	3,4- ДХА
Після п'яти років зрошення, 1987									
0-25	0,001	немає	0,001	0,015	0,015	0,002	0,010	0,005	0,002
25-50	0,001	»	сліди	0,020	0,010	0,002	0,015	0,001	сліди
50-75	0,005	0,010	немає	0,025	0,020	0,005	0,015	0,010	немає
75-100	0,010	0,015	»	0,040	0,020	0,005	0,020	0,015	сліди
100-125	0,005	0,001	»	0,040	0,020	0,001	0,015	0,015	»
125-150	сліди	сліди	»	0,020	0,015	сліди	0,010	0,002	»
Після 9 років зрошення, 1991									
0-25	0,005	0,003	0,003	0,05	0,030	0,005	0,015	0,018	0,003
25-50	0,005	0,001	0,001	0,15	0,040	0,005	0,10	0,020	0,003
50-75	0,01	0,006	0,001	0,28	0,030	0,010	0,17	0,018	0,003
75-100	0,015	0,008	0,001	0,30	0,030	0,010	0,20	0,018	0,002
100-125	0,020	0,010	сліди	0,35	0,030	0,015	0,20	0,020	0,003
125-150	0,025	0,010	»	0,45	0,030	0,015	0,20	0,020	0,005

Після п'яти років зрошення у всьому півтораметровому профілі ґрунтів усіх варіантів відзначено накопичення залишків пестицидів: сатурну, пропаніду і його метаболіту 3,4-ДХА (табл. 12.9). Найбільше їх виявлено в пробах ґрунтів, зрошуваних водою рисового чеку, на глибині 75-100 см, що свідчить про їхнє проникнення в більш глибокі прошарки разом із поливною водою.

Після дев'яти років зрошення ця тенденція не змінилася й накопичення сатурну у профілі ґрунтів у 1991 році незалежно від культури коливалося в межах 0,05-0,9 мг/кг при зрошенні водою

рисового чеку й 0,015-0,50 - при зрошенні дренажно-скидною водою. Найбільші концентрації пестицидів у ґрунтах, у цей період щорічно, відзначені на ділянках, де останні три роки вирощували люцерну. У 1990, 1991 роках на окремих повтореннях другого варіанта люцерни другого й третього років користування після третього укусу (20-30 липня) у ґрунтах орного шару було виявлено вміст сатурну до 3-3,6 мг/кг. Але до кінця вегетаційного періоду концентрація сатурну у всьому 0-150 см шарі цих ґрунтів не перевищувала 0,5 іноді 0,9 мг/кг, що свідчить про вимивання й перенесення препарату з водою при чергових поливах і опадах.

Таблиця 12.10. Динаміка накопичення пропаніду у профілі ґрунтів при зрошенні дренажно-скидними водами рисових зрошувальних систем (Лозовіцький П.С., 2001)

Культура	Варі- ант	Рік	Вміст мг/кг абсолютно сухого ґрунту в прошарках, см				
			0-25	25-50	50-75	75-100	100-150
Ярий ячмінь	2	1983	0,045	0,015	0,005	сліди	немає
	3		0,030	0,005	0,001	»	»
Люцерна 2-го року	2	1984	0,800	0,250	0,070	0,030	0,022
	3		0,370	0,200	0,045	0,020	0,008
Люцерна 3-го року	2	1985	немає	сліди	0,010	0,015	0,028
	3		»	»	0,020	0,020	0,025
Кормові буряки	2	1986	0,032	0,012	0,015	0,025	0,020
	3		0,023	0,009	0,007	0,013	0,018
Кукурудза на зерно	2	1987	0,019	0,013	0,022	0,024	0,018
	3		0,011	0,007	0,011	0,015	0,010
Озима пшениця	2	1988	0,014	0,015	0,020	0,024	0,020
	3		0,010	0,010	0,010	0,013	0,012
Яр. ячмінь + люцерна	2	1989	0,030	0,022	0,024	0,020	0,02
	3		0,022	0,015	0,018	0,015	0,015
Люцерна 2-го року	2	1990	0,045	0,030	0,025	0,025	0,030
	3		0,035	0,020	0,022	0,016	0,020
Люцерна 3-го року	2	1991	0,030	0,040	0,030	0,030	0,030
	3		0,018	0,020	0,022	0,018	0,020

Аналіз динаміки накопичення пропаніду (табл. 12.10) за період досліджень підтверджує непостійність накопичення цього гербіциду, вимивання й міграцію у ґрунтовому профілі з частковим розкладанням. Максимальне значення вмісту пропаніду зареєстровано наприкінці вегетаційного періоду другого року



досліджень (1984), коли в орному шарі його концентрація складала 0,8 мг/кг ґрунту у варіанті зрошення водою рисового чеку на ділянках кормового буряка, що нижче ГДК (1,5 мг/кг ґрунту).

Після дев'яти років зрошення водою рисового чеку концентрація пропаніду у профілі ґрунтів складала 0,030-0,040, а при зрошенні дренажно-скидною водою - 0,018-0,022 мг/кг.

Таким чином, вміст рисових гербіцидів у профілі ґрунтів досліджуваних варіантів не перевищував ГДК, але значне їхнє накопичення в зерні зернових свідчить про необхідність перегляду регламентованих величин як за вмістом у воді, так і в ґрунтах.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть причини формування приканальних куполів ґрунтових вод, їх розміри? 2. Назвіть стадії, ступінь і причини засолення й осолонцювання ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи? 3. Яка кількість солей вноситься з поливною водою річок Інгулець і Дніпро за полив, сезон, 10, 20, 30, 40 років зрошення? 4. Яка основна причина осолонцювання ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи? 5. Як змінюються водно-фізичні властивості ґрунтів в умовах зрошення мінералізованими водами? 6. Чому і які хімічні елементи накопичуються у ґрунтах при зрошенні водою р. Інгулець? 7. Як змінюється засоленість темно-каштанового ґрунту при зрошенні водою р. Дніпро? 8. Як змінюються агрохімічні властивості ґрунтів при зрошенні мінералізованими й прісними водами? 9. Як зрошення впливає на зміну запасів гумусу у верхньому метровому шарі ґрунту? 10. Які основні причини заболочення й засолення ґрунтів Присивашся?

## Розділ 13

### МЕТОДОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ

При штучному впливі на природне середовище в результаті господарської діяльності людини відбуваються значні зміни поверхневого і підземного стоку, характеру обводнювання територій, сольового і теплового режимів ґрунтів, кліматичних умов. Повною мірою сказане відноситься до водного, сольового і теплового режимів у зоні аерації і на невеликій глибині в цілком насиченій зоні нижче рівня ґрунтових вод. Умови в цих зонах у значній мірі визначають біологічну продуктивність ґрунтів. У зв'язку з цим проблемі вивчення змін у поверхневих шарах ґрунтів і в ґрунтових водах повинно надаватися першорядне значення.

#### 13.1. Принципи районування територій для меліорації земель

Гідрогеологічне районування повинне ґрунтуватися на регіональних дослідженнях геологоструктурних особливостей, геоморфології, літологічній будові, гідрогеологічних умовах стосовно, головним чином, до побудови прогнозу режиму рівня ґрунтових вод, виявленню об'єктів-аналогів, обґрунтуванню регіональної геофільтраційної схематизації для орієнтовного вибору раціональних типів дренажу і його параметрів. Значна роль також приділяється дослідженню гідрогеохімічних особливостей об'єктів перспективного розвитку меліорації.

Специфіка меліоративно-гідрогеологічного районування не завжди дозволяє розглядати геологічну структуру, яка визначає розвиток артезіанського басейну при виборі основного елемента районування (провінції). Ця передумова виявляється справедливою, наприклад, для геосинклінальних областей і крайових частин Російської платформи (Прикаспійська синекліза, Скіфська епігерцинська платформа), де сучасний рельєф визначається переважно геологоструктурними особливостями. У цьому випадку більш дрібні одиниці районування визначаються розвитком геологоструктурних елементів рельєфу більш дрібного порядку,

морфогенетичних типів рельєфу й специфікою меліоративно-гідрогеологічних умов. У таблиці 13.1 приведена схема районування територій за умовами формування меліоративно-гідрохімічної обстановки.

Значна увага приділяється дослідженню дренажу масиву, вихідного положення рівня ґрунтових вод, їхнього режиму, умов живлення й розвантаження.

Таблиця 13.1. Районування територій за умовами формування меліоративно-гідрохімічної обстановки

Найменування таксонометричної одиниці	Основні групи факторів формування меліоративних умов	Провідні показники формування меліоративно-гідрохімічних умов	Додаткові показники
Зона	Кліматичні умови	Природна зволоженість	Тип іоно-сольового режиму товщі активного водосолеобміну
Провінція	Геолого-літологічні умови	Засоленість порід	Характер засолення (морський, континентальний)
Область	Гідрологічні умови	Умови залягання ґрунтових вод	Тип взаємозв'язку ґрунтових вод
Район	Орогеоморфологічні умови	Умови дренажу	Особливості мікрорельєфу
Ділянка	Характер водно-сольового режиму	Глина, мінералізація й склад ґрунтових	Вид водно-сольового режиму ґрунтів зони активного водообміну

На території України виділено дві гідрогеологічні провінції:

1) гірсько-складчастих споруд з вертикальною й широтною зональністю формування ґрунтових вод, що відповідає гірським системам Криму та Карпат;

2) платформних споруд з широтною зональністю формування ґрунтових вод у межах південного заходу Російської платформи (табл. 13.2, рис. 13.1).

Таблиця 13.2. Схема гідрогеологічного районування території України за особливостями формування ґрунтових вод

Провінція	Пояс		
	перехідний від сезонного до цілорічного живлення ґрунтових вод		
	переважно сезонного живлення	сезонного і цілорічного	переважно цілорічного живлення
	Зона		
	А. Надмірного зволоження	Б Нестійкого зволоження	
Область, район, підрайон			
Платформних споруд	1. Волинсько-Подільський артезіанський басейн 1 . Волинське Полісся а) Прип'ятська низовина б) Волинське пасмо 2. Волинська височина 3, Мале Полісся 4. Розтіччя і Опілля 5, Північно-Подільська височина 6. Західно-Подільська височина а) Придністровська височина б) Тернопільсько-хмельницька височина 7. Прут-Дністровська рівнина  II. Український гідрогеологічний масив 8. Житомирське Полісся а) Західно-Житомирське Полісся б) Східно-Житомирське Полісся в) Словечансько-Овруцька височина	25. Балтська височина 9. Північна частина Придніпровської височини а) Прироська височина б) Верхньо-бузько-Тетерівська височина 10. Східно-Подільська височина 11. Західно-Придніпровська височина 12. Східно-Придніпровська височина 13. Гуляйпільська рівнина 14. Приазовська височина	III. Причорноморський артезіанський басейн 26. Дунайсько-Дністровська рівнина а) Придунайська алювіальна рівнина б)Ялпуг-Саратська рівнина в) Верхньокательницько-Саратська рівнина 27. Дністровсько-Бузька рівнина а) Верхньотилігульська рівнина б) Нижньотилігульська рівнина 28. Бузько-Дніпровська рівнина а) Кам'янсько-Баштанська рівнина б) Берислав-Снігурівська рівнина 29.Дніпровсько-Молочанська рівнина а) Горностаївська рівнина б) Нижньосірогізька рівнина в) Північна Присиваська рівнина г) Нижньодніпровська рівнина 30. Рівнинний Крим а) Південна Присиваська рівнина; б) Тарханкутська височина в) Керченська рівнина г) Передгірна рівнина, д) Альмінська рівнина

Продовження таблиці 13.2.

Провінція	Пояс	
	перехідний від сезонного до цілорічного живлення ґрунтових вод	
	переважно сезонного живлення	сезонного і цілорічного живлення
	Зона	
	А. Надмірного зволоження	Б. Нестійкого зволоження
Платформних споруд	Область, район, підрайон	
	ІІІ. Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн	
	15. Київське Полісся 16. Чернігівське Полісся а) Придеснянська рівнина б) Городнянська рівнина 17. Новгород-сіверське Полісся	18. Київське плато 19. Придніпровська низовина а) Алювіальна безморенна рівнина (ІІ тераса) б) Алювіальна моренна рівнина (ІІІ тераса) 20. Полтавська рівнина а) Прилуцько-Полтавська рівнина б) Павлоградсько-Червоноградська рівнина 21. Сумська рівнина 22. Сіверсько-Донецька рівнина а) Сіверсько-Донецька алювіальна рівнина б) Оскіл-Айдарська рівнина
Гірсько-клад-частих споруд	VI. Карпатська гідрогеологічна область 31. Передкарпаття 32. Карпати 33. Закарпатська низовина	IV. Донецька гідрогеологічна область 23. Західно-Донецька рівнина 24. Східно-Донецька рівнина VII. Гідрогеологічна область гірського Криму 34. Гірський Крим

### 13.2. Причини незадовільного екологічного стану зрошуваних земель (ґрунтів)

Екологічна безпека зрошуваних земель залежить від природних (клімат, рельєф і денудация, материнські породи, живі організми, ґрунтові води, неотектоніка й вулканізм, кріогенез, делювіальні й інші надходження речовин) та антропогенних (спосіб землекористування, сівозміни, агротехніка, поливні й зрошувальні норми, якість поливної води, тривалість зрошення, параметри водоспоживання рослин, внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин, забруднення, ерозія й ущільнення, будівництво, кар'єри, звалища, рекреація, військові дії й навчання) факторів впливу.



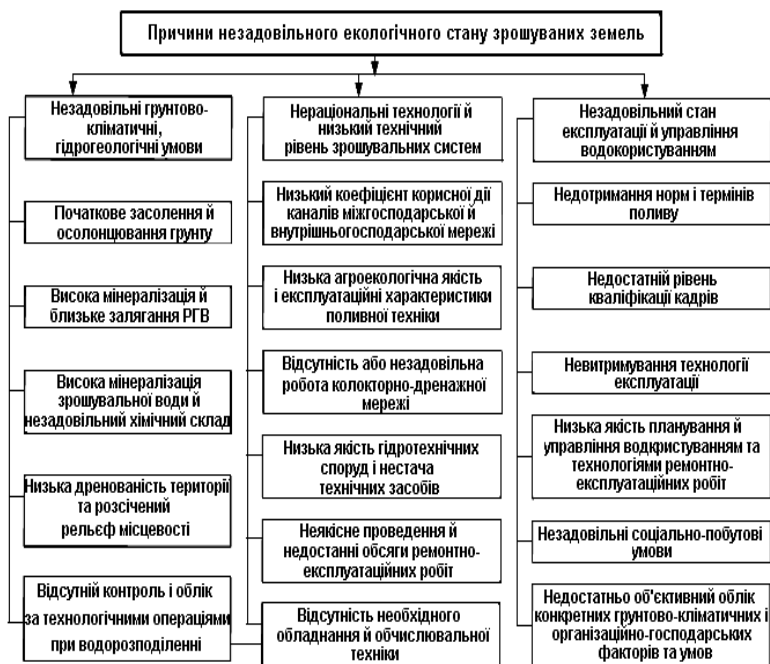
Рис. 13.1. Карта гідрогеологічного районування за особливостями формування ґрунтових вод (за Шинкаревським М.А., Пугачем С.Л., 1979): А - зона надмірного зволоження; Б - зона нестійкого зволоження; В – зона недостатнього зволоження; I-VII - області; 1-34 - райони; а-д – підрайони. Межі: 1 - провінцій; 2 - зон; 3 - областей; 4 - районів; 5 – підрайонів.

Основними ґрунтами України є чорноземи, які займають площу 27,8 млн. га або 67,7% сільськогосподарських угідь, що становить 8,7% від світових площ. Чорноземи - національне багатство світового значення, якого не має жодна країна світу. Їх призначення – вироблення достатньої кількості сільськогосподарської продукції для повного забезпечення населення держави продуктами харчування. Але високі й стабільні врожаї сільськогосподарських культур за природного дефіциту вологозапезпечення можна отримувати лише за умови додаткового зволоження – зрошення. При зрошенні врожайність зернових культур збільшується в 1,5-2,0 рази, кормових – 3-4 рази.

При недотриманні екологічних вимог ведення зрошувального землеробства, відсутності ефективної системи управління екологічною безпекою на зрошуваних землях півдня України відбуваються значні зміни їх екологічного стану, погіршення

просторово-часових показників і властивостей ґрунтів і, як наслідок, розвиваються особливо шкідливі процеси – ерозія, забруднення хімічними речовинами, засолення, осолонцювання, заболочення.

При цьому, несприятливі екологічні процеси на зрошувальних системах складається із трьох блоків: незадовільні ґрунтово-кліматичні й гідрогеологічні умови; нераціональні технології й низький технічний рівень зрошувальних систем; незадовільний стан експлуатації й управління водокористуванням (рис. 13.2).



*Рис. 13.2. Структурна схема, що характеризує причини розвитку небезпечного екологічного стану зрошуваних земель*

Це призводить до техногенно-екологічної небезпеки, зниження врожайності культур у посушливі роки, подорожчання продукції й вимагає додаткових економічних затрат на збереження й відновлення показників та елементів навколишнього середовища. За таких умов актуальності набуває проблема створення наукових основ управління екологічною безпекою зрошуваних земель, яка враховує просторово-часові зміни параметрів, які впливають на екологічний стан та оцінювання зазначених об'єктів.

*До основних природних факторів формування незадовільного водно-сольового режиму меліорованих земель відносяться - норма природного зволоження, природна засоленість ґрунтів і порід, ступінь дренажу масиву, глибина залягання рівня ґрунтових вод.*

Ступінь розчленованості рельєфу місцевості для більшої частини земель півдня України як фактора, який визначає дренажу території, - є несприятливим.

Гідрогеологічні умови являються одним з факторів, що визначають способи зрошення й техніку поливу, а також режим зрошення сільськогосподарських культур. Ці умови значною мірою визначають методи й способи штучного дренажу зрошуваних земель аридної зони і перезволожених ґрунтів гумідної зони. У той же час гідрогеологічні умови самі змінюються під впливом зрошувальних й осушувальних меліорацій. Високі темпи росту площі меліорованих земель у світі розширюють сферу впливу меліорації на формування гідрогеологічних процесів. Це знаходить своє вираження в змінах водного й сольового балансів підземних вод і обумовлених ними режимах підземних вод меліорованих земель. Розглянемо коротко особливості впливу зрошення й осушення земель на гідрогеологічні умови.

Глибина залягання рівня ґрунтових вод на території України дуже мінлива. За даними гідрогеолого-меліоративної служби Держводгоспу України на 13-15 % площі зрошуваних земель ґрунтові води залягають на глибині менше 3 м, на 15-16 % - на глибині 3-5 м і на більшій частині (70 % площі зрошуваних земель) на глибині понад 5 м. Площі з близьким заляганням РГВ характерні для заплав річок, низьких надзаплавних терас, зон вздовж узбережжя морів та лиманів, деяких ділянок зрошувальних систем.

За глибиною залягання рівня ґрунтових вод зрошувані землі поділяються на наступні категорії: гідроморфні менше - 2 м, субгідроморфні - 2-3 м; автоморфні-гідроморфні - 3-5 м; субавтоморфні - 5-8 м; автоморфні – більше 8 м.

Хімічний склад і ступінь мінералізації ґрунтових вод є також важливим фактором впливу на стан зрошуваних земель, особливо при близькому заляганні рівня. На більшій частині зрошуваних земель України з глибиною залягання рівня ґрунтових вод менше 5 м їх мінералізація не перевищує 3 г/л. Найбільше зрошуваних земель з мінералізацією ґрунтових вод понад 5 г/л знаходиться на території



нині окупованої Росією Автономної Республіки Крим, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей.

***При водно-хімічних меліораціях основними факторами, які обумовлюють еколого-меліоративних стан територій є:*** штучне зволоження земель шляхом зрошення й обводнення територій, штучний дренаж (осушення перезволожених земель), хімічна меліорація (гіпсування, вапнування ґрунтів), агрохімічні заходи (внесення мінеральних добрив, застосування пестицидів для боротьби із шкідниками, бур'янами та хворобами рослин), агротехнічні (підготовка ґрунту до посіву, догляд за посівами, збирання врожаю важкою сільськогосподарською технікою).

***В зоні надлишкового зволоження спадні потоки води у товщі ґрунтів і порід переважають над висхідними, в результаті чого формується промивний режим вилугування солей, що веде до розсолення ґрунтів і порід зони аерації.***

***В зоні недостатнього зволоження в породах з неглибоким заляганням рівня ґрунтових вод переважають висхідні токи води капілярної облямівки, які витрачаються на випаровування, яке веде до пересихання ґрунтів верхнього шару (випотнілий режим зони аерації), випадання солей у кристали, які накопичуються у твердій фазі ґрунту і поступово їх засолюють.***

***В зоні недостатнього зволоження з глибоким заляганням рівня ґрунтових вод (більше 5 м) підтягування води з рівня ґрунтових вод відсутнє, а отже, й засолення буде незначним, з сезонними коливаннями: з травня до жовтня можливе незначне засолення; у міжвегетаційний період накопичені солі промиваються опадами за відсутності випаровування.***

Зміни, викликані ***нераціональними технологіями й низьким технічним рівнем зрошувальних систем***, приймають регіональний характер. Найчастіше ці зміни можуть мати несприятливий характер, що виявляється в підйомі рівня ґрунтових вод, заболоченні й засоленні ґрунтів, пересушуванні й у деяких випадках — у погіршенні санітарного стану територій. Найбільш часто це викликано прорахунками проектувальників і відсутністю дренажу на побудованих зрошувальних системах, наприклад Інгулецькій.

На Інгулецькій зрошувальній системі, яка будувалася у 1951-1963 рр. не було передбачене протифільтраційне облицювання

каналів і колекторно-дренажної мережі. Утрати води на фільтрацію зі зрошувальної мережі, що становили до 44 % від водоподачі, науково необґрунтовані високі поливні (1000-1500 м<sup>3</sup>/га) й зрошувальні (5000-8000 м<sup>3</sup>/га за вегетацію) норми сприяли підвищенню рівня ґрунтових вод, заболочуванню приканальних зон і не спланованих резервів. У зоні впливу розподільчих каналів спостерігалось підвищення рівня ґрунтової води до 1-1,5 м у рік і, поступово, із меншою інтенсивністю цей процес поширився на всю територію, що вже в 1961 р. призвели до підтоплення ряду населених пунктів і затоплення подових понижень. До початку зрошення ґрунтові води на масиві залягали на глибині 6-15 м від поверхні.

У зв'язку з незадовільною меліоративною обстановкою з 1961 до 1973 р. проводили роботи з технічного удосконалювання системи. Результатом прорахунків проектування були витрати на технічне удосконалювання, що склали на 1.01.85 року 118,5 млн. крб. при початковій вартості системи 36,7 млн. крб., а загальна вартість 1 га зрошуваної площі зросла з 609 до 2475 крб.

Після реконструкції зрошувальної системи (облицювання каналів, побудови горизонтального дренажу й водозбірно-скидної мережі, захисту сіл від підтоплення) у 1973 р. були переглянуті поливні й зрошувальні норми, що аж до 1993 р. на системі підтримували промивний тип водного режиму й становили, відповідно 500-750 і 2000-5800 м<sup>3</sup>/га. Починаючи з 1993 р., у зв'язку з введенням на зрошувальних системах України ресурсозберігаючої й ґрунтозахисної технології вирощування сільськогосподарських культур, різко скоротилася кількість поливів, що призвело до зниження майже на половину зрошувальних норм

Формування стоку на зрошуваних землях залежить від сумарного надходження вологи, фільтраційних втрат, сумарного випаровування і скидання з існуючої мережі (рис. 13.3).

У меліоративній практиці є й інший протилежний приклад. Спостереження за роботою дренажу на Вищетарасівській зрошувальній системі (Дніпропетровська обл.), що має добре розчленований балками рельєф показали, що ефективно працюють дренажні колектори, розташовані у днищах балок, та частково дрени в гирловій частині, підключені до них. В той же час на значних площах схилів (понад 25 % території) систематичний дренаж не працює у зв'язку з тим, що за 30 років експлуатації зрошувальної системи рівні ґрунтових вод так і не досягли прогнозних позначок і

залагають нижче глибини закладання дрена. Тривалі спостереження за роботою дренажу показали, що чим нижчі відмітки поверхні землі, тим вищі рівні ґрунтової води на дренаваній території, модуль дренажного стоку й відсоток стоку від водоподачі.

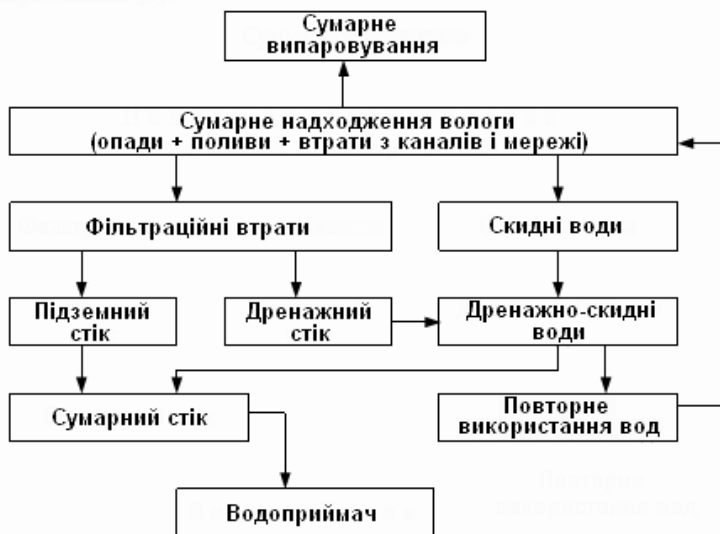


Рис. 13.3. Схема формування стоку на зрошуваних землях

Прикладом *незадовільного стану експлуатації поливної техніки й управління водокористуванням* можуть слугувати результати досліджень урожайності кормового буряка у Присивашші в залежності від розташування вздовж крила дощувальної машини ДДА-100М. Так, у 1994 році на площадці 6х6 м розташованій на відстані 6-12 м від тимчасового зрошувача при водосберегаючому режимі зрошення врожайність культури склала 1250 ц/га, на ділянці такого ж розміру й відстані 13-19 м від каналу - 1574 ц/га, на відстані 20-26 м - 1719, на відстані 27-33 м - 1042, на відстані 34-40 м 1077, а наприкінці крила, на відстані 40-46 м від тимчасового зрошувача - 1000 ц/га. Все це свідчить про неналежне регулювання роботи дощувальних агрегатів, які не витримували інтенсивності дощу й рівномірних поливних норм вздовж крила дощувальної машини. Структура врожайності культури відрізнялася також середньою вагою одного коренеплоду.

Поліпшення меліоративного стану зрошуваних територій вимагає значних капіталовкладень. Для найбільш ефективного

використання засобів, вкладених у меліорацію, й зведення до мінімуму збитку навколишньому середовищу не слід допускати негативні наслідки меліорації; необхідно правильно проектувати зрошувальні й осушувальні системи, оптимально планувати поливний режим і максимально використовувати водні ресурси.

Для посушливих територій основною задачею меліорації є забезпечення рослин оптимальною кількістю вологи. Для перезвожених територій ця задача зводиться до відводу зайвої вологи з кореневмісного шару. У кожному з цих випадків спрямованість зміни умов у зоні аерації, є різною.

При зрошенні на тлі звичайної агротехніки в ґрунтах відбувається ряд несприятливих змін, що приводять до зниження їхньої родючості. Зокрема, зменшується кількість гумусу у верхніх шарах, спостерігається осолонцювання, у період поливів з'являється підвищена кількість закисного заліза, що вказує на періодичне оглеєння. Ці процеси ведуть до ущільнення й погіршення водно-повітряних властивостей верхнього шару ґрунту. Унаслідок зрошення прісною водою знижується мінералізація й змінюється склад порових вод, у ґрунтах знижується уміст гіпсу й карбонатів змінюється склад обмінних катіонів збільшується вміст обмінного кальцію. У вилужених четвертинних глинах відбувається руйнування грубих фракцій пилу й піску, уміст глинистої фракції незначно збільшується. Відзначається ущільнення поверхневого шару ґрунту за рахунок кольматажів глинистими частками, принесеними зі зрошувальною водою. Це приводить до зниження коефіцієнта фільтрації.

Наслідком зміни умов обводнювання зони аерації є формування нових, не типових для зрошуваних земель сольових характеристик ґрунтів. При промивному режимі зрошення відбувається інтенсивний винос легкорозчинних солей (в основному хлору й натрію) з верхніх шарів зони аерації із акумуляцією їх в нижніх шарах або у ґрунтових водах. Винесення слабкорозчинних солей з усієї зони аерації вимагає значного часу. При неглибокому заляганні рівня ґрунтових вод існує реальна загроза вторинного засолення верхніх шарів ґрунтів. Це вимагає цілеспрямованої діяльності меліораторів для забезпечення задовільного водно-сольового режиму в зоні аерації. Незважаючи на всю складність формування водно-сольового режиму, у даний час розроблені теоретичні основи волого-й солепереносу в ґрунтах зони аерації, на базі яких відбувається

удосконалення методів вишукувань і досліджень для умов меліорованих територій.

### 13.3. Основні напрямки й заходи управління екологічною безпекою зрошуваних земель

Безпечне функціонування зрошувальних земель та забезпечення ефективної їх роботи вимагає створення належної нормативно-правової бази й нових підходів до підвищення рівня техногенної безпеки за рахунок управління водними, земельними й ін. ресурсами, ґрунтовими процесами, збору просторово-часових даних і інформації, менеджменту та проведення регулярних або періодичних моніторингових досліджень (рис. 13.4).

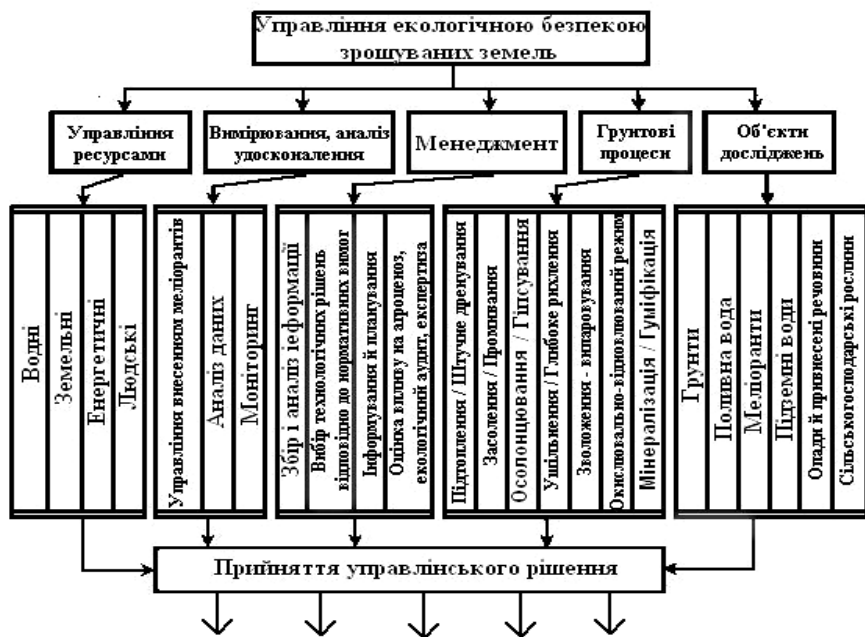


Рис. 13.4. Схема управління екологічною безпекою зрошуваних земель

Створення нормальних екологічних умов на зрошувальних системах забезпечується шляхом розроблення й реалізації комплексу заходів, що входять у систему екологічного моніторингу й складаються з взаємопов'язаних блоків: інженерно-технічні;

технологічні; інформаційно-управлінські; кадрове забезпечення; сучасна нормативно-методична база (рис. 13.5).



Рис. 13.5. Комплекс заходів створення системи управління екологічною безпекою зрошуваних земель півдня України

Реалізація вищевказаних заходів забезпечує надійне функціонування зрошувальних систем, збереження навколишнього природного середовища як у сфері впливу систем, так і на територіях, що прилягають до них.

Як уже зазначалося вище на зрошуваних землях України виникає, в основному, чотири ґрунтових процеси екологічної небезпеки, якими необхідно управляти і які є складовою вивчення даної навчальної дисципліни (див рис. 5.1): **1) рівень ґрунтової води і її мінералізація** (причини виникнення: завищені поливні норми, понижені за рельєфом місця, інфільтрація з водосховищ, ставків, каналів, резервуарів поливної води на ділянках малого зрошення); **2) вторинне засолення** (причини виникнення: висока мінералізація й незадовільний хімічний склад поливної води, тривалий термін зрошення, близьке залягання рівня ґрунтових вод –  $\leq 3,0$  м, висока мінералізація ґрунтової води); **3) осолонцювання** (причини виникнення: переважання катіонів натрію та магнію над кальцієм в

хімічному складі поливної води, висока мінералізація поливної води, тривалий термін зрошення, близьке залягання РГВ, висока мінералізація ґрунтових вод, несприятливий склад і співвідношення катіонів у ґрунтовій воді); 4) *забруднення ґрунтів і ґрунтових вод за трофо-санпробіологічними показниками, специфічними речовинами токсичної й радіаційної дії* (причини виникнення: низька якість поливної води, використання для зрошення стічних вод промислового й сільськогосподарського виробництва, атмосферне перенесення пилу й речовин в результаті роботи рудовидобувної промисловості, ліквідації ракетно-шахтних військових комплексів, військових дій і навчань, аварій на атомних електростанціях і інших об'єктах радіоактивного виробництва, а також викиди й відходи промислового й сільськогосподарського виробництва).

### **13.3.1. Основні типи гідрогеологічних умов, їх зміна під впливом меліорації та управління РГВ і їх мінералізацією**

Типи гідрогеологічних умов зрошуваних районів розглянуті в багатьох роботах Д.М. Каца (1976). Він виділив чотири типи гідрогеологічних умов зрошуваних територій: 1) порівняно прості; 2) середньої складності; 3) складні; 4) дуже складні.

**Перший тип** характеризується інтенсивною дренаваністю земель при одношаровій будові пласта порід. Має значну водопроникність або глибоку розчленованість рельєфу. При двохшаровій будові пласт покривних відкладів глибоко розчленований, а підстилаючий має досить значну водопроникність. Підземні води переважно безнапірні. Зрошувані землі не потребують штучного дренажу. Прикладом розвитку таких гідрогеологічних умов на території України є Тарханкутський півострів Автономної Республіки Крим.

До цього типу можна віднести й дренавані землі з неглибоким (до 3-4 м) заляганням добре проникного шару з водопроникністю більше 500 м<sup>2</sup>/добу з коефіцієнтом фільтрації більше 0,5 м/добу. На таких землях необхідно будувати дренаж для боротьби з заболоченням ґрунтів.

**Другий тип** характеризується дренаваними землями. Має зону вклинювання прісних не лужних підземних вод при слабкому, середньому й сильному напірному живленні. Має також двохшарову

будову товщі ґрунтів і порід при невеликій (в основному до 8-10 м) товщині покривного шару з коефіцієнтом фільтрації 0,5-0,1 м/добу і високою водопроникністю підстилаючих порід. На таких землях необхідно будувати дренаж для боротьби із заболоченням. Такими умовами характеризуються недосконалі конуси виносу в гірських районах, нижні і середні алювіальні тераси річок на платформених рівнинах.

**Третій тип з складними гідрогеологічними умовами** має досить слабо дреновані землі при двохшаровій будові ґрунтів і порід з товщиною покривних відкладів 10-20 м і більше з коефіцієнтом фільтрації 1,0-0,5 м/добу водопроникністю підстилаючої товщі 200-500 м<sup>2</sup>/добу. Води безнапірні або мають слабе, (середнє) живлення прісними напірними водами. Землі вимагають дренажу для боротьби з засоленням і заболоченням ґрунтів.

До цього типу відносяться й безстічні землі при одношаровій будові товщі покривних відкладів з коефіцієнтом фільтрації 0,1-0,5 м/добу або при двохшаровій будові. Тип характеризується наявністю ґрунтових вод або слабого напірного живлення. Покривний шар має товщину 10-15 м і більше з коефіцієнтом фільтрації 0,1-0,5 м/добу. Водопроникність підстилаючої товщі порід до 100 м<sup>2</sup>/добу, рідше 100-200 м<sup>2</sup>/добу. Дренаж необхідний для боротьби із засоленням і заболоченням ґрунтів. Такі гідрогеологічні умови характерні для водорозділових масивів на платформах Інгулецького, Каховського зрошуваних масивів, більшої частини степового Криму й ін.

**Дуже складні гідрогеологічні умови** характерні для безстічних земель при двохшаровій або багатошаровій будові товщі ґрунтів і порід (до 10 м) з коефіцієнтом фільтрації 0,2-0,7 м/добу і менше, водопроникністю підстилаючих порід до 100 м<sup>2</sup>/добу. Такі землі мають безнапірні, мінералізовані ґрунтові води при реліктовому морському засоленні порід. Такі умови характерні для земель які прилягають до Присивашья.

В основу типізації покладені: геофільтраційні умови, природна дренованість земель, наявність і величина напірного живлення ґрунтових вод і т.д. Виділені чотири групи зрошуваних районів, які характеризуються різною складністю меліоративного освоєння земель. Від районів з порівняно простими гідрогеологічними умовами до районів з досить складними наростає необхідна інтенсивність штучного дренажу. У ряді районів, що відносяться до третьої і четвертої груп, при проведенні промивних поливів



засолених земель потрібне застосування хімічної меліорації для боротьби із содовим засоленням ґрунтів, а також для поліпшення водопроникності ґрунтів і материнської породи. Це підвищує вартість меліоративних робіт.

***У загальному випадку вплив зрошення на гідрогеологічні умови зводиться до наступних процесів*** (Д. Кац, 1976): 1) зрошення збільшує прибуткову частину водного і сольового балансу ґрунтових вод і викликає підйом їхнього рівня; 2) зрошувальні канали, прокладені в земляних руслах, є не тільки джерелом живлення ґрунтових вод, але й джерелом їх місцевого напору, що визначає тісну залежність режиму ґрунтових вод від витрати каналів; 3) зрошення веде до зміни природної рослинності поливними сільськогосподарськими культурами, зміни мікроклімату й підвищення рівня ґрунтових вод, що змінює витрату останніх на випаровування й транспірацію; 4) підвищення рівня ґрунтових вод може змінити взаємозв'язок їх з поверхневими водами, а також напірними водоносними горизонтами, що залягають нижче; 5) зрошення й дренаж, а також водозабори підземних вод, що споруджуються для цілей зрошення, здатні змінити природний територіальний розподіл областей живлення, транзиту й розвантаження підземних вод і інтенсивність відповідних гідрогеологічних процесів у цих областях; 6) зрошення приводить до формування специфічних «іригаційних» режимів ґрунтових вод, характерною рисою яких є чіткий зв'язок коливань рівня і змін хімічного складу з іригаційно-господарськими факторами: коефіцієнт корисної дії зрошувальних систем, складом сільськогосподарських культур, динамікою водоподачі на зрошення, будівництвом дренажу й ін.

Нерідко вважають, що в районах зі слабким природним відтоком ґрунтових вод зрошення приводить до несприятливих наслідків: підвищуються рівень і мінералізація ґрунтових вод, виникають процеси вторинного засолення й заболочування ґрунтів. Ці наслідки дійсно спостерігаються там, де при складанні проектів зрошення не приділяється уваги гідрогеологічним прогнозам і прогнозам водно-сольового режиму ґрунтів, на основі яких повинний бути запроектований і своєчасно побудований штучний дренаж, правильно складений режим зрошення сільськогосподарських культур і т.д.

***Рівнем ґрунтових вод і їх мінералізацією*** можна управляти за

допомогою побудови штучного дренажу на задану глибину залежно від мінералізації ґрунтових вод і відведенням зайвої вологи за межі зрошуваної ділянки, що детально розглянуто в розділі 9. Критична глибина залягання рівня ґрунтових вод має відповідати параметрам наведеним у табл. 13.3.

Таблиця 13.3. Критична глибина залягання рівня ґрунтової води залежно від її мінералізації

Екологічно безпечні параметри	Мінералізація ґрунтової води, г/дм <sup>3</sup>						
	1	3	5	10	15	20	25
Глибина до РГВ, м	1,5	2,0	2,3	2,7	3,5	4,0	4,5

Дренаж у зрошуваних районах може бути горизонтальним, комбінованим (горизонтальні дрени з підсилювачами) і вертикальним. При поганій водопроникності застосовують вакуумний дренаж. Вибір того або іншого типу дренажу роблять на основі техніко-економічного порівняння різних варіантів. Ці показники значною мірою залежать від гідрологічних умов об'єкта меліорації.

### 13.3.2. Етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації і ґрунтових вод в умовах зрошення

У процесі зрошення земель можливі різні етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації і ґрунтових вод, що залягають нижче.

*На першому етапі формування водно-сольового режиму* рівень ґрунтових вод безупинно піднімається до поверхні, у результаті чого в зоні аерації відбувається розчинення і винесення солей у глибокі водоносні горизонти. Унаслідок цього мінералізація тут улітку збільшується, а в міжвегетаційний період трохи зменшується. Виникає сезонна мінливість сольового режиму внаслідок зміни співвідношень іонів у розчинах і у твердій фазі ґрунтів. Наприклад, навесні, при випаданні атмосферних опадів і промиванні ґрунтів, у ґрунтових водах збільшується вміст хлоридів, після закінчення теплого періоду, протягом якого відбувалося окислювання сульфатів, у зоні аерації й у ґрунтовій воді підвищується вміст останніх.

*На другому етапі формування гідрохімічного режиму зони аерації, коли рівень ґрунтових вод відносно стабілізується, солеобмін, визначається співвідношенням сумарного випаровування й інфільтрації опадів і поливних вод. Звичайно до осені, після періоду переваги випаровування над інфільтрацією в зоні аерації накопичуються водорозчинні солі. Навесні при інфільтрації опадів ці солі з зони аерації вимиваються в ґрунтовий потік і на рівень ґрунтової води. Мінералізація ґрунтових вод навесні стає вищою, ніж восени. Отже, вміст солей у твердій фазі ґрунтів (у водних витяжках) восени може бути і частіше є вищим, ніж навесні.*

*Крім конвекції, дифузії, розчинення й сорбції солей, у формуванні хімічного режиму порових розчинів і ґрунтової води велику роль відіграє зміна розчинності солей, яка зв'язана з температурою середовища й взаємодією розчинів із твердою фазою, а також із процесами окислювання й відновлення. Під впливом зрошення хімічний склад ґрунтових вод істотно змінюється і залежить від первісного вмісту солей у зоні аерації, типу водного режиму ґрунтів, який встановлюється на даній зрошувальній системі. У степовій зоні в північній підзоні переважають води, у яких важливе місце, крім гідрокарбонатів, займають сульфати, а в південній - сульфати та сульфати з хлоридами або лише хлориди.*

*Досить важливим наслідком зрошення є формування водоносних горизонтів верховодок у зоні аерації. Такі води накопичуються на поверхні слабопроникних шарів ґрунтів і порід і є причиною перезволоження й вторинного засолення ґрунтів. Явище вторинного засолення ґрунтів виникає при підйомі рівня ґрунтових вод до глибин, менших за критичні (приблизно менше 2 м), при відсутності штучного дренажу вод і за дуже слабкої водопроникності водоносних горизонтів. При цьому випаровування з поверхні ґрунтових вод переважає над інфільтрацією, а підземний стік практично відсутній.*

Утрата вод з іригаційних каналів на фільтрацію викликає підйом рівня ґрунтових вод у прилеглій місцевості і, таким чином, сприяє акумуляції цих вод у ґрунтах зони аерації, що в бездренажних умовах також спричиняє вторинне засолення ґрунтів. Воно стає особливо інтенсивним, якщо ґрунтові води мають високу мінералізацію. Аналогічний вплив на водний баланс роблять напірні ґрунтові й навіть міжпластові підземні води, якщо останні можуть підживлювати ґрунтові води, а також, зволожувати знизу зону аерації.

**Транспірація рослин** сприяє зниженню рівня ґрунтових вод. Підвищення вологості ґрунту до оптимальної межі звичайно збільшує кількість мікроорганізмів і підсилює їхню діяльність. Підвищення вологості приземного шару атмосфери при зрошенні знижує зайву транспірацію, яка шкідлива рослинам.

Механічний обробіток ґрунту протягом вегетації сприяє поліпшенню його водопроникності, водного режиму, аерації й активності мікробіологічних процесів. При поливах борознами й смугами застосовується планування ґрунту під похилу поверхню. Невирівняна поверхня створює застої поливної води, сприяє посиленню інфільтрації поливної води, підйомові рівня ґрунтових вод і погіршенню меліоративного стану земель у цілому.

