

УДК 631.6

Пінчук О.Л., асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОМЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ

Проведено аналіз розвитку технічних засобів теплових меліорацій ґрунту скидною теплою водою енергетичних та промислових підприємств. Виділено наукові завдання, що потребують дослідження при обґрунтуванні систем поверхневого обігріву рукавами-теплообмінниками.

Ключові слова: скидна тепла вода, тепла меліорація, тепломеліоративна система, обігрівачі.

The analysis of the development of means for soils' thermal melioration by discharge heat waters from energy and industrial enterprises is performed. Scientific tasks that require research for substantiation of surface heating systems by heat exchangers sleeves are highlighted.

Key words: discharge heat water, thermal melioration, thermomelioration system, heaters.

Проведен анализ технических средств тепловой мелиорации почвы сбросными теплыми водами энергетических и промышленных предприятий. Определены научные задания, которые требуют исследования при обосновании систем поверхностного обогрева рукавами-теплообменниками.

Ключевые слова: сбросная теплая вода, тепловая мелиорация, тепломелиоративная система, обогреватели.

Одним із перспективних напрямків використання низькопотенціальних вод, що утворюються в результаті функціонування енергетичних та промислових підприємств є сільське господарство, зокрема тепла меліорація з метою покращення умов вирощування сільськогосподарських культур і отримання високих стабільних врожаїв [1].

З іншої сторони, створення ділянок тепломеліорованого ґрунту дозволяє отримати екологічний та соціально-економічний ефект у вигляді зменшення негативного впливу енергетичних і промислових об'єктів на довкілля, створення нових робочих місць, отримання додаткової продукції рослинництва тощо.

В конструктивному відношенні технології використання низькопотенціальних ресурсів реалізуються як тепломеліоративні системи (ТМС).

Тепломеліоративна система – технологічно цілісна водогосподарська система, що включає в себе такі окремі об'єкти, як мережа пристроїв-

обігрівачів, каналів, трубопроводів (магістральних, розподільчих, збираючих, скидних та ін.) з гідротехнічними спорудами, водорегулюючим обладнанням та пристроями, взаємодія яких забезпечує покращення теплового режиму ґрунту та приземного шару повітря з метою створення сприятливих умов для одержання високих, ранніх урожаїв сільськогосподарських культур.

Обґрунтуванням, розробкою та експериментальним дослідженням ТМС займалися вчені колишнього СРСР, США, Німеччини, Японії, Франції, Росії, України, зокрема G. Schmid, D.R. De Walle, G. Vogel, G. Reinken, О.О. Антонюк, Є.Д. Корольков, Н.В. Турбін, Ю.В. Ремізов, О.І. Усков, Б.Б. Шумаков, В.Г. Фарберов, П.К. Кузьмич, С.В. Ковальов, В.П. Востріков, О.І. Ольховик, В.О. Турченко та ін.

На даний момент, розроблена велика кількість способів та технічних засобів обігріву ґрунту скидними теплими водами [2].

Разом з тим, значна кількість конструкцій ТМС потребує аналізу, узагальнення та класифікації з метою обґрунтування напрямків подальшого розвитку і дослідження принципів схем систем теплових меліорацій.

Способи і технічні засоби теплових меліорацій з використанням скидних теплих вод можуть бути класифіковані залежно від способу передачі тепла у ґрунтове середовище і приземний шар повітря та розташування теплообмінних пристроїв (рисунок) на:

- системи обігріву;
- системи зволоження (зрошення);

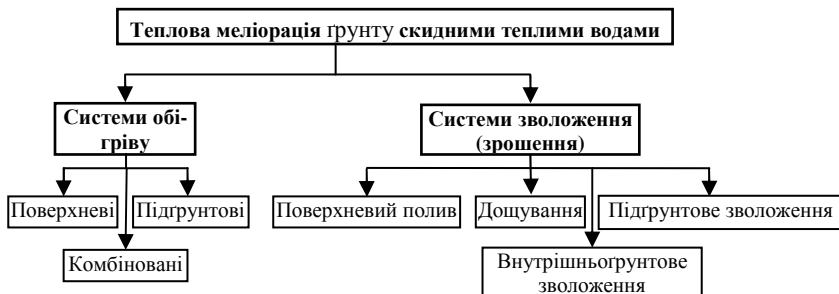


Рисунок. Класифікація засобів теплових меліорацій з використанням скидних теплих вод

Одним із перспективних напрямків утилізації низькопотенціального тепла в рослинництві вважається підґрунтовий обігрів за допомогою мережі трубопроводів, укладених в підорному шарі ґрунту [3].

Аналіз публікацій за науковою проблемою показав, що в розвитку досліджень з використання скидних теплих вод з метою теплової меліорації ґрунту можна виділити декілька етапів.

Перший етап – це період активного вивчення обігріву як нового технічного тепломеліоративного прийому, який припадає на 30-ті і 50-ті роки ХХ ст. Перші спроби використовувати теплові відходи промисловості у ви-

гляді пари для обігріву відкритого ґрунту були зроблені Ехермейером ще в 1906-1907 роках у Німеччині при вирощуванні овочів і квітів. Його дослідження продовжили Gott і Reithmann [4].