### **13.3.3. Типові умови застосування дренажу при зрошенні**

*Аналіз наявних матеріалів у районах сучасного й перспективного розвитку меліорації показує, що гідрогеологічні передумови розвитку зрошувальних меліорацій можуть бути класифіковані порівняно обмеженим рядом типових умов застосування дренажу.* При цьому доцільно виділити наступні типові випадки.

1. Розвиток зрошувальних меліорацій можливий без застосування дренажу в зв'язку з доброю дренаваністю масиву й глибоким вихідним положенням рівня ґрунтових вод. Можливі два підтипи: а) застосування дренажу не знадобиться в найближчі роки й у віддаленій перспективі (20-50 років); б) застосування дренажу буде потрібно через 10-20 років (період, що перевищує термін окупності).

2. Сприятливі умови застосування дренажу: наявність добре проникних водоносних шарів, можливість застосування в широких масштабах вертикального й комбінованого дренажу або створення могутніх підземних водозаборів з використанням ємності басейну ґрунтових вод для розвитку зрошення (Г. Прочан і ін., 1973).

3. Складні умови застосування меліоративного дренажу в зв'язку з наявністю верховодки, а також з переважним розвитком у розрізі слабопроникних відкладів, а в деякій частині масиву - напірного живлення із глибоких водоносних горизонтів; необхідні в значних обсягах дорогі дренажні заходи.

4. Застосування меліоративного дренажу є технічно важко здійсненним або економічно недоцільним через слабку проникність покривних відкладів.

Перераховані типові випадки застосування дренажу охоплюють більшість характерних природних умов об'єктів меліоративного будівництва, хоча можуть мати місце й специфічні умови, що не укладаються в представлену схему й потребують самостійного розгляду.

Для кожного з перерахованих типових випадків характерна визначена величина подорожчання меліоративного будівництва, яку необхідно обґрунтувати спеціальним інженерним і економічним розрахунками. Ця величина може бути виражена коефіцієнтом подорожчання (стосовно вартості будівництва в найбільш простих бездренажних умовах).

Умови застосування меліоративного дренажу можна оцінити на основі регіональних гідрогеологічних прогнозів і аналізу локальних особливостей геологічної будови масивів, на яких передбачається проведення меліорацій.

#### **Контрольні питання**

1. Як впливає розчленованість рельєфу на дренажність земель? 2. Як характеризуються зрошувані землі за глибиною залягання рівня ґрунтової води? 3. Який вплив мінералізації ґрунтової води на еколого-меліоративний стан зрошуваних земель? 4. Охарактеризуйте можливі етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації і ґрунтових вод. 5. Охарактеризуйте гідрохімічну зональність ґрунтових вод України. 6. Назвіть основні причини незадовільного екологічного стану зрошуваних земель. 7. Охарактеризуйте умови застосування дренажу при зрошенні. 8. Як районується територія України за гідрогеологічними параметрами для цілей меліорації? 9. Охарактеризуйте типи гідрологічних умов на меліорованих землях. 10. Охарактеризуйте заходи поліпшення незадовільного екологічного стану зрошуваних земель..

## Частина 2

### ОСУШУВАЛЬНІ МЕЛІОРАЦІЇ

**Осушення** — усунення надлишку води з поверхні землі, із ґрунтів і материнських порід. Воно проводиться в сільському й лісовому господарстві, при будівництві доріг, аеродромів, промислових підприємств, при видобутку корисних копалин, освоєнні територій під міста й сільські населені пункти, для санітарного поліпшення місцевості і інших цілей.

## Розділ 14

### ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОСУШУВАЛЬНІ МЕЛІОРАЦІЇ

**Завдання осушувальних меліорацій** — перетворення боліт із надлишковим зволоженням у родючі землі, що забезпечують одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур.

**Осушувальні меліорації** усувають надлишок вологи. При цьому ґрунтові пори, що звільнилися від води, заповнюються повітрям, поліпшується повітряний (газовий) режим ґрунту, підвищується мікробіологічна активність, підсилюються процеси окислювання й розкладання органічної речовини.

**Осушені землі тепліші перезволожених** у середньому на 1,5-3°C. На них раніше закінчуються навесні і пізніше настають восени заморозки, що подовжує на 1-3 тижні і більше вегетаційний період для сільськогосподарських культур. На осушених землях можна вирощувати більш теплолюбні культури. Осушені ґрунти на 10-15 діб раніше поспівають навесні для обробітку; восени - полегшуються умови для застосування й високоефективного використання сільськогосподарської техніки.

Осушувальні меліорації доповнюють **культуротехнічними роботами**, що підвищують ефективну родючість ґрунту.

#### 14.1. Заболочені й болотні ґрунти.

Ґрунтовий покрив зони надлишкового зволоження можна поділити на дві групи – **автоморфні й гідроморфні ґрунти**.

**Автоморфні ґрунти** не випробують тривалого застою вологи в

горизонтах ґрунтового профілю (у товщі 1,5 м) й не несуть стійких ознак гідроморфізму. До автоморфних відносять зональні типи ґрунтів помірного поясу – вилугувані чорноземи, сірі лісові, дерново-підзолисті й підзолисті, бурі, дерново-карбонатні, заплавні дернові зернисті й шаруваті не глейові ґрунти й інші. Ці ґрунти можуть бути використані у сільському й лісовому господарстві без дренажу, а для покращання водного режиму достатньо застосування агротехнічних та агро меліоративних заходів і зрошення.

Група **гідроморфних** ґрунтів, тобто ґрунтів, формування яких супроводжується застоєм вологи й появою у їх профілі чітких ознак гідроморфізму, поділяється ще на дві групи ґрунтів – **мінеральних і органічних**.

**Мінеральні гідроморфні ґрунти** мають ознаки гідроморфізму у вигляді холодного забарвлення горизонтів, яке виникає при глеюванні, специфічних залізисто-марганцевих, залізистих, гумус-алюмінієвих і карбонатних новоутворень, накопичення грубого гумусу або торфування. Ґрунти характеризуються періодичним або постійним насиченням вологою окремих горизонтів або всього профілю й формуються в умовах нормального або підвищеного зволоження в результаті притоку вод різного походження.

**Нормальним називають зволоження**, при якому ґрунт отримує вологу тільки у вигляді опадів у кількостях, що не перевищують їх суми, характерної для клімату даної місцевості. Ґрунти підвищеного зволоження відрізняються надходженням додаткової вологи поверх цієї норми.

Мінеральні гідроморфні ґрунти не завжди несуть стійкі морфохроматичні (колірні) ознаки глейового процесу. Колірні ознаки глейового процесу є досить розповсюдженою, але не виключною ознакою цих ґрунтів.

Серед мінеральних гідроморфних ґрунтів виділяють заболочені ґрунти. **Заболоченими** називають такі мінеральні гідроморфні ґрунти, в яких анаеробний період, обумовлений тривалим застоєм вологи, настільки тривалий, що затрудняє або взагалі виключає ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Тому заболочені ґрунти непридатні для сільськогосподарського використання. До **заболочених ґрунтів** із максимальною товщиною торфу відносять ґрунти, у яких **органогенний горизонт до осушення** не перевищує 30 см, а після осушення – орного шару.

Усі **органогенні ґрунти**, які мають товщину торф'яного

горизонту більше 30 см, є гідроморфними, і їх сільсько- й лісогос- подарське використання неможливе без попереднього осушення.

**Болота** — ділянки земної поверхні, що характеризуються **рясним застійним або слабо проточним зволоженням верхнього шару торфу, на якому росте типова болотна рослинність (осоки, мохи)**. Причини утворення боліт: заростання озер водною й болотною рослинністю, яка, відмираючи, слабо розкладається в умовах постійного надлишкового зволоження, що веде до утворення торфу (рис. 14.1); розвиток природного процесу ґрунтоутворення на рівнинних територіях, що приводить при дерновій його стадії до нагромадження в ґрунті надлишку органічної речовини, яка затримує вологу; майданне виклинцювання на поверхню землі підземних вод, що викликає постійне перезволоження ґрунту й утворення торфу. У природних умовах за рік у середньому утворюється шар торфу товщиною близько 1 мм.

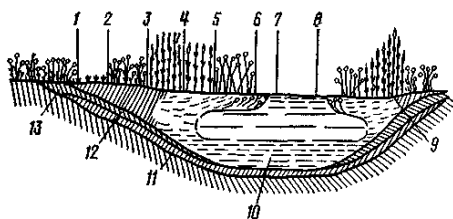


Рис. 14.1. Утворення болота при заростанні водойми (за В. Р. Вільямсом).

Зони: 1 — заків; 2, 3 — дрібних і великих осок; 4 — очерети; 5 — рогоза; 6 — очеретів; 7 — рдесників і лататі; 8 — вільно плаваючих водних рослин. Торфи 9 — комишувато-очеретяний; 10 — аморфний черпачний, 11 — слизуватий з раковинами; 12 — осоковий; 13 — землистий.

Склад торфу і його потенційна родючість залежать від рослин-торфоутворювачів, ступеню розкладання органічної речовини й зольності торфу. Розрізняють види торфу: осокові, очеретяні, гіпнові (гіпнум — зелений мох), деревні й ін. Чим більший ступінь розкладання торфу і його зольність, тим вища родючість торф'яного ґрунту. Зольність торфу визначає взаємозв'язок болота з прилягаючою територією, положення боліт у рельєфі. Розрізняють три типи боліт (торф'яних покладів): низинні, перехідні і верхові.

**Низинні болота** розташовані в зниженнях на заплавах рік і в нижній частині схилів. Формуються під впливом різних факторів



заболочення, але частіше – під впливом ґрунтових, ґрунтово-напірних, наливних руслових і інших вод. Вони одержують водне й разом з ним мінеральне живлення за рахунок припливу води зі схилів і розливів рік, виходів підземних вод. Торф характеризується високою зольністю (більше 6-15 % маси сухої речовини). Низинні болота особливо придатні для сільськогосподарського використання. Найбільш багаті елементами живлення рослин вільхові болота.

**Перехідні болота** розташовані в неглибоких зниженнях на схилах рельєфу. Часто складені низинними торфами (осоковими, деревними, гіпновими, очеретяними й ін.), зверху перекритими верхівковими торфами. Рослинність на них часто представлена типовими для низинних боліт видами. Перехідні торфи придатні для сільськогосподарського використання, але вони менш родючі.

**Верхові болота** займають зниження на вододілах і формуються переважно під впливом поверхневих та (або) ультрапрісних ґрунтових вод. Верхові болота бідні елементами живлення, мають кислу реакцію.

Торфовища в залежності від товщини торфу підрозділяють на дрібні (мало товсті) при шарі менше 1 м, середні — 1-3 м і товсті (більше 3 м). Товщина торфу рідко перевищує 6-8 м.

Землі з надлишковим зволоженням широко поширені в зоні Полісся, Прикарпатті й Закарпатті, де кількість опадів, що випадають, перевищує сумарне випаровування. Окремими масивами землі надлишкового зволоження зустрічаються в лісостеповій і степовій зонах у заплавах рік і біля водоймищ.

## **14.2. Меліоративний фонд осушених земель**

Сучасний меліоративний фонд складають землі сільськогосподарського використання, що постійно або періодично перезволожені. Площа таких земель перевищує 5,4 млн. га, у тому числі більше 3,3 млн. га меліорованих ріллі, косовиць і пасовищ. У багатьох землеробських районах землі надлишкового зволоження складають до 50-70 % площі всіх угідь.

При екстенсивному використанні земель вимоги до водного режиму ґрунту значно менші, ніж в умовах інтенсивного ведення сільського господарства. Для одержання додаткового врожаю потрібно більш ретельне, ніж раніше, регулювання водного режиму

грунту. Тому, незважаючи на проведену меліорацію, площі земель меліоративного фонду поки не скорочуються, а ростуть.

Усього в гумідній зоні України побудовано 1660 меліоративних систем (табл. 14.1.). Технічний рівень їх досить високий і відповідає кращим зразкам меліоративних систем світу. Більшість систем побудована в останні 25-40 років, але є й такі, які перебувають в експлуатації понад 60 років (Львівська, Чернівецька області).

Таблиця 14.1. Характеристика осушувальних систем України  
(Коваленко П.І., Алексєєвський В.С., Савченко Ю.І., 2001)

Області	Кількість систем	Загальна площа, тис. га	Площа тис. га		Польдерні системи, тис. га
			Закриті	Двосторонні	
Вінницька	162	56,4	51,0	3,3	-
Волинська	149	346,7	236,7	157,0	47,9
Житомирська	109	358,1	296,7	187,9	-
Закарпатська	7	166,4	143,5	5,7	83,5
Івано-Франківська	27	195,0	195,2	3,0	0,4
Київська	64	157,9	87,7	76,5	31,0
Львівська	108	490,4	390,6	36,6	15,7
Полтавська	35	30,3	8,3	26,1	1,8
Рівненська	285	321,2	275,0	234,7	58,6
Сумська	84	96,9	58,2	78,7	9,4
Тернопільська	47	164,1	151,7	10,3	-
Харківська	11	11,8	2,5	9,7	-
Черкаська	46	36,9	5,0	31,8	20,9
Чернівецька	226	120,2	120,2	3,1	-
Чернігівська	176	273,3	168,1	241,0	47,5
Хмельницька	124	116,1	98,3	24,9	0,5
Усього	1660	2963,7	2288,8	1130,3	317,2

У заплавах річок на площі 317,2 тис. га побудовано технічно найдосконаліші меліоративні системи – польдерні, які дають змогу оперативно з високою якістю управляти водним режимом ґрунтів.

Основні об'єкти осушувальних меліорацій — заболочені заплави рік і мінеральні перезволожені землі, а також низинні болота. Площі осушувальних систем, змінюються від гектарів до 40-50 тис. га.

### **14.3. Вимоги сільськогосподарського виробництва до водного режиму осушуваних земель**

*Вимоги сільськогосподарського виробництва до водного режиму ґрунту визначають режим осушення, під яким розуміють найбільш сприятливий для рослин і використання сільськогосподарської техніки водний режим ґрунту.* Цей режим створюють за допомогою меліоративних заходів.

*Для нормального росту й розвитку рослин необхідні світло, тепло, поживні речовини, повітря й вода.* Усі ці фактори взаємно незамінні й для одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур повинні бути в оптимальному сполученні. Для кожного виду й навіть сорту сільськогосподарських рослин існують свої оптимальні умови для фотосинтезу й одержання максимального врожаю. Знання їх — неодмінна умова раціонального регулювання водного режиму ґрунтів за допомогою осушення.

В умовах надлишкового зволоження, коли ґрунтові пори цілком заповнені водою, корені рослин задихаються від недоліку кисню в повітрі, гнітяться, а при тривалому впливі надлишку вологи - рослини гинуть. У перезволоженому ґрунті відбуваються анаеробні (без доступу повітря) процеси розкладання органічної речовини, при цьому утворюються закисні сполуки, що недоступні рослинам, зростає кислотність, gleювання. Мікробіологічні процеси в ґрунті при цьому пригніблені, що знижує родючість ґрунту та врожай.

*Основним показником повітряного режиму ґрунту, ступеню його аерації є вільна пористість ґрунту, обумовлена як різниця між пористістю ґрунту й її вологістю.* Обсяг повітря в кореновому шарі ґрунту для нормального газообміну ґрунту з атмосферою не повинен опускатися нижче 15-20 % обсягу пор при вирощуванні трав, 20-30 % — при вирощуванні зернових культур і 30-40 % — овочевих культур. Отже, для різних культурних рослин оптимальний ступінь аерації ґрунту коливається від 15 до 40 % обсягу пор. Інші пори в ґрунті можуть бути заповнені водою.

*Водний режим ґрунту характеризують наступні показники:* оптимальна вологість, норма осушення, припустима тривалість затоплення ґрунту і критична глибина залягання рівня ґрунтових вод.

*Оптимальна вологість ґрунту* — вологість, при якій коренева система рослин не випробовує недоліку вологи, необхідної для їхнього росту й розвитку.

Оптимальна вологість характеризується двома значеннями, у межах яких повинна змінюватися вологість у коренево-населеному шарі ґрунту. Верхня межа вологості ґрунту визначається мінімальним значенням її аерації. Вологість ґрунту не повинна перевищувати 60-70 % повної вологоємності при вирощуванні овочевих культур, 70-80 % — зернових і 80-85 % - трав.

**Нижня межа допустимої для рослин вологи в ґрунті**, при досягненні якої може відбутися стійке в'янення рослини, залежить від сисної сили коренів і характеру ґрунту. Рослина може взяти з ґрунту тільки ту вологу, що утримується капілярними й молекулярними силами під тиском, меншим, ніж сисна сила рослин. З ростом рослин сисна сила збільшується, а при їхньому старінні — поступово зменшується. Нижня межа доступної вологи залежить від вологості в'янення рослин, яка коливається в широких межах у залежності від механічного складу, а в торф'яних ґрунтів — від ступеня розкладання й зольності торфу. Нижня межа оптимальної вологості оцінюється в залежності від виду ґрунтів і рослин: для трав — 50-60 % пористості, для зернових - 45-50 %, для овочевих і технічних культур — 40-45 %.

**Оптимальна вологість ґрунту** при вирощуванні сільськогосподарських культур на осушуваних землях складає 40-85 % пористості ґрунту, або 60-100 % граничної польової вологоємності ґрунту (ГПВ). Вищі значення відповідають вологолюбним культурам (трави, овес), важким мінеральним і торф'яним ґрунтам низинних боліт, менші — засухостійким культурам (овочі).

Оптимальна вологість повинна бути забезпечена в активному шарі ґрунту, товщина якого залежить від глибини проникнення коренів рослин і родючості ґрунту у його профілі. На осушуваних землях коренева система рослин рідко проникає на глибину більшу 80-100 см, за винятком окремих видів трав. Товщина активного шару ґрунту, у якому повинна підтримуватися вологість в оптимальних межах, складає 20-30 см на початку вегетації, 30-50 см у середині і до 50-80 см наприкінці вегетації рослин.

**Водоспоживання рослин** при оптимальній вологості не лімітується умістом води в ґрунті. Потреба культур у воді оцінюється коефіцієнтом водоспоживання, під яким розуміють сумарну витрату води культурою на формування одиниці товарної продукції. Коефіцієнт водоспоживання виражають у кубічних метрах води на тонну продукції.

**Коефіцієнти водоспоживання** коливаються в широких межах у залежності від метеорологічних умов конкретного року, ґрунтів і рівня агротехніки. Коефіцієнти водоспоживання зменшуються з поліпшенням агротехніки й ростом врожайності. Підвищення рівня агротехніки, внесення добрив ведуть до росту врожайності й одночасно до більш ощадливого використання водних ресурсів.

**Сумарне водоспоживання сільськогосподарських культур** за вегетаційний період при сучасному рівні ведення сільського господарства складає 4000-6000 м<sup>3</sup>/га (400-600 мм) і практично не перевищує ці значення в зоні осушення.

**Запаси вологи** в кореновому шарі ґрунту у вегетаційний період визначаються весняними вологозапасами й залежать від величини атмосферних опадів і капілярного підживлення ґрунту з нижчих шарів і ґрунтових вод. За вегетацію в зоні Полісся в активний шар торф'яних і суглинкових ґрунтів надходить з ґрунтових вод до 150-250 мм води при заляганні їх на глибині  $H=1$  м, до 100-150 мм при  $H = 1,5$  і до 30-60 мм при  $H = 2$  м. В окремі періоди на торф'яних ґрунтах капілярне підживлення може досягати 2-2,5 мм/добу.

**Затоплення поверхні ґрунту в період вегетації** влітку і восени допускається тільки за рахунок випадання опадів і тільки на обмежений термін. Дощові води повинні бути вилучені з поверхні ґрунту на полях за 12-15 год., на луках і пасовищах — за 24-36 год., із ґрунтового шару товщиною 50 см — відповідно за 2-3 і 4-5 діб. Збитки від затоплення зростають зі збільшенням шару затоплення і температури води. Затоплення поверхні осушуваних земель водами, що надходять ззовні, з рік і зі схилів, не допускається.

**Допустима тривалість весняного затоплення луків і пасовищ** залежить від складу травостою. За цим показником трави можна розділити на чотири групи: 1) не витримують навіть короточасного затоплення тривалістю більше 5-10 діб (конюшина лучна, костриця, райграс); 2) витримують затоплення до 12-15 діб (тимофіївка, тонконіг, мишачий горошок); 3) витримують затоплення до 15-25 діб (костриця, мітлиця біла, конюшина повзуча); 4) витримують тривале затоплення до 30-40 діб і більше (канаркова трава, бекманія й ін.).

Затоплення озимих зернових культур щоб уникнути вимокання й утрат врожаю не допускається. Не допускається затоплення й територій з господарськими будівлями.

#### 14.4. Норма осушення

*Під нормою осушення розуміють перемінну в часі глибину залягання рівнів ґрунтових вод, яку треба підтримувати на осушуваній площі в різні фази розвитку культури протягом вегетації, а також і в не вегетаційний період.* Норма осушення залежить від виду культури, капілярних властивостей ґрунту, гідрогеологічних і метеорологічних умов, а також від клімату.

Норма осушення змінюється в часі: мінімальна на початку вегетаційного періоду й досягає максимуму при формуванні врожаю.

**Передпосівна норма осушення** визначається умовами проведення весняних польових робіт. У цей період ґрунтові води повинні бути знижені на таку глибину, щоб ґрунт був прохідним для сільськогосподарських машин, витримував питомий тиск не менше 20 кПа і не був липким. Мінімальні передпосівні норми осушення: на мінеральних ґрунтах — 30-40 см, на торф'яних — 40-50 см при вирощуванні трав і зернових культур і 50-60 см — овочевих.

**Вегетаційні норми осушення** для різних культур змінюються від 50 см до 120 см (табл. 14.2). Максимальні норми осушення відповідають торф'яним ґрунтам низинних боліт, мінімальні — піщаним і супіщаним, проміжні — суглинковим. Середні за вегетаційний період норми осушення для різних ґрунтів і умов зони Полісся приведені в таблиці 14.3.

Таблиця 14.2. Вегетаційні норми осушення, см (Маслов Б.С., 1984)

Культура	Перший місяць вегетації	Кінець вегетації
Багаторічні трави	50 - 70	60 - 90
Зернові	60 - 80	70 - 90
Овочеві	70 - 90	90 - 120

Таблиця 14.3. Середні вегетаційні норми осушення, см  
(Маслов Б.С., 1984)

Ґрунт	Рілля	Луг
Торф низинний	115	75
Торф верховий	70	45
Піщаний	90	55
Суглинковий	110	70

**Середньо-вегетатійні норми осушення садів** змінюються від 60-80 см при вирощуванні ягідників (полуниця, малина, смородина) до 1-1.5 м для плодових дерев (яблуна, груша). Норми осушення зменшують для культур із дрібною кореневою системою і великим водоспоживанням, маловимогливих до аерації і температури ґрунту, для ґрунтів зі слабо вираженими капілярними властивостями. Для пасовищ на торф'яних ґрунтах норми осушення з метою підвищення стійкості травостою від витоптування приймають на 15-20 см більше, ніж при використанні їх під луг.

Нині на 2 % площ осушувальних систем України рівень ґрунтової води менше 0,5 м, а це означає, що на цих землях сільськогосподарське виробництво неможливе. Найбільші площі земель із незадовільним меліоративним станом розмішені у Волинській, Житомирській, Київській та Черкаській областях – в межах 8,1-11,8 % від усіх меліорованих (Алексєєвський В.С., Цветова О.В., 2001).

**Критична глибина ґрунтових вод** — показник оптимальної глибини ґрунтових вод при наявності мінералізованих ґрунтових вод. Щоб уникнути засолення ґрунтів ґрунтові води повинні бути знижені на глибину, при якій не відбувається капілярного підживлення ґрунту від ґрунтових вод, а отже, не надходять солі в ґрунтовий шар.

## **14.5. Водний та поживний баланс осушуваних земель**

**Водний баланс** — кількісна характеристика типу водного живлення. Він визначається співвідношенням між приходом і витратою вологи в ґрунті за певний відрізок часу. Прибуткову частину водного балансу складають: атмосферні опади ( $P$ ), припливи поверхневих ( $\Pi_{\text{п}}$ ), ґрунтових ( $\Pi_{\text{г}}$ ) і напірних ( $\Pi_{\text{н}}$ ) вод, конденсація вологи на поверхні й у ґрунті ( $K$ ). Видаткову частину балансу складають сумарне випаровування ( $E_{\text{с}}$ ), поверхневий стік ( $C$ ) і відтік ґрунтових вод за межі ділянки ( $O_{\text{г}}$ ).

За багаторічний період для будь-якого об'єкта різниця між притоком і витратою вологи дорівнює нулю, що обумовлено законом збереження речовини. Для коротких періодів (баланси складають для вегетаційного періоду, а нерідко за місяцями й декадами) це положення недійсне. У цьому випадку прихід — витрата дорівнює  $\Delta W$ :

$$\Delta W = W_1 - W_2, \quad (14.1)$$

де  $\Delta W$  — зміна запасів води на поверхні землі, у ґрунті й у шарі, зайнятому ґрунтовими водами, за розрахунковий період;  $W_1$  — зазначені запаси води на початку розрахункового періоду;  $W_2$  — те ж наприкінці розрахункового періоду.

**Рівняння водного балансу для осушуваного масиву** або його частини може бути записане так:

$$(P + P_{\Pi} + P_{\Gamma} + P_{\text{Н}} + K) - (E_{\text{с}} + C + O_{\Gamma}) = \Delta W. \quad (14.2)$$

Вхідні в рівняння елементи водного балансу виражають у мм або м<sup>3</sup>/га. Співвідношення між ними наступне: 1 мм = 10 м<sup>3</sup>/га.

Під впливом осушення змінюється в основному видаткова частину балансу, тому що способи осушення спрямовані на збільшення дренажності території.

**Баланс ґрунтових вод описується рівнянням:**

$$P_{\Pi} + P_{\Gamma} - O_{\Gamma} + g = \mu \Delta H \quad (14.3)$$

де:  $g$  — водообмін ґрунтових вод з ґрунтами й материнською породою,  $g = I_{\text{с}} - \Phi_{\Gamma}$ , де  $I_{\text{с}}$  — випаровування з поверхні ґрунтових вод (відтік капілярами у ґрунти й породи);  $\Phi_{\Gamma}$  — інфільтрація атмосферних опадів до поверхні ґрунтових вод;  $\mu$  — водовіддача ґрунту;  $\Delta H$  — зміна глибин ґрунтових вод за розрахунковий період.

**Основним прибутковим елементом водного балансу** є атмосферні опади, **видатковим** — сумарне випаровування. Тільки при намівному типі водного режиму переважне значення в живленні має приплив поверхневих вод, а при ґрунтово-напірному — приплив напірних вод.

**Інтенсивність ґрунтово-напірного живлення** рідко перевищує 0,6 мм/доб, хоч на ділянках боліт у глибоких зниженнях рельєфу може перевищувати 1,5-1,8 мм/доб, що близько до середньорічної величини опадів.

**Баланс зольних елементів** характеризує поживний для рослин режим ґрунту. Рівняння балансу зольних елементів складається з двох частин — прибуткової і видаткової. **Прибуткову частину складають** запаси елементів живлення в ґрунті на початку періоду  $S_{\text{Н}}$ , надходження зольних елементів з опадами  $P_0$ , з насінням  $P_{\text{Н}}$ , з поливною водою  $P_{\text{П}}$ , із ґрунтовими водами  $P_{\Gamma}$ , з повітря з пилом, а також за рахунок поглинання рослинами газоподібного азоту  $P_{\text{В}}$ , утворення (продукування) поживних речовин мікроорганізмами в ґрунті  $P_{\text{М}}$ , внесення добрив  $P_{\text{Д}}$ . **Видаткова частина балансу** складається з наступних елементів: винесення зольних елементів із врожаєм й бур'янами  $P_{\text{У}}$ , вимивання поживних елементів



поверхневим стоком  $P_c$ , винесення речовин із дренажним стоком  $P_d$ , запаси елементів живлення наприкінці розрахункового періоду —  $S_k$ . Рівняння балансу зольних елементів має вигляд:

$$(6P_0 + P_n + P_{II} + P_I + P_B + P_M + P_d) - (P_y + P_c + P_d) = S_k - S_n \quad (14.4)$$

**Питома вага окремих елементів** у зольному живленні, таких як  $P_0$ ,  $P_n$ ,  $P_I$ ,  $P_B$ , незначна. Зберегти позитивний баланс елементів живлення рослин при інтенсивному використанні земель можна тільки за рахунок скорочення їхніх втрат і внесення добрив. Розрахунки за рівнянням балансу поживних речовин виконують при програмуванні врожаїв.

Утрати зольних елементів із врожаєм поновлюються внесенням органічних і мінеральних добрив: основні з них азотні, фосфорні й калійні ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ). На торф'яних ґрунтах застосовують також мікродобрива ( $Cu$ ,  $Mn$ ,  $B$ ,  $Zn$  і ін.) у вигляді мідного купоросу, борного суперфосфату, марганцевих шлаків і ін. Для посилення життєдіяльності ґрунтової мікрофлори застосовують гній у розрахунку 10-30 т/га, торфофекальні й інші компости. Дози внесення органічних і мінеральних добрив під основні культури сівозмін залежать від місцевих умов.

### Контрольні питання

1. Що Ви розумієте під осушенням земель? 2. Охарактеризуйте гідроморфні й автоморфні перезволожені ґрунти. 3. Як формуються болота? Які типи боліт Ви знаєте? 4. Що Ви знаєте про меліоративний фонд України? 5. Що ви розумієте під оптимальною вологістю ґрунту і оптимальним водним режимом осушуваних земель? 6. Що означає термін “норма осушення”? 7. Що Ви знаєте про допустиму тривалість затоплення ґрунту для конкретних сільськогосподарських. 8. Що Ви знаєте про критичну глибину залягання рівня ґрунтових вод при осушенні? 9. Назвіть видаткові й прибуткові статті водного балансу осушуваних ґрунтів. 10. Наведіть рівняння водного балансу для різних природних умов при осушенні. 11. Що Ви знаєте про баланс зольних елементів на осушуваних землях? Як вони впливають на режим живлення рослин?

## **ПРИЧИНИ ЗАБОЛОЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬ, МЕТОДИ Й СПОСОБИ ЇХ ОСУШЕННЯ**

*Причина заболочення – фактори, які викликають тривалий анаеробіоз, зумовлений застоєм води в горизонтах ґрунтового профілю* (Зайдельман, 2003). Він веде до пригнічення або загибелі сільськогосподарських культур, виникненню характерних ознак ґрунтового гідроморфізму, погіршення умов проведення сільськогосподарських і інших робіт. Усунення цих причин з допомогою гідротехнічних і агро меліоративних заходів створює сприятливі умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур і виконання польових робіт.

### **15.1. Ознаки заболочення ґрунтів атмосферними і наливними водами схилу**

Атмосферні й наливні води схилів поступають безпосередньо на перезволожену територію або мають відносно короткий шлях поверхнею водозбору. *Зональні умови, що сприяють перезволоженню земель, створюються при постійній або періодичній перевазі атмосферних опадів, що випадають, над витратою води на випаровування.* Водний режим ґрунтів, заболочених атмосферними й наливними водами схилів, відзначається вираженою сезонною циклічністю. Їх обводнення під час випадання опадів і весняного сніготанення змінюється різким падінням рівня верховодки або її повним зникненням у посушливий період. Ґрунти, заболочені атмосферними і наливними водами схилів, приурочені до масивів, утворених породами суглинкового й глинистого механічного складу.

*Землі тимчасового надлишкового зволоження* — мінеральні ґрунти різного механічного складу (в основному глини й суглинки). Надлишок води утворюється за рахунок атмосферних опадів, притоку води з прилягаючих схилів і розливів річок. Ведення сільського господарства на цих землях зв'язано з визначеним ризиком, тому що у вологі роки врожай вимикає, а іноді навіть гарний врожай не вдається зібрати через високу вологість ґрунту.

*За характером покривних відкладів перезволожені землі підрозділяються на три типи: болота, заболочені землі й*

**мінеральні надлишково-зволожені землі.** Розрізняють їх наявністю й товщиною шару торфу. На болотах шар торфу після осушення перевищує 30 см, на заболочених землях — менше 30 см, на мінеральних перезволожених землях торф відсутній.

**Заболочені ґрунти** (шар торфу менше 30 см) займають окраїну боліт; на приморських низинах вони нерідко утворюють великі за площею масиви.

**Формування й розвиток ґрунтів під впливом поверхневого заболочення протікає** під покривом маловимогливих до умов зольного живлення рослинних асоціацій — злаково-різнотравних, дрібнотравних, вологих дрібноосокових, осокових і ін. Стійкими індикаторами, які свідчать про заболоченість ґрунтів є такі рослини: горець шорсткуватий, мокриця, лисохвіст лучний, очерет звичайний.

В зоні надлишкового зволоження, де опади ( $P$ ) перевищують сумарне випаровування ( $E_c$  - випаровування з поверхні ґрунту й транспірація води рослинністю), тобто  $P/E_c > 1$ , розміщено більше 70% усіх перезволожених земель. Однак навіть у найбільш вологій зоні не всі ґрунти перезволожені, є поля з нормальним водним режимом і навіть з недостатнім зволоженням. Це, а також наявність боліт за межами зони надлишкового зволоження пояснюється дією інших факторів, що не залежать від сучасного клімату.

## **15.2. Ознаки заболочення ґрунтів ґрунтовими й напірними водами**

Відмінною рисою перезволожених земель є неглибоке залягання рівнів ґрунтових вод на першому витриманому водонепроникному шарі на відміну від верховодки, що приурочена до лінз водотривких шарів. Ґрунтова вода утворюється за рахунок поглинених атмосферних опадів. Безнапірні ґрунтові води можуть також притікати з боку вододілів у вигляді потоків ґрунтових вод.

**Причиною перезволоження земель** можуть бути напірні, артезіанські води, що знаходяться у водоносних горизонтах, перекритих слабо проникними водотривкими шарами. Підживлення ґрунту цими водами через відносні водотривки відбувається під дією природного напору. Інтенсивність ґрунтово-напірного живлення прямо пропорційна напору, водопроникності ґрунтів і висоті капілярного підняття ґрунту.

**Залізисті сполуки** виникають у ґрунтах у тих випадках, коли водозбірна площа басейна утворена піщаними ґрунтами й особливо коли підземні води мігрують породами, що містять сульфіді, карбонати й гідроксиди заліза.

**Акумуляція карбонатів** у вигляді болотного мергелю, туфу, конкрецій і інших утворень відбувається у тих випадках, коли ґрунтові або напірні води проходять через товщу тріщинуватих вапняків або пухких четвертинних відкладів, збагачених уламками вапнякових порід. Отже, в ґрунтах, заболочених ґрунтовими й напірними водами, виникають новоутворення, які мають важливе діагностичне значення при меліоративних дослідженнях.

На відміну від ґрунтів нормального зволоження того ж механічного складу вони мають більш строкатий розріз, слабо проникні ілювіальні горизонти, плями глею на глибині 30-40 см і глибше. На глейових слабо проникних прошарках у дощ утворюється верховодка, викликаючи перезволоження ґрунтів. Вологим місцям властивий розвиток специфічних рослин, які являються індикаторами, такими як осока, очерет, ситник, хвощ, зелений мох — гіпнум; на верхових болотах — пухівка, вахта, білий мох — сфагнум і ін.

### **15.3. Ознаки заболочення ґрунтів наливними русловими водами**

Таке заболочення характерне тільки для заплавної тераси річкової долини й найбільш часто зустрічається в її центральній частині. Вплив наливних руслових вод на ґрунтоутворення настільки значний, що серед ґрунтів, заболочених водами цього типу, майже не зустрічається підзолисті різновиди. Профіль дернових зернистих ґрунтів, заболочених поверхневими водами, утворює добре сформовані агрегати, які зберігають свою форму навіть при інтенсивному глеєутворенні. Ці ґрунти на відміну від ґрунтів вододільних просторів, заболочених атмосферними водами й водами схилів, мають відносно високу водопроникність не глейових і глейових горизонтів та значну водостійкість агрегатів. У ґрунтах центральної заплави початкові стадії заболочення проявляються в глейових горизонтах глибоких шарів ґрунтового профілю. В субаквальних умовах на найбільш понижених ділянках заплави формуються мулуватоглейові злиті ґрунти. Для їх властива

ущільненість всіх горизонтів і дуже низька водопроникність.

Болотні ґрунти сформовані під впливом руслових вод, займають невеликі площі й представлені низинними, часто деревними й осоково-деревними високозольними торфовищами. Ґрунти, утворені на плоских ділянках заплави, сформовані під покривом трав'янистої рослинності щучки дернистої, мітлиці білої й собачої, вівсяниці червоної, лисохвосту лучного і колінчастого, гравілату річкового, таволги в'язолистої, осоки звичайної, осоки заячої й ін.

#### **15.4. Причини заболочення ґрунтів пов'язані з геологічною та геоморфологічною будовою території**

**Геологічна будова.** Найбільш заболочені великі прогини земної кори (геоструктурні зниження), складені товщею осадових порід, у які стікають поверхневі й підземні води з прилягаючих височин. Ці води є додатковим до атмосферних опадів джерелом надлишкового зволоження. До таких великих знижень відносяться Білоруське й Українське Полісся, Мещерська, Барабинська, Колхидська й інші низовини. Заболочуванню земель сприяє опускання поверхні рівнин під впливом тектонічних рухів. Геологічні умови визначають рельєф місцевості, ступінь його розчленованості і природної дренажності території, а також гідрогеологічні умови.

**Рельєф.** Найменш заболочені підвищені елементи рельєфу (вододіли, круті схили), з яких атмосферні опади, що випадають, стікають у вигляді поверхневого стоку вниз схилами, перезволожуючи землі. Найбільш заболочені безстічні, слабко проточні зниження й безсхилі рівнини, на яких застоюються поверхневі води, особливо при недостатній природній дренажності території.

**Природна дренажність.** Заболоченість території тим менша, чим більша густота річкової мережі, чим глибше врізані русла рік і струмків, чим більш проникні ґрунти. Впливають і ухили поверхні землі: чим вони менші, тим більша частина території земель заболочена.

**Літологічні умови.** Водопроникність порід є головним показником. Добре проникні ґрунти (піски, супіски) рідко мають надлишкове зволоження, тому що атмосферні опади, що випадають, швидко усмоктовуються і не перезволожують ґрунт. Зате на важких ґрунтах (глини, суглинки), особливо при несприятливих

умовах для поверхневого стоку, вода може застоюватися на неприпустимий для землеробства термін. При неоднорідній літологічній будові, коли добре проникні ґрунти перешаровуються з погано проникними, на останніх, як на водотривах, за рахунок вод, що просочуються, може формуватися верховодка. Перезволоження ґрунтового шару в цьому випадку носить тривалий характер.

При двошаровій будові, коли верхні слабо проникні породи підстилаються добре проникними, останні насичені ґрунтовими водами, що утворюють своєрідний бар'єр для просочування води. Усунути перезволоження можна, понизивши рівень ґрунтових вод.

На торф'яних болотах у формуванні надлишкової зволоженості великий вплив лежить (мінерального дна з прилягаючими схилами), від якого залежить інтенсивність водно-мінерального живлення і проточність болотних вод.

### **15.5. Основні типи водного живлення земель і вибір методів осушення**

***Розрізняють наступні основні типи водного живлення: атмосферний, ґрунтовий, ґрунтово-напірний, схиловий і наливний.***

***При атмосферному типі водного живлення*** основним джерелом надлишкової вологи є атмосферні опади, що випадають у межах розглянутого об'єкта. Він характерний для земель із плоским, рівнинним рельєфом, складеним слабо проникними ґрунтами. Перезволоження відбувається за рахунок поверхневих вод, що накопичуються в зниженнях, а також верховодки. Ґрунтові води участі не приймають, тому що залягають глибоко, а їхній притік з боку відсутній (рис. 15.1, а).

***При ґрунтовому типі водного живлення*** перезволоження відбувається під впливом неглибокого залягання рівнів ґрунтових вод (на глибині меншій, ніж необхідна для землеробства) і притоку ґрунтових вод з боку схилів, складених проникними ґрунтами (рис. 14.1, б). У залежності від цього виділяють відповідно басейн або потік ґрунтових вод. На ґрунтах з добре вираженими капілярними властивостями (глина) може бути ґрунтово-капілярний тип водного живлення. Інтенсивність ґрунтового живлення зростає в напрямку від вододілу до знижень рельєфу. Цей тип ***водного живлення***

характерний для низинних боліт, супіщаних і піщаних, рідко суглинковим ґрунтам.

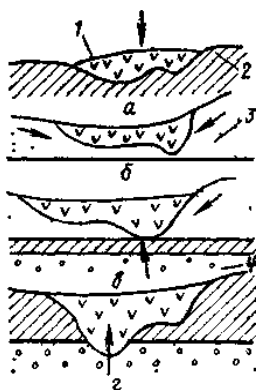


Рис. 15.1. Основні типи гідрогеологічних умов осушуваних боліт (Маслов Б.С., 1984):

*а* — верхове болото приплив ґрунтових вод відсутній; *б* — потік ґрунтових вод, *в* — ґрунтово-напірне живлення через відносний водотрив, *г* — те ж через «гідрогеологічне вікно»; 1 — торф; 2 — пісок (супісок); 3 — глина, суглинок, 4 — гравій, пісок.

**ґрунтово-напірний тип водного живлення** характерний для земель, на яких нижче ґрунтових (безнапірних) вод залягають водоносні шари, що містять напірні води. Величина напору може бути визначена буровими свердловинами: рівень води в ній устанавлюється вище рівня ґрунтових вод, а нерідко й вище поверхні землі (свердловина фонтанує). За рахунок цього напору відбувається поступове підживлення ґрунтових вод через відносний водотрив (рис. 15.1, *в*) або «гідрогеологічні вікна» у ньому — древні балки, тріщини (рис. 15.1, *г*).

Цей тип водного живлення характерний землям, розташованим у глибоких улоговинах і на притерасових частинах заплав. Такі ділянки важко піддаються осушенню (Маслов Б.С., 1984).

**Схильовий (делювіальний) тип водного режиму** характерний для рівнин, на які надходить поверхневий стік зі схилів.

**Намивний (алювіальний) тип водного режиму** характерний для річкових і озерних заплав, перезвожжених за рахунок періодичного затоплення водами, які виходять із берегів рік і озер.

Часто в межах однієї ділянки зустрічається кілька типів водного

живлення. У цьому випадку говорять про змішаний тип водного живлення. Однак при призначенні методів осушення виходять з основного, найбільш складного типу водного живлення. За ступенем складності вони розташовуються в наступному порядку: ґрунтово-напірний, ґрунтовий, намівний, атмосферний, схиловий.

**Метод осушення земель – захід яким відводять воду з осушуваної території.** Розрізняють п'ять методів осушення, які відповідають типам водного живлення: 1) при атмосферному – прискорення поверхневого стоку; 2) при ґрунтовому – пониження рівня ґрунтових вод (прискорення внутрішнього стоку); 3) при ґрунтово-напірному – пониження рівнів підземних вод (напору), а відтак і рівнів ґрунтових вод; 4) при схиловому – перехоплення стоку, що надходить зі схилу на осушуваний масив; 5) при намівному – прискорення або затримання паводкового річкового або озерного стоку (регулювання режиму повені і паводків).

## 15.6. Основні водно-фізичні властивості осушуваних земель

Основні водно-фізичні характеристики ґрунтів — щільність твердої фази ґрунту, пористість, водопроникність, повна вологоємність, гранична польова вологоємність, висота капілярного підняття — охарактеризовані вище (розділ 1).

**Водовіддача** — властивість ґрунту віддавати воду шляхом її стікання. Визначають розрахунком як різниця між повною й граничною польовою вологоємністю. **Водовіддача залежить** від водопроникності ґрунту й висоти шару, для якого визначають, використовуючи наступні формули:

$$\text{для торф'яного ґрунту формулу А. І. Івіцького} \\ \mu = 0,115/K^{3/8} H^{3/4}, \quad (15.1)$$

$$\text{для мінерального ґрунту формулу Г. Д. Єркіна:} \\ \mu = 0,056K^{1/2} H^{1/3}, \quad (15.2)$$

де:  $\mu$  - водовіддача (безрозмірна величина, у частках від одиниці);  $K$  - коефіцієнт фільтрації, м/добу;  $H$  - глибина, на яку понизили рівень ґрунтових вод, м.

Найбільш розповсюджені значення водно-фізичних властивостей приведені в таблиці 15.1.

Під впливом осушення й освоєння боліт одночасно з осіданням і спрацюванням торфу змінюються водно-фізичні властивості. Після



осушення збільшуються об'ємна маса й щільність торфу, зменшуються зв'язані з ними пористість, повна вологемність і водовіддача торфу. За 10-20 років об'ємна маса збільшується в 1,2-2,5 рази, водовіддача зменшується в 1,2-1,8 рази.

Таблиця 15.1. Водно-фізичні властивості осушуваних ґрунтів  
(за Масловим Б.С., 1984)

Ґрунти	Щільність твердої фази, г/см <sup>3</sup>	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	Найменша вологем- ність, %	Висота капілярного підняття, см	Коефіцієнт фільтрації, м/добу
Піщані	1,6-1,7	2,6-2,7	35-40	12-18	10-30	0,70-3,00
Суглинкові	1,4-1,5	2,5-2,7	45-50	25-30	100-150	0,06-0,40
Глинисті	1,5-1,8	2,6-2,8	34-45	30-35	200-300	0,005-0,03
Торфові	0,2-0,3	1,6-2,1	80-90	55-60	60-90	0,20-1,50

При осушенні коефіцієнт фільтрації торфу зменшується в 2-40 разів і складає 0,3-0,6 м/добу.

У мінеральних глинистих і суглинкових ґрунтах після осушення змінюються фізико-хімічні й біологічні процеси, відбувається окислювання глейових прошарків, з'являються тріщини, корені рослин проникають у більш глибокі шари. Усе це веде до підвищення коефіцієнта фільтрації в орному горизонті в 2,7-7 разів і в підорних у 1,5- 2,5 рази.

## 15.7. Методи й способи осушення перезволожених земель

**Метод осушення** — принцип впливу на фактори перезволоження, спрямованість заходів щодо усунення надлишкової зволоженості земель. **Спосіб осушення** — один з інженерних заходів, що задовольняють даному методу, або сполучення технічних і агротехнічних заходів осушення земель.

Метод осушення встановлюють у залежності від типу водного живлення земель (ТВЖ). **Розрізняють п'ять основних методів осушення**, які спрямовані на збільшення видаткових елементів балансу і зменшення прибуткових.

1. Метод **прискорення поверхневого стоку** застосовують на луках і ріллі з важкими ґрунтами (глини, суглинки). Для прискорення відводу поверхневих вод додатково до каналів застосовують планування й вирівнювання поверхні з засипанням окремих знижень. Для прискорення відводу води з орного шару доцільно підвищувати інфільтраційну здатність ґрунтів.

2. Метод **зниження рівнів ґрунтових вод** використовують на торф'яних, піщаних, супіщаних і нерідко суглинкових ґрунтах з неглибоким (менше норми осушення) заляганням рівнів ґрунтових вод. Досягається це облаштуванням каналів і різних дренажів на осушуваному масиві. Для зменшення припливу ґрунтових вод із прилягаючих до нього земель передбачають необхідні заходи щодо його перехоплення на границях осушуваного масиву.

3. Метод **зниження рівнів напірних вод** використовують при осушенні боліт напірного живлення.

4. **Перехоплення поверхневого стоку схилів** обов'язкове, коли має місце приплив води. Для зменшення поверхневого стоку зі схилів застосовують систему протиерозійних заходів (оранка поперек схилу, лункування схилів і ін.).

5. **Прискорення руслового стоку** забезпечується системою заходів щодо регулювання русел рік, обвалування земель і регулюванням річкового стоку.

Для осушення боліт і перезволожених мінеральних земель застосовують наступні способи осушення в залежності від методів осушення. **Для прискорення поверхневого стоку**: відкриті канали (збирачі), штучні балки, закриті збирачі, а також комплекс агро меліоративних заходів, що включає вибіркове боронування, профілювання, утворення на поверхні гряд і гребенів, планування поверхні, вузькозагінну оранку й оранку уздовж схилу. **Для прискорення відводу води шляхом підвищення вбираючої здатності ґрунтів**: кротячий і щілинний дренаж, агро меліоративні заходи, що включають глибоке розпушування ґрунту, поглиблення підорного шару й глибоку оранку, кротовиння, вапнування ґрунту й ін.

**Для зниження рівнів ґрунтових вод використовують** відкриті канали (осушувачі), закритий (підземний) дренаж, кротячий і щілинний дренаж, кольматаж поверхні землі. **Для перехоплення потоку ґрунтових вод влаштовують** ловчі канали й дрени, вертикальний дренаж, обмежено застосовують антифільтраційні завіси й біологічний дренаж.

**При ґрунтово-напірному типі водного живлення** застосовують глибокі канали й закриті дрени, вертикальний дренаж з відкачкою води зі свердловин, комбінований дренаж, що складається з каналів (дрен), у які виводять свердловини, і вода виливається з них за рахунок природного напору.

**При схиловому типі водного живлення** основний елемент осушувальної мережі — нагорний канал, що влаштовується на границі осушуваного масиву для відводу води, що надходить зі схилів.

**При наливному водному живленні** для захисту земель від затоплення паводковими водами при розливах рік і озер застосовують регулювання річкового стоку за межами об'єкта, будуючи водоймища на річці й її притоках, перекидають частину річкового стоку в басейн іншої річки. Іноді це вдається досягти регулюванням рік шляхом розчищення їхнього русла від великих каменів і корчів, випрямлення й поглиблення русла ріки. **Найбільш ефективним способом осушення річкових і приозерних заплав** і особливо приморських низовин є спорудження дамб для захисту земель від затоплення.

#### **Контрольні питання**

1. Що Ви розумієте під причиною заболочення земель. До яких наслідків воно приводить? 2. Які ознаки заболочення ґрунтів ґрунтовими й напірними водами? 3. Які ознаки заболочення земель атмосферними водами? 4. Які ознаки заболочення земель наливними русловими водами? 5. Назвіть причини заболочення ґрунтів пов'язані з геологічною та геоморфологічною будовою території. 6. Назвіть методи й способи осушення в залежності від типу водного живлення земель. 7. Які Ви знаєте основні водно-фізичні властивості осушуваних ґрунтів.

## ОСУШУВАЛЬНА ТА ОСУШУВАЛЬНО-ЗВОЛОЖУВАЛЬНА СИСТЕМА Й ЇЇ СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ

### 16.1. Склад осушувальної системи

**Осушувальна система** – комплекс інженерних споруд і пристроїв, які створюють необхідні умови для покращення водного режиму перезволожених земель. До складу осушувальної системи входять регулююча, провідна й огорожувальна мережі, а також водоприймачі, гідротехнічні споруди, дорожня мережа, лісосмуги, експлуатаційна мережа (рис. 15.1).

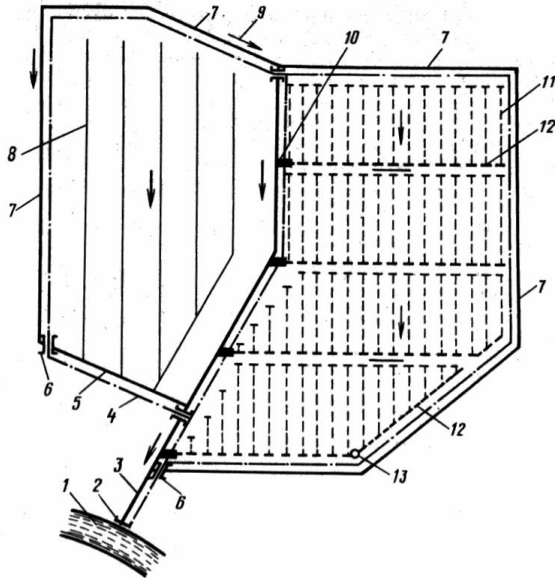


Рис. 16.1. Схема осушувальної системи  
(Єрхов Н.С., Ільїн Н.І., Місенєв В.С., 1991):

1 – водоприймач; 2 – шлюз-регулятор; 3 – магістральний канал; 4 – польова дорога; 5 – відкритий колектор; 6 – міст; 7 – нагріно-ловчий канал; 8 – відкритий осушувач; 9 – напрямок течії води; 10 – гирло закритого колектора; 11 – дренаж; 12 – закритий колектор; 13 – колодязь на закритому колекторі.

**Регулююча мережа** (осушувачі, збирачі, свердловини вертикального дренажу й ін.) призначена для збору й відведення з

території зайвих поверхневих і ґрунтових вод, які є причиною перезволоження території.

**Огороджувальна мережа** (нагорні й ловчі канали, дамби й ін.) призначена для захисту осушуваної території від поверхневих або ґрунтових вод, які притікають зовні. Іноді (при схиловому й наливному ТВЖ) огороджувальна мережа виконує функції регулюючої.

**Провідна мережа** (магістральний канал, транспортуючі збирачі, колектори) зв'язують регулюючу й огороджувальну мережі з водоприймачем, транспортують воду за межі осушуваної території.

**Водоприймач** (річка, озеро, балка й т.д.) призначені для приймання води, яку збирають з осушуваної території.

**Гідротехнічні споруди** (шлюзи, перепади, оглядові колодязі й ін.) призначені для управління потоком води при її відведенні або перерозподілі.

**Дорожня мережа** (дороги, переїзди, мости й ін.) призначені для безперешкодного переміщення транспорту й сільськогосподарських машин на осушуваній території.

**Експлуатаційна мережа** призначена для контролю й нагляду за роботою ланок осушувальної системи і забезпечення бездоганної роботи. Вона включає будинки, лінії зв'язку, експлуатаційні дороги, гідрометричні пости й т.п.

Осушувальні системи в залежності від конструкції регулюючої мережі поділяють на **відкриті** і **закриті**. У **відкритих системах** регулююча мережа представлена відкритими каналами. У залежності від призначення ці канали називають осушувачами (служать для зниження рівнів ґрунтових вод) й збирачами (служать для прискорення поверхневого стоку). **Канали регулюючої мережі розміщують** паралельно один одному на відстанях, що забезпечують необхідні норми осушення відповідно до вимог сільськогосподарського використання земель. Для осушення окремих тальвегів, витягнутих знижень замість систематичної мережі каналів застосовують одиночні тальвегові канали.

**Відкриті системи** в даний час використовують обмежено, тільки при попередньому осушенні боліт, осушенні лісів і малопродуктивних косовиць. На луках замість збирачів іноді влаштовують штучні балки — канали малої глибини (до 40 см) з дуже пологістими укосами, що дозволяє вільно проїжджати тракторам і сільськогосподарським машинам.

У **закритих осушувальних системах** регулююча мережа й частина провідної виконана з закритих дрен і колекторів — підземних трубчастих водоводів. Функції осушувачів виконують закриті дрени, збирачів — закриті збирачі.

**Канали огороджувальної мережі**, що захищають територію від поверхневих вод, називають нагорними, перехоплювачі ґрунтової води — ловчими.

**Канали провідної мережі**, у які впадають осушувачі й збирачі, називають **транспортуючими збирачами**, або **відкритими колекторами**. Замість них у закритих осушувальних системах влаштовують закриті колектори. Вода з колекторів надходить у більш великі транспортуючі збирачі, а з них магістральними каналами відводять у водоприймач.

**Поперечний переріз каналів регулюючої мережі**, як правило, трапецеїдальний (рис. 16.2), розміри каналів приймають виходячи з витрат, ґрунтово-гідрогеологічних умов і сільськогосподарського використання земель.

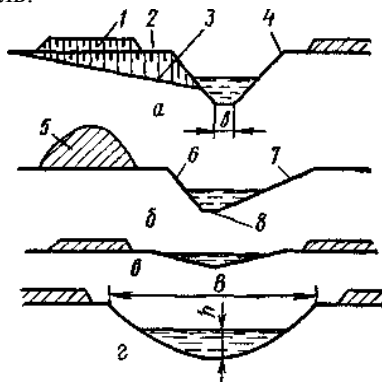


Рис. 16.2 Основні типи поперечного перерізу відкритих каналів:  
 а — канал трапецеїдального перетину з лійкою-водоспуском; б — нагорний канал; в — штучна балка; г — канал параболічного перетину; 1 — кавальєр; 2 — берма; 3 — лійка для відводу поверхневого стоку; 4 — брівка; 5 — відвал; 6 — укіс; 7 — верховий укіс; 8 — дно.

Вийнятий при устрої каналу ґрунт розрівнюють тонким шаром (до 20 см) уздовж каналу з однієї або двох сторін. Ці розрівняні вали ґрунту називають **кавальєрами**. При їхньому устрої між верхньою границею виїмки (брівкою) й основою кавальєру залишають берму шириною 0,5-1,5 м у залежності від глибини каналу. Якщо вийнятий

грунт неродючий і може зіпсувати верхній горизонт, то його залишають у відвалах на низовій стороні каналу (рис. 16.2). До них пристосовують внутрішньогосподарські й польові дороги.

Незважаючи на малу висоту кавальєрів, вони перешкоджають надходженню поверхневого стоку в канали. Для безперешкодного надходження води з поверхні осушуваного поля в канал у кавальєрах улаштовують *лійки-водоспуски* (рис. 16.2 а). Їх пристосовують до знижень місцевості, кріплять дерном, каменем або бетонними плитами. Відстань між ними до 50-70 м.

*Нагорні канали* влаштовують у вигляді несиметричної трапеції з більш пологішим верхнім укосом, яким надходить вода. Вийнятий ґрунт розрівнюють тільки з низової сторони каналу (рис. 16.2 б).

Великі канали провідної мережі будують трапецеїдального, полігонального або параболічного перетину (рис. 16.2 з). Останній більш стійкий, особливо в шаруватих ґрунтах.

*Закритий дренаж* укладають з керамічних (гончарних) і пластмасових труб. Рідко застосовують дерев'яні труби. Параметри дрен (глибина, діаметр і ін.) установлюють розрахунками в залежності від природних умов і сільськогосподарського використання осушуваних земель.

*Спорудами на осушувальній системі* є устя колекторів, оглядові колодязі, колодязі-поглиначі, шлюзи-регулятори, підпірні й інші споруди, розвантажувальні свердловини в каналах при заболоченні напірними водами.

*Лісосмуги* регулюють мікроклімат на полях, перешкоджають вітровій ерозії.

## 16.2. Види осушувальних систем

*За способом відводу води осушувальні системи розділяють* на самотіпливні та з машинним водопідйомом.

У *самотіпливних системах* воду з провідної мережі відводять у водоприймач самотіпливом, тобто за рахунок енергії водного потоку ухилом русла каналу (колектора). У *системах машинного осушення* воду з каналів або колекторів відкачують у водоприймач насосними станціями.

*За впливом на водний режим осушуваної території* осушувальні системи підрозділяють на *системи одnobічної дії*, або

власне осушувальні системи (призначені тільки для відводу надлишкової води) і **системи двосторонньої дії**, або **осушувально-зволожувальні системи** (забезпечують вчасний відвід із ґрунту надлишкових вод і подачу в неї додаткової води в посушливі періоди, коли вологість ґрунту знижується нижче оптимальної).

**Осушувально-зволожувальні** системи, крім вище розглянутих елементів, мають зволожувальну частину, призначену для затримування стоку, подачі й розподілу на полі води. Вона включає регулюючу, підвідну й розподільну мережу, джерело води, насосні станції й регулюючі споруди. Всі або окремі елементи осушувальної системи (магістральні канали, колектори, дрени, водоприймач і ін.) використовують для зволоження ґрунтів і рослин. Основні способи зволоження — підґрунтове зрошення осушувальними дренами й каналами (шлюзування дрена і каналів) і зрошення дощуванням.

Осушувальні системи, до складу яких входять дамби для захисту осушуваних земель від затоплення водами рік, озер, водоймищ і морів, називають **польдерними** (рис. 16.3), а осушувані землі, — **польдерами**.

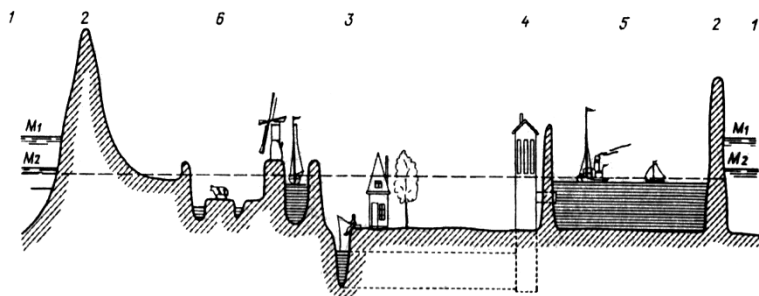


Рис. 16.3. Розріз морського польдеру Зайдерзее, Голландія (Зайдельман, 2003):

1 — рівні моря ( $M_1$ ,  $M_2$  — приплив, відлив); 2 — дамба; 3 — магістральний канал; 4 - насосна станція; 5- судноплавний шлюз; 6- осушувальні канали різного порядку

Рівень води водоприймача **польдерної системи** знаходиться вище або на гіпсометричній відмітці осушуваного масиву. Тому вода осушувальної системи не може скидатися самопливом. На дамбах будують насосні станції, які перекачують воду із магістрального каналу у водоприймач. Польдерні системи можуть бути не затоплюваними або затоплюваними, а також морськими й



річковими. Пільдерні системи, що забезпечують двостороннє перекачування води (з магістрального каналу у водоприймач і з водоприймача в сухий період у провідну мережу осушувальної системи на територію пільдера) дозволяють ефективно здійснювати двостороннє регулювання водного режиму. Тому на території пільдера створюються сприятливі умови регульованого шлюзування й субіригації, а також для організації дощування на осушуваних ґрунтах. Пільдерні системи у визначених умовах є більш екологічними, ніж самопливні. Вони виключають необхідність регулювання водоприймача (річки), його випрямлення й поглиблення русла і, як наслідок, загального зниження базису ерозії й рівнів ґрунтових вод усього меліорованого ландшафту.

**За відношенням регулюючої мережі осушувачів до ухилу поверхні** осушувальні системи поділяють на *подовжні* й *поперечні*. При подовжньому розташуванні регулююча мережа осушувачів укладається нормально до горизонталей; при поперечному — уздовж горизонталей або під невеликим кутом до них поперек схилу. Вибір схеми укладання регулюючої мережі осушувачів визначається причинами заболочування ґрунтів. Поперечне укладання осушувачів необхідне завжди при заболочуванні ґрунтів поверхневими намівними водами схилів). При заболочуванні ґрунтів ґрунтовими водами може бути використана як поперечна, так і подовжня схеми

**За розташуванням регулюючої мережі осушувачів на плані** в залежності від структури ґрунтового покриву застосовують систематичний або вибіркового дренаж. **Систематичний дренаж** (рис. 16.4) необхідний на масивах, утворених тільки заболоченими й болотними ґрунтами. У цьому випадку весь осушуваний масив покривають систематичною мережею дрен (каналів).

**Вибірковий дренаж** (рис. 16.5) застосовують при складній структурі ґрунтового покриву, до складу якого входять як автоморфні й гідроморфні не заболочені ґрунти, так і заболочені (наприклад, сполучення дерново-підзолистих не глейових і глибоко глейових ґрунтів, що не потребують осушення при будь-якому використанні, й сильно заболочених дерново-підзолистих глейових і торф'янисто-глейових ґрунтів, осушення яких необхідно при будь-якому сільськогосподарському використанні). У цьому випадку регулююча мережа осушувачів приурочена тільки до контурів заболочених ґрунтів, тоді як на території, утвореній не заболоченими ґрунтами, проходить лише провідна мережа.

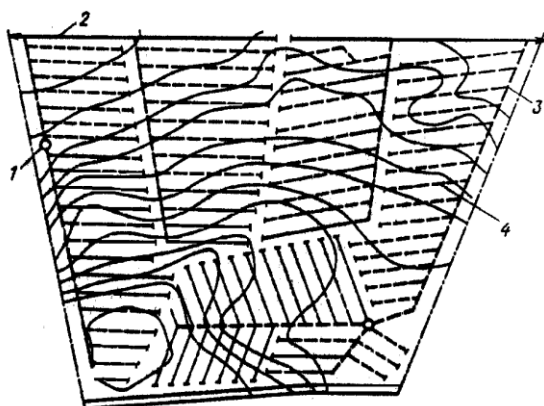


Рис. 16.4. Систематичний дренаж (Зайдельман, 2003):  
1 — оглядовий колодязь; 2 — канал; 3 — колектор; 4 — дрени.

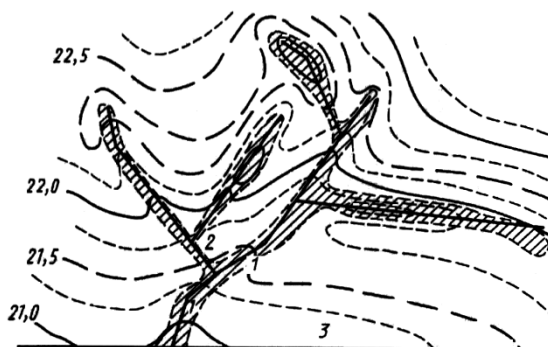


Рис. 16.5. Вибірковий дренаж (Зайдельман, 2003):  
1 — колектор; 2 — дрени-осушувачі; 3 — водоприймач; 21-22,5 —  
горизонталі; заштрихована площа — розташування заболочених ґрунтів

За сполученням (або відсутності сполучення) комплексу гідротехнічних і агро меліоративних заходів щодо організації поверхневого й внутрігрунтового стоку осушувальні системи поділяють на комбіновані й некомбіновані. Комбіновані осушувальні системи застосовують на ґрунтах з низькими значеннями коефіцієнта фільтрації підорного горизонту ( $K_f < 0,1-0,3$  м/доб). У цьому випадку поряд із закритим дренажем або відкритою мережею каналів передбачають виконання заходів щодо організації поверхневого і внутрігрунтового стоків — наприклад, вузькозагінну оранку, гряди, гребені, кротовиння, глибоке меліоративне розпушування й т.д. (рис. 16.6).

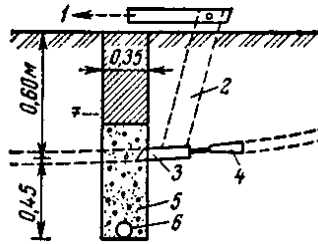


Рис. 16.6. Варіант комбінованого (гончарний і кротовий) дренажу при осушенні важких, погано водопроникних ґрунтів (Р. Еггельсманн, 1984): 1 — напрямок тяги; 2 — ніж дренера; 3 — крот-дренер перетином 8 см; 4 — розширювач перетином 10 см; 5 — фільтруючий шар у дренажній траншеї з гравійного піску над гончарною трубою; 6 — гончарна труба; 7 — дренажна траншея

Крім перерахованих варто розрізняти наступні види осушення.

**Кольматаж** (рис. 16.7), заснований на підвищенні гіпсометричних відміток поверхні осушуваної території. Кольматаж здійснюють шляхом седиментації на осушуваній поверхні твердого стоку, що несуть ріки багатьох передгірних районів. Регулюючи швидкість руху води на поверхні осушуваних ґрунтів ухилом підвідних каналів, можна керувати процесом осадження мінеральних часток різного розміру й гранулометричним складом нових ґрунтів. Такий спосіб осушення заболочених ґрунтів застосовується, наприклад, в Італії в долині р. По. Він був використаний при осушенні ґрунтів Колхиди в долині р. Ріоні при створенні плантацій цитрусових культур. Широкого поширення цей спосіб осушення не одержав.

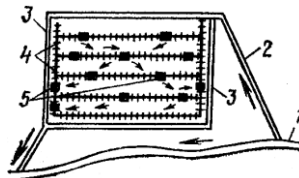


Рис. 16.7. Кольматаж басейну:  
1- річка; 2 — підвідний канал; 3 — скидні канали; 4 — вали;  
5 — водоспуски у валах.

**Регулювання** дозволяє істотно прискорити процес підйому поверхні при осушенні заболочених ґрунтів у порівнянні з

кольматажем. У цьому випадку транспортування й відкладення мінерального матеріалу здійснюють за допомогою землесосних установок. Несортований матеріал, наприклад пульпа, одержана при очищенні русла ріки землесосними установками, транспортується пульпопроводом на поверхню осушуваної території. Відкладена маса ґрунту розрівнюється потім бульдозерами. У результаті на поверхні ґрунту формується шар різнозернистого дрібнозему, що служить породою для антропогенного створення нових ґрунтів. Їх гранулометричний склад при цьому, мабуть, не регулюється й визначається складом розроблювального землесосом ґрунту. В останні роки є спроби сполучення регулювання й кольматажу. При такому способі вдається швидко підняти відмітки поверхні осушуваної території відкладенням грубого матеріалу за допомогою регулювання й потім створити ґрунт з необхідним гранулометричним складом, використовуючи кольматаж.

**Вакуум-дренаж** у даний час проходить експериментальну перевірку як спосіб осушення заболочених ґрунтів важкого гранулометричного складу закритим дренажем, на який накладається вакуум. Він дозволяє збільшити загальну водовіддачу й витягати надлишкову вологу з відносно тонких капілярів ґрунту, що у звичайних умовах залишаються заповненими водою. Застосування вакуум-дренажу для осушення важких ґрунтів дозволяє збільшити загальний шар і модулі дренажного стоку.

**Біологічний дренаж** — спосіб осушення, заснований на застосуванні для осушення ґрунтів рослин, що володіють високою транспіраційною здатністю. Уперше такий спосіб був застосований у Колхиді на початку 1930-х років. Як рослину-осушувач використовували евкаліпт. Цей спосіб, однак, як і вакуум-дренаж, не одержав широкого поширення в меліоративній практиці.

**Осушення за допомогою поглинаючих колодязів.** Дрібні водойми, замкнуті западини, в яких застоюється тала і дощова вода, осушують за допомогою вертикальних поглинаючих колодязів (рис. 16.8). У низькому місці дна водойми закладають бурову свердловину, яка прорізує водонепроникний верхній шар. Нижня частина її (забій) має закінчуватися у добре водопроникному ґрунті, як правило піщаному.

Діаметр свердловини приймають 15-20 см. Стінки її закріплюють азбестоцементними або керамічними трубами. Верхній оголовок труби обладнують фільтром: з піску, дрібного й крупного гравію.

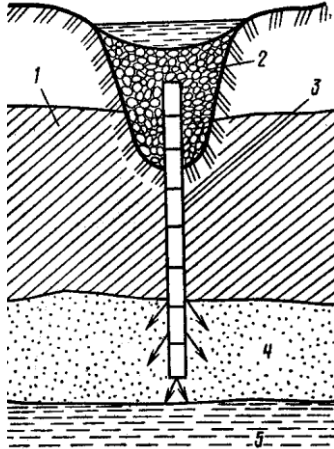


Рис. 16.8. Схема поглинального колодязя:

1 – глинистий шар; 2 – фільтрувальна засипка; 3 – дренажні труби;  
4 – пісок; 5 – ґрунтові води.

**Обвалування.** *Обвалування – обнесення земляними валами (дамбами) території для захисту її від затоплення поверхневими або зливовими водами або для затримання талих вод на певній площі* (рис. 16.9). *Гребінь не затоплюваних дамб* облаштовують вище найвищого паводкового рівня на 1-2 м. Якщо заплавні землі будуть зайняті сільськогосподарськими рослинами, до початку посіву яких допускається затоплення ґрунту водами ранніх весняних паводків (несуть мул, який підвищує родючість), то в дамбах влаштовують шлюзи-регулятори. Шлюзи регулюють терміни, тривалість і глибину затоплення заплав. Поверхневі й ґрунтові води відводять за допомогою закритої або відкритої осушувальної мережі (значно швидше, ніж знижується рівень води за дамбою в річці) або скидають самотічно через шлюз-регулятор. **При не затоплюваних дамбах водним режимом обвалованих земель можна управляти протягом всього року.**

**Затоплювані дамби** будують у випадках, коли протягом певного часу допускається затоплення території. Вода поступає на обваловані землі через гребінь дамби й шлюзи-регулятори. Основне призначення таких дамб попереджувати літні й осінні затоплювання заплав. Вони менш надійні, ніж не затоплювані дамби, не забезпечують управління водним режимом обвалованих земель.

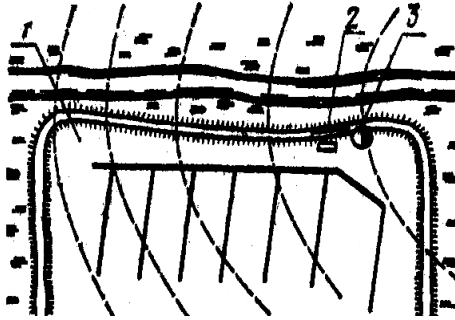


Рис. 16.9. Схема осушення низовини обвалуванням з механічним відкачуванням води: 1 – водоскидний басейн; 2 – шлюз; 3 – насосна станція.

Поперечний розріз дамби має форму трапеції (рис. 16.10). Ширину гребеня затоплюваної дамби приймають 2-3 м, не затоплюваної – 4-6 м. Закладення укосів залежить від висоти дамби, характеру ґрунту її тіла і зазвичай зі сторони річки складає 2-3,5, зі сторони сухого укосу – 2-3. Мокрий укіс дамби закріплюють дерном, каменем, фашинами, сухий покривають родючою землею шаром 12-15 см і сіють трави. Родючий рослинний шар знімають з площі, яка відведена під основу дамби, перед її висипанням. Якщо ґрунт дамби водопроникний і рихлий (пісок, торф), то мокрий укіс роблять більш пологим (1:5, 1:6), зверху покривають шаром глини 0,8-1,0 м (екран) і ущільнюють. Але й після обвалування річки частина води із неї буде просочуватись в заплаву, й особливо в період високого рівня води в ній. Видаляють воду осушувальною мережею заплави.

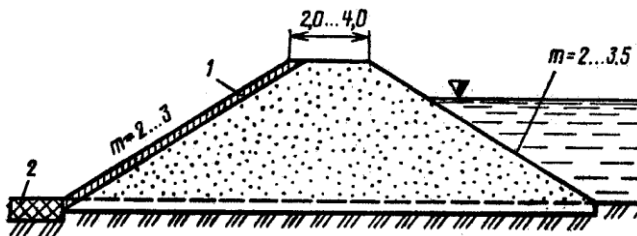


Рис. 16.10. Поперечний розріз дамби для обвалування річки: 1 – дернина; 2 – рослинний шар.

**Обвалування річок** – дорогий захід, його застосовують тільки в рідких випадках (р. Дунай, Україна): при захисті від затоплення населених пунктів, сільськогосподарських угідь, садів, городів, широких луків, пасовищ і ін.

### **16.3. Принципи й способи зволоження осушуваних земель. Режим зволоження**

**Принципи зволоження** — це подача додаткової вологи в кореневмісний шар ґрунту, вони повторюють принципи регулярного зрошення з тією лише різницею, що їх застосовують на осушуваних землях у зоні достатнього або надлишкового зволоження. Виділяють наступні принципи зволоження: поверхневе; підґрунтове і внутрішньо-ґрунтове; дощування.

**При поверхневому зволоженні** вода надходить до коренів рослин шляхом її інфільтрації з поверхні ґрунту. Водний режим регулюють подачею води на поверхню ґрунту.

**При підґрунтовому зволоженні** створюють умови, що забезпечують короткочасне повне насичення кореневмісного шару за рахунок підйому ґрунтових вод або капілярного підживлення ними. Рівень ґрунтових вод піднімають до оптимальної глибини, що відповідає заданій нормі осушення, й регулюють шляхом інфільтрації води з каналів або дрен.

**При внутрішньо-ґрунтовому зволоженні** воду подають безпосередньо до коренів рослин (за типом краплинного зрошення для осушуваних земель).

**При дощуванні** вода в ґрунт, як і при поверхневому зволоженні, надходить шляхом інфільтрації з поверхні. Подають її у вигляді дощу за допомогою дощувальних агрегатів і машин.

**Кожному з розглянутих принципів зволоження відповідає один або кілька способів зволоження.**

**При поверхневому принципі** застосовують лиманне зволоження, поливи напуском смугами й поливи борознами. Широкого поширення на осушуваних землях поверхневий принцип зволоження поки не одержав.

**При підґрунтовому зволоженні застосовують шлюзування.** Цей спосіб має різновиди: шлюзування одиночних відкритих каналів, систематичної мережі відкритих каналів, каналів з тимчасовими

зволожувачами, каналів із кротовим дренажем, відкритого матеріального дренажу і комбінація двох або більше із зазначених способів зволоження.

До *внутрішньо-грунтового* можна з деякими допущеннями віднести краплинне зволоження і зволоження корневих куців шляхом підведення до них тонких поліетиленових трубок, через які подається вода.

При *дощуванні* спосіб зволоження залежить від конструкції дощувального апарата або типу установки.

*Спосіб зволоження визначає характер регулюючої зволожувальної мережі й конструкцію осушувально-зволожувальної системи.* Вибір способу зволоження ґрунту залежить від агроекономічних вимог, площі й форми ділянки, що зволожується, і окремих полів, рельєфу місцевості, водно-фізичних властивостей ґрунту, виду оброблюваних культур, забезпеченості господарства трудовими ресурсами й іншими факторами.

*Режим зволоження* осушуваних земель – сукупність зрошувальної норми (норми зволоження), поливних норм, термінів зволоження і міжполивних періодів. Він залежить від ґрунтових і метеорологічних умов, норми осушення і рівня агротехніки. Режим зволоження розраховують на середньо посушливий (повторюваність 1 раз у 4 роки) і посушливий (1 раз у 10 років) роки. Норму зволоження визначають з рівняння водного балансу.

Сезонні норми зволоження коливаються в широких межах. Так само обстоїть справа з поливними нормами й міжполивними інтервалами. Тому при проектуванні режиму зволоження в першу чергу варто ознайомитися з рекомендаціями для даного району.

*Орієнтовані поливні норми при дощуванні складають, м<sup>3</sup>/га:*

Для легких ґрунтів	200-300
Для важких ґрунтів	300-450
Для товстих торфовищ	300-400

#### 16.4. Види осушувально-зволожувальних систем

*Осушувально-зволожувальна система* — вид осушувальної системи. Вона складається з двох частин: осушувальної — для відводу надлишкової води й зволожувальної — для регулювання водного режиму й подачі додаткової вологи в посушливі періоди.



**До складу зволожувальної частини системи входять:** регулююча і провідна мережі, гідротехнічні споруди, джерело води, дорожня й експлуатаційна мережі. Конструкція зволожувальної мережі залежить від принципу і способу зволоження. У ряді випадків елементи осушувальної й зволожувальної мереж можна сполучати й використовувати як для осушення, так і для зволоження ґрунту. Наприклад, у процесі підґрунтового зволоження при сприятливих умовах практично всі елементи осушувальної частини системи можна використовувати й для зволоження ґрунту. Такі системи називають **сполученими**. При зволоженні дощуванням системи двосторонньої дії мають дві автономно працюючі частини: осушувальну й зволожувальну (**автономне** зволоження).

**Системи з поверхневим зволоженням.** Системи не одержали широкого поширення на осушуваних землях, однак перспективні, і в даний час ведеться інтенсивна експериментальна перевірка в дослідно-виробничих умовах.

З числа практично застосовуваних способів поверхневого зволоження осушуваних земель на першому місці **лимання** зволоження. Воно полягає в затримці на осушуваному масиві вод весняного водопілля за допомогою дамб або валиків. Це один з найбільш доступних прийомів зволоження, його застосовують на природних кормових угіддях, розташованих на заплавних землях. **Лимани влаштовують** також для зволоження й удобрення луків зваженими у воді наносами (удобрювальне зволоження) й для розсолення засолених ділянок сільськогосподарських угідь (Західний Сибір).

Сезонну норму зволоження й глибину промочування, площу зволоження, число й розмір ярусів, тривалість затоплення, умови затоплення й спорожнювання лиманів визначають відповідними розрахунками.

Зволоження **напуском смугами** застосовують при вирощуванні культур суцільного або вузькорядного посіву — трав, зернових, деяких овочевих культур (буряка, моркви, цибулі) на мінеральних ґрунтах. Воду подають з каналів, що закриваються шлюзами. Канали проходить найбільш високими відмітками території. Для рівномірного зволоження ділянку вирівнюють; ухил поверхні не повинний перевищувати 0,002. Полив напуском смугами має ряд позитивних якостей, застосування його обмежене через важку працю

поливальника. Його проводять при використанні заболочених заплавних лу́гів.

**Зволоження борознами** застосовують при вирощуванні технічних і просапних культур (часто стічними водами). Дослідження, проведені в Литві, показали, що зволоження борознами комунально-побутовими стічними водами дуже ефективно. Приріст врожаю склав, %: картоплі — 52, пізньої капусти — 76, кукурудзи на силос — 72. Спосіб зволоження борознами в Україні широкого поширення не одержав. Його основні недоліки — висока трудомісткість і нерівномірність зволоження на довжині борозни.

Іноді для підвищення продуктивності луків і пасовищ проводять зволоження **затопленням** (в основному заплав) паводковими й схиловими, а також стічними водами.

**Системи з підґрунтовим зволоженням.** Складаються з відкритої або закритої осушувальної мережі й систем шлюзів на них, що дозволяють сповільнювати або припиняти відтік дренажних вод з осушуваної території.

Процес зволоження відбувається в такий спосіб. Осушувальну мережу за допомогою шлюзів виключають з роботи, і на ділянці, що зволожується, в елементах мережі накопичуються дренажні води, що надходять з вище розташованих ділянок. Просочуючись через ґрунт, вони поповнюють запаси ґрунтових вод і викликають їхній підйом. Якщо води недостатньо, то в мережу подають воду з джерела.

Зволоження інфільтрацією з осушувачів застосовують на ділянках зі спокійним рельєфом і добре проникними ґрунтами ( $K_{\phi} \geq 1$  м/доб). Способи зволоження при цьому наступні: інфільтрація з одиночного каналу, з мережі відкритих осушувачів, із закритої осушувальної мережі, комбінований спосіб.

Зволоження з одиночного каналу при його шлюзуванні проводять на вузьких (300-500 м) ділянках з добре проникними ґрунтами, наприклад у дрібно неораних торфовищах, що підстилаються пісками. Для рівномірного зволоження уздовж каналу передбачають кілька шлюзів.

**При зволоженні з відкритих каналів** система представляє мережі регулюючих каналів, що служать як для осушення, так і для зволоження земель. Транспортуючі збирачі призначені як для відводу надлишкових вод, так і для подачі води в систему. Відстань між осушувачами-зволожувачами приймають у залежності від водопроникності ґрунтів і порід, а також від господарського

використання території; як правило, вона не перевищує 100-150 м. Шлюзи-регулятори розташовують у голові й усті кожного каналу, що дозволяє створювати в них різні рівні води й забезпечувати тим самим необхідну норму осушення для кожної з вирощуваних культур. При значних ухилах для рівномірного зволоження іноді влаштовують проміжні шлюзи.

Сучасні осушувальні системи будують, як правило, із закритою осушувальною мережею. Оптимальними вважають осушувально-зволожувальні системи з подачею води в джерела колекторів з розподільників. Для цього шлюзи розташовують в устях і в джерелах колекторів. У деяких випадках влаштовують спеціальні колектори, функція яких полягає в живленні дрена водою. Такий спосіб зволоження більш складний і дорогий.

**Системи з дощуванням.** Найбільш досконалі для будь-яких ґрунтів і при всіх сівозмінах незалежно від рельєфу місцевості осушувально-зволожувальні системи, що складаються з закритого дренажу (рідше відкритих каналів) й устроїв для дощування. Вони сприяють продуктивному використанню запасів вологи і дозволяють оперативно керувати водно-повітряним режимом осушуваних земель. При дощуванні ґрунт зволожується на невелику глибину, у результаті чого рослини краще засвоюють поживні речовини й внесені добрива.

Якщо регулююча осушувальна мережа виконана у вигляді відкритих осушувачів, а землі намічено використовувати як косовиці або пасовище, то можливе застосування дощувачів ДДН-70 або ДДН-100 (див. розд. 6, рис. 6.12). При цьому осушувачі можуть служити джерелами води, якщо при їхньому проектуванні була врахована можливість зволоження дощуванням.

**Осушувально-зволожувальна систему з використанням ДКШ-64 «Волжанка» доцільна на культурних пасовищах при рівному рельєфі** (з ухилами поверхні до 0,02). Осушення тут проводять закритим дренажем, забір води — зі стаціонарного закритого трубопроводу. Довжина крил «Волжанки» 396 м, що обумовлює розміщення зволожувальних трубопроводів через кожні 800 м при відстані між гідрантами через 18 м. Можливо застосовувати схему зволоження з забором води від мережі пересувних трубопроводів.

**Застосування установки «Фрегат»** на осушуваних землях обмежено умовами її прохідності: вона вимагає значної площі, радіус

ділянки при поливі колом складає 455 м. Зволожувальна мережа повинна складатися з напірних трубопроводів і гідрантів для забору води, розташованих у центрі ділянок, що зволожуються. Осушувальна мережа може бути виконана у вигляді закритого горизонтального або вертикального дренажу.

### **Контрольні питання**

1. Що являє собою осушувальна система? Перерахуйте її складові елементи і вимоги до них. 2. Назвіть основні типи поперечного перерізу відкритих каналів. 3. Охарактеризуйте основні типи осушувальних систем за способом відводу води та за впливом на водний режим осушуваної території. 4. Що являють собою польдерні осушувальні системи? 5. Охарактеризуйте систематичний і вибірковий дренаж. У яких природних умовах їх застосовують? 6. У яких умовах застосовують комбіновані й некомбіновані осушувальні системи? 7. У яких випадках застосовують кольматаж та регулювання поверхні заболочених ґрунтів? 8. Що Ви знаєте про поглинальні колодязі? Де їх застосовують? 9. У яких випадках застосовують обвалування затоплених територій? 10. Які способи зволоження застосовують на осушуваних землях і чому? 11. Як вибрати спосіб зволоження? 12. Дайте опис основних типів осушувально-зволожувальних систем.

## Розділ 17

### РЕГУЛЮЮЧА МЕРЕЖА ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ

Регулююча мережа за прискоренням поверхневого стоку ділиться: 1) за конструкцією – на відкриту, закриту й комбіновану; 2) за характером устрою – на постійну й тимчасову; 3) за розміщенням на місцевості – на систематичну й вибіркову.

Основні види постійної регулюючої мережі: відкриті канали-збирачі, закриті збирачі; балки. До тимчасової регулюючої мережі відносять тимчасові канали, борозни й ін.

#### 17.1. Принципи дії регулюючої мережі

При атмосферному типі водного живлення завдання регулюючої мережі зводиться до прискорення відводу поталих і дощових вод, що затримуються на поверхні й у орному шарі ґрунту. Допустимий час відводу цих вод визначається вимогами сільськогосподарського виробництва до умісту вологи в ґрунті й до тривалості затоплення поверхні.

Ґрунтові води на перезволожених землях залягають у вигляді басейнів або потоків, що мають дуже малі ухили, при цьому відтік їх незначний.

Рух ґрунтових вод підкоряється закону Дарсі:

$$v = KI, \quad (17.1)$$

де:  $v$  — швидкість руху ґрунтових вод;  $K$  — коефіцієнт фільтрації;  $I$  — ухил потоку ґрунтових вод.

Відповідно до рис. 17.1 ухил потоку ґрунтових вод між двома довільними перетинами 1—1 і 2—2 визначають за формулою:

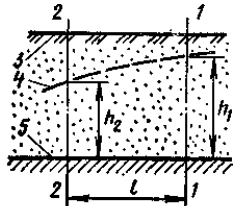


Рис. 17.1. Елемент потоку ґрунтових під:  
1-1 і 2-2 — створи поперек потоку; 3 — поверхня землі;  
4 — рівень ґрунтових вод; 5 — водоупор.

$$I = (h_2 - h_1)/l = \Delta h/l, \quad (17.2)$$

де:  $h_1, h_2$  — потужності потоку ґрунтових вод відповідно в перетині 1—1 і 2—2;  $\Delta h$  — напір, за рахунок якого ґрунтова вода переміщається з перетину 1—1 до перетину 2—2;  $l$  — довжина потоку, тобто відстань між цими перетинами.

Збільшення швидкості руху ґрунтових вод, а отже, й зниження їхніх рівнів можна домогтися тільки за рахунок збільшення гідравлічного ухилу потоку, або градієнта напору. Для цього влаштовують канали або дренаи. При цьому між рівнем ґрунтових вод у ґрунті і рівнем води в каналі (дрені) утворюється градієнт напору, за рахунок якого вода буде відтікати до каналу.