Перші дослідження в Україні з використання скидної теплої води промисловості для обігріву відкритого ґрунту при вирощуванні розсади і овочів були проведені українським вченим О.Я. Макаренком у 1933 році на Донбасі [5]. Для обігріву ґрунту він використовував підґрунтові лотки діаметром 200 мм, які укладалися на глибину 0,2 м та перекривалися фашинами із шаром ґрунту.

У подальшому внутрішньогрунтовий обігрів парою і теплою водою по гончарних трубах діаметром 125 мм, що укладені на глибини 0,25-0,3 м з відстанню між ними 0,8-1,0 м вивчали О.О. Антонюк і І.М. Ібряєв [6], які почали свої дослідження ще в 30-х роках на овочевій станції в Сибіру. Крім того, О.О. Антонюк дослідив обігрів азбестоцементними трубами діаметром 100 мм, які укладалися на глибину 0,35-0,4 м з відстанню між ними у 0,8 м.

Перші дослідження, проведені в 1935-1937 роках О.О. Антонюком, показали, що обігрів ґрунту теплою водою (35...40 °С) у порівнянні з обігрівом парою, є достатньо ефективним тепломеліоративним заходом. При дослідженні систем обігріву із гончарних труб діаметром 125 мм, укладених на глибину 0,25...0,3 м та з відстанню між трубами 0,8...1,0 м, він робить висновок, що за рахунок неперервного теплового потоку з ґрунту в приземному шарі повітря створюються сприятливі умови для захисту рослин від заморозків. За даними О.О. Антонюка при заморозку -3...-5 °С температура повітря над ділянкою обігріву складала навіть без укриття 0,5...1,5 °С. Це дозволило зберегти розсаду помідорів на ділянці обігріву в той час, як на контрольній вона повністю загинула. На основі проведених досліджень він робить висновок про можливість вирощування розсади і овочів в кінці березня-на початку квітня на ґрунті, що обігривається мережею труб.

Е.Д. Корольков [7] досліджував обігрів паром, який проходить стальними і гончарними трубами діаметром 150 мм, які укладалися на глибину 0,15-0,2 м з відстанню між ними 0,7-0,8 м. Крім того, професор Е.Д. Корольков в середині 50-х років вперше запропонував використовувати утеплений ґрунт як градирню і повертати промисловим підприємствам охолоджену в ґрунті воду для повторного використання.

Л.М. Чермних [8], В.Б. Зайцев і М.М. Степанова [9], І.О. Іоффе [10], Г. Фогель [11] досліджували обігрів стальними трубами діаметром 60...100 мм та глибиною закладання 0,1...1,1 м і відстанню між трубами 0,5...2,0 м.

В.Б. Зайцев і М.М. Степанова провели дослідження в умовах Заполяр'я (1958 р.) [9] і при обігріві ґрунту металевими трубами діаметром 62 мм з глибиною закладання 0,45...1,1 м та відстанню між трубами 0,7...0,8 м встановили, що при використанні теплої води з температурою 35...45 °С підвищення

температури ґрунту в середньому за липень-серпень склало: на поверхні ґрунту – 0,7 °С, на глибині 1 см – 3,7 °С, на глибині 10 см – 7,8 °С.

В кінці 50-х - на початку 60-х років активно починають вивчати внутрішньоґрунтовий обігрів як альтернативний спосіб охолодження циркуляційних вод не тільки в СРСР, а й за кордоном, особливо в ФРН, США, Франції. *Цей період можна вважати другим найбільш важливим етапом у дослідженні тепломеліоративних систем.*

М. Гаврилов, В. Гарбуз, Г. Фогель, Ф. Хількенбоймер, Н. Тодг, К. Рикбост, Д. Сандерс, Д. де Валле, Л. Боерсма, А. Мюллер-Фейга [3] в цей період вперше досліджують підґрунтовий обігрів поліетиленовими трубами діаметром 25...100 мм, що уклалися на глибину 0,25...1,6 м з відстанню між ними від 0,25 до 1,83 м.

Необхідно відмітити також, що дослідження проведені М. Гавриловим і В. Гарбузом, які вперше для обігріву ґрунту використали пластмасові труби із поліетилену діаметром 50...100 мм, дозволили встановити, що температура ґрунту в жовтні на глибині 0,4 м складала 12...13 °С, а на ділянці обігріву – 24...27 °С. Вони також провели порівняльні випробування металевих і поліетиленових труб і не виявили істотної різниці в температурних полях в ґрунті, що створюються трубами із різних матеріалів.

М. Гаврилов і В. Гарбуз вважають, що при створенні теплогідромеліоративних трубопровідних систем труби-обігрівачі необхідно укласти на глибину 0,35...0,4 м та з відстанню 0,8 м [12].