**Напір і градієнт напору тим більші, чим глибший осушувач, вище залягають ґрунтові води і менша відстань між каналами (дренами).**

У канал ґрунтові води надходять з усіх боків — через укоси й дно. Лінії току води до каналу (з однієї сторони каналу) й перпендикулярні до них лінії рівних напорів (еквіпотенціали) показані на рис. 17.2, а. Створюване каналом спадання напору ґрунтової води поширюється на всю глибину водоносного шару, воно обумовлює рух води до каналу. Якщо канал перерізає водоносний шар на всю його глибину, то він цілком перехоплює потік. При глибокому заляганні водоупору канал лише частково врізається у водоносний шар (недосконалий дренаж), ефективність його дії менша. На інтенсивність дії каналу, що осушує, впливають його розміри: глибина, ширина дном.

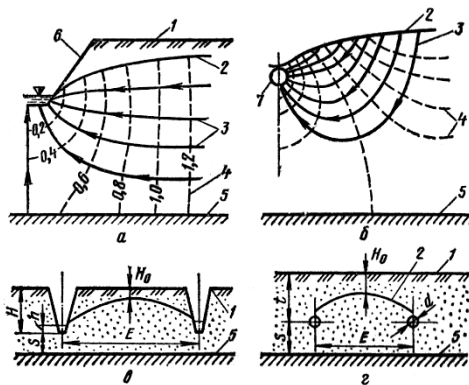


Рис. 17.2. Лінії току, еквіпотенціали і криві депресії при русі ґрунтових вод до каналу (а) і дрени (б); криві депресії при спільній роботі каналів (в) і дрен (г): 1 — поверхня землі; 2 — крива депресії;

3 — лінії току; 4 — лінії рівних напорів; 5 — водоупор; 6 — канал;  
7 — дрена.

Лінії струму і еквіпотенціали для закритої дрени, покладеної в однорідному ґрунті, показані на малюнку 17.2, б. Біля дрен лінії рівного напору мають вид окружностей, лінії току як завжди перпендикулярні до них. На інтенсивність відводу води, крім глибини закладення дрен і водопроникності ґрунту, впливає діаметр дрени: чим більше діаметр, тим більше відводить дрена води й швидше знижуються рівні ґрунтових вод. При малих діаметрах відбувається різке звуження потоку й зростають утрати напору води на вхід у дрена.

Під впливом каналів поверхня ґрунтових вод із плоскої перетвориться в криволінійну (депресійну). Параметри каналів і дрен (глибина, відстані між ними й ін.) приймають такими, щоб у розрахункові періоди на середині осушених карт забезпечувалася необхідна норма осушення (рис. 17.2, в, г).

Осушувачі розміщують паралельно один одному (систематична мережа) поперек потоку ґрунтових вод (поперечна схема), тобто під гострим кутом до горизонталей поверхні, тому що напрямок руху ґрунтових вод збігається з ухилами поверхні. Подовжня схема розміщення допускається тільки при дуже малих ухилах поверхні (менше 0,0005).

## 17.2. Осушення відкритими каналами

**Відкриті канали** (відкритий дренаж) – найбільш простий і дешевий спосіб осушення болотних і надлишково зволених ґрунтів. Його застосовують для прискореного відводу поверхневих і пониження й відводу ґрунтових вод.

**Відкрита осушувальна мережа складається з магістральних каналів, транспортуючих збирачів та відвідних каналів.** **Осушувальним каналом** прийнято називати найменший канал, який осушує прилеглу до нього територію й відводить воду в транспортуючий збирач. **Провідний канал** приймає воду від транспортуючих збирачів. **Магістральний канал** збирає воду від провідних каналів і розміщується на найбільш низьких відмітках території.

Канали розміщують поперек напрямку руху поверхневої води, тобто поперек схилу. *Вода в канал поступає* змоченим периметром з усієї глибини водоносного пласта (рис. 17.3). *Лінії однакових п'єзометричних напорів* приймають вигляд деяких концентричних поверхонь навколо змоченого периметра каналу. *Напір ґрунтових вод* зменшується в міру наближення до змоченого периметру, отже найбільш віддалені від каналу лінії мають найбільший напір. *Лінії току ґрунтових вод* розміщуються нормально до лінії рівного п'єзометричного напору, в сторону його зменшення.

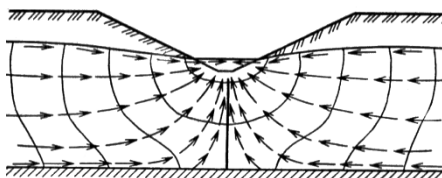


Рис. 17.3. Схема надходження води до відкритого каналу.

У цьому випадку час дотікання води, що рухається тонким шаром поверхню й у вигляді струмочків, до каналу буде мінімальним. Час відводу води  $T$  визначають за формулою:

$$T = L/v, \quad (17.3)$$

де  $L$  — відстань між каналами, м;  $v$  — швидкість руху води, м/с.

**Час відводу тим менший, чим менша відстань між каналами й чим більша швидкість руху води.** Для умов півночі України відстань між відкритими осушувальними каналами в залежності від ґрунтів приведено в табл. 17.1.

Таблиця 17.1. Відстань між осушувальними каналами для півночі України, м (Колпаков В.В., Сухарев І.П., 1988)

Угіддя	Торф			Суглинок		Супісок	Пісок
	низинний	перехідний	верховий	середній	легкий		
Луки	100-150	100-125	75-100	75-100	100-125	125-150	100-400
Рілля або пасовища	75-125	75-100	50-100	50-100	75-100	100-125	100-300

Осушувальні канали на меліоративних системах влаштовують завжди у виїмці, щоб вони забезпечували самотічний відвід води за межі осушуваної території. Тому *глибина каналів старшого порядку має бути більшою глибини каналів молодшого порядку.* На луках і пасовищах глибину каналів приймають рівною 0,8—1,0 м,



на польових угіддях — 1,0—1,2, у садах — 1,2-1,4 м. Довжина каналів складає 600-1200 м, ухил дна — 0,0005-0,005. Глибину більш великих каналів визначають за А.Д. Брудастовим: глибина каналу, що впадає, плюс глибина води в ньому в розрахунковий період.

Швидкість руху води на поверхні поля приблизно можна обчислити за формулою Шезі:

$$V = C\sqrt{RI} \approx C\sqrt{hI}, \quad (17.4)$$

де:  $C$  — швидкісний коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта шорсткості  $n$ , за формулою Н.Н. Павловського  $C=(l/n)R^y$ , де  $y=1,3\sqrt{n}$  при  $R>1$  м й  $y=1,5\sqrt{n}$  при  $R<1$  м;  $R$  — гідравлічний радіус, що у цьому випадку приблизно дорівнює товщині шару води  $h$ ;  $I$  — ухил поверхні.

**Швидкість течії води в транспортуючих каналах збирачах має бути не більшою 0,2-0,4 м/с.** Підвищити швидкість руху води для скорочення терміну її відводу або збільшення відстаней між каналами можна тільки за рахунок збільшення ухилу і зменшення шорсткості поверхні ґрунту.

Лійкам додають ухил убік каналу за рахунок зміни їхньої глибини. Глибину лійок з зовнішньої сторони кавальєру приймають 0-10 см, у брівки каналу — до 0,8-1,0 м, ширину їх на дні — 0,2-0,5 м, закладення укосів — 0,5-1,0 м.

Балки — розпластані канали глибиною 0,3—0,6 м з коефіцієнтом укосів 5,6. Балки служать для відводу поверхневих вод. Їх застосовують в умовах поверхневого заболочування на важких, погано водопроникних ґрунтах.

**Заплавні болота й заболочені землі часто осушують одиночними глибокими (більше 1,5-2,0 м) каналами. У порівнянні з дрібною осушувальною мережею вони мають такі переваги:** завдяки великій пропускній спроможності забезпечують своєчасний відвід поверхневих вод і необхідне зниження ґрунтових вод до початку посівного періоду; великі відстані між каналами покращують умови механізації сільськогосподарських робіт на осушувальній території; облаштування рідкої мережі глибоких каналів дешевше будівництва дрібних й частих осушувачів; значне зниження рівня ґрунтової води восени, взимку й ранньою весною сприяє інтенсивному розкладу торфу, що покращує водний і повітряний режими ґрунту.

**Недолік глибоких каналів** — нерівномірне й значне зниження ґрунтових вод в період вегетації рослин, що може викликати в посушливі роки пересушення болотних земель.

**Гідравлічний розрахунок** виконують для усіх каналів з площею водозбору більше 500 га, а також для каналів, ухил місцевості вздовж яких перевищує 0,0015 на піщаних ґрунтах, 0,003 – на суглинкових, 0,005 – на глинистих, при будь-якій площі водозбору. Необхідні величини вираховують за формулами рівномірного руху води в наступних створах: в усті каналу, вище й нижче впадіння кожного гідравлічно розрахованого каналу; при зміні перелому ухилу (для обох ухилів; на ділянках з постійним ухилом при зміні площі водозбору більше ніж на 20 %).

Якщо проєктований осушувальний канал проходить у торфі, його глибину збільшують на значення осідання торфу. Приблизно осідання можна прийняти (% глибини каналу) для щільного торфу 10-15 см, середньої щільності – 15-20, пухкого – 25-40 см.

**На відкритій осушувальній мережі влаштовують наступні споруди:**

перепади й швидкотоки – при значних перепадах місцевості вздовж каналу;

мости – на каналах з максимальною витратою води більше 2,5 м/с. Їх виконують з дерева або залізобетонних конструкцій. Ширину моста визначають із умов проїзду сільськогосподарської техніки;

труби-переїзди – на каналах з максимальною витратою води менше 2,5 м/с. Їх діаметр має бути 0,4-1,3 м;

шлюзи регулятори – для тимчасового перекриття каналу й для підйому рівня води в ньому.

### 17.3. Кротовий дренаж

**Кротовим дренажем** називають незакріплені підземні ходи, утворені довгостроково діючими кротовими (земляними) дренами, що служать для видалення надлишкової гравітаційної вологи за межі осушуваної території. Кротові дрени мають діаметр 5-10 см у мінеральних і 10-20 см у торф'яних ґрунтах і глибину 0,7-1,0 м. Кротовим дренам надається необхідний ухил (0,003—0,005) для самопливного скидання гравітаційної вологи в матеріальну дрена (у випадку комбінованого дренажу) або в колектор. Кротовий дренаж влаштовують у таких мінеральних (суглинкових і глинистих) або торф'яних ґрунтах, де їхня ефективна дія зберігається протягом 3—4 років і більше.

**Кротовий дренаж** — один з найбільш старих способів осушення ґрунтів закритим дренажем. Перший патент на кротовий плуг був виданий в Англії в 1797 р. Кротовий дренаж — економічний спосіб осушення заболочених і болотних ґрунтів. Однак доцільність його застосування строго обмежена ґрунтово-генетичними умовами масиву осушення. У сполученні з закритим гончарним дренажем або як самостійний спосіб осушення кротовий дренаж знайшов широке поширення в Англії, де він з успіхом застосовується вже біля двохсот років (Nicolson, 1934), а також у меліоративній практиці інших країн. У Росії була показана висока ефективність кротового дренажу не тільки в осушенні, але й у боротьбі з засоленням, анаеробіозом і іншими несприятливими явищами.

**Дренажна фреза Мекінга** формує дренаж на глибині 0,8-1,6 м. Вона вирізує в органогенному ґрунті прямокутні дрени висотою 20 см і шириною 15 см. Фреза навішується на гусеничний трактор з тиском на ґрунт менше  $0,1 \text{ кг/см}^2$ . Таким чином, використання фрези Мекінга виключає можливість ущільнення пористого торф'яного ґрунту при будівництві.

### **Контрольні питання**

1. Які принципи дії регулюючої мережі при атмосферному типі водного живлення? 2. Які вимоги пред'являють до відкритих каналів? Як вода поступає до відкритої й закритої осушувальної мережі? 3. За яким принципом вибирається глибина каналів різного порядку? 4. Що Ви знаєте про кротовий дренаж? Де його влаштовують?

## Розділ 18

### РЕГУЛЮЮЧА МЕРЕЖА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД

При ґрунтовому й ґрунтово-напірному живленні основним завданням осушувальної мережі є пониження рівня ґрунтових вод на глибину, рівну нормі осушення.

#### 18.1. Закрита регулююча мережа різних конструкцій та матеріалів

При ґрунтовому й ґрунтово-напірному ТВЖ підземні води відводять в провідну мережу за допомогою *дрен* розміщених у підґрунтовому шарі. *Дрени бувають* з закріпленими стінками й вільною порожниною (керамічні, пластмасові, дерев'яні), з незакріпленими стінками й вільною порожниною (кротові, щілинні), з незакріпленими стінками й заповненою порожниною (фашинні, жердяні, кам'яні) й ін. (рис. 18.1).

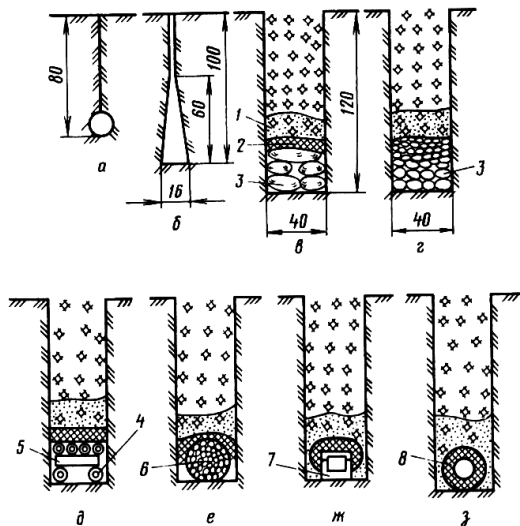


Рис. 18.1. Конструкції закритих дренажів, розміри в см:  
 а – кротовий; б – щілинний; в – з кам'яних плит; г – з кам'яного накиду; д – жердяний; е – фашинний; ж – дощатий; з – керамічний або пластмасовий;  
 1 – гумусований шар; 2 – захисний фільтруючий матеріал; 3 – каміння; 4 – жердини; 5 – дерев'яні прокладки; 6 – фашина; 7 – труба із дощок; 8 – керамічна або пластмасова дрена.

Дрени з закріпленими стінками більш довговічні, їх розміщують за поперечною схемою – паралельно або під гострим кутом до гідроізопіс. Поздовжню схему використовують при ухилі поверхні ( $i \leq 0,0005$ ). Дрени мають бути з штучним ухилом, тому їх глибина збільшується від витоків до устя.

**Гончарний (матеріальний) дренаж** будують з окремих коротких керамічних труб, укладаючи їх в одну лінію в притик одну до іншої. Довжина однієї труби — 33 см. У перетині труби круглі або шестигранні (рис. 18.2). Вода надходить у дренажну лінію через стики між окремими трубами. Зазор між трубами повинен бути 1,0-1,5 мм. На зовнішній стороні гончарної дрени часто влаштовують жолоби, що прискорюють протік води до стику дренажних труб. Промисловість виготовляє гончарні труби з внутрішнім діаметром 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20 см і більше. Труби діаметром 5 й 7,5 см, як правило, використовують для будівництва закритих дренажних осушувачів. Труби великого діаметра застосовують для закритих колекторів різного порядку.

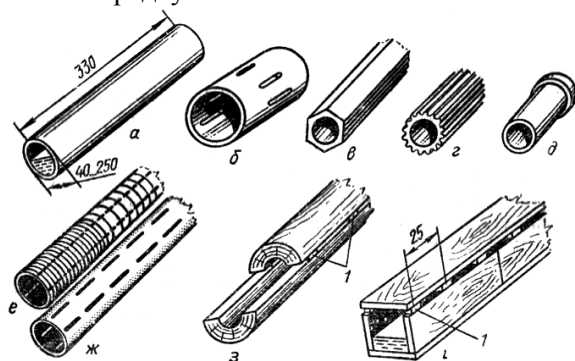


Рис. 18.2. Конструкції дренажних труб:

гончарні: а — круглі; б — для щілювання; в — шестигранні; з — рифлені; д — розтрубні. Пластмасові: е - гофровані; ж — гладкостінні. Дерев'яні: з — жолобкові; і — дощаті; л — прокладки.

Довжина дренажних ліній 150-200 м; вони мають ухил, рівний 0,002—0,004, іноді більше, але не понад 0,01. Для захисту від замулення стики покривають склотканиною, мохом, синтетичними нетканими матеріалами й ін. Швидкість руху води в дрени має змінюватися в інтервалі від 0,25 до 1 м/с, щоб не замулювати й не розмивати її. При великих швидкостях можливий розмив ґрунту в стиках дренажних труб.

Відстань між закритими гончарними дренами часто приймають у залежності від гранулометричного складу ґрунтів (табл. 18.1).

Таблиця 18.1. Оптимальна відстань між гончарними дренами на мінеральних ґрунтах України (за Коробченко С.М., 1985)

Уміст часток ґрунту діаметром менше 0,05 мм, %	Розрахункова відстань, м при ухилах місцевості		
	< 0,005	0,005-0,03	> 0,03
100-80	10-13	11-14	15-20
80-60	13-15	14-16	20-22
60-40	15-18	16-20	22-27
40-30	18-20	20-22	27-30
30-20	20-23	22-25	30-34
20-10	23-25	25-27	34-37
10-0	25-30	27-33	37-45

На торфовищах товщиною більше 0,6 м, що підстиляються мінеральними ґрунтами відстань між закритими дренами приймають у відповідності до табл. 18.2.

Таблиця 18.2. Відстань між дренами на торфовищах (за Коробченко С.М., 1985)

Товщина шару торфу, м	Відстань між дренами на болотах, м при ступені розкладу торфу, %			
	> 40	< 40	> 40	< 40
	деревного й очеретяного торфу нема		деревний і очеретяний торф присутній	
Торфовища, що підстиляються водонепроникними ґрунтами				
0,6-0,9	20	21-22	23	24-25
0,9-1,2	20	23-24	25	26-27
1,2-1,5	24	25-26	27	28-29
Торфовища, що підстиляються водонепроникними ґрунтами				
0,6-0,9	24	25-26	27	28-29
0,9-1,2	26	27-28	29	30-31
1,2-1,5	28	29-30	31	32-33
> 1,5	30	31-32	33	34-35

Будівництво горизонтального трубчастого дренажу виконують за допомогою дренаукладачів. Ці машини поділяються на траншейні, вузькотраншейні й безтраншейні дренаукладачі. Для устрою дренажу траншейним або вузькотраншейним способом застосовують траншеєкопачі з активними робочими органами. Безтраншейні

дреноукладачі мають долотоподібний ніж-щілеріз. Ці машини використовують для будівництва безтраншейного пластмасового дренажу.

Найбільш широке поширення одержали траншейні й у меншій мері вузько-траншейні машини. Вони здатні створювати прямокутні траншеї шириною відповідно 50 й 30 (25) см. Найбільш розповсюдженим є траншейний екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-202. З його допомогою створюють дренажну траншею глибиною до 1,4 (частіше 0,8—1,2) і шириною 0,5 м, на дно якої укладають дренажні труби і формують дренажні лінії.

У кам'янистих ґрунтах (каменів у метровій товщі більше 1%) дренажні траншеї створюють за допомогою одноковшевих екскаваторів. Стики труб незалежно від виду дренажних труб захищають від замулення мохом, склотканиною й іншими добре фільтруючими матеріалами. На рис. 18.3 показане сполучення гончарної дрени з трубою колектора (з'єднання в наклад).

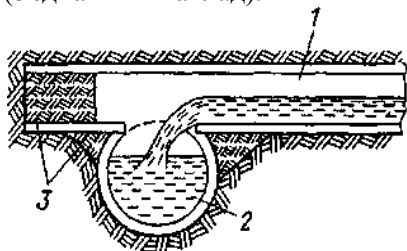


Рис. 18.3. Сполучення керамічної дрени (1) з колектором (2) в наклад; глиняний замок (3)

**Застосування закритого гончарного дренажу підвищує** КЗВ, знижує витрати на експлуатацію, поліпшує умови взаємодії значних мас води з ґрунтом, ведення сільськогосподарських робіт, підсилює ріст і розвиток культур. **Закритий гончарний дренаж має й недоліки:** по-перше, будівництво цього виду дренажу зв'язано з застосуванням ручної праці при укладанні труб; по-друге, на поверхню ґрунту витягають малородючі горизонти, що після завершення будівництва частково залишаються в орному шарі.

**Пластмасовий дренаж** — новий вид дренажу, що ввійшов у широку практику меліоративного будівництва в 1970-1980 р. Пластмасові дренажні труби виготовляють з перфорованих полівінілхлоридних і поліетиленових труб довжиною 200-250 м. Пластмасові труби роблять гофрованими, що додає їм високу

міцність (рис. 18.4). Гофровані труби випускають із зовнішніми діаметрами 50, 63, 75 мм і більше. Товщина стінок труб 0,8-1,2 мм. Труби перфоровані, діаметр водоприймальних отворів 1,6 мм, на одному метрі довжини труби нараховується 750-1000 отворів із сумарною площею 9-20  $\text{см}^2$  на один метр довжини. Ці труби поставляють у бухтах масою 32-42 кг. Гладкостінні труби з зовнішнім діаметром 40-75 мм мають товщину стінок 1,4-2 мм, маса одного метра труби 0,21-0,49 кг. Труби діаметром 40 мм випускають у бухтах довжиною 200 м, інші у відрізках довжиною 5 м. Труби перфоровані рівнобіжними щілинами шириною 0,8 мм, довжиною 20 мм із кроком 60 мм у 6 рядів. На один метр довжини приходить 100 отворів із сумарною площею 14  $\text{см}^2$ .

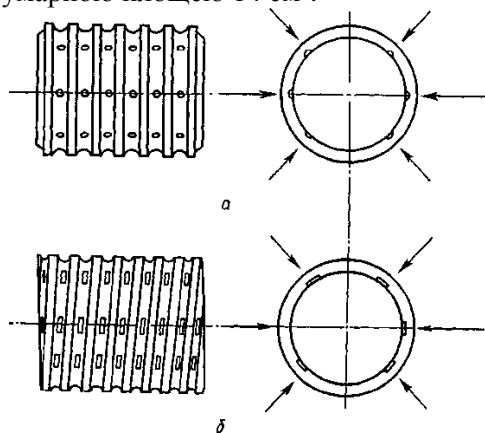


Рис. 18.4. Пластмасові дрени. Гофровані пластмасові дренажні труби:

*а* — труба з кільцевими замкнутими гофрами і круглими отворами в западинах; *б* — із гвинтовими гофрами і щілинами в западинах

Вода надходить у трубу через отвори (перфорацію) діаметром 1-2 мм або через короткі подовжні щілини (1-1,5 см) такої ж ширини. Перфорація в цілому виконується на 10-12% загальної поверхні пластмасової труби, тому труба може прийняти значно більшу кількість води, ніж гончарна. Такі труби в ґрунті мають високу стійкість до біологічного, механічного й хімічного впливу.

Найбільш розповсюдженим є безтраншейний спосіб укладання пластмасових труб. Дреноукладальник (МД-4, МД-12; рис. 18.5), змонтований на тракторі Т-130, за допомогою ножа формує щілину необхідної глибини (100-130 см) й ширини (8—20 см), у яку



вводиться підключена до гончарного колектора пластмасова перфорована труба (дрена).

**Захист отворів пластмасових труб роблять за допомогою фільтрів зі склотканини і об'ємних дренажних фільтрів.** Об'ємні дренажні фільтри виготовляють з відходів текстильного виробництва, житньої соломи, волокнистого торфу, волокон кокосового горіха й інших матеріалів. Об'ємні фільтри не тільки захищають пластмасову дрена від замулення, але поліпшують і підсилюють притік води.

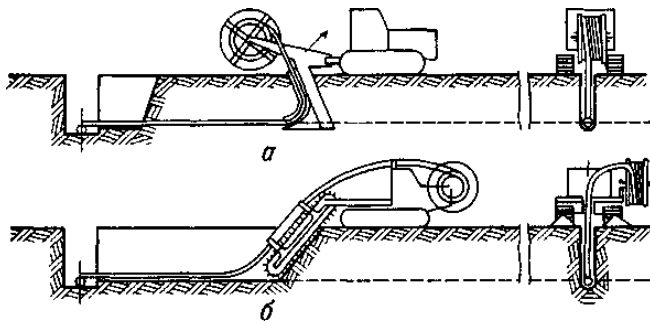


Рис. 18.5. Схема технології укладання пластмасових дренажних труб при будівництві закритої мережі: а — безтраншейним способом; б — вузькотраншейним способом.

**Безсумнівною перевагою закритого безтраншейного пластмасового дренажу є:** 1) висока продуктивність праці при його будівництві (у 2—5 разів вища, ніж при будівництві гончарного дренажу); 2) безперервність укладання, що виключає можливі дефекти будівництва, зв'язані зі зсувом окремих ланок дренажних ліній, і практично повне усунення ручної праці; 3) мінімальне порушення будови ґрунтового профілю, виконання меліоративного будівництва без виносу на поверхню неродючих горизонтів ґрунтів і ґрунтоутворюючих порід. **В порівнянні з іншими видами безтраншейний пластмасовий дренаж є екологічно найбільш доцільним.**

**Пластмасовий дренаж має й недоліки.** Він значно легше, ніж гончарний, дерев'яний і інші види закритого дренажу, піддається закупорці гідроокисом заліза. При його застосуванні у важких ґрунтах особливо актуальна задача забезпечення гідравлічного зв'язку орного горизонту з дренажною трубою за допомогою

траншейних фільтрів зі стабільних, добре фільтруючих матеріалів — щебеню, гравію, шлаку, керамзиту й ін. Пластмасовий дренаж поки дорожчий гончарного.

**Дерев'яний дренаж** застосовують у практиці осушення дуже рідко, тому що його будівництво можливе при використанні ручної праці. Проте у певних випадках (при осушенні торфовищ, що дають значне осідання; при значному надлишку деревини) при застосуванні дерев'яного дренажу можна досягнути необхідного ефекту (див. рис. 18.1, д-ж). **Використовують наступні види дерев'яного дренажу: трубчастий, фашинний, жердяний.** Деревні матеріали перед укладанням просочують антисептиками. У торф'яних ґрунтах він зберігається і працює протягом 40-50 років, у мінеральних — до 15 років.

**Трубчастий дерев'яний дренаж може бути двох видів:** з дощок і колод.

З дощок товщиною 1-2 і шириною 7-15 см, що збиваються у вигляді труби прямокутного або трикутного перетину на всю довжину дрени. Дощки за довжиною труби з'єднують в перев'язку, у такий спосіб створюється стабільна дрена. Вода проникає в трубу через щілини між дошками. Ухил такої дрени — 0,001-0,05, швидкість течії — від 0,2 до 3,5 м/с. Довжина дрени — 200—250 м. Дерев'яна дрена монтується на поверхні й потім укладається в траншею. Такі дрени легко замінюються, стабільно діють при деформації осушуваної торф'яної товщі, з успіхом працюють на могутніх торф'яних покладах. Іноді застосовують трубчастий дерев'яний дренаж трикутного перетину. **Трубчастий дерев'яний дренаж виготовляють з колод, розпиляних навпіл.** З кожної половини колоди фрезою видаляють середину, потім накладають одну половину на іншу і скріплюють їх дротом або цвяхами.

**Фашинний дренаж** (див. рис. 18.1, е) виготовляють зі свіжо зрубаного хмизу верби, вільхи, берези товщиною 2-6 см в окоренковій частині. З цього хмизу поступово нарощуванням в'яжуть на місці фашини — хворостяні канати довжиною (100-150 м) діаметром 20-30 см, що укладаються на козли або на поперечини по одній або дві-три. Фашини не бояться осідання ґрунту, але швидко замулюються, працюють при ухилах 0,003-0,005, у мінеральних ґрунтах служать 12—15, у торф'яних 15—20 років. Устя фашинної дрени впадає у відкритий канал і кріпиться дерев'яною трубою.

**Жердяний дренаж** (див. рис. 18.1, д) виконують з жердин

товщиною (6-8 см) хвойних порід. Жердини зв'язують у пучки діаметром 25—30 см і укладають на стелажі з обох боків з ухилом 0,003-0,008. Зверху жердини також перекривають обабочом.

**Кам'яний дренаж** (див. рис. 18.1, в, г) улаштовують на щільних мінеральних ґрунтах, що виключають осідання кам'яної дрени. Кам'яна дрена складається з каменю без цементного розчину. Ці дрени мало замулюються, міцні, не бояться морозу.

## 18.2. Щілинний дренаж

**Щілинний дренаж** (див. рис. 18.1, б) використовують для осушення торф'яних ґрунтів. З цією метою застосовують дренажно-гвинтові, щілинорізні й дисково-фрезерні машини. Дискова фреза машини вирізує в шарі торфу дрена трикутної форми глибиною до 0,9, шириною на дні 16 й зверху 4 см. Довжина щілинних дрена до 200-300, міждренні відстані 10-15 м (рис. 18.6). Подовжена трикутна форма щілини при роботі дискової щілинорізної машини виникає в результаті значної вібрації периферичної частини дискової пилки (амплітуда коливань близько 14-16 см). Дискові щілинорізні машини ефективні при будівництві щілинного дренажу в торфях, збагачених похованою деревиною.

Щілинна дрена працює 4—6 років, потім їх нарізують повторно. Істотним недоліком щілинних дрена, нарізаних дренажно-дисковою машиною, є, швидке руйнування їхньої верхньої частини, а також попадання рясної торф'яної крихти в порожнини щілин.

Цей недолік удалося перебороти після того, як була принципово змінена технологія нарізки щілин. З цією метою А.Т. Рижаківим, С.П. Войтюком і ін. (1985) для створення щілинного дренажу був запропонований інший стаціонарний робочий орган. Він дозволяв не тільки вирізувати в товщі торфу прямокутну подовжену щілину, але й одночасно перекривати її зверху шаром монолітного торфу потужністю 40-60 см. При цьому маса торфу, що раніше заповнювала обсяг щілини, витягалася на поверхню ґрунтів. Це істотно скорочувало залишкові деформації стінок щілини.

Перекриття щілини шаром монолітного торфу виключає надходження торф'яної крихти при обробці в порожнину щілини, її засмічення й вихід з ладу. Щілинний дренаж у цьому випадку

зкладають на глибину 1,2 м з міжщільними відстанями 8-10 м. Ширина щільної дрени — 0,16 м.

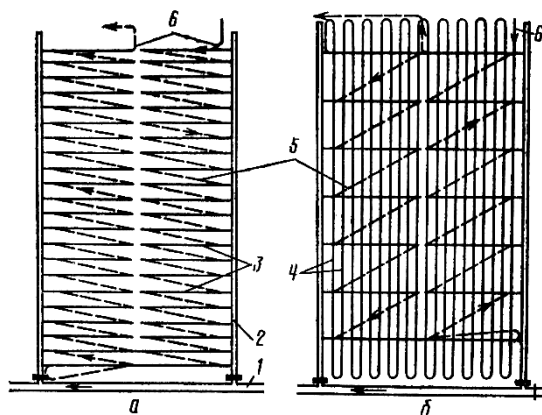


Рис. 18.6. Схема щільного дренажу і послідовність будівництва дрена:

*а* – поперечний дренаж; *б* – перехресний щільний дренаж; 1 – магістральний канал; 2 – відкритий колектор; 3 – щільна поперечна дрена; 4 – щільна поздовжня дрена; 5 – шлях руху при нарізанні дрена; 6 – початок і кінець роботи трактора при будівництві дрена.

### 18.3. Вертикальний дренаж. Розвантажувальні свердловини

**Вертикальний дренаж** (рис. 18.7) — система свердловин для осушення земель, воду з якої відкачують насосами з зануреними електродвигунами. В залежності від розташування свердловин на осушуваній території розрізняють систематичний (свердловини розташовані рівномірно на площі) й лінійний дренаж. Останній застосовують для перехоплення потоків ґрунтових вод. Воду, що відкачують із свердловин відводять відкритими каналами або трубопроводами в магістральні канали й водоприймачі.

Конструкція свердловин вертикального дренажу залежить від ґрунтів і гідрогеологічних умов: фільтри свердловин розміщують у межах водоносного шару, довжина їх повинна бути не менше 10 м. Найбільш ефективні фільтри з гравійно-піщаною засипкою. Глибина свердловин до 20-50 м. Діаметр фільтрів 30-40 см, товщина обсіпання 10 см і більше. Приплив води до свердловин тим більший, чим більший діаметр фільтра.

До складу конструкцій вертикального дренажу ще входять трансформаторна підстанція, лінія електропередач, пускова апаратура і засоби автоматики. Робота вертикального дренажу легко піддається автоматизації. При підйомі ґрунтових вод включаються насоси, при опусканні їхніх рівнів до норм осушення вони виключаються. Вода з свердловин акумулюється в ставках, у посушливі періоди її використовують на зрошення. Економічна ефективність вертикального дренажу залежить в основному від конструкції свердловин, їхніх глибин, характеру використання викачаних вод і землі. Основним показником застосування вертикального дренажу є водопровідність водоносного шару, з якого відбирають воду. Провідність  $T = Kt$ , де  $K$  - коефіцієнт фільтрації ґрунту;  $t$  — потужність (товщина) водоносного шару. Вертикальний дренаж застосовуємо при  $T > 200-300 \text{ м}^2/\text{доб}$  при осушенні боліт. У сприятливих умовах одна свердловина забезпечує дебіт до  $180-150 \text{ м}^3/\text{год.}$  і осушує до  $80-100 \text{ га.}$

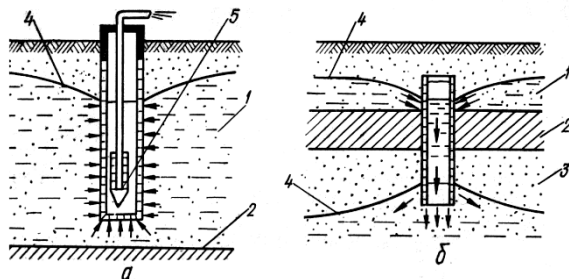


Рис. 18.7. Схеми роботи вертикального дренажу:

*а* — з відкачуванням води; *б* — поглинання води; 1 — осушуваний водоносний шар; 2 — водоупор; 3 — поглинальний водоносний горизонт; 4 — рівень ґрунтових вод другий; 5 — насос.

#### 18.4. Час, норма, глибина осушення й міждренні відстані

*Термін, за який дренажна система відводить надлишкову гравітаційну вологу з поверхні ґрунту й основної товщі кореневмісних горизонтів, називається часом осушення* (Зайдельман Ф.Р., 2003). У практиці проектування осушувальних систем прийняті наступні нормативи, що регламентують допустимі терміни затоплення ґрунтів (табл. 18.3).

Таблиця 18.3. Допустимі терміни затоплення поверхні й орного горизонту осушених ґрунтів при зниженні врожаю не більше 10%, діб (Зайдельман, 2003)

Культури	Поверхня ґрунту	Орний шар товщиною 0,3 м
Зернові	0,5	1-2
Овочеві	0,8	1-1,5
Трави	1-1,5	2-3

У заплавах, затоплюваних у весняний період водами, збагаченими киснем, лучні природні трави мають більш високу стійкість до надлишкового зволоження (табл. 18.4).

Таблиця 18.4 Стійкість до весняного затоплення лучних природних трав у заплавах, (Ф.Б. Елліс, 1955)

Трави	Термін	Трави	Термін
Буркун білий	9-12	Пирій дрібноквітковий	31-35
Люцерна середня	10-14	Вівсяниця лучна	24
Житняк гребінчастий	10-17	Тимофіївка лучна	49
Багаття безосте	24-28	Канаркова трава очеретяна	49

**Нормою осушення** називають найбільш сприятливе положення рівня ґрунтових вод на осушувальній системі для росту й розвитку сільськогосподарських рослин і польових робіт. Норма осушення — величина динамічна й обумовлена перш за все екологічними особливостями вирощуваної культури й динамікою її розвитку. Вона повинна відповідати здатності рослини вільно розвивати кореневу систему у різні фази вегетації (табл. 18.5). Норма осушення залежить від властивостей ґрунтів і повинна забезпечувати формування зони, вільної від надлишкового зволоження, у якій повітряна пористість вище шару капілярно-замкнутої води перевищує 8-10%. Тому при ґрунтовому заболоченні для створення кореневмісного шару рівні ґрунтових вод повинні бути тим глибші, чим важчий гранулометричний склад ґрунту.

З двох найважливіших параметрів осушувальних систем — глибини закладення Н й *міждренних (міжканалъних) відстаней E* — найбільшим змінам піддаються значення відстаней між

осушувачами (відкритими й закритими). Глибина закладення регулюючих осушувачів варіює в обмеженому інтервалі (1-1,5 м).

Таблиця 18.5. Норми осушення ґрунтів низинних боліт («Меліорація», енциклопедичний словник, 1984), см

Культури	Передпосівний період (середній за квітень)	Оптимальні у вегетаційний період (при завершенні основного наростання кореневої системи рослин)	
		торф'яні ґрунти* (T < 80 см)	торф'яні ґрунти (T > 80 см)
<b>Лучні трави:</b> конюшино-злакова травосуміш на сіно; культурні пасовища			
	35-40	60-70	80-85
	50-60	70-80	85-95
<b>Зернові:</b> овес, озимі зернові, ячмінь і яра пшениця			
	50	70-80	90-100
	60		
		80-90	100-110
<b>Просапні й овочеві:</b> картопля, цукровий буряк, кукурудза, соняшник, огірки, кормові коренеплоди, капуста, морква, тютюн			
	60-70	90-100	110-130
<b>Технічні:</b> коноплі	70	100-110	120-130

\* T— потужність органогенних горизонтів торф'яних ґрунтів.

*Діапазон коливань міждренних відстаней змінюється* в широкому інтервалі — від 8 до 12 м (у важких слабо водопроникних ґрунтах) до 20-40 м і більше у легких добре водопроникних ґрунтах.

Другим важливим фізичним критерієм є водовіддача ґрунтів, виражена в розрахункових формулах у вигляді коефіцієнта водовіддачі, модуля дренажного стоку або частки опадів, що формують дренажний стік.

*Способи визначення міждренних відстаней.* В даний час відомо безліч формул розрахунку міждренних відстаней за гідрофізичними властивостями ґрунтів. Як правило, усі вони відбивають зв'язок цього параметра з коефіцієнтами фільтрації й водовіддачі ґрунтів. Вони мають наступний вигляд:

$$E = A \sqrt{(K_f/K\sigma)}, \quad (18.1)$$

де:  $E$  — міждренна відстань;  $A$  — цифровий показник;  $K\phi$ ,  $K\sigma$  — відповідно коефіцієнти фільтрації й водовіддачі.

Для розрахунку міждренних (міжканальних) відстаней в однорідних за гранулометричним складом ґрунтах і породах при ґрунтовому заболоченні використовують наступну формулу А.Н. Костякова:

$$E = 2 \cdot \sqrt{(K\phi \cdot T \cdot h_1 \cdot h_2) / [\phi \cdot \sigma \cdot (h_1 \cdot h_2)]}, \quad (18.2)$$

де:  $E$  — відстань між дренами;  $K\phi$  — коефіцієнт фільтрації, м/доб;  $h_1$  — стріла прогину депресійної кривої на момент часу  $t_1$ , м;  $h_2$  — стріла прогину депресивної кривої на момент часу  $t_2$ , м;  $T$  — час (діб.), що пройшов з моменту  $t_1$  до моменту  $t_2$ , протягом якого відбулося зниження рівня ґрунтових вод на величину  $h_1 - h_2$ ;  $\phi$  — коефіцієнт, що характеризує форму депресивної кривої.

Коефіцієнт водовіддачі:

$$\sigma = (e - D) / 100, \quad (18.3)$$

де:  $e$  — загальна пористість;  $D$  — динамічна (капілярна) вологоємність, %.

Формула А.Н. Костякова запропонована для визначення  $E$  в умовах несталого положення депресивної кривої, у легких ґрунтах із заболочуванням ґрунтовими водами.

Для розрахунку міждренних відстаней в умовах поверхневого заболочення у випадку залягання дрена на водоупорі застосовують формулу Я. Роте. Формула виведена з умов стабільного положення кривої депресії; залягання дрена на водоупорі; повного спрацювання гравітаційної води над дренаю (рис. 18.8):

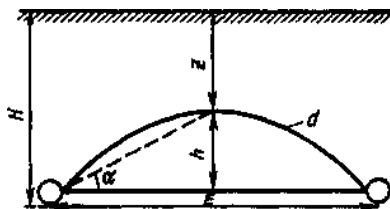


Рис. 18.8. Розрахункова схема визначення міждренної відстані за формулою Роте:  $E$  — міждренна відстань;  $H$  — глибина дрена;  $z$  — норма осушення;  $h$  — стріла прогину;  $d$  — депресійна крива і її кут  $\alpha$ .

$$E = 2h \sqrt{(K\phi / q)}, \quad (17.4)$$

де  $E$  — міждренна відстань, м;  $h$  — напір над дренаю (або стріла прогину), м;  $K\phi$  — коефіцієнт фільтрації, м/с;  $q$  — питома витрата води, тобто обсяг стоку з 1 м<sup>2</sup> поверхні в 1 с.



Оскільки  $L = H - z$ , де  $H$  — глибина дрени;  $z$  — норма осушення (м), формулу Роте можна записати так:

$$E = 2(H - z) \sqrt{(K\phi/q)}, \quad (18.5)$$

### 18.5. Осідання болотних ґрунтів при осушенні

Осушення боліт супроводжується осіданням торфуги. Торф'яні ґрунти мають величезну пористість (80—93%). Пори торфуги майже цілком заповнені водою, що є своєрідним каркасом, який підтримує ці органічні ґрунти в природному стані. Видалення каркасу при осушенні викликає негайне осідання торфуги. При цьому відбувається консолідація торф'яного покладу, зменшення його пористості, скорочення числа й розміру великих пор, водопроникності, збільшується уміст сухої речовини в одиниці об'єму. Х. Зегеберґ (1960) рекомендує визначати осадження торфуги в результаті осушення за формулою:

$$S = a (0,08T + 0,066), \quad (18.6)$$

де  $S$  — осадження торфуги, м;  $T$  — потужність торфуги, м;  $a$  — фактор щільності шару торфуги, що визначають аналітично за масою сухої речовини в одиниці об'єму ґрунту.

Основні параметри осідання для торф'яних ґрунтів приведені в табл. 18.6.

Таблиця 18.6. Розрахунок осідання торфуги після осушення

Оцінювання осушення в натурі	Відносна щільність торфуги	Маса сухої речовини в од. об'єму, %	Фактор, $a$	Формула розрахунку осадження торфуги за Зегеберґом
Не відбулося	майже плаває	< 3	4,0	$S = 0,32 T + 0,26$
Дуже незначне	пухкий	3-5	2,8	$S = 0,22 T + 0,18$
Незначне помірно	у значній мірі пухкий	5-7,5	2,0	$S = 0,16 T + 0,13$
Помірно гарне	у значній мірі щільний	7,5-12	1,4	$S = 0,11 T + 0,10$
Інтенсивне	щільний	> 12	1,0	$S = 0,08 T + 0,07$

Розрахунки, виконані на основі вихідних даних, показують, що при проектуванні осушувальних систем необхідно враховувати серйозні зміни потужності торф'яного покладу, що виявляються

особливо значними в шарі вище дрен (табл. 18.7). Необхідні виправлення при розрахунку глибини закладення каналів (дрен) виявляються дуже істотними (Еггельсманн, 1984).

Таблиця 18.7. Збільшення глибини закладення дрен на болотах у залежності від наступного ущільнення торф'яної товщі (Р. Еггельсманн, 1984), %

Відносна щільність злежалого торфу	Необхідна глибина дна після осадження, м					
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Щільний	10	12	14	16	18	20
Досить щільний	15	17	20	23	25	28
Досить пухкий	21	26	30	34	38	42
Пухкий	31	38	45	51	58	65
Майже плаває	Трубчастий дренаж не застосовують					

При використанні осушеного торфовища під орні угіддя відбувається зниження поверхні болота внаслідок окислювання й біохімічного розкладання торфу зі швидкістю 1—2 см/рік; в умовах субтропічного й тропічного клімату – 5-12 см/рік (Ф.Р. Зайдельман, 2003).

## 18.6. Закупорка дренажу гідрооксидом заліза.

### Заходи з ліквідації

**Розрізняють два найбільш розповсюджені випадки нагромадження заліза в дренажних трубах.** Якщо осадження вохри в дренах зв'язано з її випаданням із ґрунтових вод, то цей процес протікає відносно рівномірно й невиразно довго. На ґрунтах поверхневого заболочування інтенсивність вохроутворення істотно знижується в часі. Однак проходить ряд років, перш ніж зникає небезпека закупорки труб. Закупорку гончарних дрен у результаті нагромадження гідроокису заліза можна чекати в зонах виклинцювання ґрунтових вод з умістом заліза більше 6—12 мг/дм<sup>3</sup>. Часто загроза утворення пробок з гідроокису заліза відзначається при концентрації 12-15 мг/дм<sup>3</sup> і більше. Уміст заліза в ґрунтових водах не стабільний. Він підданий певній пульсації. Значення цього явища для меліоративних вишукувань дуже істотно, оскільки добір ґрунтових вод для діагностики можливої закупорки

дренажу гідроокисом заліза найбільш доцільний у періоди максимальної концентрації у воді цього елемента (Зайдельман Ф.Р., 2003).

**Найбільше інтенсивно гідроокис у трубах утворюється навесні.** Останнє пояснюється, імовірно, тим, що саме в цей період температура ґрунтових вод найбільш близька до температурного оптимуму залізобактерій.

З метою своєчасної профілактичної боротьби з цим явищем важливий всебічний аналіз природних умов об'єкта осушення й особливо його ґрунтового покриття. Небезпечні в цьому відношенні ґрунти заплавних терас, легкі ґрунти притерасних депресій і схилів з потужними ортзандовими й рудними горизонтами й у меншому ступені кислі суглинкові й глинисті ґрунти заплав поверхневого заболочування. У заплавних ґрунтах в дрени надходить велика доза закисного заліза, спостерігається випадання його в осад і утворення пробок, що виводять з ладу окремі секції або всю меліоративну мережу. Піщані й супіщані ґрунти підзолистого типу, заболочені слабомінералізованими ґрунтовими водами, що не мають у своєму профілі ортзандових і рудних прошарків, а також суглинкові й глинисті підзолисті ґрунти поверхневого заболочування не представляють загрози закупорювання дрена.

**Важливим профілактичним прийомом проти утворення пробок** є надання дренажним лініям ухилу (0,005-0,007), що забезпечує безупинний винос із труб гідрату окису заліза. **Послабляє надходження закисного заліза в дрени обкладання їх вапном**, що створює важко форсований цим елементом поріг при рН 7,7-8,2 (табл. 18.8).

Однак використання цього широко прийнятого прийому захисту дрена від закупорки оксидом заліза повинне виконуватися обережно й не застосовуватися в тих випадках, коли ґрунти заболочені сильно озалізненими ґрунтовими водами. Це обумовлено тим, що при обкладанні дрена вапном осадження гідроксиду заліза проходить у безпосередній близькості від дренажних ліній. У процесі його осадження навколо дрена утворюється залізна капсула, пори дренажного засипання колюматуються колоїдальною масою тривалентного заліза. Відбувається швидке зниження коефіцієнта фільтрації, падає притік води до дрена, зменшується дренажний стік. У результаті осадження оксиду заліза в порах карбонатного дрібнозему дренажного засипання погіршується робота осушувальної системи (Кунтце, 1985).

Таблиця 18.8. Профілактичні заходи щодо боротьби з закупоркою гончарного дренажу гідроокисом заліза при різній концентрації  $\text{Fe}^{2+}$  у ґрунтових водах (Ф.Р. Зайдельман, 1981)

Уміст $\text{Fe}^{2+}$ у ґрунтових водах, мг/дм <sup>3</sup>	Погроза закупорки дренажів гідроокисом заліза	Профілактичні заходи боротьби з закупоркою дренажів гідроокисом заліза*
<3	відсутня	1) не вимагаються
3-6	можлива закупорка перфорації дренажних пластмасових труб	2) застосування дренажних труб з інших матеріалів (гончарні, дерев'яні й інші труби)
6-12	можливе утворення залізистих пробок у дренажних неплас-масових трубах	3) збільшення ухилу дренажів до 0,005-0,007 і більше
12-25	можливо інтенсивне утворення залізистих пробок у дренажних трубах	4) збільшення ухилу дренажів до 0,005—0,007 і більш; інтенсивне вапнування й аерація ґрунтів (кротування, розпушування)
25-50	інтенсивне вохроутворення в дренажних трубах	5) ті ж заходи, що і для групи 4; крім того, доцільне застосування дренажів більшого діаметра (7,5-10 см). Використання іонів $\text{Si}^{2+}$ для придушення життєдіяльності залізобактерій
>50	інтенсивне вохроутворення в дренажних трубах; інтенсивне озалізнєння ґрунту	6) ті ж заходи, що і для групи 5; крім того, перехоплення потоку вод, що містять залізо системою відкритих ловчих каналів

\* Для всіх груп доцільне промивання замуленого і завохреного дренажу.

**Профілактичним заходом може служити також добавлення в дренажні води іонів міді, що придушують життєдіяльність залізобактерій.** Закупорка труб сповільнюється й у тому випадку, коли вільна циркуляція повітря й окислювання закису заліза ослаблені підтопленням гирлової частини дренажів. Однак доцільність широкого застосування в практиці дренажного будівництва цього прийому у певній мірі дискусійна. **Різко знижують надходження закисного заліза в дренажі заходи щодо загальної аерації ґрунтів. Особливо ефективний частий кротовий дренаж, кротування осушуваних ґрунтів, їх глибоке меліоративне розпушування.**

Одночасно зі збільшенням ухилу дренажів і іншими заходами в зонах поширення ґрунтових вод з особливо високою концентрацією

закисного заліза (50-80 мг/дм<sup>3</sup>) необхідне застосування дренажних труб більш великого діаметра (7,5—10,0 см), перехоплення сильно мінералізованих ґрунтових вод і їхній відвід за межі осушуваного масиву відкритими ловчими каналами.

Сформовані уявлення про необхідний комплекс профілактичних заходів щодо боротьби з закупоркою дренажу гідроокисом заліза при різних концентрації Fe<sup>2+</sup> у ґрунтових водах для гончарного дренажу приведені в табл. 13.5. Дня оцінки загрози закупорки пластмасового дренажу можуть бути використані рекомендації, приведені в табл. 18.9.

Таблиця 18.9. Небезпека відкладення вохри в пластмасових дренах у залежності від умісту в ґрунтових водах двовалентного заліза й величини рН (Х. Кунтце, 1985)

Уміст Fe <sup>2+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		Загроза утворення вохри в дренах
кисла реакція (рН < 7)	лужна реакція (рН > 7)	
<0,5	< 1,0	малоймовірна
0,5-1,0	1,0-3,0	незначна
1,0-3,0	3,0-6,0	середня
3,0-6,0	6,0-9,0	велика
>6,0	> 9,0	дуже велика

**Промивання замулених дренажів.** Закупорка дренажу оксидом заліза або його замулення можуть викликати вихід з ладу окремих секцій осушувальних систем або усієї системи. Це явище приносить значні збитки. Для усунення закупорки дренажу в останні роки в нашій країні й за рубежом освоєні й широко застосовуються дренапромивні апарати, що забезпечують промивання дренажів водою під напором. Шланги дренапромивного апарата мають невеликий діаметр (20 мм), на кінцях яких закріплені промивні загострені наконечники. Під дією реактивної сили наконечник дренапромивного апарата просувається вперед в отвір дренажної труби, затягуючи шланг у дренаж. Промивання відбувається під високим тиском. У промивному наконечнику встановлені променеподібно розташовані насадки, з яких вода надходить назад або під невеликим ухилом убік, викликаючи руйнування мулистих і оксидних пробок. За один прийом може бути очищений відрізок

дрени довжиною 100-200 м. При промиванні видаляються злежалі у дренах мул, а також гідроокисні скупчення зі стиків гончарних дрена і з перфорацією пластмасових труб. Іноді оксид заліза виявляється настільки щільно зцементованим, що не піддається руйнуванню при промиванні. У цьому випадку відомий успішний досвід промивання дрена сірчаною кислотою. Однак цей прийом не одержав значного поширення в зв'язку з тим, що впливає на навколишню природне середовище.

#### Контрольні питання

1. Що являє собою осушувальна система? Перерахуйте її складові елементи і вимоги до них. 2. Які вимоги пред'являють до відкритих каналів? Як вода поступає до відкритої й закритої осушувальної мережі? 3. Охарактеризуйте види осушувальних систем і методи зниження рівня ґрунтових вод. 4. Дайте класифікацію видам дренажу. Чим вони відрізняються між собою? 5. За якими формулами визначаються міждренні відстані? 6. Що Ви знаєте про осадження торф'яних ґрунтів при осушенні? 7. Як ліквідують закупорку гончарного й пластмасового дренажу гідрооксидом заліза?

Розділ 19

**ПРОВІДНА Й ОГОРОДЖУВАЛЬНА МЕРЕЖА.  
ДОРОГИ Й СПОРУДИ**

**19.1. Огороджувальна мережа**

*Призначення огороджувальної мережі* — захист осушуваної території від надходження ззовні поверхневих і ґрунтових вод.

*Огороджувальну мережу проектують* тільки уздовж границь осушуваної території, з боку яких можливе надходження поверхневих або ґрунтових вод.

*Основні елементи огороджувальної мережі* — нагорні канали, ловчі канали (дрени) й дамби.

*Нагорні канали* розташовують уздовж верхівкової границі осушуваної території для перехоплення поверхневого стоку, що надходить з водозбору. У плані ці канали можуть бути *суцільними* й *переривчастими*. *Суцільні нагорні канали застосовують* на рівних нерозчленованих схилах при розораному водозборі, при небезпеці замулення каналів продуктами водної ерозії, а *переривчасті* — *при неораних водозборах*, зайнятих лугами, випасами або лісом.

При *переривчастих каналах* спрощується дорожня мережа, скорочується число мостів, необхідних для в'їзду на осушувані землі з боку вище розташованих земель, якими проходять дороги. На пересічених схилах нерідко нагорні канали розташовують за У-образною схемою.

*Нагорні канали проектують* з однаковим ухилом на всій довжині, для того щоб транспортуюча здатність потоку не зменшувалася і наноси, що надходять, не випадали в каналі, а виносилися у водоприймач. Мінімальний ухил — 0,0005. У плані їх роблять прямолінійними з мінімальним числом поворотів.

*Глибина нагорних каналів* невелика — 1-1,2 м, при довгих суцільних каналах з великою площею водозбору вона може складати 1,2-1,5 м, рідко більше. Довжина каналів складає 200-400 м, але може досягати 5-10 км. Ширину на дні приймають 0,4-0,5 м. *Поперечний переріз нагорних каналів* — несиметрична трапеція з більш пологистим верхівковим укосом. *Закладення низового укосу* приймають у залежності від ґрунтів — 1-1,5 — у глинах, суглинках і торфах середнього ступеня розкладання, 1,25-1,5 — у добре розкладеному торфі, 1,5-1,75 — у супісках і 2-2,5 — у пісках,

**верхівкового** укосу — 1:2-1:5. **Кавальєри** або **відвали ґрунту** влаштовують тільки з боку низового укосу, щоб не утрудняти надходження поверхневого стоку зі схилів.

**З боку верхівкового укосу на зниженнях передбачають лійки-водоспуски** (рис. 19.1). Для захисту укосу від руйнування рекомендують паралельно каналу робити балки або борозни глибиною 0,3-0,4 м до лійки-водоспуску, закріплюючи останні каменем або плитами.



Рис. 19.1. Поперечний переріз нагорного каналу зі штучною балкою і лійкою: 1 — нагорний канал; 2 — кавальєр із ґрунту нагорного каналу; 3 — те ж з балки; 4 — балка; 5 — лійка водоспуск.

**Ловчі канали** влаштовують за 1-2 км від русла річки для перехоплення потоків ґрунтових вод і зниження рівнів напірних вод (рис. 19.2).

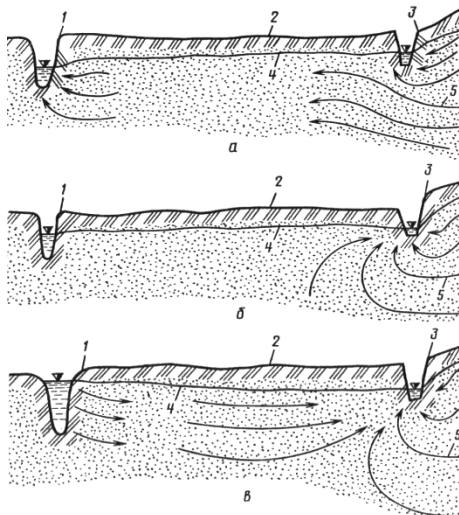


Рис. 19.2. Схеми осушувальної дії ловчих каналів у заплаві річки: а — рівень води у річці нижчий, ніж у ловчому каналі; б — рівень води в річці й каналі мають однакову відмітку; в — рівень води в річці вищий, ніж у ловчому каналі; 1 — річка; 2 — заплава; 3 — ловчий канал; 4 — рівень ґрунтової води після осушення; 5 — лінії току ґрунтових вод.



**Трасу каналу влаштовують** у місцях з найбільш високим заляганням рівнів ґрунтових вод, на торфовищах проводять їх через лійки мінерального дна, що встановлюють при зондуванні торфу. Довжина ловчих каналів повинна бути рівною ширині потоку. При коротких каналах верхня частина осушеної карти нижче ловчого каналу шириною до  $0,7 E$  (де  $E$  — відстань між каналами) є недосушеною.

**Глибину ловчих каналів** призначають у залежності від товщини водоносного шару. На дрібних торфовищах, що підстилаються пісками, глибина їх не перевищує 1,5-2 м. На потужних торфах ловчі канали доцільно урізати на 0,3-0,4 м у водопроникний ґрунт, що підстилає торф. Глибина їх може досягати 2,5-3 м і більше, вона обмежується умовами недопущення пересушування ґрунтів на прилягаючих до ловчих каналів територіях. Ухили ловчих каналів приймають невеликими, мінімальний ухил — 0,0003.

Ловчі канали найчастіше мають параболічну форму. Тільки в слабо розкладених торфах і суглинках при глибині менше 2-2,5 м будують канали трапецеїдального перетину з закладенням укосів, приблизно рівним нагорним каналам.

При розміщенні ловчих каналів і проектуванні дренажу виникає необхідність визначення зони (дальності) дії ловчого каналу. Відповідно до рекомендацій З. Ф. Аверьянова дальність осушувальної дії ловчого каналу на ґрунтовий потік вище каналу складає

$$E = 1,5\sqrt{(L\Delta)/I}, \quad (19.1)$$

де:  $L$  — довжина каналу;  $\Delta$  — глибина зниження рівня ґрунтових вод у створі каналу,  $\Delta = t - h_0 - h_6$  (де  $t$  — глибина каналу);  $h_0$  — шар води в каналі,  $h_6$  — глибина стояння ґрунтових вод у природних умовах до будівництва каналу),  $I$  — ухил потоку ґрунтових вод вище ловчого каналу до його будівництва.

Дальність впливу ловчого каналу нижче потоку ґрунтових вод:

$$E_1 = 0,5(\Delta/I_1), \quad (19.2)$$

де:  $I_1$  — ухил потоку ґрунтових вод нижче каналу до його спорудження

Величини  $E$  і  $E_1$  оцінюють повну ширину зони впливу ловчого каналу. У межах її норма осушення буде забезпечена на якійсь відстані від каналу  $x$ , при цьому  $x < E_1$ . Величина  $x$  залежить від норми осушення  $a$ , глибини зрізу каналу  $\Delta$  і відстані від джерела каналу. Для створів, розташованих від джерела каналу більш ніж на  $4E_1$ ,

$$x = E_1(1 - a/A) \quad (19.3)$$

При відстані від джерела, рівному  $2E_I$ ,  $x$  треба зменшити, помноживши на редукційний коефіцієнт, рівний 0,97,  $E_I$  — на 0,84,  $0,5E_I$  — на 0,63.

## 19.2. Провідна осушувальна мережа. Розміщення в плані

**Провідна мережа призначена** для видалення води з регулюючої й огорожувальної мережі. Відвід води повинний бути забезпечений у допустимий термін без затоплення земель у вегетаційний період.

**До провідної осушувальної мережі відносять:** при осушенні відкритими каналами — транспортуючі збирачі й магістральні канали; при осушенні закритим дренажем — закриті й відкриті колектори, транспортуючі збирачі й магістральні канали.

**Канали провідної мережі проектують прямолінійними** з мінімальною кількістю поворотів, перетинань з дорогами й іншими комунікаціями. Довжина каналів має бути мінімальною. Їх розміщують на межі господарств або полів сівозміни з таким розрахунком, щоб вони не розчленили осушуваний масив на дрібні ділянки. Канали проводять найбільш низькими місцями території.

**Відстань між транспортуючими збирачами залежить** від рельєфу місцевості, конструкції регулюючої мережі й ін. На рівнинних ділянках, де нема доріг або крупних каналів, їх прокладають на однаковій відстані один від другого (як правило 800-1000 м, рідше 400-1200 м).

**Відстань між закритими колекторами визначається** довжиною дрен, що впадають у них. Якщо дрени впадають в колектор з двох сторін, то відстані між колекторами відповідно зростають або зменшуються їх довжина.

**Глибину транспортуючих збирачів і закритих колекторів** розраховують з врахуванням необхідності безпідпірного прийому води з елементів регулюючої мережі. Глибина закритого колектора має бути:

$$H_k = H_d + d, \quad (19.4)$$

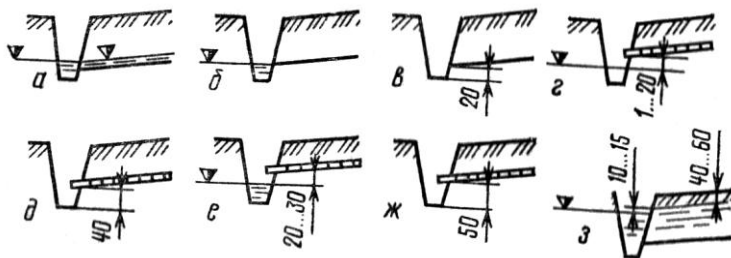
де:  $H_k$  — глибина закритого колектора, м;  $H_d$  — глибина закладання устя дрен, м;  $d$  — діаметр колектора, мм.

**Для безперешкодного відводу води з каналів і колекторів глибина провідних каналів має бути більшою, ніж спадаючих у них каналів і колекторів** (рис. 19.3):

при впадінні одного каналу в інший, якщо розміри кожного визначені гідравлічним розрахунком, їх спрягають “рівень в рівень”, тобто їх повсякденні рівні співпадають;

при впадінні невеликого (не розрахованого) каналу в гідравлічно розрахований їх спрягають за правилом “дно в рівень”, тобто дно каналу має співпадати з повсякденним рівнем більшого каналу;

якщо обидва канали не розраховують, то глибину приймаючого каналу приймають на 20 см нижчою за впадаючий, або за принципом “дно в дно”;



*Рис. 19.3. Правила вертикального спряження:*

*Канал впадає в канал; а – рівень в рівень; б – дно в рівень; в – два канали гідравлічно не розраховуються – запас над дном 20 см. Колектор впадає в канал; г – запас над повсякденним рівнем 10-20 см; д – запас над дном 40 см. Дрена впадає в канал; е – запас над повсякденним рівнем 20-30 см; ж – запас над дном 50 см; з – спряження каналів у відповідності до передпосівних рівнів.*

при впадінні закритого колектора в канал передбачають запас між нижньою поверхнею колекторної труби і повсякденним рівнем у каналі не менше 20 см. Якщо канал не розраховується й рівень води у ньому не відомий, перепад вимірюють від дна не менше 40 см;

при виведенні у відкритий колектор дрена їх устя мають бути вищими від дна каналу не менше ніж на 50 см.

**При спряженні елементів осушувальної мережі** у вертикальній площині перепади можуть перевищувати 0-50 см і досягати 0,7-1,0 м і більше. У таких випадках гарантований безпідпірний відвід води. У таких випадках укис каналу кріплять камінням для захисту від розмиву.

**При наявності ухилів поверхні не менше 0,001-0,002 приймають наступні середні глибини для провідної осушувальної**

**мережі:** закриті колектори – 1,2-1,4 м; відкриті колектори – 1,4-1,7 м; транспортуючі збирачі – 1,2-1,8 м; магістральні канали – 1,5-2,5 м.

### 19.3. Дороги на осушуваних землях

Ефективність роботи автотранспорту залежить від наявності й стану доріг. В умовах бездоріжжя в період бездоріжжя господарства змушені перевозити вантажі тракторами, що економічно не вигідно. При поганих дорогах зменшуються в 3-4 рази швидкості перевезень, збільшується в 3-5 разів витрата палива й у 4-5 разів собівартість перевезень, передчасно зношуються машини, знижується якість продукції, що вивозиться.

Тому розвиток дорожньої мережі, будівництво нових упоряджених доріг і поліпшення існуючих — обов'язкова складова частина меліорації земель. Рекомендована довжина дороги — 2-3 км на 100 га меліорованої площі.

Дороги, що споруджуються при осушенні земель, підрозділяють на міжгосподарські, з'єднуючі господарства з дорогами загального призначення, районними центрами, залізничними станціями й пристанями; внутрішньогосподарські, з'єднуючі господарські центри радгоспів і колгоспів з міжгосподарськими дорогами, відділеннями господарствами, бригадами, фермами, польовими станами й т.п.; польові, з'єднуючі поля й інші сільськогосподарські угіддя з внутрішньогосподарськими й іншими дорогами для проїзду сільськогосподарських машин, доставки добрив, вивезення врожаю і т.п.; експлуатаційні — для огляду й ремонту гідромеліоративної мережі; скотопрогони.

Траси внутрішньогосподарських доріг на місцевості визначають з урахуванням розміщення існуючих доріг, границь землекористувачів. Дороги розміщують, так, щоб проїзд полем не перевищував 1 км. Мости й переїзди на дорогах планують не рідше ніж через 700 м.

Дороги влаштовують з твердим асфальтобетонним або гравійним покриттям, ґрунтові дороги будують з ґрунту, а також з покриттям із ґрунту, поліпшеного щебенем або гравієм.

Ширину земляної полотнини внутрішньогосподарських доріг приймають 6,5-8 м при ширині проїзної частини 4,5 м, у польових і експлуатаційних доріг ширина проїзної частини до 3 м. По обидва

боки дороги влаштовують кювети глибиною 0,8-1,0 м у мінеральних ґрунтах і 1,2-1,5 м у торфі. При розміщенні дороги уздовж каналу один кювет не потрібний. На торфовищах між основою насипу й кюветом залишають берму шириною 3-4 м

#### 19.4. Споруди на осушувальних каналах

У залежності від тривалості дії *гідротехнічні споруди підрозділяють на постійні й тимчасові*. До *постійних відносять споруди довгострокової дії*, що працюють у процесі експлуатації системи й сільськогосподарського використання осушуваних земель. *Тимчасові споруди* служать тільки в період будівництва системи або ремонту окремих складових її елементів.

Постійні споруди на відкритих осушувальних системах поділяють на *основні*, припинення роботи яких при аварії або ремонті веде до тривалого затоплення земель або перезволоження ґрунту (насосні станції, дамби й споруди на них, греблі водоймищ і ін.), і *другорядні*, припинення роботи яких не викликає серйозних наслідків для земель і вирощуваного врожаю (дрібні шлюзи, труби-переїзди, броди й ін.).

*Гідротехнічні споруди за категорією осушувальної системи* (вона залежить від розміру осушуваної площі) розділяють на п'ять класів капітальності, з них чотири (перший-четвертий) класи для постійних і п'ятий клас для тимчасових споруд. У залежності від класу капітальності приймають розрахункову забезпеченість витрат, що пропускаються спорудами, нормативне навантаження для мостів і труб, матеріал для споруд і т.д.

*Конструкції споруд* повинні орієнтувати на максимальне використання місцевих будівельних матеріалів і індустріальних способів будівництва з мінімальними витратами ручної праці, вони повинні бути довговічними, надійними і зручними в експлуатації й при ремонті. Постійні споруди роблять, як правило, зі збірного залізобетону, бетону, каменю й цегли. Дерев'яні споруди (мости, шлюзи й ін.) застосовують тільки при наявності їх на місці будівництва.

*Земляні споруди* (дамби, греблі) насипають з місцевого ґрунту. Тільки на слабких ґрунтах (мул, сапропель, пливунний пісок і т.п.)

передбачають заміну їх у основі споруд ґрунтами з більшою несучою здатністю.

При розміщенні споруд необхідно розташовувати їх у місцях з найбільш сприятливими геологічними й гідрогеологічними умовами (не рекомендується в місцях з потужним покладом торфу, з наявністю озерного мулу, сапропелю, пливунів, при виході напірних вод і т.п.); число споруд має бути мінімальним, а споруди мають виконувати кілька функцій (трубчастий шлюз-регулятор з переїздом); розташовувати споруди так, щоб одні споруди не порушували нормальну роботу інших, а на прямолінійних ділянках каналів і рік перпендикулярно до їхньої осі; від створу споруди до криволінійної ділянки повинне бути не менш 10-100 м у залежності від витрати води.

*За призначенням споруди підрозділяють на п'ять основних груп:*

1) *регулюючі* – призначені для регулювання рівнів і в окремих випадках витрат води у каналах; застосовуються на осушувально-зволожувальних і осушувальних системах з попереджувальним шлюзуванням (шлюзи-регулятори);

2) *переїзні* – забезпечують переїзд через канали й річки. До них відносяться мости, трубчасті переїзди і пішохідні містки;

3) *спрягаючі (сполучні)* - призначені для гасіння гідравлічної енергії і охорони каналів від розмиву (перепади, швидкотоки, устя) або для спрягання каналів у місцях пересікання їх з балками, ярами й іншими водотоками (дюкери, акведуки);

4) *природоохоронні* – застосовують для охорони тваринного й рослинного світу, рекреаційних і інших заходів. До них відносяться водопої, відстійники, мости-переходи для диких тварин, охоронні зони на водотоках і ін.;

5) *експлуатаційні* – забезпечують контроль і управління водним режимом ґрунтів і порід на системі. До них відносяться гідромеліоративні створи з спостережними свердловинами, гідрометричні пости, водоміри, засоби зв'язку і управління.

**Руслові шлюзи на магістральних каналах** проектують у створах, які мають найкращі умови командування для подачі води в осушувальну й зволожувальну мережу. **На осушувальних системах** руслові шлюзи створюють підпір води в каналах, розміщених вище шлюзів. Їх розміщують на таких відстанях, щоб різниця горизонтів води в нижньому й верхньому б'єфах шлюзів становила 40-60 см.

**На осушувально-зволожувальних системах** шлюзи-регулятори призначені для створення командування над нижче розміщеною територією. Їх проектують у місцях подачі води у зволожувальну мережу на відстань 5-8 км.

**Мости** будують тільки на великих магістральних каналах з максимальною розрахунковою витратою не менше  $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$  і тільки капітального типу — залізобетонні, кам'яні і бетонні. На польових дорогах, на болотах і в лісових регіонах допускається будівництво дерев'яних балкових мостів. Залізобетонні мости будують із плит на опорах із залізобетонних паль довжиною 8-9 м, що забиваються на глибину не менш 4 м. Мости мають непарне число прольотів, щоб не влаштовувати в середині каналу пальову опору (бик), що буде заважати руху води. Пролітні будови мостів спираються на підвалини (берегові опори) без проміжних опор. Пролітні будівлі повинні бути покладені не менше ніж на 0,5 м вище максимального розрахункового рівня і на 0,3 м вище брівки каналу для забезпечення безперешкодного проходу льоду і деревини, принесеної порожніми водами (рис. 19.4).

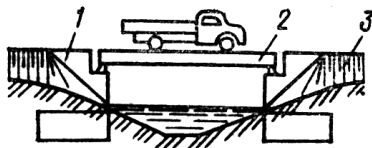


Рис. 19.4. Однопрогоновий балковий міст через канал

1 — підвалини; 2 — пролітна будівля; 3 — канал.

**Труби-переїзди** влаштовують замість мостів в устях збирачів і осушувачів, а також при перетинанні дорогами транспортуючих збирачів з витратами менше  $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Використовують переважно круглі труби діаметром 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50 і 2,00 м у залежності від витрати, що пропускається. Їх розраховують на витрати літньо-осінніх паводків. Труби-переїзди складаються з вхідного й вихідного оголовків (рис. 19.5) і окремих ланок заводського виготовлення. Їх укладають на бетонний фундамент або основу з ущільненого ґрунту й щебеню або глинобетону. На каналах, не далі 1 км від мостів і труб-переїздів, влаштовують **пішохідні містки**, приурочені до існуючих стежок.

**Споруди для господарсько-побутових і культурних потреб населення** (містки для забору води, пляжі, рибальські площадки, човнові станції й ін.) передбачають біля населених пунктів на

каналах з меженною витратою не менше  $2 \text{ м}^3/\text{с}$ . Біля тваринницьких ферм і пасовищ влаштовують водопої і басейни для купання худоби.

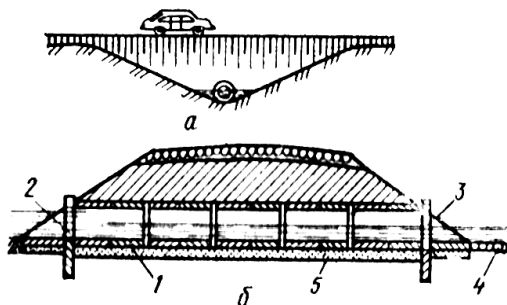


Рис. 19.5. Труба-перейзд

*а* — загальний вигляд; *б* — поздовжній розріз, 1 — ланки труб; 2 — вхідний оголовок, 3 — вихідний оголовок, 4 — укріплене каменем русло, 5 — подушка з щебеню і ґрунту. Розміри в м

**Перепади** (рис. 19.6) роблять із залізобетону. Висоту перепаду приймають 0,5-1,0 м (рідко до 3 м). Дно й укоси каналу вище й нижче перепаду зміцнюють кам'яним вимощенням.

**Швидкотоки** — ділянки каналу у вигляді лотків з ухилом дна 0,1-0,15; зміцнюють залізобетонними плитами, кам'яною бруківкою, габіонами й іншими матеріалами.

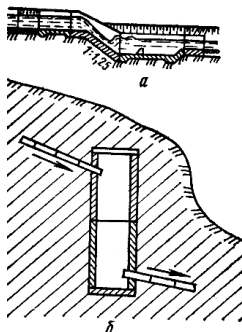


Рис. 19.6. Перепади залізобетонні:

*а* — на каналі; *б* — на дренажному колекторі.

**Водопої й броди** на каналах влаштовують за рахунок пологих укосів каналу до 0,1. Укоси зміцнюють каменем, щебенем або гравієм. Шлюзи, дюкери, акведуки й інші регулюючі споруди розглянуті в розділі 7.



## 19.5. Споруди на закритій мережі

На закритих осушувальних системах застосовують наступні споруди: устя, наглядові колодязі, поглинаючі колодязі, спадні колодязі, шлюзи-регулятори.

**Устя** — споруди, що влаштовується в кінцевій частині закритого колектора при впадінні його у відкритий канал. Найпростіше устя — азбестоцементне або поліетиленова неперфорована труба довжиною 1,5-3 м із зовнішнім діаметром 75-160 мм, виведена в укіс каналу. Ця труба з'єднана з гончарними трубами колектора за допомогою або переходу відрізка труби. У місці виходу цієї труби укіс і дно каналу укріплені гравійним або щебеневим відсіпанням. Великі колектори з'єднують з каналом залізобетонними устями (рис. 19.7).

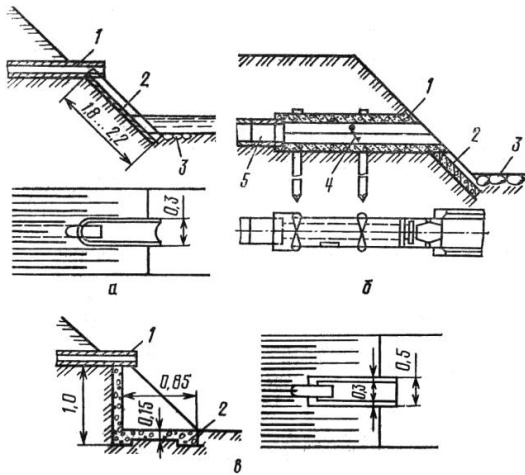


Рис. 19.7. Устя колекторів із залізобетонних блоків:

*а — труба з укріпленим укосом; б — труба на палях; в — водобійний залізобетонний лоток; 1 — гирлова труба; 2 — залізобетонний блок на піщаній підготовці; 3 — кам'яний накид (шар до 30 см); 4 — зворотний клапан; 5 — гончарна труба колектора. Розміри в м.*

Устя розташовують вище дна каналу не менш ніж на 0,4 м. **Оглядові колодязі** служать для спостереження за роботою закритої мережі. Їх влаштовують у місцях з'єднання колекторів один з одним, різкої зміни ухилів дна, а на довгих колекторах через кожні 400-500 м. У ґрунтах з високим умістом заліза оглядові колодязі іноді

влаштовують у джерелах колекторів для їхнього промивання при експлуатації. Оглядові колодязі роблять з бетонних кілець діаметром 0,7-0,8 м, що виводять вище поверхні землі (відкритий колодязь) або заглиблюють до 0,4-0,5 м нижче поверхні землі (потайний колодязь). Закривають колодязі дерев'яними або залізобетонними кришками (рис. 19.8).

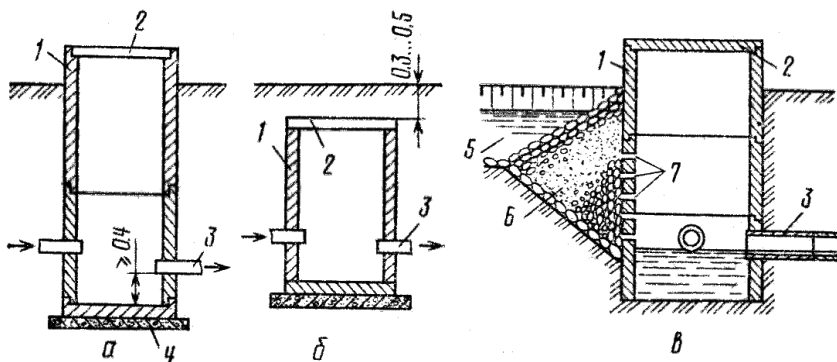


Рис. 19.8. Оглядовий колодязь із залізобетонних кілець:  
 а - відкритий, б — потайний; в - водоприймальний колодязь; 1 — залізобетонна труба; 2 — кришка; 3 — колекторна труба; 4 — днище; 5 — канал; 6 — фільтр; 7 — отвір для надходження води. Розміри в м

**Поглинаючі колодязі** - влаштовують у зниженнях місцевості для відводу поверхневої води в закритий колектор. Їх будують із залізобетонних труб, щілин у верхній частині. Біля труб відсипають фільтр із щебеню, через який вода надходить у колодязь. Для захисту колекторних труб від засмічення в колодязі є сміття-утримуючі ґрати. Для відводу поверхневих вод застосовують поглинальні стовпчики із блоків, виготовлених з пористого бетону.

**Спадні колодязі** розташовують на колекторах, що проходять крутими схилами, для зменшення ухилу колектора до допустимого. Вони відрізняються від оглядових колодязів великою різницею висоти (до 1-1,2 м) між спадними і відвідними трубами закритого колектора.

Для регулювання рівнів вод у закритій мережі шляхом створення необхідного підпору застосовують водорегулятори для закритої мережі, автоматичні **регулятори-водоспуски**.

### **Контрольні питання**

1. Які елементи осушувальної системи відносяться до огорожувальних? Яка мета й завдання облаштування огорожувальної мережі? 2. Які відмінності між нагорними й ловчими каналами? Коли їх суміщають? 3. Яке призначення й вимоги до провідної мережі? 4. Які Ви знаєте вимоги до позовжнього профілю провідних каналів? 5. Назвіть основні правила вертикального суміщення провідної мережі. 6. Що Ви знаєте про дороги на осушувальних системах? 7. Як класифікуються споруди на осушувальній мережі? 8. Охарактеризуйте сполучні споруди на осушувальній системі. 9. Які споруди відносяться до регулюючих і яке їх призначення? 10. Які Ви знаєте переїзні споруди на осушувальних системах? Які вимоги до них висуваються? 11. Що Ви знаєте про природоохоронні споруди на осушувальних системах? 12. Які споруди відносяться до експлуатаційних? Яке їх призначення? 12. Яка різниця між колодязями оглядовими й поглинаючими? Яке їх призначення?

## Розділ 20

# ВОДОПРИЙМАЧІ ОСУШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ І ЇХНЄ РЕГУЛЮВАННЯ

### 20.1. Вимоги до водоприймачів і їхнього стану

**Основними водоприймачами самотливних осушувальних систем є річки.** Використовують для цих цілей також великі яри, струмки і балки. Рідше використовують як водоприймачі озера, моря й водоймища, тому що їхній режим рідко задовольняє вимогам відводу води з осушувальної мережі.

**При самотливому відводі води до водоприймача висувають наступні вимоги:** водоприймач не повинний створювати підпір в осушувальних каналах, рівень води в побутовий період не повинний перевищувати рівня води в устях каналів; водоприймач повинний мати достатню водоприймальну або пропускну здатність, що забезпечує своєчасний відвід надлишкових вод з осушуваної території. Підпір води в каналах з боку водоприймача допускається тільки в період проходження максимальних витрат талих вод і в обмежених розмірах у передпосівний і літньо-паводковий періоди з забезпеченням необхідних норм осушення; русло водоприймача повинне бути стабільним в межах всього осушуваного масиву, береги міцні й стійкі; при виході води в повінь з берегів рік-водоприймачів піщані наноси не повинні відкладатися в заплаві, допускається лише мулистий осад, що підвищує родючість ґрунту.

**Причини незадовільного стану водотоків-водоприймачів:** недостатня глибина зрізу русла водотоку, що обумовлює високе положення рівнів води в ньому; високе положення водотоку стосовно осушуваних земель; малі розміри русла водотоку, що не забезпечують прийом і відвід води з осушувальної мережі; малі ухили дна водотоку через звивистість; висока шорсткість русла при заростанні чагарником і водною рослинністю, засміченість корчами, затонулою колодою і каменями; нерівномірний рух води, що веде до втрат напору й підвищенню рівнів води через різкі зміни глибини й ширини русла на довжині водотоку; підпір води штучними спорудами — греблями, мостами, трубами-переїздами й ін., що влаштовуються для купання й рибного лову.

## 20.2. Способи регулювання водоприймачів

*Основною метою регулювання водойм і водотоків* є зниження рівнів води в них і збільшення водопропускної здатності в розрахункові (критичні) періоди роботи осушувальної системи.

*Заходи щодо регулювання русла водоприймача:* збільшення поперечного перерізу русла поглибленням і розширенням; збільшення ухилу й швидкостей руху води шляхом випрямлення річки; збільшення пропускної здатності річки за допомогою очищення русла від рослинності й сміття; надання річковому потоку рівномірного руху за допомогою випрямних робіт; усунення місцевих підпорів на річці ліквідацією дрібних гребель або переведенням режиму роботи водоймищ на сприятливий для меліорації графік; зниження рівня води в озері за рахунок часткового спуска; огороження водоприймача від нагінних течій моря дамбами зі шлюзами, обладнаними автоматичними водоспусками.

*Найбільш розповсюджені способи регулювання — поглиблення, розширення, випрямлення, виправлення й очищення русла.*

*Очищення русла водоприймача* — найбільш проста операція. Кожен закіл або яз, виконаний у вигляді тину в руслі річки, викликає підйом рівня води принаймні на 10-20 см. При масовому їхньому спорудженні рівень води в річці може підтопити канали і прилягаючі заплавні землі. Заростання русла чагарниково-деревною рослинністю, засмічення діловою деревиною (особливо на лісосплавних річках), хмизом і корчами не тільки зменшує поперечний переріз русла, але й у багато разів збільшує його коефіцієнт шорсткості (з  $n = 0,035$  до  $n = 0,1-0,3$ ). У результаті рівень води в річці підвищується.

*Для очищення водоприймачів від рослинності застосовують* змонтовані на моторних човнах і понтонах косарки, а для видалення мотлоху — екскаватори зі спеціальними ковшами, великі камені дроблять вибухами.

*Поглиблення і розширення русла* проводять на річках зі слабо вираженою звивистістю, коли необхідно невелике зниження рівнів води.

*Поглиблення переважніше розширення русла*, тому що воно наближає його до гідравлічного найвигіднішого перетину. Однак це не завжди вдається, тому що поглиблення лімітується положенням місцевого базису ерозії: не можна поглиблювати річку нижче дна

ріки, у яку вона впадає. При поглибленні й розширенні русла виходять з існуючого поперечного перерізу з максимальним збереженням стійких задернованих укосів. Якщо русло розпластане і є можливість поглибити його, то обов'язково зберігають стійкі укоси (рис. 20.1, а). Якщо такої можливості нема, русло розширюють із двох сторін або з одного берега (рис. 20.1, б). Найбільш розповсюджений спосіб регулювання, заснований на одночасному поглибленні й розширенні русла (рис. 20.1, в). У залежності від розмірів річки й обсягів роботи виконують сухопутними або плавучими екскаваторами за допомогою засобів гідромеханізації (землесосні установки, землечерпалки).

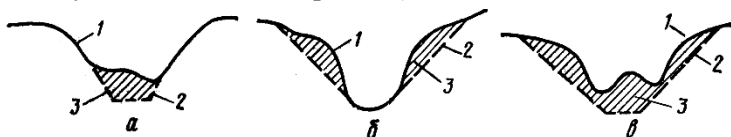


Рис. 20.1. Приклади збільшення розмірів русла водоприймача:  
 а — поглиблення русла при достатній його ширині, б — розширення при достатній глибині русла; в — поглиблення з одночасним розширенням;  
 1 — існуюче русло, 2 — проєктоване русло; 3 — ґрунт зрізання

**Випрямлення русла** проводять на звивистих ділянках річки з недостатніми ухилами й швидкостями руху води. Усі річки, що протікають на рівнинах, мають сильно звивисте русло. Коефіцієнт їхньої звивистості (під ним розуміють відношення довжини ріки до відстані між початком і кінцем ділянки річки на прямій) нерідко досягає 3-5. Якби річку удалось цілком спрямити, то значно (у даному випадку в 3-5 разів) збільшився б її ухил.

**Існують різні способи випрямлення річки**, що застосовують у залежності від звивистості й розмірів природного й проєктного русла, характеру ґрунтів, що його складають. Якщо русло утворює багато дрібних закрутів і розміри його невеликі, то нове русло проєктують прямолінійним з мінімальним числом поворотів, не зважаючи на положення існуючого природного (рис. 20.2, а).

Якщо русло сильно звивисте й окремі ділянки його мають значні розміри, спрямляють найбільш великі закрути, **влаштовуючи короткі прокопи** (рис. 20.2, б). У цьому випадку зменшується обсяг земляних робіт з регулювання. Однак це не завжди дає очікуваний ефект, тому що ухили збільшуються тільки на окремих ділянках, а нижче їх відбувається замулення русла. Більш ефективні рішучі

випрямлення. У цьому випадку відразу вдасться виключити з річки великі закрути (рис. 20.2, в).

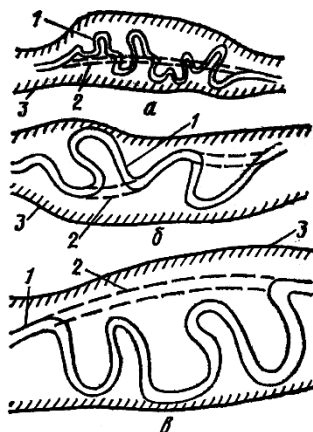


Рис. 20.2. Способи випрямлення русел річок-водоприймачів:  
а — при малих розмірах сильно звивистого русла — нове русло; б — короткі  
прокопи; в — рішуче випрямлення; 1 — природне русло; 2 — проектована  
траса річки (випрямлення); 3 — корінний берег заплави річки.

**Випрямлення сполучають** з ділянками старого русла однієї плавного вигнутою кривою з радіусом не менш  $(3-5) B$ , де  $B$  — середня ширина русла попереху.

**Випрямлення проводять** тільки в стійких ґрунтах, при цьому не перетинають прируслові вали, складені пісками. Випрямлення не повинне виходити в межі притерасної заплави, складеної малостійкими ґрунтами (сильно розкладений торф, сапропель) й тим більше за межі заплави. Траси випрямлень річок не повинні перетинати озер.

**Випрямлення річок** проводять екскаваторами, скреперами й землесосними установками. Ґрунт, що виймається, використовують для відсипання насипів доріг, захисних дамб, перемичок і засипання старий русел.

**Виправні роботи** в руслі річки виконують для додання йому правильної форми, створення і підтримки однакової ширини. При різких змінах русла — від глибоких і вузьких ділянок до широких і дрібних — рух води стає нерівномірним і сповільнюється, на перекатах відкладаються наноси. Виправні роботи додають динамічній осі потоку плавність, а руху води — рівномірність.

Застосовують струмененапрямні дамби, загати і напівзагати для виправлення динамічної осі потоку й водостримуючі споруди на широких ділянках річки. *До виправних робіт відносяться також берегоукріплення.*

**Струмененапрямні дамби** (рис. 20.3) споруджують для звуження ділянок річки, коли ширина русла більш ніж у два рази перевищує проектну. Дамби розміщують на відстані, рівній ширині ріки від стійкого берега. У плані їм додають плавний обрис. Між дамбою й берегом утворюється кишень (обмілина), що поступово замулюється зваженими у воді наносами.

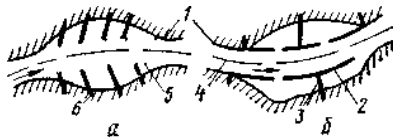


Рис 20.3. Виправні споруди на річці-водоприймачі:  
а — поперечні; б — поздовжні; 1 — берег ріки до виправлення; 2 — струмененапрямні дамби; 3 — траверси; 4 — динамічна вісь потоку; 5 — берег після виправлення русла; 6 — буни (напівзагати)

**Водостримуючі дамби або напівзагати** (рис. 20.3) розташовують під кутом 100-110° до осі русла річки проти течії. Швидкість руху води між бунами різко знижується, у результаті відбувається відкладення наносів, поступово русло звужується. Для підвищення ефективності бун їх доповнюють короткими відрізками дамб, утворюючи буни з траверсами. Відстані між напівзагатами приймають  $\frac{1}{3}-\frac{3}{4}$  ширини річки, але не більше чотириразової довжини напівзагати.

**Струмененапрямні дамби** більш ефективні й їхня дія відразу ж позначається на річці, але вони дорогі й складні у виготовленні, тому що зводять їх у глибоких місцях річки. Напівзагати простіші (їх будують від берега, поступово висуваючи в глибину річки), але їхній вплив на річку виявляється тільки після замулення міжбунних просторів.

**Дамби й напівзагати** будують із двох рівнобіжних тинів, що через 2-3 м стягають поперечним тином. Потім плотові клітки заповнюють каменем. Використовують для цих цілей фашини.

**Берегоукріплюючі роботи** проводять на увігнутих ділянках річки, де розмиваються і руйнуються укуси. Для цього застосовують



посів трав, дернові килими, плівки, фашины, бетонні плити й інші матеріали.

**При регулюванні русел річок** з метою осушувальної меліорації враховують інтереси інших можливих водоспоживачів і водокористувачів (судноплавство, водопостачання, рекреація — використання рік для відпочинку і спорту).

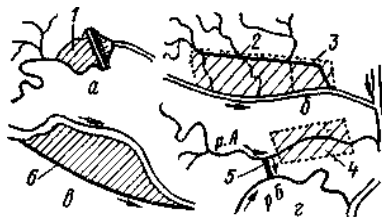
**При регулюванні річок і осушенні заплав погіршується паводковий режим:** через збільшення ухилів річки паводкові води швидше відводять, у результаті зростають максимальні витрати повеней і зменшується їхня тривалість. Тому зростає небезпека повеней у нижній течії річки, особливо за відрегульованими ділянками. Це явище відзначене на ряді річок України й Білорусі.

Надмірне регулювання русел може викликати небажане зниження рівнів ґрунтових вод на прилягаючій території, а також погіршити умови для життя риби, купання й відпочинку людей. **В даний час дозволяється регулювати тільки дрібні річки;** середні ріки регулюють тільки в малонаселених місцях.

### 20.3. Розвантаження водоприймачів

**Розвантаження водоприймачів** застосовують для зниження рівнів води в річці з метою беспідпірного відводу води з осушувальної системи за допомогою (рис. 20.4) устрою водоймища для регулювання паводкового стоку на річці або її притоках вище осушуваного масиву; перекидання частини річкового стоку за допомогою каналу або тунелю в басейн іншої річки; устрою розвантажувального відвідного каналу з відводом частини річкового стоку в ту ж річку, але нижче меліорованої території; перехоплення приток річки по границі або вище границі осушуваного масиву.

**Устрій розвантажувальних каналів для зниження рівнів води у водоприймачі доцільний,** коли вартість каналу і його експлуатації менше вартості заходів щодо регулювання русла; регулювання річки зв'язане з необхідністю перебудови мостів на залізних і автомобільних дорогах, великих водозаборів і т.п.; регульована річка протікає населеним пунктом; устрій розвантажувального каналу не робить негативного впливу на природно-господарські умови території й не погіршує умови використання іншої річки при відводі в неї води розвантажувальним каналом.



*Рис. 20.4. Основні схеми розвантаження водоприймачів:*

*а — устрій водоймища на річці; б — перехоплення приток річки каналом; в — розподіл русла ріки (біфуркація); г — перекидання частини стоку річки А у басейн іншої річки; 1 — водосховище; 2 — нагорний канал; 3 — старі русла приток; 4 — осушуваний масив; 5 — тунель (канал) для перекидання частини стоку; 6 — рівнобіжний (розвантажувальний) канал.*

**Розвантажувальні канали проводять** через місцеві зниження, балки й яри з мінімальним перетинанням доріг, магістральних трубопроводів і інших комунікацій. Кути відводу й примикання їх до річки приймають близькими до  $30^\circ$ .

**Зниження рівня води в озерах** для поліпшення їх як водоприймачів осушувальних систем проводять рідко. Спускають лише частину води з осушенням мілководної частини. Досягають цього шляхом поглиблення русла річки, що витікає з озера, спорудженням каналу або трубопроводу. Спуск озер негативно впливає на ландшафти й рідко економічно виправданий. У даний час дозволяють спуск тільки дрібних озер з обов'язковим освоєнням під сільське господарство або інші потреби озерних западин.

### **Контрольні питання**

1. Які основні вимоги до водоприймачів? 2. Назвіть основні причини незадовільної роботи річок-водоприймачів. 3. Охарактеризуйте роботи пов'язані зі спрямленням русла. 4. З якою метою застосовують випрамні роботи? 5. Які види робіт виконують при укріпленні берегів? 6. Що Ви знаєте про розвантаження водоприймачів.

## КУЛЬТУРТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ НАПРАВЛЕНІ НА ОПТИМІЗАЦІЮ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

*Під культуртехнічними меліораціями розуміють комплекс заходів, спрямованих на приведення поверхні землі в стан, зручний для сільськогосподарського використання.*

### 21.1. Сутність і види культуртехнічних робіт

**Культуртехнічні меліорації включають:** початкове освоєння й окультурення осушуваних земель після проведення гідротехнічної меліорації; освоєння й окультурення земель нормального зволоження, що раніше не використовувалися в сільському господарстві або використовувалися менш інтенсивно (при трансформації угідь, укрупненні контурів); поліпшення староорних земель і корінне поверхневе поліпшення природних косовиць і пасовищ.

**Основні види культуртехнічних робіт наступні:** видалення деревинно-чагарникової рослинності; знищення купин; видалення мохового очосу; збирання каменю; планування поверхні ґрунту, включаючи розрівнювання валів і куп, засипання ям і ровів; створення й окультурення орного шару.

**Вибір першочергових об'єктів культуртехніки.** При виборі площ під культуртехніку на землях, що не потребують осушення, варто враховувати ефективність меліорації і необхідність охорони навколишнього середовища. У першу чергу культуртехнічні заходи проводять на ділянках з найбільш високою потенційною родючістю ґрунтів, що вимагають мінімальних об'ємів робіт і витрати засобів. Технологія культуртехнічних робіт повинна бути такою, щоб забезпечувалася *мінімальна механічна ерозія ґрунту*, а після їхнього виконання виключалася можливість розвитку водної й вітрової ерозії ґрунтів.

**Культуртехнічні роботи заборонені** в зелених зонах населених пунктів, у лісах, що мають полезахисне значення й розташованих на ярах, балках, на пісках, на берегах рік, озер, каналів, ставків і водоймищ. Не можна знищувати степові колки, захисні смуги уздовж шосейних доріг і залізниць, а також лісу в зонах санітарної охорони курортів і на території заповідників.

**На ділянках дрібнолісся** з дуба, сосни, ялини, берези й інших порід, що мають народногосподарську цінність, для виконання культуртехнічних робіт **потрібно відповідне рішення райвиконкому**, винесене на основі висновку комісії, у яку входять фахівці лісового господарства.

При поліпшенні заплавлених лучних угідь уздовж берегів рік і проток залишають захисні смуги чагарнику шириною 20-50 м щоб уникнути розмивів заплави, заметів піском, сміттям і для захисту від льоду.

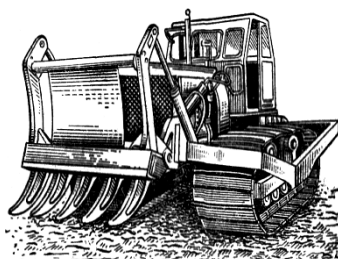
**Черговість освоєння меліорованих об'єктів** визначають з урахуванням факторів, що впливають на показники ефективності меліорації. До цих факторів відносять: якісна оцінка земель і характер їхнього використання до й після меліорації, рівень агротехніки, питомі капітальні вкладення (на 1 га меліорованої площі нетто), далекість ділянки від господарського центра, площа й форма ділянки, наявність дорожньої мережі й ін. Для цього необхідні меліоративна характеристика земель, ґрунтово-меліоративна й культуртехнічна карти, відомості про рівень сільськогосподарського виробництва в даний час і в перспективі, проект внутрішньогосподарського землевпорядкування.

З цією метою проводять комплексні ґрунтово-меліоративні, геоботанічні й культуртехнічні вишукування. **Культуртехнічна карта** містить відомості про рослинний покрив і технічні або технологічні особливості поверхні об'єкта, для чого на ній виділяють контури земель за видами й категоріями культуртехніки. Вона є основою для визначення об'ємів робіт і їхньої кошторисної вартості.

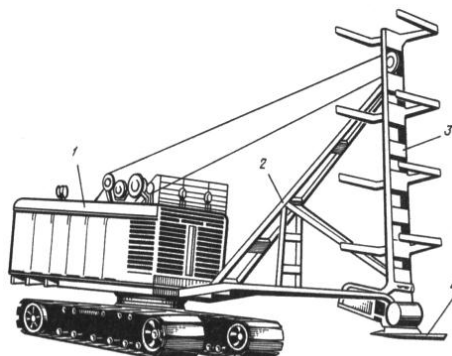
## **21.2. Технологія й механізація культуртехнічних робіт**

**Видалення деревинно-чагарникової рослинності.** Виконують механічним або хімічним способом. На ділянках з наявністю дерев, пнів, дрібнолісся й чагарнику проводять **роздільне корчування**, застосовуючи корчувачі зі змінними робочими органами, що дозволяють корчувати пні діаметром до 35 см, камені масою до 2 т, засипати ями, вантажити сипучі матеріали (рис. 21.1).

Для попереднього зрізання й укладання лісу, дрібнолісся й чагарнику використовують машину КТП-1 (рис. 21.2), робочим органом служить фреза діаметром 1,5 м.



*Рис. 21.1. Корчувач-збирач*



*Рис. 21.2. Машина для видалення дрібнолісся і дерев діаметром до 25 см. 1 — дизель-електричний кран КПТ-1; 2 — стріла; 3 — нагромаджувач; 4 — фреза.*

При роздільному корчуванні (на відміну від прямого або суцільного) викорчувану деревину не збирають відразу у вал, а залишають на місці на 1-3 тижні. Тут вона підсихає, з її обсіпається частина ґрунту, що сприяє зниженню її механічної ерозії, й тільки тоді згрібають у валки або купи чагарниковими граблями (рис. 21.3) або корчевачем-збирачем, обладнаним лижами, що ковзають по землі і перешкоджають заглибленню зубів або відвала в землю.

Успішне застосування для цієї мети роторних корчувачів МТП-81, що одночасно корчують пні діаметром до 20-25 см, видаляють корені з ґрунту, обтрушують і бункерують для наступного складування викорчувану рослинність (пні, дерева, дрібнолісся, чагарник), при цьому механічна ерозія ґрунту мінімальна.

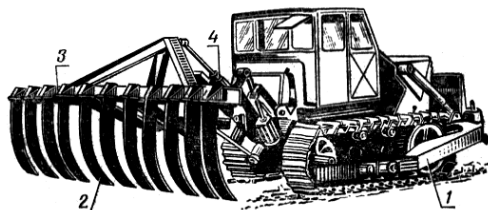


Рис. 21.3. Чагарникові граблі, навішені на корчувач:  
1 — граблі; 2 — система підвіски, 3 - рама бульдозера;  
4 — гідроциліндр.

Зібрану деревину на мінеральних ґрунтах спалюють безпосередньо у валах і купах або в спеціально відкритих траншеях, для чого використовують різні устрої і пристосування, у тому числі запальний пневматичний апарат ЗА-1М ранцевого типу, що діє за принципом паяльної лампи, а також спеціальний вогнемет, що навішується на трактор.

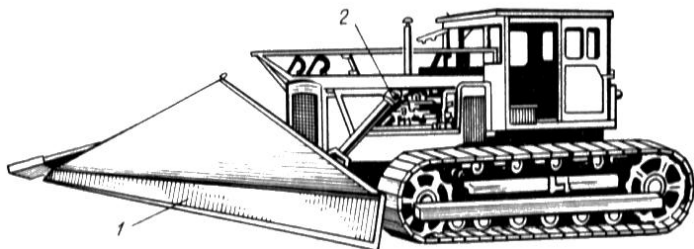
Первинну оранку звільненої від деревної маси ділянки проводять на можливо більшу глибину (до 40-50 см) з повним оборотом шару. Далі обробляють шар і планують поверхню планувальниками на мінеральних ґрунтах і рейкових волокушах або бульдозерами на торф'яно-болотних. Після цього дрібні деревні залишки підбирають вручну й вивозять.

Ділянки з дрібноліссям і чагарником, але без пнів і дерев освоюють за допомогою начіпних кущорізів з пасивним робочим органом (рис. 21.4). Схема меліорації ділянки передбачає зрізання наземної деревини, її збирання у вал чагарниковими граблями, корчування кореневих залишків спеціальною корчувальною бороною, що навішується на трактор, збір кореневих залишків у вал чагарниковими граблями й інші операції, як і при роздільному корчуванні.

**Кущорізи ефективніші корчувачів**, тому що продуктивність їх вища, а вартість освоєння 1 га чагарникових ділянок нижча, механічна ерозія ґрунту знижується вдвічі. Значний ефект від застосування кущорізів одержують при роботі узимку.

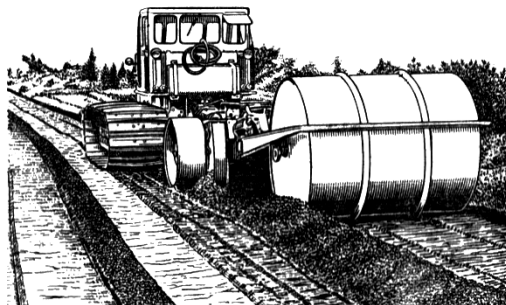
Якщо на ділянці є тільки чагарникова рослинність зі стовбурами діаметром до 12 см, то найбільш раціональна технологія їхнього освоєння — **суцільне фрезерування верхнього шару торф'яних і мінеральних ґрунтів** на глибину 0,4 м разом із дрібноліссям і

чагарником, надземними й похованими пнями, кореневищами, трав'яною й моховою рослинністю. При цьому відбувається перемішування й укочування фрезерованої маси, тобто виконується майже весь цикл робіт з підготовки ґрунту до посіву сільськогосподарських культур (крім внесення добрив).



*Рис. 21.4. Кущоріз з пасивним робочим органом:  
1 - кущоріз; 2 — гідросистема.*

Для цієї мети на торф'яних ґрунтах (переважно на низинних болотах) застосовують машину глибокої підготовки МПГ-1,7 (рис. 21.5). Її використання на мінеральних ґрунтах стримує низька продуктивність (0,25 га в зміну) і швидкий знос ножів фрезерного барабана. Крім того, на поверхні ґрунту залишається багато тріски й деревних залишків.



*Рис. 21.5. Фрезерна машина МПГ-1,7 при розробці чагарників.*

**На ділянках, покритих дрібним і середнім чагарником, доцільніше застосовувати оранку під шар.** Сучасні начіпні однокорпусні чагарниково-болотні плуги дозволяють заорювати суцільний чагарник різних порід висотою до 6 м і найбільшим діаметром стовбура 6-9 см. Заорювання чагарнику — ефективний

захід, що сприяє підвищенню водопроникності й родючості важких мінеральних ґрунтів Заорювання в 2-3 рази дешевше зрізання або корчування. Однак на мінеральних ґрунтах необхідно певне співвідношення між густотою, висотою і діаметром чагарнику й товщиною гумусового горизонту. Обробіток шару після заорювання чагарнику виконують важкими дисковими боролами БДТ-3,0 і БДТ-7,0.

На ділянках з малотовстими ґрунтами (до 15 см) проводити описані вище механізовані роботи з видалення деревинно-чагарникової рослинності неможливо, тому застосовують хімічні засоби (арборициди). Великі ділянки (не менше 5-2,5 га) обробляють з літаків. Для наземного обробітку використовують аерозольні генератори, а також тракторні обприскувачі високого тиску.

Арборициди проникають у рослини, порушують процеси обміну речовин і викликають відмирання. Через 1-2 дні згортаються й зморщуються листки і никнуть пагони, потім на листках з'являються й поширюються буруваті плями. Через два тижні після обприскування листки цілком утрачають зелене забарвлення, на стовбурах з'являються здуття й тріщини. Протягом 1-3 років деревина остаточно відмирає, її видаляють за допомогою важкого корчувального ланцюга й чагарникових граблів. Очищені ділянки орють.

Хімічний спосіб не знаходить широкого застосування через забруднення навколишнього середовища, джерел водопостачання, отруєння тварин, птахів, арборициди можуть потрапити в організм людини й викликати гостре або хронічне отруєння, тому працюють з ними тільки в спеціальному одязі й у протигазі. Крім того, тривалий розрив між обприскуванням і збиранням відмерлого чагарнику (2-3 роки) сповільнює освоєння меліорованих земель.

**Видалення каменів.** На орних землях і на культурних пасовищах, а також при корінному поліпшенні кормових угідь збирають камені, що знаходяться в орному горизонті, а на косовицях — камені, що лежать на поверхні й перешкоджають роботі сінозбиральних машин і поверхневому поліпшенню лучних угідь. Валуни-брили діаметром більше 1,8 м подрібнюють вибухом. Для транспортування каменів на відстань до 1 км застосовують саморозвантажні лижі, на відстань 2-3 км і сухих ґрунтах — самоскидні тракторні причеми й автосамоскиди, на вологих ґрунтах і узимку — буксирні металеві листи. Камені вантажать корчувачами.



Актуальним є питання утилізації каменів, що забираються. Щебінь, отриманий з валунного каменю, можна використовувати як будівельний матеріал для устрою дренажу, гідротехнічних споруд на каналі й кріплення його укосів, а також доріг.

Культуртехнічні роботи виконують не тільки в теплий період року, але й узимку. Наприклад, зрізання чагарнику найбільш ефективно узимку мерзлим ґрунтом. Спалюють зібрану в купи деревинно-чагарникову рослинність навесні. Камені викорчують пізньої осені й залишають на місці, а в зимовий час вивозять. Зимові роботи забезпечують потокове виконання всього комплексу культуртехніки, при цьому зменшується механічна ерозія ґрунту й підвищується рівномірність завантаження техніки протягом року.

### **21.3. Поверхнєве й корінне поліпшення косовиць і пасовищ.**

З часом ґрунти кормових угідь можуть сильно ущільнюватися, що приводить до погіршення їхнього водно-повітряного режиму, уповільнення мікробіологічних і біохімічних процесів. На малопродуктивних косовицях і пасовищах з нещільною дерниною, досить структурним ґрунтом і травостоем, що має кошовні в кормовому відношенні бобові трави й злаки, проводять *поверхнєве поліпшення*. Воно забезпечує підвищення якості лучних травостой і їхньої врожайності без переорювання й руйнування існуючої дернини і знищення рослинного покриву.

*Поверхнєве поліпшення* необхідне на добре дренованих балкових луках, суходолах, а в степових районах — на вологих балкових луках, там, де травостій зріджений унаслідок неправильного використання або відсутності догляду. При поверхневому поліпшенні косовиць і пасовищ на заливних луках ґрунт боронують лучними шарнірними боронами, призначеними для розпушування щільного й товстого намулу, видалення навесні старої трави й цвілі, розтаскування калу тварин і нерівномірно розсипаних добрив.

На луках, у травостої яких переважають кореневищні злаки, ефективно дискування й фрезерування (на глибину 10 см) болотною начіпною фрезою. На тимчасово перезволожених мало водопроникних ґрунтах доцільне кротування (раз у 2-3 роки). Вносять органічні й мінеральні добрива (гній, гнойову рідину, компости на торф'яній основі й ін.). Іноді виникає потреба в мікроелементах.

**Корінне поліпшення лучних угідь** полягає в створенні сіяних (культурних) високопродуктивних косовиць і пасовищ з повним знищенням природної дернини й рослинного покриву. Технологія освоєння ділянок, покритих дерниною й купинами, складається з розробки дернини й купин до оранки дисковими бородами або фрезами, первинної оранки, розробки пласта, внесення органо-мінеральних добрив і сівки трав.

Задерновані площі й землі, покриті дрібними купинами, обробляють важкими дисковими бородами, потім проводять первинну оранку, а потім обробіток шару тими ж дисковими бородами й прикочування водоналивними ковзанками. Великі осокові купини перед фрезеруванням накочують ковзанками, для величезних і щільних осокових купин застосовують спеціальну ножову 13-тонну ковзанку. Моховий очіс і поховану деревину на болотах видаляють тракторними граблями або рейковими бородами.

Для прискореного корінного поліпшення малопродуктивних косовиць і пасовищ доцільно застосовувати ґрунтообробний агрегат АПП-2,8 (напівнавісний до тракторів ДТ-75, Т-74). Він складається з ковзанки, що причіпляється до фрези, на якому змонтовані попереду тукова, а позаду зерно-трав'яні сівалки (рис. 21.6). За один робочий прохід агрегат фрезерує дернину, вносить мінеральні добрива, висіває зерно-трав'яну суміш і укочує ґрунт.

**Створення й окультурення орного шару ґрунту.** Гідротехнічні меліорації найбільш ефективні на окультурених землях, що характеризуються певними показниками: товщиною орного шару 0,2-0,3 м; рН у сольовій витяжці 5,5-4,8; уміст гумусу 2 %, засвоюваного азоту 4 мг на 100 г ґрунту, рухомих фосфору й калію 8 (для мінеральних) й 15 мг (для торф'яно-болотних) на 100 г ґрунту. У систему заходів щодо окультурення меліорованих земель входять прийоми механічного й хіміко-біологічного впливу на ґрунт: поглиблення орного горизонту, вапнування кислих ґрунтів, внесення органічних і мінеральних добрив, залуження.

Для створення окультуреного орного шару достатньої потужності на меліорованих землях високої й середньої потенційної родючості потрібно 2-3 роки, а низької (гумусний шар менше 17 см, рН 4-4,6, дерново-підзолистого-глейові ґрунти) — 4-5 років і більше.

На мінеральних дерново-підзолистих ґрунтах більш товстий орний шар створюють шляхом полицевої глибокої оранки з приорюванням за кожен прийом 2-3 см або шару полицевої оранки

на глибину гумусового горизонту в сполученні з розпушуванням підстильного шару на глибину 25-30 см. Поглиблення орного горизонту супроводжують внесенням органічних добрив з розрахунку 5-6 т/га на кожен сантиметр шару, що проорується, і вапнуванням виораного підзолу. Усуваючи надлишкову кислотність ґрунту, вапнування сприятливо впливає на його властивості: підвищує водостійкість структури, водо- й повітропроникність і відповідно аерацію.

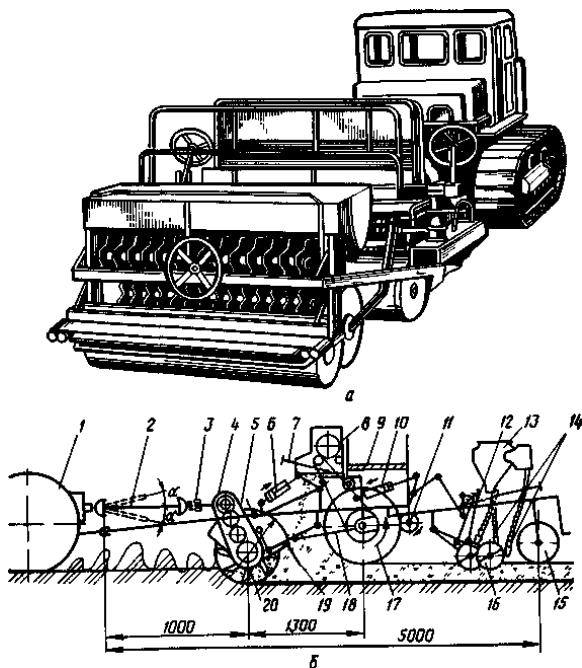


Рис. 21.6. Агрегат ґрунтообробний лучний АПП 2,8:

а — загальний вигляд; б — технологічна схема; 1 - редуктор трактора; 2 - карданный вал; 3 - вал конічного редуктора; 4 - редуктор циліндричний; 5 - кожух фрезерного барабана; 6 — гідроциліндр підйому фрезерного барабана; 7 — регулювальний механізм; 8 - тукова сівалка; 9 — платформа; 10 - гідроциліндр підйому сівалки; 11 - шинковий частик; 12 — регулятор глибини; 13 - насінна шухляда; 14 - насіння провідники, 15, 17 - ковзанка; 16 — сошники; 18 - викидач; 19 — грати; 20 — фрезерний барабан.

При первинному освоєнні території необхідне внесення великих доз добрив. На мінеральних ґрунтах вносять як мінеральні, так і

органічні добрива, на торф'яних — калійні, іноді фосфорні, а також азотні. На болотах дуже ефективні мікродобрива, особливо, що містять мідь (мідний купорос), а також бор, марганець, кобальт, молібден.

Для поліпшення водно-фізичних властивостей важких глинистих ґрунтів у них вносять пісок і торф (піскування, торфування). На піщаних ґрунтах, навпаки, вносять глину, а також торф або озерний мул (сапропель). При сприятливих умовах застосовують ярусну оранку, коли перемішування верхнього шару ґрунту, що має погані властивості (наприклад, кислий ґрунт), з нижче залягаючим (карбонатним горизонтом) може поліпшити весь орний шар.

Для підвищення родючості піщаних і супіщаних ґрунтів дуже ефективно застосування *сидеральних культур* (люпин, буркун, середела), що добре розвиваються на них. Пожнивні залишки або зелену масу цих культур заорюють, при розкладанні заораної маси й глибокої кореневої системи значно поліпшуються фізичні й хімічні властивості ґрунту, вона збагачується цінними органічними добривами.

### Контрольні питання

1. Що розуміють під культуртехнічними меліораціями 2. Перерахуйте основні види культуртехнічних робіт. 3. Як вибирають першочергові об'єкти культуртехніки? Які на це є обмеження? 4. Розкажіть про способи видалення з освоюваних земель деревинно-чагарникової рослинності. В яких випадках використовують хімічний спосіб видалення? 5. У чому полягає зміст роздільного корчування? 6. Як очищають меліоровані землі від каменів? 7. У чому складається відмінність поверхневого поліпшення косовиць і пасовищ від корінного? 8. Як створюють і окультурюють орний шар ґрунту?

### Частина 3

## БОРОТЬБА З ЕРОЗІЄЮ ҐРУНТІВ, ЗСУВАМИ, СЕЛЯМИ

**Ерозія** (від лат. *erosio* — роз'їдання) — *руйнування ґрунту водою, що стікає схилом, вітром або в процесі обробітку ґрунту*. Водна ерозія призводить до розмивання й змивання ґрунту, до утворення ярів, вітрова — до розвіювання й видування найродючішого верхнього шару ґрунту. Розрізняють геологічні, антропогенні, зоогенні фактори утворення й розвитку ерозії.

### Розділ 22

## ПРОТИЕРОЗІЙНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЙ

Лісомеліорація сильно еродованих балково-яружних земель дозволяє утягнути їх в інтенсивне використання для виробництва кормів і лісової сировини та одночасно захистити сільськогосподарські угіддя від подальшої ерозії.

### 22.1. Загальні відомості

**Ерозія, водна** — процес руйнування ґрунтів, геологічних порід талими й дощовими водами, що стікають. Поділяється на бокову, розвитку ярів, глибинну, іригаційну, крапельну, площинну, підземну й ін..

Сучасні ерозійні процеси охоплюють значні території й характеризуються елементами гідрографічної мережі: 1) улоговини, глибина понижень 0,3-2 м; нахил місцевості 5-6°, ширина зверху до 4 м, площа до 50 га. Використовують під оранку; 2) лощини, це більш глибоке утворення, глибина пониження 8-10 м; нахил місцевості 10-20°, ширина зверху 30-70 м, ширина дна 10-20 м, площа до 500 га; 3) суходоли, береги асиметричні, глибина понижень 15-20 м; нахил місцевості 20-25°, ширина зверху 200-700 м, ширина дна — 20-25 м, площа до 5000 га; 4) річкові долини, площа понад 5000 га.

**Площинна ерозія** — порівняно рівномірне винесення ґрунтових часток малими потоками талих і дощових вод (рис. 22.1)

**Лінійна ерозія (ярів)** — тип ерозії схилу, при якій під дією концентрованих потоків води утворюється розмиви, глибокі яри, які

можуть бути згладженими і не згладженими (рис. 22.2). **Морфологія яру:** 1) вершина; 2) дно яру; 3) ухил ярусу; 4) гирло. **Стадії розвитку яру:** 1) стадія промोїни, ширина 0,5-1 м; 2) стадія врізання; 3) стадія виробітку профілю; 4) стадія затухання яру.

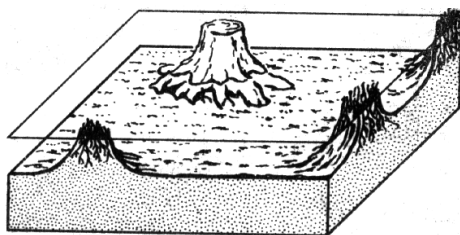


Рис. 22.1. Площинна ерозія

**Бокова річкова ерозія** — руйнування схилів річкової долини через підмивання берегів. Викликає міграцію русла водостоку, сприяє утворенню річкових меандр, розширює річкову долину (рис. 22.3). Морфологія річкової долини така: 1) витoki річки; 2) ложе фарватеру; фарватер — найбільш глибоке місце в річці; 3) конус виносу; 4) гирло.

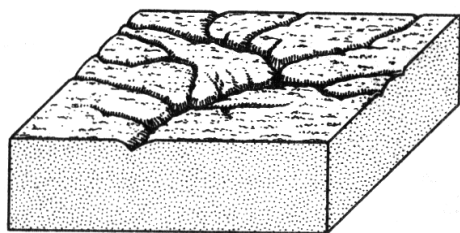


Рис. 22.2. Лінійна ерозія ярів

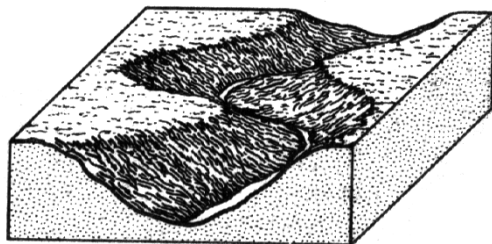


Рис. 22.3. Бокова річкова ерозія

При неправильному зрошенні може з'являтися *іригаційна* ерозія, що виникає на ділянках із середніми й більшими ухилами при завищених ухилах каналів, борозен і смуг; при відводі скидних вод на схили балок, а також через велику інтенсивність дощу при дощуванні, коли вода не встигає усмоктуватися в ґрунт і утворюється поверхневий стік.

**Ерозія, вітрова** (дефляція) - видування, обточування й шліфування гірських порід і ґрунтів мінеральними частками, які приносяться вітром, а також перенесення тонких продуктів вивітрювання. В результаті здування часток, а іноді всього орного шару ґрунт збіднюється гумусом, основними елементами живлення рослин; знижується родючість. Крім того, внаслідок видування з під рослин ґрунту й оголення коріння рослин, останні гинуть (рис. 22.4).

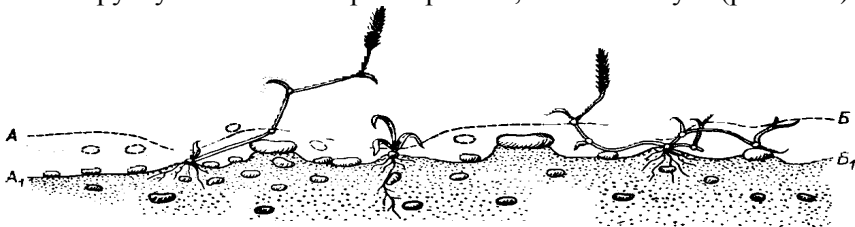


Рис. 22.4. Вітрова ерозія на полі жита: А-В – початковий рельєф після посіву; А<sub>1</sub>-В<sub>1</sub> – мікрорельєф тієї ж ділянки, змінений вітровою ерозією

**Вітрова ерозія** особливо небезпечна для піщаних ґрунтів. Вирубування лісів або руйнування трав'яного покриву при випасанні тварин на піщаних ґрунтах і на окраїнах пустель веде до переміщення пісків і наступу їх на родючі землі (рис. 22. 5).

Переміщуючи поверхнею літосфери гігантські маси піску на 500-800 км від місць їх утворення, вітер намітає невеликі гряди, пагорби, пригірки сухого сипучого піску (у пустелях – бархани, приморських рівнинах – дюни). Крім того, при вивітрюванні вітром виникають ще й такі еолові форми рельєфу, як еолові стовпи, кам'яні гриби, кам'яні карнизи багатогранники, столи, ніші, видуті вітром печери, кишені, відшліфоване каміння й ін.

Природна ерозія ґрунтів дуже повільний процес. Так, наприклад, поверхневими водами 20 см ґрунту під лісом зноситься за 174 тис. років, під луками – за 29 тис. років. При вірній сівоzmіні поля втрачають 20 см ґрунту за 100 років, а при монокультурі кукурудзи – усього за 15 років. В останніх двох випадках швидкість руйнування ґрунтового покриву набагато перевищує темпи його утворення.



*Рис. 22.5. Занесений піском оазис*

Ерозія ґрунтів за час розвитку земної цивілізації привела до повної або часткової, але значної господарської втрати родючості на більшій половині угідь планети (1,6-2,0 млн. км<sup>2</sup> при сучасному використанні 1,4-1,6 млн. км<sup>2</sup>). Щорічно від ерозії вилучається із сільськогосподарського використання від 50 до 70 тис. км<sup>2</sup> земель (більше 3 % від тих, що використовуються в рік)

Еродовані ґрунти, поширені практично на всій території України. Змив родючих верхніх горизонтів призводить до збіднення ґрунтів унаслідок: 1) зменшення запасу гумусу та доступних мінеральних речовин; 2) погіршення фізичних властивостей і водного режиму; 3) формування бідніших і сухіших порівняно з не еродованими землями - ландшафтів.

Акумуляція продуктів ерозії у нижніх частинах схилів, на днищах балок, у конусах виносу призводить до утворення у цих місцях багатших поживними речовинами смуг земель.

## **22.2. Протиерозійна організація території**

Для боротьби з ґрунтовою ерозією розробляють зональні комплекси взаємодоповнюючих агротехнічних, лісомеліоративних, гідротехнічних і організаційно-масових заходів. Меліорація земельних угідь включає: 1) протиерозійну організацію території; 2) ґрунтозахисну сівозміну; 3) гідротехнічну меліорацію; 4) фітомеліоративні насадження.



**Противірозна організація території розглядається як сукупність науково обґрунтованих і перевічених практикою організаційних, агротехнічних, фітомеліоративних, гідротехнічних та інших заходів, які проводять на території з метою екологічно-виправданого використання земель та попередження ґрунтової ерозії.**

**Противірозна організація території передбачає:** 1) виділення земельних фондів; 2) розробку та впровадження технічної меліорації для попередження водної ерозії; 3) проект і створення ефективної системи фітомеліоративних насаджень.

Оснору меліорації складають противірозійні заходи, що виконують у межах яружно-балкової системи (ЯБС) комплексно в тісному ув'язуванні з противірозійними заходами, проведеними на водозбірному басейні. Меліоративний комплекс включає лісонасадження, гідротехнічні споруди й фітомеліорацію із забезпеченням умов для одержання максимального противірозійного, господарського і рекреаційного ефекту.

Після меліорації яружно-балкові землі використовують під лісами промислового призначення, садами й виноградниками, кормовими угіддями для домашніх і диких тварин, під плантаціями для обробітку технічних і лікарських культур, під ставками й водоймами, а також як рекреаційні зони.

**Ступінь ураженості земель ярами визначають у залежності від показників розчленованості, яружності, щільності ярів і напруженості яроутворення (табл. 22.1)**

Таблиця 22.1. Групування балок і їх, систем за ступенем ураження ярами

Ступінь ураження балок ярами	Показники			
	Розчленованість(Р), км/км <sup>2</sup>	Яружність (О), га/км <sup>2</sup>	Щільність ярів (П), шт./км <sup>2</sup>	Яроутворення, км/км
Дуже слабка	<0,15	<0,2	<1	<0,005
Слабка	0,15-0,6	0,2-0,9	1-4	0,005-0,15
Середня	0,6-2,2	0,9-3,5	4-17	0,15-0,55
Сильна	2,2-9,0	3,5-14,0	17-67	0,55-1,25
Дуже сильна	>9,0	>14,0	>67	>1,25

Для розміщення прибалкових лісосмуг, розпилювачів стоку, водовідвідних і водозатримувальних валів до складу гідрографічного

фонду включають у необхідних випадках меліоративну смугу шириною 12,5—21 м. В умовах України, меліоративна смуга такого розміру займає в середньому 3,3% від площі водозбору (від 2,4 до 4% у залежності від ступеню ураженості ярами).

**Меліоративно-господарські заходи на яружно-балкових системах включають наступні роботи:** 1) зарівнювання вимоїн на прибалкових і прибалкових ділянках схилів із дрібно горбистими зсувами й іншими нерівностями і дрібними ярами глибиною до 1,5—2 м і їхнє залуження; 2) вирівнювання ярів із побудовою гідротехнічних споруд, що запобігають нові розмиви (лотків, швидко-токів, шахтних водоскидів, перепадів і ін.); 3) пристроїв розпилювачів стоку і протиерозійних гідротехнічних споруд (водозатримувальних і водовідвідних валів, канав, дамб-перемичок, донних загат і напівзагат і ін.); 4) відсипання укосів на схилах ярів із кутом рівноваги, що не сформувався, і підготовку їх до залісення (прилягаючих ділянок — до залуження); 5) створення прибалкових (прияружних) лісосмуг і насаджень на відсипаних укосах ярів; 6) вирощування берегових і донних насаджень на гідрографічній мережі, залуження положистих берегів і донних ділянок балок; 7) будівництво водойм, дорожньої мережі й організацію рекреаційних зон.

Послідовність виконання робіт на ЯБС приблизно відповідає порядку даного переліку.

**Протиерозійну меліорацію починають навесні** із зарівнювання вимоїн і дрібних ярів (глибиною до 2—3 м), відведених під лісосмуги, а також берегів балок крутістю до 12°. Далі вирівнюють схили ярів глибиною до 5 м, споруджують водовідвідні й водозатримувальні вали, дамби-перемички й інші гідротехнічні споруди. У той же час, на початку літа, до зливових дощів проводять лучно-меліоративні роботи на берегах і широких донних ділянках балок. Лісомеліоративні роботи проводять у літньо-осінній період.

**Яружно-балкові системи для комплексного меліоративного освоєння в залежності від інтенсивності прояву сучасних ерозійних процесів, ступеня змивання й розвиненості ґрунтів, а також крутості берегів і схилів розділені на десять категорій:** 1) приярові і прибалкові ділянки крутизною до 8°; 2) схили крутизною до 12°, зустрічаються промоїни й мілкі яри глибиною до 2 м. На деяких ділянках схилів розвиваються процеси зсувів; 3) схили крутизною до 20°, зустрічаються промоїни і мілкі яри; 4) схили балок

крутизною 20-35° з промоїнами і мілкими ярами до 2 м; 5) короткі відрізки схилів балок крутизною до 25°, міжяружні частини схилів, які прилягають до бровки гідрологічної мережі площею до 0,5 га, які не використовуються у сільському господарстві крупно-горбисті зсуви; 6) широкі донні ділянки балок з стійким або слабо вираженим руслом водотоку; 7) донні ділянки балок з блукаючим руслом водотоку і вираженим рельєфом; 8) відкоси ярів у стадії стійкої рівноваги крутизною 35-40°; 9) діючі яри з невиробленим профілем рівноваги; 10) донні ділянки ярів з невиробленим профілем рівноваги, а також конуси виносу ярів.

### 22.3. Протиерозійні меліорації

*Тераси* (франц. terrasses, від лат. terra - земля) у геоморфології – *форми рельєфу, що являють собою горизонтальні або злегка похилі площини з майже рівними поверхневими, обмежованими уступами.*

*Терасування – штучне перетворення поверхні схилів на горизонтально вирівняні або похилі східцеподібні протиерозійні майданчики для припинення змиву ґрунту й використання схилів під сільськогосподарські й лісові культури.* Терасування буває наоране, плантажне й виїмково-насіпне.

Терасування крутих схилів — ефективний протиерозійний захід, тому що вали-тераси, затримують поверхневий стік практично в місці його утворення, сприяють зволоженню земель, або відводять його на задерновані схили, безпечні в ерозійному відношенні.

Розрізняють тераси гребеневі, або вали-тераси, або вали із широкою основою, а також східчасті й траншейні.

*Гребеневі тераси* бувають із горизонтальним і похилим валом. Тераси з горизонтальним валом улаштовують паралельно горизонталям схилів із мінімальним числом зломів у плані й прив'язують до границь полів і виробничих ділянок. Їх застосовують у районах недостатнього й помірного зволоження на добре водопроникних ґрунтах.

*Гребеневі тераси* створюють на оброблюваних схилах, зайнятих ґрунтозахисними сівозмінками, пасовищами й косовицями, при ухилах 0,02-0,12 (1-6 °) і незначної кількості балок на схилах. Вали терас роблять трикутного профілю висотою  $h = 0,4-0,6$  м при глибині

прудка  $h_0 = 0,2-0,4$  м із дуже пологістими ( $m = 4-8$ ) укосами для проходження ґрунтообробних агрегатів. З метою затримки води кінці валів повертають нагору схилу під кутом  $110-130^\circ$ . Будівельна висота валів повинна бути на 10-15 см вищою проектною з обліком осідання ґрунту. Відстань між валами 1, м, обґрунтовують гідрологічними розрахунками з умови затримування в прудку перед нижнім валом об'єму весняного або зливого стоку з площі між валами.

Перевищення гребенів валів  $\Delta h = 0,8-1,5$  м.

Досвід проектування гребневих терас показує, що відстань між валами на суглинкових ґрунтах складає 18-38 м, а на супіщаних — 22-50 м. Зі збільшенням ухилу схилу ця відстань зменшується.

**Гребеневі похилі тераси** застосовують у районах надлишкового зволоження при слабкій водопроникності ґрунтів. Вали терас трасують під гострим кутом до горизонталей, щоб вони мали подовжній ухил близько 0,001 і тим самим забезпечувався повільний відтік води з тераси уздовж вала і не відбувалося перезволоження ґрунтів.

Для поліпшення умов роботи сільськогосподарських машин горизонтальні й похилі гребеневі тераси прагнуть проектувати рівнобіжними, а на порівняно рівних схилах — прямолінійними. При цьому на окремих ділянках глибина прудка на довжині тераси може збільшуватися, і щоб у зниженнях не утворювалися застійні зони, влаштовують трубчастий дренаж із пропуском води під валом униз схилом.

Вали влаштовують плугами загального призначення в агрегаті з тракторами класу 30 кН. Оранку проводять у звалення. В даний час широко застосовують **наорювальний спосіб**, при якому вал наорюють шляхом переміщення ґрунту вниз схилом. Звичайний плуг при оранці робить зворотний холостий хід. Тому для підвищення продуктивності робіт рекомендується застосовувати оборотні плуги (наприклад, ПОН-3-40), що виключають холості проходи. Остаточні укоси валів вирівнюють автогрейдером або бульдозером.

**Східчасті тераси** (рис. 22.6) створюють на гірських схилах крутістю  $10-40^\circ$ . Їх нарізують на горизонталях шляхом зрізання ґрунту у верхній частині полотнини тераси й відсіпання його в нижній. Таким чином, полотнина з однієї сторони складається з материкового ґрунту, а з іншого боку — із насипного. Східчасті тераси бувають із горизонтальним, похилим убік схилу місцевості, і

зі зворотним нахилом полотнини. Найчастіше влаштовують тераси з горизонтальною полотниною. Тераси зі зворотним ухилом полотнини нарізують строго на горизонталі на добре водопроникних ґрунтах, із нахилом полотнини схилу — на ґрунтах із поганою водопроникністю. Ширина полотнини східчастих терас 3-6,5 м.

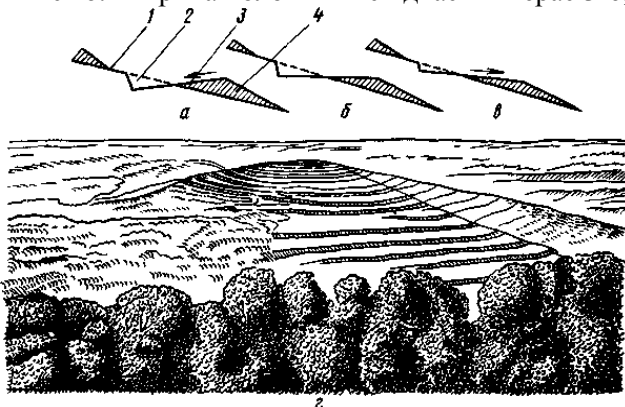


Рис. 22.6. Східчасті тераси:

*а* — зі зворотним ухилом (1 — берма; 2 — материковий укіс; 3 — полотнина; 4 — насипний укіс); *б* — з горизонтальною полотниною; *в* — з похилим убік схилу місцевості полотниною; *г* — загальний вигляд.

Східчасті тераси роблять спеціальними машинами-терасерами Т-4, Т-4М, ТР-2А, ТС-2,5 або універсальними бульдозерами. Об'єм земляних робіт залежить від крутості схилу й ширини полотнини тераси. Так, при збільшенні крутості з 15 до 35° об'єм робіт на 100 м тераси при ширині полотнини 3,7 м зростає з 86 до 181 м<sup>3</sup>, а при збільшенні ширини з 2 до 4 м - у 4 рази.

Тераси будують за проектом, що складають, використовуючи план у масштабі 1:5000 із горизонталями через 0,5 м.

Є досвід терасування крутих схилів вибуховим способом, що дозволяє влаштовувати тераси в будь-який час року на схилах крутістю більш 20-25°, на яких застосування звичайних землерийних машин практично виключено.

Східчасті тераси перешкоджають появі ерозії, тому що добре затримують стік на схилах будь-якої крутості. Їх використовують під лісові насадження, плодові культури й багаторічні трави.

**Тераси-канави** (траншейні) улаштовують в основному для заліснення сильно змитих схилів крутістю більше 30°. Вони

складаються з траншей, виритих уздовж горизонталей і земляних валів із вибитого ґрунту. В даний час тераси-канави застосовують рідко через складність їхнього устрою й механізації наступних робіт.

Терасування схилів у районах недостатнього зволоження сприяє одержанню стійких врожаїв. Збільшення врожаю зернових на 0,25-0,99 т/га і більше, ніж на ділянках без терас. Витрати на будівництво окупаються за 2-3 роки.

**Гідротехнічні споруди для боротьби з лінійною ерозією.** Щоб попередити утворення й ріст вимоїн і ярів, будують гідротехнічні споруди, що умовно можна розділити на найпростіші, виконані з місцевих ґрунтів (розпилювачі стоку, водовідвідні вали-канали, нагорні канали, водозатримні вали), й складні (швидкоходи, перепади, консольні скидання).

**Розпилювачі стоку** (рис. 22.7) — це найпростіші земляні споруди, що створюють у місцях небезпечної концентрації водного потоку для його розосередження. Їх роблять на прибалкових схилах, рознімних борознах, в узліссі лісу, на межах, колях доріг. Розпилювач стоку являє собою прямолінійну канаву глибиною 0,4-0,6 м із земляним валиком висотою 0,3-0,5 м і довжиною 10-40 м, розташований під кутом приблизно  $45^\circ$  до потоку. Подовжній ухил канави на орних землях приймають 0,005-0,01. Розпилювачі розташовують на довжині балки через 50-100 м. Їх виконують плантажними однокорпусними плугами в агрегаті з тракторами ДТ-75, С-80 і ін. На задернованих балках розпилювачі зберігаються 5-7 років, а на орних землях їх щорічно відновлюють до початку польових робіт. Гідрологічних і гідравлічних розрахунків розпилювачів стоку не роблять.

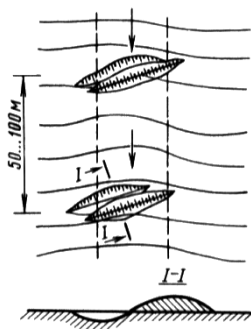


Рис. 22.7. Схема розташування розпилювачів стоку уздовж балки

**Водовідвідні вали-канави** (рис. 22.8) перехоплюють стік і направляють його до водоскидних (або водозатримних) споруд або на добре задерновані схили. Їх трасують з подовжніми ухилами 0,003-0,005, що перешкоджає розмиву й замуленню. Якщо такий ухил забезпечити не можна, на канавах улаштовують перепади або кріплять дно й укоси. У поперечному перерізі вали-канави роблять трикутного або трапецієподібного профілю з коефіцієнтами закладення сухих укосів 1-1,5 мокрих — 2-5.

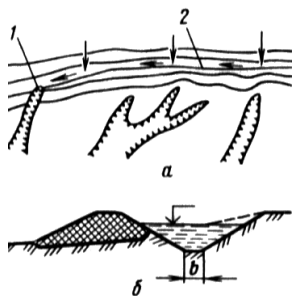


Рис. 22.8. Водовідвідні вали-канави:  
а — план; б — поперечний переріз; 1 — водоскид; 2 — вал канава

Гребінь вала повинний бути на 0,2-0,5 м вище розрахункового рівня води в каналі.

Досвід показав, що укоси валів-каналів на орних землях доцільно робити пологішими (1:5—1:8), прохідними для ґрунтообробних агрегатів. Поперечний переріз валів-каналів визначають гідравлічним шляхом у залежності від розрахункової витрати води, користаючись формулами рівномірного режиму. Розрахунки ведуть на окремих ділянках довжиною 200-300 м. За розрахунковий приймають зливу або весняну витрату 5-10 % імовірності перевищення (СНіП 2.01.14—83. Визначення основних гідрологічних характеристик).

**Водозатримні вали** влаштовують для припинення росту ярів. Їх розміщують уздовж горизонталей вище зростаючої вершини яру (на малоцінних міжяружних непридатних землях) або трохи нижче їх (рис. 22.9). З метою економії земель вали рекомендується розміщати на міжяружних малоцінних у господарському відношенні землях. Їх створюють після проведення на водозбірному схилі необхідних протиерозійних агротехнічних заходів. У цьому випадку розміри валів будуть менше. Вали роблять, якщо площі водозборів не перевищують 15-20 га, а ухил прибалкових схилів не більше 2°. При

більшій крутості (до  $6^\circ$ ) водозбірна площа не повинна перевищувати 5 га, тому що в цьому випадку затримуваний валом об'єм води менше об'єму вала й його будівництво економічно недоцільне.

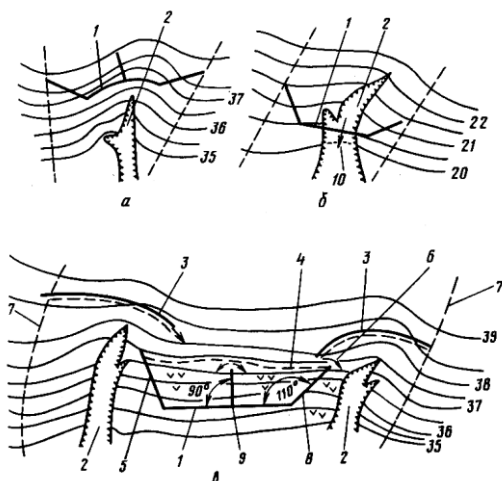


Рис. 22.9. Розташування водозатримних валів:

*а — вище яру на рельєфі; б — нижче вершини яру; в — між ярами; 1 — водозатримний вал; 2 — яр; 3 - водовідвідний вал-канава; 4 — уріз води прудка; 5 — глуха шпора; 6 - водозлив; 7 - вододіл; 8 — відкрита шпора; 9 — перемичка; 10 — водоспуск.*

У поперечному перерізі водозатримні вали роблять трикутного, але частіше трапецієподібного профілю шириною зверху до 2,5 м, висотою 0,8-3 м і коефіцієнтом закладення укосів 1,5-2,5. Для утримання води в прудке перед валом кінці вала загинають нагору по схилі і влаштовують глухі або водозливні шпори, через останні скидаються надлишки води. У плані вали проектують прямолінійними довжиною до 400-500 м із мінімальним числом зломів. Довжину вала розраховують з обліком його поперечного перерізу рельєфу місцевості й об'єму затримуючого весняного або зливогого стоку 5-10% імовірності перевищення, а при наявності надійних водообходів — до 75%. Щоб зменшити наслідки аварії у випадку прориву вала, через кожні 60-100 м улаштовують земляні перемички, що розділяють прудок на секції. Гребінь вала, шпор і перемичок на всій довжині роблять на однаковій висоті з перевищенням над розрахунковим рівнем води в прудке на 0,2-0,5 м. Якщо гідрологічним розрахунком об'єм води не вміщується в прудку



перед валом, можна влаштовувати двох- і рідше триярусні вали, кожний з яких затримує відповідну частину об'єму стоку.

Проект водозатримних валів складають на основі топографічного плану водозбірної площі (М 1:10000) і плану прибалкових ділянок, на яких знаходяться вали (М 1: 1000 або 1:2000 із горизонталями через 0,5 м).

Технологія будівництва валів наступна. На ділянках розміщення валів проводять оранку на глибину 25-30 см, після чого бульдозером знімають на 25 см рослинний шар під основу вала, шпори і виїмку. Шар зрушують у тимчасовий відвал за межі будівництва, а потім бульдозером ґрунт із виїмки переміщують у тіло вала. Вал, шпори й перемички пошарово через кожні 20 см ущільнюють ковзанками, при необхідності для кращого ущільнення ґрунт зволожують. Потім гребінь і укоси покривають рослинним шаром із тимчасового відвала, проводять ретельне планування і висівають багаторічні трави.

Для припинення процесів утворення ярів, розмивання та обвалів і зсувів на берегах річок, водойм, штучних каналів, гідроспоруд треба застосовувати різні протиерозійні заходи (рис. 22.10, 22.11).



*Рис. 22.10. Заходи з припинення розмиву яру тином та залісенням схилів*

Розміщення лісових протиерозійних насаджень обумовлено рельєфом і ерозійними утвореннями. Водорегулювальні, або стоково-поглинальні лісосмуги перехоплюють схилі води зверху, переводять поверхневий стік у підземний і захищають нижче лежачий більш крутий схил від змиву. Розташовуючи на орних схилах, такі смуги одночасно є і полезахисними.



*Рис. 22.11. Боротьба із змиванням ґрунту при насадженні чагарників*

**Водорегулювальні лісосмуги** шириною до 15 м проектують, головним чином, на схилах опуклої або прямої форми. Розміщують їхній строго поперек схилу на переході пологого схилу в більш крутий. Необхідно, щоб стікаючі розсіяні струмки води входили в лісосмугу під прямим кутом, інакше при наявності наорювання скупчення води неминуче, що може спричинити утворення вимоїн. Для посилення водовбирної ролі смуг проводять боронування міжрядь і обвалування нижнього краю лісосмуги шляхом двократного проходу плантажного плуга з відвалом шару убік смуги (висота валика при цьому складає 0,5—0,6 м). У місцях перетинання лісосмуг із балками влаштовують затримуючі воду валики.

Відстань між водорегулювальними смугами на схилах крутістю до 4° не повинна перевищувати: на сірих лісових ґрунтах і опідзолених чорноземах — 350 м, на вилужених, типових, звичайних і південних чорноземах — 400 м, на темно-каштанових ґрунтах — 300 м. Конструкція водорегулювальних смуг ажурна.

**Прибалкові й приярові лісосмуги** шириною 12,5—21 м мають у своєму розпорядженні прямолінійні відрізки (для зручності обробки ґрунту) уздовж брівок балки або яру. Конструкція таких смуг — щільна, тип посадки — деревно-чагарниковий. Для прибалкових лісосмуг у степовій і лісостеповій зонах перевагу віддають дубу, а в лісовій — сосні звичайній і модрині сибірській. Недоцільно висаджувати породи дерев, що погано ростуть на змитих ґрунтах: ясени зелений і звичайний, клени гостролистий і польовий.

Відстань між рядами 2,5-3,0 м, в ряду — 0,5 м. Створюють вербогрупи близько 20 рослин на площадку (400-500 шт./1 га).

У прибалкових смугах варто саджати кореневі нащадкові чагарники й невеликі деревця — вишню звичайну й степову, терен, обліпиху, акацію білу. Рясні кореневі нащадки дає берест, деякі тополі, осика. Крім лісосмуг, для попередження ерозії ґрунту й поліпшення ландшафту застосовують суцільні й одинокі насадження на берегах балок, схилах ярів, крутих схилах, а також на дні й конусах виносу ярів.

Головним завданням фітомеліорації еродованих земель є комплексність з урахуванням впливу фітомеліоранту на зайняту ним площу і навколишнє середовище.

#### **22.4. Кріплення вершин, вирівнювання й засипання ярів та балок**

**Завалювання вершин ярів** — найпростіший спосіб боротьби з діючими ярами й розмивом берегів. Для цього використовують гній, солому, сміття. Спочатку вершину яру доцільно зрізати під кутом 20—25° і зробити жолобоподібну виїмку, а після завалити товстим шаром (більше 50—60 см) соломи або іншого матеріалу, поповнюючи завал щорічно.

**Закріплення вершин ярів дерном** здійснюють у такий спосіб. Спочатку їх зрізують бульдозером під ухил не більше 5—6° при ширині 3—5 м, формують жолобоподібний водотік, що покривають рослинним шаром товщиною не менше 30 см. Потім на цей шар настиляють дерен, який присипають землею, затінюють соломою й поливають. За літній період дернина стає стійкою.

**Повне вирівнювання застосовують на ярах**, у яких завдяки застосуванню гідротехнічних споруд і обвалуванню вода не надходить.

Вирівнювання крутих берегів проводять під кутом 12—15°. Його починають з устя яру: бульдозером зрушують ґрунт з обох укосів у яр, після чого з другої ділянки переміщують на нього рослинний ґрунт і рівномірно розподіляють. Роботу продовжують від однієї ділянки яру до іншої.

**Верхову ділянку яру покривають рослинним ґрунтом**, знятим при спорудженні водозатримного валу. При наявності крутих укосів можна залишати 1-1,5-метрову смугу недоторканого ґрунту з

наступним переміщенням його в яр. На дні вирівняного яру влаштовують земляні донні загати з водозливами, у яких збирається снігова й дощова вода. Це закріплює яр, поліпшує умови росту верби, тополі й вільхи (див. рис. 14.10)

Часткове вирівнювання проводять на ярах, де не припинено повне надходження води з водозбору. Вирівнюють тільки круті відкоси, ґрунт із який не завалює русло водотоку. Вирівняні відкоси задерновують або засаджують лісом на терасах.

**Повне або часткове засипання ярів** проводять тільки в тих випадках, коли системою гідротехнічних заходів яр цілком захищений від притоку зливових і талих вод із водозбору. У залежності від глибини яру використовують різну техніку - бульдозери або екскаватори. У результаті засипання розрізнені яружні ділянки об'єднують у єдиний масив.

## 22.5. Лучно-меліоративні заходи

Під лучно-меліоративні заходи відводять найменш еродовані ярово-балкові землі, що включають прибрівкові, схиліві й донні ділянки. На деяких схилових ділянках після припинення випасу худоби вдається природним шляхом відновити гарний травостій. Еродовані площі піддають корінному або поверхневому залуженню в залежності від якості травостою. При цьому враховують місцеві умови.

Багаторічні трави є основним меліорантом для прискореного залуження сильно змитих схилів, під їх впливом припиняються ерозійні процеси й відкладаються принесені водою тверді наноси. Трави, вирощені в балках і великих вимоїнах, сприяють підвищенню шорсткості, знижують швидкість водного потоку, скріплюють коренями ґрунт і запобігають розмиву. Трави на гідрографічній мережі перешкоджають розмиву берегів, зміцнюють відкоси. Біля гідротехнічних споруд для підвищення їхньої стійкості проводять дернування.

Багаторічними травами засівають береги й схили балок, слабо піддані змиву, а також дрібно горбисті зсуви. Іноді тут розміщують культурні пасовища з нормованим випасом худоби. Для посіву трав проводять суцільну підготовку ґрунту на берегах шириною до 30 м або смугами шириною 10-20 м.

Насіння висівають зерно-трав'яними сівалками з внесенням добрив і прикочують. Для поліпшення природних травостоїв їх фрезерують. При фітомеліорації ярово-балкових земель важливо правильно вибрати асортимент трав і технологію їхнього застосування (табл. 22.2).

Таблиця 22.2. Зразковий склад травосумішей і норми висіву насіння при фітомеліорації берегів і днищ балок, кг/га

Місце розташування	Лісостеп		Степ	
	Трава	Норма висіву насіння	Трава	Норма висіву насіння
Береги балок тіньової експозиції	Костриця безоста	10-12	Еспарцет піщаний	50
	Костриця безоста	3-10	Люцерна синя гібридна	10
	Люцерна жовта	4-6	Вівсюг лучний	12
	Конюшина	4	Вівсюг лучний	10
Береги балок сонячної експозиції	Костриця безоста	10	Люцерна жовта	8
	Житняк широколистий	5	Житняк широколистий	5
	Еспарцет піщаний	30	Костриця безоста	12
	Люцерна жовта	4-5	Пирій	8
Суходільне дно балок	Костриця безоста	10	Костриця безоста	12
	Вівсюг лучний	8	Люцерна жовта	6
	Люцерна жовта	6-7	Пирій	8
Зволожене дно балок	Костриця безоста	10	Костриця безоста	10
	Тимофіївка	6	Пирій	3
	Конюшина	4	Люцерна жовта	4
	Конюшина гібридна	3-4	Конюшина лучна	4

Для кріплення пухких осипів у підніжжя крутих еродованих берегів і укосів ярів застосовують травосуміші з костриці польової, перстачу гусячого й інших трав. Конуси виносу засівають травами, стійкими до замулення й перезволоження (костриця безоста, вівсяниця лучна, райграс пасовищний, лядвенець рогатий, конюшина повзуча й ін.).

Для північних лісостепових районів рекомендований метод прискороного залуження травами із застосуванням багаторічного люпину. Його вирощують у чистих посівах і в сполученні з іншими травами. Люпин висівають одночасно із закріпленням ярів гідротехнічними спорудами або навесні, із брівки яру на відкоси врозкид нормою висіву насіння 35—40 кг/га. Його використовують також і для підготовки земель до наступного залісення.

На присіткових схилах і берегах балок люпин використовують як попередню культуру 3—4 роки для наступного їхнього залуження. Наприкінці літа під його покрив висівають кострець безостий, вівсяницю червону, люцерну жовту, лядвенець рогатий. Застосовують люпиново-злакові травосуміші, що складаються з райграсу високого, вівсяниці лугової і тимофіївки лугової по ранній зяблевій оранці з підсівом навесні однолітнього кормового люпину.

На Канівських пагорбах вершини й круті укоси ярів закріплювали багаторічними травами з коренево-стрижневих і кореневих рослин за участю лисохвосту лугового, мітлиці білої, чини лучної, люцерни жовтої й ін.

## **22.6. Боротьба з ерозійними й селевими явищами в горах.**

*Ерозія ґрунтів у горах* більш виражена, ніж на схилах малої крутості, і наносить велику шкоду народному господарству не тільки на еродованій території, але й у долинах. У гірських умовах унаслідок сильно вираженого рельєфу утворюється підвищена концентрація поверхневого стоку, можливе оповзання крутих схилів і виникнення селевих потоків. Зсуви виникають унаслідок перезволоження ґрунтів на крутих схилах, складених із глинистих водотривких і водоносних шарів, що чергуються. Оповзання підсилюється, якщо шари залягають із нахилом убік схилу.

*Зсуви* приносять велику шкоду народному господарству, тому що можуть руйнувати великі площі узбережжя річок і морів. Від них часто страждають сільськогосподарські угіддя, промислові підприємства, дороги й населені пункти. Зсувні явища спостерігають найчастіше навесні після відтавання ґрунту. У нашій країні вони широко поширені на правому березі Дніпра, на Чорноморському узбережжі, на Південному березі Криму, в Карпатах.

*Щоб уникнути зсувів влаштовують* водовідвідні нагорні й

ловчі канали, що осушують зсувний масив; передбачають підпірні стінки (контрфорси), що перешкоджають сповзанню ґрунту; зміцнюють схил рослинністю й т.д. Якщо на зсувному схилі проводять зрошення, то приймають усі заходи проти фільтрації поливної води в підґрунтовий шар (улаштовують канали з протифільтраційним облицюванням, установлюють мінімальні норми поливу).

**Селеві потоки** — це нетривалі грязево-кам'яні потоки, що утворюються в горах і передгірних районах унаслідок злив, тривалих дощів, танення льодовиків і інших причин. Витрата селевих потоків досягає 2000 м<sup>3</sup>/с і більше, вони рухаються з великою швидкістю (часто сухими руслами), викликаючи величезні руйнування. Збиток від селевих потоків іноді досягає десятків мільйонів карбованців. Боротьба із селями представляє дуже складну проблему. Вона включає адміністративні, гідротехнічні й лісомеліоративні заходи.

**Адміністративні заходи** передбачають організацію служби оповіщення населення про можливе виникнення селевих потоків, пропаганду серед населення відомостей про правильне використання гірських схилів (часткова або повна заборона випасання худоби й оранки на водозборі, упорядкування лісокористування з проведенням при необхідності лише рубок догляду й ін.).

**Гідротехнічні заходи** зводяться до устрою на шляху руху селевого потоку системи загат, масивних насипних (гравітаційних) гребель, а також селепроводів і водоймищ. Основний з цих заходів - устрій гідротехнічних споруд.

Лісопосадки й збереження всілякої рослинності на водозборі — ефективний і довгочасно діючий протиселевий фактор. Однак лісопосадки в селенебезпечних районах сильно утруднені внаслідок сухості клімату.

### **Контрольні питання**

1. Яке місце займають протиерозійні гідротехнічні споруди в протиерозійному комплексі? 2. Які споруди влаштовують для попередження площинної й лінійної водної ерозії ґрунту? Які області їхнього застосування, основні конструктивні особливості? 3. Що таке селі і як із ними борються?

Частина 4  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ПРИРОДНИХ УМОВ НА  
МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ**

Розділ 23  
**ДОСЛІДЖЕННЯ НА МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ**

**23.1. Основні гідрохімічні процеси в зоні аерації  
меліорованих масивів**

*До основних гідрогеологічних процесів, що протікають у зоні аерації, яка включає в себе ґрунт і підстильні материнські, не насичені водою породи, відносяться (Bogomolow, 1976):*

1) різні види вологопереносу: інфільтрація атмосферних опадів, поливних вод, переміщення конденсаційних вод, молекулярна дифузивність, термокапілярність і термоосмос;

2) різні види солеобміну: конвективний перенос водорозчинних солей фільтраційним потоком, фільтраційна дифузія й розчинення (або випадання солей в осад), а також обмінні реакції;

3) різні види теплообміну: кондуктивний - через скелет ґрунту й уміщену в ньому вологу; конвективний - через вологу, що рухається, у ґрунтах і породах у рідкому (переважно) й газоподібному (у вигляді пари) станах випромінювання від частки до частки ґрунту, чим часто в розрахунках зневажають.

Крім полів вологості, температури, гравітації, концентрації водорозчинних солей, на протікання процесів масо-енергообміну в зоні аерації впливають електричні поля, які також у більшості випадків не розглядаються. Усі види вологопереносу, солеобміну й теплообміну описуються диференціальними рівняннями в часткових похідних відповідно до прийнятої моделі процесу.

У рівнянні вологопереносу визначальними факторами є: градієнт потенціалу вологості або градієнт об'ємної вологості, градієнт температури, градієнт сили ваги. У рівнянні теплообміну враховуються: градієнт температури, швидкість вологопереносу. У рівнянні солеобміну - градієнт концентрації водорозчинних солей, перевищення граничної концентрації водорозчинних солей, над мінералізацією порового розчину. Рішення системи рівнянь масо-енергообміну можливо при наявності даних про відповідні параметри.



Крім зміни водно-сольового й теплового режимів, при іригації істотно порушується природний взаємозв'язок ґрунтових і сполучених із ними напірних вод. Тому при аналізі впливу зрошення на зону аерації необхідно мати на увазі не тільки зміну масо-енергетичного балансу в цій зоні, але й зміну того ж балансу в сполученому ґрунтовому потоці, а в ряді випадків - також і в першому потоці напірних вод. Останній дуже часто впливає на ґрунтові води й зону аерації, в тому випадку, коли напірний потік знаходиться в більш проникних підстильних шарах порід, і випробовує підпір від іригаційних каналів або відводиться вертикальним дренажем (свердловинами).

***При зрошенні вологоперенесення у зоні аерації інтенсифікується в часі й просторі.*** У залежності від режиму зрошення й розміру поливних норм пропорційно збільшується інфільтраційне живлення ґрунтових вод. Аналогічно цьому збільшується й витрата ґрунтових вод на сумарне випаровування. Підземний стік або різниця між відтоком і припливом цих вод у горизонтальному або вертикальному напрямках на окремих ділянках зрошуваних земель, крім зміни своєї абсолютної величини, може змінювати алгебраїчний знак на протилежний. У бездренажних умовах це викликає підйом рівня ґрунтових вод до денної поверхні й приводить до вторинного засолення ґрунтів. При штучному дренажі підземний відтік ґрунтових вод і винесення розчинних солей збільшуються, що обумовлює виникнення промивного водно-сольового режиму ґрунтів і порід зони аерації, забезпечує підняття родючості ґрунтів.

***При піщаній будові зони аерації*** головна роль у вологопереносі належить гравітаційній складовій, котра враховується коефіцієнтом вологопроникності (вологопровідності). При суглинистій будові тієї ж зони аерації основне значення у вологопереносі належить дифузній складовій. У цьому зв'язку велика роль повинна приділятися попередньому дослідженню мінливості коефіцієнтів вологопереносу в залежності від вологості ґрунтів і порід, складанню прогнозів зміни режиму цієї вологості в часі.

***Інтенсивність солеобміну в зоні аерації залежить і від наявності горизонтального або вертикального дренажу, за допомогою якого знижується рівень ґрунтових вод.*** Переміщення солей фільтраційним потоком визначається гідродинамічними умовами (геоструктурними й гідрогеологічними факторами). За

даними лабораторних досліджень різних авторів, у ґрунтові води в перший період зрошення надходять порові розчини зони аерації, які витісняються інфільтраційною водою. Переміщення солей під впливом фільтраційної дифузії більш стійке в часі. При відсутності руху розчинів у рідкій фазі води відбувається молекулярна дифузія.

***В умовах зрошення на хімічний склад порових вод великий вплив робить вилуговування, або розчинення солей твердої фази.*** Швидкість розчинення солей залежить від складу підземних вод і швидкості їхнього руху. Винесення солей відбувається фільтраційним потоком і дифузійним шляхом.

При випаровуванні вологи з висхідних ґрунтових розчинів відбувається випадання солей в осад у порядку їхньої розчинності. При невеликій мінералізації вод ефективні й обмінні реакції. Дуже часто більш прісні, що подаються для зрошення води розбавляють сильно мінералізованими водами. Таким чином, при зрошенні часто формуються води зони аерації, які за мінералізацією й хімічним складом відносяться до вод вилуговування. В умовах переваги на поверхні ґрунту випаровування над інфільтрацією формуються води континентального засолення.

### **23.2. Стадії досліджень на меліоративних системах**

Оцінка розглянутих процесів виробляється на стадіях попередніх і детальних ґрунтово-меліоративних і гідрогеологічних досліджень. До складу попередніх досліджень (для обґрунтування проектів зрошення) входять ґрунтові й гідрогеологічні зйомки, супроводжувані дослідними роботами. Останні містять у собі визначення водопроникності ґрунтів і порід, водовіддачі, недоліку насичення, фільтрації ґрунтових потоків, різних меж вологості ґрунтів (найменшої вологості, гігроскопічності й т.п.), а також зазначених вище параметрів тепло-вологопереносу й солеобміну та початкового запасу водорозчинних солей і вологості зони аерації.

***На стадіях детальних досліджень*** виконуються режимні й балансові роботи на ключових дослідних ділянках. При цьому, процеси водо-, соле- й теплообміну які протікають безупинно, розглядаються дискретно, у першу чергу, застосовуються балансові методи. Головною вимогою до постановки таких робіт є сполучення й суміщення в натурі місць балансових досліджень у зоні аерації й зоні повного насичення. Ключові балансові ділянки в природних

умовах і дослідні балансові ділянки в умовах зрошення можуть бути також в одному місці зрошувальної системи й розрізнятися, тільки тим, що на останніх детально досліджуються такі штучні фактори, як режим і норми поливу, робота різних типів дрен, каналів і т.п. На ключових ділянках детально вивчається вплив різних природних факторів на розглянуті процеси.

***Розміри балансових ділянок залежать від складності природної обстановки й задач дослідження.*** Для автономного й завчасного вивчення балансу води, солей і тепла в типових природних умовах зручні ключові ділянки площею в кілька сотень гектарів.

На ділянці споруджується мережа спостережних пунктів, що можуть складатися з: 1) спостережних свердловин, за допомогою яких досліджують ґрунтові води й перший напірний водоносний горизонт; 2) водомірних постів на річках, каналах і дренах - для спостережень за витратою й рівнями води; 3) волого- й солемірних пунктів або водно-сольових площадок для спостереження за режимом вологості ґрунтів і порід умістом у них водорозчинних солей; 4) термометричних пунктів, які на місцевості сполучаються з попередніми пунктами; 5) площадок випаровування; 7) метеорологічного поста, що включає опадомірні, снігомірні, й психрометричні пункти; 8) стокові площадки й т.п.

Для вивчення комплексу розглянутих вище процесів складаються в розрізі року баланси вод, солей і тепла для поверхні ґрунту, у зоні аерації й для ґрунтових вод з урахуванням взаємозв'язку їх з напірним міжпластовим водоносним горизонтом

### **23.3. Екологічний моніторинг стану земельних ресурсів**

***Екологічний моніторинг земель*** - багатоцільова спостережно-інформаційна система для вивчення напрямків і швидкості розвитку процесів, що негативно впливають на екологічний стан земель та їхню родючість, обґрунтування системи захисту від шкідливої дії води, вітрової ерозії, токсичних речовин та оптимізації екологічної ситуації, відтворення їх родючості.

***Об'єктом моніторингу*** є весь земельний фонд України незалежно від форм власності на землю.

**Предметом моніторингу земель як науки є** виявлення й вивчення локальних, а не середніх на ділянці змін ґрунту й факторів ґрунтоутворення. Іншими словами моніторинг земель має опиратися на моніторинг ґрунтового покриву. Це забезпечується створенням багаторічної динаміки вимірювань в постійних точках спостережень, комплексним аналізом отриманої інформації та періодичним картографуванням ділянок які спостерігаються. Сполучений морфогенетичний аналіз ґрунтового профілю, ґрунтового покриву і мікрорельєфу знятого у масштабі 1:1000 дозволяє виявити зміни і їх природу які відбуваються у часі навіть при періодичному однократному дослідженні.

**Комплексний ґрунтовий моніторинг** має бути направлений на досягнення головної мети: 1) своєчасне виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтів і ґрунтового покриву при різних видах його використання; 2) виконання контролю за станом ґрунтів за сезонами року (динаміка властивостей) під сільськогосподарськими культурами для видачі сучасних рекомендацій за застосування регулюючих заходів.

**Перша мета** пов'язана з тими змінами ґрунтів, які виникають у результаті тривалого, багаторічного впливу однотипних зовнішніх факторів. Такі зміни призводять до корінної зміни властивостей ґрунтів або ґрунтового покриву, якщо дія факторів продовжується досить довго. До таких змін відносять розвиток ерозійних процесів, накопичення токсичних металів у результаті промислових викидів в атмосферу. Це забруднення частково пов'язано із застосуванням деяких видів добрив і меліорантів, що викликає прогресуюче засолення ґрунтів при підйомі ґрунтових вод на недосконалих зрошувальних системах. До корінних змін відносять дефіцит балансу гумусу й азоту при посиленій мінералізації органічної речовини й нестачі органічних добрив, зростання кислотності й розширення площі кислих ґрунтів унаслідок випадання кислотних атмосферних опадів і використання кислих мінеральних добрив на не вапнованих фонах. У таких випадках періодичність спостережень за розвитком цих процесів визначається темпами їх розвитку. Проміжки часу між термінами спостережень можуть коливатися від одного року до десятиків років.

**Друга мета моніторингу** пов'язана з необхідністю щорічного прогнозу врожайності сільськогосподарських культур і виявлення факторів урожайності, які найменш забезпечені на конкретних

посівних площах. Це стосується вологозабезпечення й забезпечення рослин найважливішими елементами живлення. Періодичність спостережень зумовлюється фізіологічними особливостями вирощуваних культур, але не менше двох-трьох разів за вегетацію.

На сучасному етапі **найважливішими задачами ґрунтового моніторингу є:**

1) оцінка середньорічних втрат ґрунту внаслідок дощової, іригаційної й вітрової ерозії;

2) визначення регіонів із дефіцитним балансом головних елементів живлення рослин, визначення й оцінка швидкості втрати гумусу, азоту й фосфору;

3) контролювати зміну кислотності й лужності ґрунту, особливо у районах із внесенням високих доз мінеральних добрив, а також при іригації, використанні для меліорації промислових відходів;

4) контролювати зміну сольового складу зрошуваних ґрунтів;

5) контролювати ґрунти в місцях підвищеного випадання з атмосфери забруднюючих речовин (поблизу гірничопромислових комплексів, великих промислових міст);

6) вести контроль за локальним забрудненням ґрунтів важкими металами у зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також пестицидами в регіонах їх постійного використання, детергентами й побутовими відходами на територіях із високою щільністю населення;

7) вести довготерміновий і сезонний (за фазами розвитку рослин) контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів і умістом у них елементів живлення рослин;

8) здійснювати експертну оцінку ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, впровадження нових систем землеробства й удобрення;

9) проводити інспекторський контроль за розмірами й вірністю відчуження орнопридатних ґрунтів для промислових і комунальних цілей.

Дуже важливе місце у програмі ґрунтового моніторингу займає вибір параметрів, які планується контролювати. Від цього залежить ефективність усієї подальшої роботи.

**В оптимальному варіанті моніторинг має базуватись на трьох групах показників:**

1) показники, які характеризують сезонні або короткотермінові

(2-5 років) зміни властивостей ґрунтів; ця група показників необхідна для оцінки поточного стану ґрунтового покриву у зв'язку з прогнозами урожайності й рекомендаціями термінового внесення добрив, поливів і інших заходів для підвищення урожаю цього року;

2) показники, які характеризують довготермінові зміни, що проявляються протягом 5-10 років і більше й відображають несприятливі тенденції зміни властивостей у результаті антропогенезу;

3) рання діагностика розвитку (або появи) несприятливих змін властивостей ґрунтів і ґрунтових режимів. Для ранньої діагностики придатні біологічні тести, мікроморфологічні спостереження, аналіз водно-сольового, окислювально-відновлювального й кислотного режимів ґрунту.

**Короткотермінові зміни властивостей ґрунтів** діагностують за динамікою вологості, величиною рН, складом ґрунтових розчинів, аерацією ґрунтів, умістом доступних рослинам елементів живлення.

**Найбільш важко визначити показники довготермінових змін ґрунтів**, що вимагають періодичного визначення умісту й запасів гумусу, ерозійних втрат ґрунту, структурного стану, складу увібраних катіонів, загальної лужності, кислотності, умісту солей.

**Моніторинг земель як комплексна галузь знань базується на загальнонаукових методах досліджень: аналіз і синтез, сходження від конкретного до абстрактного, узагальнення, математичне й статистичне оброблення інформації.** Ця дисципліна розробляє власні методи аналізу, прогнозування стану екологічних систем і процесів, що в них відбуваються. На підставі дослідження зв'язків між процесами і складовими екосистем, впливу на них природних та антропогенних факторів моніторинг з'ясовує спільні закономірності функціонування, а також особливості стану екосистем, компонентів біосфери на різних просторово-територіальних рівнях. Ця дисципліна забезпечує здобуття нових знань про навколишнє середовище з використанням методів оцінювання й прогнозування стану його елементів (атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтового й рослинного покриву), розкриває їх взаємозв'язки і взаємовпливи.

**Принципи й методи комплексного або геосистемного моніторингу земель передбачають постановку й виконання таких положень:** 1) завдання й склад робіт по веденню екологічного моніторингу; 2) методика й порядок виконання

моніторингових робіт; 3) створення й оптимізація системи спостережень для ведення екологічного моніторингу; 4) вивчення й контроль показників екологічного стану земель, ведення моніторингу.

**Наукові основи методики слідування за станом земель включають чотири основні групи спостережень і досліджень:** 1) ретроспективні – виявлення історії природного й антропогенного розвитку земель; 2) інвентаризаційні й реінвентаризаційні – які показують початковий стан і багаторічні підсумкові зміни стану ґрунтів; 3) режимні – відображають щорічні коливання й стан об'єктів і процесів, які спостерігаються; 4) методичні – направлені на удосконалення методів комплексного моніторингу.

**При здійсненні екологічного моніторингу земель мають детально розглядатись наступні питання:** 1) вибір і обґрунтування оптимальної системи спостережень; 2) опорна й спеціальна мережі спостережень; 3) розміщення точок спостережень у зоні впливу об'єктів сільськогосподарського виробництва; 4) рекогносцирувальні обстеження; 5) режимні спостереження за основними показниками моніторингу земель; 6) вимоги до ведення комплексних екологічних зйомок ґрунтового покриву; 7) лабораторні роботи; 8) обробка, аналіз і підготовка інформації для замовника; 9) перелік показників, що підлягають вимірюванню при веденні моніторингу; 10) перелік атестованих і тимчасово допущених до використання методик визначення показників екологічного агрохімічного стану земель; 11) перелік нормативно-методичної документації, що регламентує відбір проб ґрунтів і вод; 12) форми обробки та подання інформації.

Методи отримання первинної інформації реалізуються через безпосередні спостереження на відповідних дослідних ділянках, станціях, постах, створах. Такими є метеорологічні, гідрологічні, геофізичні, біологічні, фонові спостереження. Дані про стан довкілля отримують і за допомогою дистанційних засобів спостережень, зокрема внаслідок прямих спостережень із супутників Землі, вертикальних зондувань, фотографічних і геофізичних зйомок, а також геостационарних спостережень.

Методи отримання вторинної інформації полягають в упорядкуванні й опрацюванні бази даних, отриманих за допомогою первинної інформації. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання й узагальнення інформації

функціонують *географічні інформаційні системи (ГІС)* — комп'ютерні бази даних, поєднані з певними аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією.

Для оброблення бази даних, оцінювання, прогнозування й управління станом земель застосовують метод аналогій (досліджуваний об'єкт оцінюється відповідно до його типової моделі), емпіричне узагальнення (вивчення зв'язків між явищами й процесами об'єкта дослідження), моделювання (побудова фізичних, математичних, цифрових моделей).

Нагромаджені у процесі моніторингу дані інформують про стан земель на певний час, основні процеси, тенденції, що відбуваються в ґрунтовому покриві. Ці відомості допомагають спрогнозувати його розвиток, передбачити надзвичайні ситуації природного та техногенного походження, а також спланувати науково обґрунтовані природоохоронні заходи для створення безпечних умов життєдіяльності. Особливо актуальним є відстеження антропогенних змін у природі.

*Концепція організації й ведення моніторингу земель* базується на загальних принципах концепції системи екологічного моніторингу (СЕМ) України, положеннях теорії еколого-меліоративної стійкості земель. Моніторинг зрошувальних земель водночас має виконувати інформаційну, узагальнюючу та екологічно попереджувальну функції.

*Структура моніторингу* побудована ієрархічно й має три основних рівні деталізації інформації та генералізації управлінських рішень: національний, регіональний і локальний.

*Підсумком реалізації завдань моніторингу* має стати просторова система підтримки прийняття управлінських рішень щодо використання земель, визначення пріоритетів реконструкції водогосподарських об'єктів, захисту земель та населених пунктів від шкідливої дії вод, ерозії, вітру, токсичних речовин.

Оцінку еколого-меліоративного стану та стійкості земель щодо зрошення, технічного стану гідромеліоративних систем виконують за критеріями, встановленими державними нормативними документами та нормами. Відомчі будівельні норми регламентують склад, обсяги робіт та організацію моніторингу на сільськогосподарських землях, на масивах зрошення та в зонах їхнього впливу, у т.ч. на охоронних територіях та у прибережних зонах Азовського та Чорного морів.

*Основні завдання організації та ведення екологічного моніторингу земель*: створення системи спостережень; ведення



спостережень за екологічним станом земель за заздалегідь розробленою програмою й установленим переліком показників із заданою періодичністю; вивчення й контроль показників стану земель і виявлення точок спостережень ґрунтів, де стан земель за окремими показниками перевищує граничні допустимі норми (ГДН) або гранично допустимі концентрації (ГДК); узагальнення, оцінку та прогноз еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель та їхньої екологічної стійкості; створення єдиних інформаційно-довідкової та інформаційно-обчислювальної систем ведення моніторингу; автоматизацію збору, обробки, аналізу, узагальнення, прийому-передачі та зберігання інформації з використанням сучасної обчислювальної техніки.

***Завдання моніторингу вирішують за такими напрямками:*** організаційний - вибір, обґрунтування, створення та удосконалення системи спостережень; розробка структури моніторингу та системи його ведення; виконання загального й спеціального природно-меліоративного районувань для ведення моніторингу; оцінка та прогноз екологічного стану й стійкості земель щодо зрошення; методологічний - розробка методик одержання, обробки й аналізу первинної інформації, методик оцінки та прогнозу екологічного стану й стійкості земель та розвитку негативних процесів; обґрунтування або створення математичного та програмного забезпечення, у тому числі й автоматизації робіт; технічний — обґрунтування й розробка або комплектація сучасних технічних засобів реалізації моніторингу, математичного та програмного його забезпечення.

### **Контрольні питання**

1. Охарактеризуйте можливі етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації й ґрунтових вод. 2. Перерахуйте основні гідрохімічні процеси в зоні аерації меліорованих земель. 3. Мета та стадії проведення досліджень на меліоративних системах? 4. Сформулюйте основні завдання організації й ведення екологічного моніторингу земель.

## Іменний покажчик

- Аболянц С.Х 210  
Абрамов Н.Н. 109  
Аверьянов З.Ф. 452  
Алексеевський В.С. 389, 394  
Алмазов А.М. 78  
Алпатыєв А.М. 53  
Алпатыєв С.М. 53  
Альокін О.А. 93  
Антіпов-Каратаєв І.Н 95, 300, 307, 313  
Арістов Г.І. 122  
Армад Д.Л. 44, 45  
Багров М.Е. 54  
Базилевич Н.І. 272, 276, 279, 321  
Безменов А.І. 200  
Богдан В.С. 245  
Богомолів Ю.Г.  
Большаков А.Ф. 313  
Брудастов А.Д. 428  
Буданов М.Ф. 82, 83, 95, 123, 269, 307, 328  
Вернадський В.Н. 93  
Вернандер В.Б. 269  
Висоцький Г.М. 68, 245  
Віленський Д.Г. 245  
Вільямс В.Р. 387  
Вітте П.А. 143  
Войтюк С.П. 438  
Волобуєв В.Р. 294  
Воронін О.Д. 38  
Воротнік Т.К. 83, 97  
Гапон Е.Н. 96  
Гедройц К.К. 245, 254, 269, 300, 303, 307  
Генріх III 8  
Геродот 8  
Гіршкан С.А. 210, 212  
Годлін М.М. 269  
Гончаров С.М. 130  
Гордєєв В.Б. 169  
Грабовська О.А. 267  
Гринь Г.С. 269  
Грінченко А.М. 307  
Губін В.К. 169  
Давидов В.К. 48  
Дараб К. 82, 83, 95  
Дарсі 40, 43, 44, 423  
Девіс 97  
Джонсон 254  
Дитріх 253  
Долгов С.І. 36  
Дукмасов А.І. 138, 202, 204, 205, 206  
Дюамель 316  
Дяченко А.Є. 215  
Еггельсман Р. 416, 443  
Елліс Ф.Б. 441  
Єгоров В.В. 26  
Єркін Г.Д. 405  
Єрхов М.С. 182, 187, 237, 240, 409  
Жабін В.Ф. 282  
Жовтоног О.І. 62  
Жюрен 41  
Зайдельман Ф.Р. 27, 311, 397, 412, 415, 441, 446, 447  
Зайков Б.Д. 48  
Зайцев В.Б. 141  
Захарченко Т.І. 339  
Зегеберг Х. 444  
Золотун В.П. 339  
Іваницький А.І. 48  
Іванов Н.Н. 16, 48  
Івіцький А.І. 403  
Ізраїльсен О.В. 93  
Ільїн М.І. 183, 187, 237, 240, 409  
Кадер Г.М. 95  
Калачев Б.А. 341  
Каленюк С.М. 250, 285, 286  
Камерон 253  
Камінер 253  
Катон 8  
Кауричев І.С. 321  
Кац Д.М. 22, 378, 380  
Качинський М.А. 29, 30, 36, 46, 247  
Клечковський В.М. 322  
Кляйн В.Д. 254  
Кніпович Н.М. 93  
Кобаєв В. Е. 275  
Коваленко П.І. 11, 14, 389  
Ковальов В.Г. 288

Ковальов С.В. 193, 196, 197  
 Ковда В.А. 245, 279, 289, 300, 313  
 Козені 41  
 Колпаков В.В. 137, 173, 202, 427  
 Корні лов М.Ф. 334  
 Коробченко С.М. 433  
 Костяков А.Н. 4, 15, 53, 93, 211, 293, 443, 368, 369, 389  
 Крупський М.К. 269, 307  
 Кудряшова Н.В. 253  
 Кукушкін В.С. 141  
 Кунтце Х. 441, 448  
 Куштеева Т.Н. 300  
 Ланге Г. 253  
 Левенгаупт А.І. 269  
 Ленець П.К. 335  
 Лозовіцький П.С. 101, 104, 285, 286, 287, 288, 289, 339, 362, 363  
 Маринич О.М. 16  
 Марюшин П.А. 257, 289  
 Маслов Б.С. 150, 389, 402, 404  
 Махов Г.Г. 269, 340  
 Мнкінг 361  
 Мінашина І.Г. 289  
 Міневич С.М. 326  
 Місєнев В.С. 183, 187, 237, 240, 409  
 Можейко А.М. 83, 97, 307  
 Новикова А.В. 269  
 Орлов М.А. 253  
 Остапчик 250  
 Павловський Н.Н. 428  
 Панін П.С. 249, 250  
 Панкова Е.І. 272, 276, 277  
 Петербурзький А.В. 322  
 Петро І 9  
 Писаренко В.А. 62  
 Полинов Б.Б. 22  
 Полупан М.І. 269  
 Прочан Г. 383  
 Пугач С.Л. 366, 369  
 Рижаків А.Т. 438  
 Річардс Л.А. 96  
 Роде А.А. 26, 41, 68  
 Розов Л.П. 36, 293  
 Ромашенко М.І. 62  
 Роте Я. 443, 444  
 Сабольч І 83, 95  
 Савченко Ю.І. 389  
 Самбур Г.М. 269, 307  
 Сборті 253  
 Сейнер 253  
 Селянінов Г.Т. 15  
 Сибірцев Н.М. 29  
 Слюсар І.Т. 386  
 Собко О.О. 50  
 Соколовський О.Н. 269, 307  
 Стеблер 82, 93, 94  
 Сухарев І.П. 137, 173, 427  
 Таранець 299  
 Тилден В. 253  
 Тюрін І.В. 321  
 Ферсман А.Е. 258  
 Філіпенко Л.А. 62  
 Філіпова В.Н. 339  
 Фріер Г. 254  
 Фролова Е.В. 253  
 Цветова О.В. 394  
 Шаров І.А. 53  
 Шевелєв І.В. 339  
 Шезі 208, 428  
 Шелстон 253  
 Шестаков В.М. 23, 296  
 Шинкаревський М.А. 366, 369  
 Шищенко П.Г. 16  
 Штиріна Е.Б. 253  
 Шольц А. 361  
 Шульга М.К. 138, 202, 204, 205, 206  
 Шумаков Б.А. 142  
 Шукарев С.А. 253  
 Ярков С.П. 321  
 Яцик А.В. 74

## Предметний покажчик

- Аварії гідротехнічних споруд 177  
Автомати водовимірювання 235  
Агрегати для поливу 150
- далекоструминні 153
  - ДДН-100 154
  - КІ-50, КІ-25 156
  - короткоструминні 163
  - ППА-165у 139
  - ППА-300 140
  - середньоструминні 156
- Адсорбція 262  
Акведук 224  
Арматура 205, 206, 232  
Баланс зольних елементів при осушенні 395  
Берегоукріплення водоприймачів 462  
Берма каналу 196  
Біологічна дія води на споруди 175  
Болота 388
- верхові 389
  - низинні 388
  - перехідні 389
- Борозни 130
- глибокі 131
  - довгі 131
  - з терасами 133
  - короткі 131
  - мілкі 131
  - проточні 132
  - середні 131
  - тупі 131
  - щілини 133
- Брівка каналу 193  
Вапнування ґрунтів 311, 317, 331  
Вапняні матеріали 329  
Видалення солей із ґрунтів 290
- види дренажу 295
  - промивні норми 293
  - содового засолення 299
  - способи 286
- Види зрошення 127
- аерозольне 129, 166
  - борознами 130, 421
  - вибіркове 127
  - вологозарядкове 128
  - дощування 129, 149, 422
  - затоплення 140
  - зволожувальне 128, 420
  - краплинне 129, 168
  - лиманне 170
  - одноразове 127
  - окислювальне 128
  - пересувне 128
  - підґрунтове 129, 166, 421
  - поверхнєве 129, 130, 420
  - промивне 128
  - регулярне 127
  - стаціонарне 127
  - субіригація 129
  - суцільне 127
  - удобрювальне 128
  - утеплювальне 128
- Визначення термінів поливу 66  
Визначення потреби у вапнуванні ґрунтів 331  
Вилуговування 258  
Вимоги до водоприймачів 463  
Випаровуваність 48
- добова 48
  - місячна 48
  - з торфовища 48
- Випаровування 47
- Місячне 16
  - Сумарне 47
  - Фізичне 47
- Випрямлення русла водоприймача 459  
Витрати води
- в борозну 137
  - каналів 197, 204
- Відстань між гончарними дренами 493  
Відстійники 109, 110, 227  
Води для поливу
- мінералізовані 81
  - озерні 83
  - прісні 75
  - річкові 75
  - скидні рисових систем 86
  - стічні 87
  - тваринницьких комплексів 91

Водний баланс осушених земель 394  
 Водний режим ґрунту 57, 390  
 Водні ресурси 74  
 Водовідвідна мережа 143, 409  
 Водовіддача ґрунтів 403  
 Водозабір 176  
 Водорозподільники 235  
 Водоскиди 184  
 Водоспоживання рослин 49, 387  
 Водоспуски 201, 203, 204, 220  
 Водосховище 180  
 Вологість ґрунту 34
 

- активна 35
- вагова 35
- в'янення рослин 35
- загальна 35
- об'ємна 35
- оптимальна 386
- продуктивна 35

 Вологоємність ґрунту 36
 

- капілярна 36
- максимальна-гігроскопічна 36
- найменша 36
- повна 37

 Вологозапаси ґрунту 35  
 Вплив зрошення на ґрунти 330  
 Вторинне засолення зрошуваних ґрунтів 278, 334, 354  
 Вторинні солі 266  
 Гідранти водоспуски 150, 233  
 Гідровузли 178  
 Гідрологічні властивості ґрунтів: 28
 

- водопроникність 42
- вологість 34
- вологоємність 36
- вологопровідність 39
- гранулометричний склад 28
- пористість 33
- потенціал ґрунтової вологи 37
- фізичні 32
- швидкість і висота капілярного підйому води 40
- щільність 32

 Гіпсування води 114  
 Гіпсування ґрунту 308, 357  
 Глибина каналу 196, 426, 439  
 Глибина осушення 440  
 Градієнт напору 306

Гребені гребель 195  
 Греблі 176, 412  
 Ґрунти осушувальних систем:
 

- автоморфні 385
- гідоморфні 385
- заболочені й болотні 386
- мінеральні 386
- органічні 386

 Ґрунтовий розчин 245, 279  
 Деформаційні шви облицювань 217  
 Джерела зрошення 75  
 Діафрагмові регулятори 233  
 Дія води на греблю 176  
 Дія води на ґрунти 334-364  
 Дози вапнистих добрив 333  
 Дози кислоти для нейтралізації лужності води 103  
 Дошувальні насадки 151  
 Дошувальні машини 156
 

- Волжанка 157
- Дніпро 157
- ДДА-100МА 163
- Кубань 161
- Фрегат 156

 Дренаж
 

- біологічний 415
- вакуум-дренаж 415
- вертикальний 297, 439
- вибірковий 413
- відкритий 295, 425
- гончарний 431
- горизонтальний 295, 408
- двоярусний 228
- дерев'яний 436
- жердяний 437
- закритий 295, 430
- кам'яний 346
- комбінований 298, 414
- кротовий 428, 429
- пластмасовий 430
- природний 22, 23
- систематичний 412
- фашинний 345
- щілинний 438

 Дренажно-скидні води рисових систем 86  
 Дюкер 225  
 Живлення заболочених земель 401  
 Евапотранспірація 51

- Ерозія 480
  - бокова річкова 481
  - вітрова 482
  - водна 480
  - іригаційна 482
  - лінійна 474
  - морфологія яру 346
  - площинна 482
- Ерозія ґрунтів в горах 359
- Етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації 381
- Запаси продуктивної вологи у ґрунті 35
- Засолення зрошуваних ґрунтів 286
- Засушки 233, 237, 238
- Затоплення луків, пасовищ 392
- Затоплювані дамби 417
- Заходи поліпшення складу води 113
- Зв'язування іонів у солі 98
- Знешкодження кислотності 324
- Зона природно-кліматична 16
  - мішано-лісова 17
  - лісостепова волога 17
  - степова посушлива 18
  - сухо-степова 18
  - карпатська гірська країна 18
  - кримська гірська країна 19
- Зрошення рису 147
- Зрошувальна мережа 141, 189, 190
- Зрошувальна норма 63
- Зрошувальна система 172
  - відкрита 172
  - внутрішньогосподарська 172
  - водозабірні споруди 174
  - водоскидна й дренажна мережа 184
  - дорожня мережа 240
  - закрита 172
  - з механічним водозабором 172
  - комбінована 172
  - міжгосподарська 172
  - номенклатура каналів і площ 228
  - провідна й регулююча мережа 187
  - протифільтраційні заходи 211
  - регулярно діюча 172
  - розміщення лісосмуг 239
  - самопливна 172
  - склад 172
  - споруди на мережі 219
  - тимчасова мережа 201
  - типи 172
  - типи регуляторів 233
- Імпульсні апарати 152, 164
- Інтенсивність всмоктування води в ґрунт 248
- Інтенсивність дощу 152, 153
- Іонний обмін 261
- Кавальєр 196, 410
- Канали 143
  - витрати розраховані 206
  - відвідний 185
  - втрати води на випаровування 209
  - втрати води на фільтрацію 209
  - з'єднувальний 185
  - коефіцієнт корисної дії 210
  - ловчі 410
  - на крутому схилі 196
  - нагорні 410
  - не замулюючі швидкість 194
  - не розмивна швидкість 194
  - номенклатура 226
  - огорожувальні 410
  - підвідний 185
  - поперечний профіль 193, 194, 201, 411
  - середня швидкість потоку 194, 208
  - тимчасові в земляному руслі 190, 201
  - у виїмці 196
  - у напіввиїмці-напівнасіпті 195
  - у насипі 196
  - форми перерізу 193, 202
- Канали-лотки 198
  - витрати води 199, 200
  - конструкції 198
  - розміри 199
- Капілярна кайма 42
- Категорії яружно-балкових систем 485
- Кислотність ґрунту 323
  - актуальна 323
  - гідролітична 324
  - обмінна 323
  - потенціальна 323
- Кислотування води 118

кислотування ґрунтів 312  
 класи гідротехнічних споруд 174  
 класи гребель 174  
 класифікація

- борозен 130
- видів зрошення 127
- водного режиму ґрунтів 69
- гранулометричних елементів 29
- гранулометричного складу 31
- гребель 182
- ґрунтів за водопроникністю 45
- ґрунтів за кам'янистістю 31
- ґрунтів за ступенем засолення 277
- ґрунтів за типом засолення 275
- ґрунтів за ступенем солонцюватості 303
- ґрунтів за хімізмом катіонного засолення 272, 276, 281
- закритої напірної мережі 228
- каналів 191
- насосних станцій 186
- поливів 63
- поливних смуг 134
- солодів 243
- солонців 303, 305
- солончаків 272

коефіцієнт

- випаровування 16
- водовіддачі 43
- водоспоживання 53
- вологозабезпечення 15
- вологопровідності 40
- гідротермічний 16
- зволоження 16
- стоку 15, 45
- фільтрації 44

контур зволоження 132  
 крива депресії 307  
 кристалізація 259  
 критична глибина ґрунтових вод 283, 380  
 конструкції дренажних труб 432  
 культуртехнічні меліорації 470

- видалення рослинності 471
- корчувачі 471
- кушорізі 473

- фрезерування торф'яних і мінеральних ґрунтів 474
- видалення каменів 475
- поліпшення косовиць і пасовищ 476
- створення орного шару ґрунту 478
- фітомеліорація лучних угідь 478
- сидеральні культури 479, 495

лінії току ґрунтових вод 425, 426, 427  
 лісосмуги 241, 242, 243, 493  
 лужність

- актуальна 310
- потенціальна 310

меліоративний фонд осушення 390  
 меліорація 3

- агрономічна 5
- види 5
- гідротехнічна 6
- ґрунтів содового засолення 299
- історія розвитку 7
- засолених ґрунтів 269
- зрошувальна 12, 172
- кислих ґрунтів 316
- культурно-технічна 7, 470
- лісотехнічна 5
- осушувальна 385
- поливної води 113
- протиерозійна 486
- розвиток в Україні 9
- солонців 302, 307
- солончаків 290
- теплова 7
- хімічна 6

метод

- біокліматичний водоспоживання 53
- іригаційної оцінки поливної води 93
- осушення земель 403, 404
- покращення якості води 113

міграція хімічних сполук 255  
 міжполивний період 61  
 мости 454  
 напір 186, 221, 306  
 насадки

- дефлекторні 151
- струминні 151

- насичений розчин 251
- насосна станція 186, 187
- насоси 187
- норма осушення 393, 441
  - вегетаційна 395
  - передпосівна 395
  - середньо-вегетаційна 395
- обвалування 418
- об'єм води
  - корисний 180
  - мертвий 180
  - повний 180
  - резервний 180
  - робочий 180
- оглядові колодязі 461
- ознаки заболочення 388
- оранка багаторярусна 313
- осідання болотних ґрунтів при осушенні 444
- осушувальна система 407
  - вертикальний поглинаючий колодязь 439, 461
  - види зволоження 421
  - види систем 412
  - відкрита 295, 426
  - водоприймач 463
  - гідротехнічні споруди 456
  - глибина каналів 418, 450
  - двосторонньої дії 412, 413
  - дорожня мережа 455
  - дренаж закритий 431
  - експлуатаційна мережа 410
  - закрита 431, 453
  - закупорка дренажу 445
  - захист отворів пластмасових труб 436
  - колектори 411
  - кольматаж басейну 415
  - комбінована 414
  - культуртехнічні заходи 470
  - лиманне зрошення 305
  - лійки-водоспуски 412
  - лісосмуги 297
  - магістральний канал 409
  - міждренні відстані 440
  - нагорні канали 426
  - обвалування річок 419
  - обвалування території 418
  - огорожувальна мережа 450
  - одnobічної дії 296
  - орієнтовні поливні норми 421
  - основні відомості 385
  - осушувально-зволожувальна 413, 421
  - польдерна 413
  - подовжня 414
  - поперечна 414
  - поперечний переріз каналів 411
  - провідна мережа 426, 453
  - профілактика закупорки дрен 446
  - регулювання поверхні заболочених ґрунтів 412, 424
  - регулююча мережа 409, 431
  - режим зволоження 419
  - самопливна 412
  - склад 409
  - споруди 429, 460, 467, 468
  - споруди на закритій мережі 427
  - спосіб зволоження 419
- оцінка поливної води за
  - антиповим-каратаєвим і кадером 95
  - будановим 95
  - вмістом активних форм натрію і кальцію 97
  - вмістом пестицидів 99
  - вмістом токсичних солей 98
  - еколого-гігієнічними та токсикоз-логічними показниками 99
  - ізраїльсоном 93
  - методикою департаменту сільського господарства США 96
  - мікроелементів 99
  - можейко і воротнім 97
  - необхідністю поліпшення складу 101
  - Стеблером 93, 94
  - Сабольчем і Дараб 95
- очищення води 108
  - бактерицидне опромінення 112
  - вертикальний відстійник 110
  - горизонтальний відстійник 109
  - дози коагулянтів 109
  - знезалізнєння 112



- знезаражування води 111
- озонування 112
- повільні фільтри 110
- хлорування 111
- швидкі фільтри 111
- Очищення русла водоприймача 464
- Переміщення вологи у ґрунті
  - за козені 41
  - за роде 41
- Перепад 222, 331
- Пестициди у ґрунтах 358
- Підпірні щити 205
- Планування поверхні 146
- Плити кріплення каналів 215, 216
- Повітряний режим осушеного ґрунту 390
- Поглиблення й розширення русла 464
- Поливи
  - вегетаційний 66
  - вологозарядковий 63
  - зволожувальний 64
  - освіжаючий 64
  - передпосівний 63
  - провокаційний 64
  - промивний 64
- Поливна ділянка
- Поливна карта 142
- Поливна норма 63
- Поливний період 61
- Пористість ґрунту 33
- Потенціал ґрунтової вологи 37, 38
- Пояс природно-кліматичний 16
- Правила спряження каналів 453
- Причини засолення ґрунтів 269
- Причини заболочення ґрунтів 399
- Промивання замулених дрен 444
- Протирозійна організація території 480
- Протирозійні гідротехнічні споруди 489
  - вирівнювання ярів 494
  - водовідвідні вали-канави 489
  - водозатримні вали 490
  - водорегулювальні лісосмуги 491
  - завалювання вершин ярів 494
  - закріплення вершин ярів дерном 494
  - засипання ярів 494
  - розпилювачі стоку 489
  - фітомеліорація яружно-балкових земель 495
- Протифільтраційні заходи на каналах 211
  - асфальтне покриття 218
  - бітумізація 214
  - бетонно-плівкові покриття 215
  - ґрунтові облицювання 219
  - електрохімічне закріплення 215
  - затирання ложка 214
  - кам'яний накид 219
  - кольматація 213
  - комбіновані облицювання 218
  - нафтування 214
  - облицювання бетонне 215
  - покриття з поліетилену 218
  - силікатизація 215
  - солонцювання 214
  - трамбування 212
  - ущільнення ґрунтів 211, 212
- Профіль солонців 304
- Процеси в зоні аерації при зрошенні 245, 269, 278, 302 353
- Регулятори-водоспуски 235
- Регулятори-затвори 237
- Регулятори рівня води 238
- Регулювання русла водоприймача 464
- Режим зрошення 60
  - водний 57
  - господарсько-можливий 61
  - іригаційно-можливий 61
  - проектний 61
- Рівень води
  - в каналах 196
  - мертвого об'єму 180
  - нормальний підпірний 180
  - форсований підпірний 180
- Рівняння:
  - водного балансу 49, 394
  - Давидова В.К. 48
  - Дарсі 43
  - доз меліорантів для води 123, 124
  - Зайкова Б.Д. 48
  - Іваницького А.І. 48
  - Іванова 16
  - сумарного випаровування 55
- Рисова зрошувальна система 141
- Розвантаження водоприймачів 468
- Розподіл води
  - трубками 136

- сифонами 132
- трубопроводами 137
- поливними машинами 138

Розподільні вузли 231

Розподільні колодязі 233

Розчини 251

Розчинники 251

Розчинність гіпсу 253

Розчинність кальциту 254

Розчинність солей 251

Руслові шлюзи

Самомеліорація солонців 312

Селепровід 224

Сифон 136, 205

Сівозмінна ділянка 144, 189

Склад осушувальної системи 409

- водоприймач 463
- гідротехнічні споруди 456, 460
- дорожня мережа 455
- експлуатаційна мережа 410
- закрита регулююча мережа 431
- огорожувальна мережа 450
- провідна мережа 453
- регулююча мережа 423

Смуги

- з боковим напуском 135
- з головним напуском 134
- з комбінованим напуском 136

Солі у ґрунтах

- в еквівалентах хлору 98
- зв'язування іонів у солі 98
- токсичні й нетоксичні 99
- запаси 335

Солоді 319

Солонці 302

Солонцюваті ґрунти 302

Солончаки 270

Спадні колодязі 461

Споруди

- водоводи 223
- водозабірні 178
- водопідіймальні 220, 221
- водопропускні 220, 226
- регулюючі 220, 226, 231
- захисні 215, 216
- на закритій мережі 228
- підпірні 221

сполучні 221, 222

Способи подачі води на ґрунти

- аерозольний 166
- борознами 132
- дощування 149
- затоплення 140
- краплинний 168
- лиманний 170
- напуск смугами 134
- підґрунтовий 166
- поверхневий 130

Спосіб осушення 406

Ставок 181

Стадії досліджень при меліорації 501

Стійкість протиерозійна 486

Стічні води 87

Стічні води тваринницьких комплексів 91

Ступінь ураження земель ярами 485

Сумарне випаровування 51

Струмененапрямні греблі 467

Сумарне водоспоживання 53

Схема

- гребель 182, 183
- зрошувальної системи 173
- поперечного перерізу каналів 193
- управління екологічною безпекою зрошуваних земель 376

Тераси 486

- гребеневі 486
- гребеневі похилі 487
- східчасті 487
- тераси-канави 488

Терасування 486

Типи водного режиму 61

Типи водного живлення перезволожених земель 403

Типи гідрогеологічних умов при меліорації 378

Товщина генетичних горизонтів ґрунтів 328

Транспірація 50, 51

Труби зрошувальні

- азбестоцементні 231
- залізобетонні 231
- пластмасові 232
- чавунні 232

Труби переїзди 458

Трубопровід

- гнучкі капронові 137
- гнучкі поліетиленові 137
- металеві 138
- швидкість руху води 207, 208
- Трубчасті закриті регулятори 235
- Тунелі 224
- Укоси каналів 143, 196
- Укоси дамб каналів 197
- Умови застосування дренажу при зрошенні 295, 383
- Управління екологічною безпекою зрошуваних земель 365
- Усмоктування води ґрунтом 247
- Устрій каналів 195
- Усунення лужності ґрунту 310
- Устя колекторів 460
- Фактори ґрунтоутворення при меліорації:
  - антропогенні 13, 15
  - вік й еволюція ґрунтів 14, 27
  - біологічні 26
  - ґрунтоутворюючі породи 13, 19
  - клімат 14
  - природні 13
  - роль рельєфу 21, 21
- Фізико-хімічна дія води на споруди 175
- Фізико-хімічні процеси у ґрунтах 245
- Фізико-хімічні властивості ґрунтів 348
- Фільтрація ґрунтів 43, 440
- Фільтри
  - повільні 110
  - швидкі 111
- Хімічний склад води для зрошення 75
- Час осушення ґрунтів 427
- Чеки 144
- Швидкість
  - капілярного підйому води 40
  - розмиву каналів 194
  - течії води в каналі 194, 428
  - транспірації 51
  - усмоктування води 245
  - фільтрації 43, 44
- Швидкотік 332, 459
- Щільність ґрунту 32
- Щільність потоку вологи 54
- Щільність твердої фази ґрунту 32

### Список рекомендованої літератури

1. Гідротехнічні споруди. Підручник для вузів [Текст] / За редакцією А.Ф. Дмитрієва. Вид-во Рівненського державного технічного університету, 1999 р.-328с.
  2. Еггельсманн Р. Руководство по дренажу [Текст] / Р. Еггельсманн. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
  3. Ерхов Н.С. Мелиорация земель. [Текст] / Н.С. Ерхов, Н.И. Ильин, В.С. Мисенев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 319 с.
  4. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв [Текст] / Ф.Р. Зайдельман. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с
  5. Колпаков В.В. Сельскохозяйственные мелиорации. [Текст] / В.В. Колпаков, И.П. Сухарев. – М. Агропромиздат, 1988. – 319 с.
  6. Лозовіцький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів [Текст] / П.С. Лозовіцький / К. «Київський університет» Вид 2-е. 2010. – 276 с
  7. Сельскохозяйственные мелиорации [Текст] / Под ред. С.М. Гончарова, С.М. Коробченко. К.:Вища школа, 1985. – 382 с.
  8. Сельскохозяйственные мелиорации [Текст] / Под ред. Б.С. Маслова. – М. Колос.1984. – 511 с.
-

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ в меліорацію.....	3
Загальні відомості про меліорацію ґрунтів.....	3
Види меліорацій.....	5
Історія розвитку меліорацій.....	7
Історія розвитку меліорацій в Україні.....	9
 Частина 1. <b>Зрошувальні меліорації</b> .....	12
Розділ 1. <b>Фактори ґрунтоутворення та гідрологічні властивості ґрунтів при застосуванні меліорації</b> .....	13
1.1. Клімат та загальні ґрунтово-кліматичні умови меліорації ґрунтів.....	14
1.2. Значення ґрунтоутворюючих порід.....	19
1.3. Роль рельєфу й ступеню дренажу території.....	21
1.4. Роль біологічних факторів при меліорації ґрунтів.....	25
1.5. Вік й еволюція меліорованих ґрунтів.....	27
1.6. Гідрологічні властивості ґрунтів, що впливають на роботу меліоративних систем.....	28
1.6.1. Гранулометричний (механічний) склад ґрунтів.....	28
1.6.2. Фізичні властивості ґрунту.....	32
1.6.3. Вологість.....	34
1.6.4. Вологоємність.....	36
1.6.5. Потенціал ґрунтової вологи.....	37
1.6.6. Вологопровідність.....	39
1.6.7. Швидкість і висота капілярного підйому води.....	40
1.6.8. Водопроникність ґрунтів і порід.....	42
 Розділ 2. <b>Випаровування вологи та водоспоживання рослин</b> .....	47
2.1. Випаровування вологи з водних басейнів.....	48
2.2. Випаровування з поверхні ґрунту.....	49
2.3. Водоспоживання рослин.....	49
 Розділ 3. <b>Водний режим зрошуваних ґрунтів</b> .....	57
3.1. Вимоги до водного режиму ґрунту.....	58
3.2. Вимоги сільськогосподарських рослин до водно-повітряного режиму ґрунту.....	59
3.3. Режим зрошення.....	60

3.4. Поливна норма, види поливів.....	63
3.5. Визначення термінів поливів.....	66
3.6. Типи водного режиму ґрунтів.....	67
3.7. Вплив зрошення на зовнішнє середовище, ґрунт і врожай.....	71

#### **Розділ 4. Водні ресурси для зрошення, їх якість, методи Іригаційної оцінки.....**

4.1. Водні ресурси для зрошення.....	74
4.2. Джерела зрошення з прісною водою.....	75
4.2.1. Річка Дніпро.....	75
4.2.2. Річка Дунай.....	77
4.2.3. Річка Дністер.....	78
4.2.4. Річка Південний Буг.....	79
4.2.5. Річки автономної республіки Крим.....	79
4.3. Джерела зрошення з мінералізованою водою.....	81
4.3.1. Річка Інгулець.....	81
4.3.2. Річка Інгул.....	83
4.3.3. Якість води в придунайських озерах.....	83
4.4. Якість дренажно-скидних вод рисових систем.....	86
4.5. Використання стічних вод для зрошення.....	87
4.6. Використання стічних вод тваринницьких комплексів.....	91
4.7. Методи іригаційної оцінки води.....	92

#### **Розділ 5. Методи покращення якості природних вод до поливів.....**

5.1. Очистка води.....	108
5.2. Покращання складу поливної води.....	113
5.2.1. Гіпсування води.....	114
5.2.2. Використання сірчаної кислоти для зменшення лужності меліорованої води.....	118
5.3. Критерії оцінки і вибір методів меліорації води перед поливами.....	123
5.4. Правила техніки безпеки при роботі з меліорантами.....	124

#### **Розділ 6. Види, способи й техніка зрошення сільськогосподарських культур.....**

6.1. Класифікація видів зрошення.....	127
6.2. Поверхнєве зрошення.....	130
6.2.1. Полив борознами. Умови застосування.....	130
6.2.2. Полив напуском смугами.....	134

6.2.3. Розподіл води у поливні борозни й смуги.....	136
6.2.4. Полив затопленням.....	140
6.2.5. Рисова зрошувальна система. Склад системи.....	141
6.3. Полив дощуванням.....	149
6.3.1. Дощувальні пристрої й насадки.....	150
6.3.2. Системи дощування.....	153
6.3.3. Далекоструминні дощувальні агрегати.....	154
6.3.4. Середньо-струминні дощувальні машини.....	157
6.3.5. Коротко-струминні дощувальні пристрої.....	163
6.3.6. Синхронно-імпульсне дощування.....	165
6.4. Аерозольне зрошення.....	166
6.5. Внутрішнє ґрунтове зрошення.....	167
6.6. Краплинне зрошення.....	168
6.7. Лиманне зрошення.....	170

<b>Розділ 7. Зрошувальна система і її елементи.....</b>	<b>172</b>
7.1. Типи й склад зрошувальних систем.....	172
7.2. Водозабірні споруди.....	178
7.3. Провідна й регулююча мережа.....	189
7.3.1. Загальні відомості та класифікація каналів.....	191
7.3.2. Конструкція й елементи поперечного профілю каналів.....	194
7.3.3. Канали-лотки.....	200
7.3.4. Тимчасова зрошувальна мережа.....	203
7.3.5. Розрахункові витрати каналів.....	208
7.3.6. Водоскидна й дренажна мережа.....	212
7.4. Протифільтраційні заходи на каналах.....	213
7.5. Споруди на відкритій зрошувальній мережі.....	221
7.6. Номенклатура каналів і зрошуваних площ.....	228
7.7. Закрита зрошувальна мережа.....	230
7.8. Основні типи регуляторів та їх конструктивні особливості.....	235
7.9. Принципи автоматизації та водовимірювання на гідромеліоративних системах.....	238
7.10. Дороги й ползахисні лісосмуги.....	239

<b>Розділ 8. Фізико-хімічні процеси у зрошуваних ґрунтах...245</b>	<b>245</b>
8.1. Особливості руху, усмоктування й фільтрації води в природних умовах, при поливах і промиванні ґрунтів.....	245
8.2. Розчинність солей у різних умовах.....	251

8.3. Значення розчинності сполук.....	255
8.4. Вилугування.....	258
8.5. Кристалізація.....	259
8.6. Іонний обмін.....	261
8.7. Адсорбція.....	264
8.8. Природа залишкового засолення й солонцюватості ґрунтів.....	266

## **Розділ 9. Меліорація та оптимізація ґрунтових**

<b>процесів у засолених ґрунтах.....</b>	<b>269</b>
9.1. Причини накопичення солей і засолення ґрунтів.....	269
9.2. Солончаки, солончакуваті ґрунти їх діагностика і класифікація.....	270
9.3. Класифікація ґрунтів за типом і ступенем засолення.....	275
9.4. Вторинне засолення зрошуваних ґрунтів.....	278
9.4.1. Хімічний склад ґрунтового розчину.....	279
9.4.2. Роль рельєфу і фільтраційних характеристик порід у накопиченні солей у ґрунтах.....	281
9.4.3. Критична глибина ґрунтових вод.....	283
9.4.4. Засолення зрошуваних ґрунтів в залежності від мінералізації поливної води та терміну зрошення.....	286
9.5. Способи видалення солей із засолених ґрунтів.....	290
9.5.1. Заходи попередження накопичення солей.....	290
9.5.2. Механічне видалення солей.....	291
9.5.3. Заорювання солей.....	291
9.5.4. Поверхнєве промивання.....	291
9.5.5. Вмивання солей.....	292
9.5.6. Наскрізна промивка.....	292
9.6. Промивні норми.....	293
9.7. Види дренажу для зниження рівня ґрунтових вод.....	295
9.8. Особливості меліорації ґрунтів содового засолення.....	299

## **Розділ 10. Меліорація та оптимізація ґрунтових**

<b>процесів на солонцях і солонцюватих ґрунтах.....</b>	<b>302</b>
10.1. Характеристика солонців і солонцюватих ґрунтів.....	302
10.2. Меліорація солонців.....	307
10.2.1. Гіпсування.....	308
10.2.2. Усунення лужності.....	310
10.2.3. Вапнування. Поліпшення властивостей ґрунтів мочарних ландшафтів.....	311



10.2.4. Кислотування.....	312
10.2.5. Глибоке меліоративне рихлення.....	312
10.2.6. Самомеліорація солонців (плантажна оранка).....	312
10.2.7. Багаторусна оранка.....	313
10.3. Зміни у солонцях та солонцюватих ґрунтах викликані гіпсуванням.....	314
10.4. Ефективність гіпсування.....	314

## **Розділ 11. Хімічна меліорація та оптимізація ґрунтових процесів у кислих ґрунтах.....**

11.1. З історії застосування меліорантів для поліпшення Властивостей ґрунту.....	316
11.2. Характеристика ґрунтів, що потребують вапнування.....	317
11.3. Морфологічні особливості й класифікація солоді.....	319
11.4. Кислотність ґрунту.....	322
11.5. Знешкодження кислотності – як засіб поліпшення агрономічних властивостей ґрунту.....	324
11.6. Реагування сільськогосподарських культур на кислотність ґрунту й вапнування.....	326
11.7. Вапняні матеріали для вапнування ґрунтів.....	329
11.8. Визначення потреби у вапнуванні ґрунтів.....	331
11.9. Дози вапнистих добрив.....	333

## **Розділ 12. Вплив якості води й терміну зрошення на еколого-меліоративний стан ґрунтів.....**

12.1. Вплив 50-річного зрошення мінералізованою водою на еколого-меліоративний стан Інгулецького зрошуваного масиву.....	334
12.1.1. Вплив зрошення на засоленість ґрунтів.....	334
12.1.2. Вплив зрошення на агрохімічні властивості ґрунтів.....	336
12.1.3. Гумусний стан зрошуваних ґрунтів.....	338
12.1.4. Вплив зрошення на зміну водно-фізичних властивостей.....	341
12.1.5. Зміна мінералогічного й валового хімічного складу ґрунтів.....	343
12.1.6. Накопичення у зрошуваних ґрунтах мікроелементів.....	344
12.2. Зміна властивостей темно-каштанового ґрунту в умовах тривалого зрошення прісною водою.....	345
12.2.1. Загальна характеристика Каховської зрошувальної	

системи.....	345
12.2.2. Зміна сольового складу ґрунтів.....	345
12.2.3. Зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів.....	348
12.2.4. Зміна водно-фізичних властивостей ґрунтів.....	350
12.2.5. Валовий хімічний склад ґрунту.....	351
12.3. Заболочення й засолення зрошуваних ґрунтів у дуже складних гідрогеологічних умовах Присивашся.....	353
12.3.1. Природні умови до зрошення.....	353
12.3.2. Вплив зрошення на вторинне засолення та осолонцювання ґрунту.....	354
12.3.3. Побудова дренажу, гіпсування, промивка засолених ґрунтів.....	357
12.4. Накопичення пестицидів у ґрунтах при зрошенні дренажно-скидними водами рисових систем.....	358

### **Розділ 13. Методологія управління екологічною безпекою зрошуваних земель.....**

13.1. Принципи районування територій для меліорації земель.....	365
13.2. Причини незадовільного екологічного стану зрошуваних земель (ґрунтів).....	368
13.3. Основні напрямки й заходи управління екологічною безпекою зрошуваних земель.....	376
13.3.1. Основні типи гідрогеологічних умов, їх зміна під впливом меліорації та управління РГВ і їх інералізацією.....	378
13.3.2. Етапи розвитку гідрохімічного режиму зони аерації і ґрунтових вод в умовах зрошення.....	381
13.3.3. Типові умови застосування дренажу при зрошенні.....	383

### **Частина 2. ОСУШУВАЛЬНІ МЕЛІОРАЦІЇ.....**

#### **Розділ 14 Основні відомості про осушувальні меліорації.....**

14.1. Заболочені й болотні ґрунти.....	385
14.2. Меліоративний фонд осушених земель.....	388
14.3. Вимоги сільськогосподарського виробництва до водного режиму осушуваних земель.....	390
14.4. Норма осушення.....	393
14.5. Водний та поживний баланс осушуваних земель.....	394

#### **Розділ 15. Причини заболочення земель, методи й способи їх осушення .....**

397

15.1. Ознаки заболочення ґрунтів атмосферними й наливними водами схилу.....	397
15.2. Ознаки заболочення ґрунтів ґрунтовими й напірними водами.....	398
15.3. Ознаки заболочення ґрунтів наливними русловими водами.....	399
15.4. Причини заболочення ґрунтів пов'язані з геологічною та геоморфологічною будовою території.....	400
15.5. Основні типи водного живлення земель і вибір методів осушення.....	401
15.6. Основні водно-фізичні властивості осушуваних земель.....	403
15.7. Методи й способи осушення перезволожених земель.....	404

#### **Розділ 16. Осушувальна та осушувально-зволожувальна система й її складові елементи.....**

16.1. Склад осушувальної системи.....	407
16.2. Види осушувальних систем.....	410
16.3. Принципи й способи зволоження осушуваних земель. Режим зволоження.....	418
16.4. Види осушувально-зволожувальних систем.....	419

#### **Розділ 17. Регулююча мережа для прискорення поверхневого стоку.....**

17.1. Принципи дії регулюючої мережі.....	424
17.2. Осушення відкритими каналами.....	426
17.3. Кротовий дренаж.....	429

#### **Розділ 18. Регулююча мережа для зниження рівня ґрунтових вод.....**

18.1. Закрита регулююча мережа різних конструкцій та матеріалів.....	431
18.2. Щілинний дренаж.....	438
18.3. Вертикальний дренаж. Розвантажувальні свердловини.....	439
18.4. Час, норма, глибина осушення і міждренні відстані.....	440
18.5. Осідання болотних ґрунтів при осушенні.....	444
18.6. Закупорка дренажу гідрооксидом заліза. Заходи з ліквідації.....	445

#### **Розділ 19. Провідна і огороджувальна мережа.**

<b>Дороги й споруди.....</b>	<b>450</b>
19.1. Огороджувальна мережа.....	450

19.2. Провідна осушувальна мережа. Розміщення в плані.....	453
19.3. Дороги на осушувальних землях.....	455
19.4. Споруди на осушувальних каналах.....	456
19.5. Споруди на закритій мережі.....	460

## **Розділ 20. Водоприймачі осушувальних систем і їхнє регулювання.....**

20.1. Вимоги до водоприймачів і їхнього стану.....	463
20.2. Способи регулювання водоприймачів.....	464
20.3. Розвантаження водоприймачів.....	468

<b>Розділ 21. Культуртехнічні заходи направлені на оптимізацію використання осушувальних систем.....</b>	<b>470</b>
21.1. Сутність і види культуртехнічних робіт.....	470
21.2. Технологія й механізація культуртехнічних робіт.....	471
21.3. Поверхневе і корінне поліпшення косовиць і пасовищ.....	476

## **Частина 3. БОРОТЬБА З ЕРОЗІЄЮ ҐРУНТІВ, ЗСУВАМИ, СЕЛЯМИ.....**

<b>Розділ 22. Протиерозійна організація території.....</b>	<b>480</b>
22.1. Загальні відомості.....	480
22.2. Протиерозійна організація території.....	483
22.3. Протиерозійні меліорації.....	486
22.4. Кріплення вершин, вирівнювання й засипання ярів та балок.....	494
22.5. Лучно-меліоративні заходи.....	495
22.6. Боротьба з ерозійними й селевими явищами в горах.....	497

## **Частина 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ПРИРОДНИХ УМОВ НА МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМАХ.....**

<b>Розділ 23. Зміна природних умов на меліорованих землях і напрямки їх досліджень.....</b>	<b>499</b>
23.1. Фактори, які впливають на зміни природних умов на меліорованих землях.....	499
23.2. Стадії досліджень на меліоративних системах.....	501
23.3. Екологічний моніторинг стану земельних ресурсів.....	502
Іменний показчик.....	509
Предметний показчик.....	511
Список рекомендованої літератури.....	519
Зміст.....	520



**Лозовицький Павло Станіславович**

Народився 26.03.1956, с. Видумка Червоноармійського р-ну Житомирської обл. Кандидат технічних наук, ст. наук. співроб., ґрунтознавець, меліоратор, гідрогеолог, гідрохімік.

Закінчив Одеський державний університет ім. І.І.Мечникова, геолого-географічний факультет за спеціальністю інженер геолог-гідрогеолог (1978 р.).

1978 - 1988 рр. - інститут "Укрдівводгосп" (інженер, старший інженер). 1988-1994 рр. - інженер I категорії, 1994-2001 рр. - науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу мікрозрошення і водопостачання Інституту гідротехніки і меліорації УААН.

В Київському національному університеті імені Тараса Шевченка працював з 2001 р. - старший науковий співробітник н.-д. лабораторії гідроекології та гідрохімії; з 2002 -2010 р. - доцент кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету.

2003-2006 рр., 2011-2012 рр. – доцент кафедр екології та фундаментальних наук Інституту інформаційних технологій при НАУ, з 2013 р. – професор кафедри екологічної безпеки Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Займається дослідженнями еколого-меліоративного стану агроландшафтів різних природно-кліматичних зон, впливу тривалого зрошення з водою різної якості на властивості ґрунтів, хімічного складу води поверхневих джерел зрошення. Автор 136 статей, 3 колективних монографій, 3 навчальних посібників. Проводив дослідження на зрошувальних системах Півдня України, Північно-Кримського каналу, Молдови, Криворізького залізничного басейну.

В Київському національному університеті імені Тараса Шевченка читав спецкурси «Агрогідрохімія», «Агрохімічні засоби в природних водах», «Гідрогеологія з основами інженерної геології», «Меліоративна гідрохімія», «Екологічні аспекти водокористування в Україні», «Охорона вод», «Основи гідротехніки», «Основи землеробства та рослинництва», «Охорона праці», в Інституті землевпорядкування й інформаційних технологій за сумісництвом – «ґрунтознавство», «Основи землеробства та рослинництва», «Агроєкологія», «Фітомеліорація», «Основи екології», «Безпека життєдіяльності».

---

*Авторська редакція*

Підписано до друку 18.02.2014.

Формат 60x84/116. Ум. др. арк. 32,25

Папір офсетний. Друк офсетний.

Гарнітура. Times New Roman. Тираж 100

Віддруковано з готових оригінал-макетів замовника  
В.ПП «Рута» 10014 м. Житомир, вул. Мала Бердичівська 17-а  
(Ресстраційне свідоцтво серія ДК № 3671 від 14.01.2010 р.)

П.С. Лозовіцький

# Меліорація ґрунтів

та оптимізація ґрунтових процесів