В 50-60 роках у вивчення ефективності внутрішньоґрунтового обігріву значний вклад вніс Г. Фогель із ФРН. В його дослідженнях були використані гончарні та поліетиленові труби діаметром 65 мм, які були закладені на глибину 0,25...0,4 м та з відстанню 0,7...0,9 м. Він вивчав вплив трубопровідного обігріву парою і теплою водою ТЕС на гідротермічний режим ґрунту, розвиток і урожайність овочевих культур. Він вважає, що при використанні води з температурою від 30 °С до 40 °С створюється оптимальна температура ґрунту (24...27°С) для більшості овочевих культур.

Після певного спаду активної уваги *новий розвиток досліджень* з використання скидних теплих вод у сільському господарстві розпочався в 70-80 роках ХХ століття у зв'язку з загостренням екологічних та енергетичних проблем. У бувшому Радянському Союзі його вирішенням займалися наукові школи Інституту гідротехніки і меліорації ім. О.М. Костякова (м. Москва), Інституту „Гідропроєкт” ім. С.Я. Жука, НУВГП (тоді УШВГ).

Особливо необхідно відмітити внесок у розвиток досліджень внутрішньоґрунтового обігріву і зволоження вчених НУВГП: В.П. Вострікова, М.О. Клименка, В.О. Турченко, О.І. Ольховика, С.В. Шевчука, С.І. Веремєнка, І.О. Панасюка, О.М. Трофимчука, Н.Р. Матушевської, проведених під керівництвом професорів П.К. Кузьмича, С.Т. Вознюка та С.В. Ковальова, які створили в університеті наукову школу з теплових меліорацій.

Проблема пошуку земельних і водних ресурсів при розміщенні нових

атомних і теплових електростанцій, яка найбільш гостро проявила себе в ФРН, США, Франції, змусила спеціалістів саме цих країн повернутися до ідеї, яку запропонували вчені СРСР ще на початку минулого століття. У ФРН, починаючи з 1975 року, фірмою „Август Тіссен” спільно з сільськогосподарськими організаціями і енергетичними компаніями були проведені масштабні дослідження з вивчення ефективності цілорічного внутрішньогрунтового обігріву на базі скидних теплих вод енергетики за державною програмою „Агротерм”. Аналогічні дослідження проводились в США, Франції, Болгарії, Росії, інших країнах.

Дослідження проводились на трьох експериментальних ділянках “Аувайлер”, “Нойрат” і “Хаус Рівік” [13]. Ці ділянки обігрівалися системою поліетиленових труб діаметром 50 мм, які були закладені на глибину 0,75 м з інтервалом 1,0 м одна від одної. Крім того, на ділянці “Аувайлер” на полі, що обігрівалось площею 0,5 га випробовувались 13 варіантів систем обігріву із труб діаметром від 35,4 до 66,4 мм, вкладених на глибину від 0,25 до 1,0 м з відстанню від 0,25 до 1,5 м.

За результатами проведених досліджень встановлено, що обігрів теплою водою з температурою 20...38 °С дозволяє збільшити температуру ґрунту на глибинах 10, 20, 50 і 75 см відповідно на 2,5...4,5 °С, 7...10 °С і 12...15 °С. На ділянці „Аувайлер” встановлено значне підвищення температур на глибинах 3 м (11...14 °С) і 8,5 м (5,5...6,5 °С), проте нагрів приземного шару повітря склав на висоті 5 см всього 1...2 °С. На ділянці „Нойрат” в середньому за три роки досліджень в умовах цілодобового обігріву встановлено збільшення температури ґрунту на глибині 5 см на 3,2 °С, на глибині 20 см – на 4,4 °С, на глибині 50 см – на 6 °С, на глибині 75 см – на 13,2 °С, на глибині 150 см – на 13 °С, а температури повітря на висоті 5 см – на 0,8 °С. Ці дослідження, що об’єднані під назвою державної програми „Агротерм”, дозволили отримати найбільш достовірні і повноцінні результати про вплив обігріву на ріст, розвиток і урожайність сільськогосподарських культур і розробити інноваційний проект використання скидних теплих вод у сільському господарстві, який впроваджується в Німеччині в даний час.

Вчені вважають підґрунтовий обігрів ефективним заходом з інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Так, G. Reinken [14] приводить наступні дані по впливу підґрунтового трубопровідного обігріву на урожайність культур. Урожайність кукурудзи на силос підвищилась на 35%, кукурудзи на зерно – на 40%, цукрових буряків – на 70%, картоплі – на 20%, лугових трав – на 47%, озимої пшениці – на 11...46% залежно від сорту.

За даними О.О. Антонюка [6], обігрів сприяв у Заполяр’ї збільшенню врожайності помідорів на 39,6%, огірків – на 69...514%, капусти білокачанної на 36%, капусти кольорової – на 47...50%, зеленої цибулі – на 112,6%, редиски – на 57,5%. За даними В.Б. Зайцева та М.М. Степанова за три роки досліджень в умовах Заполяр’я підвищення врожайності картоплі склало

68,3...290%, столового буряка – 118...133%, капусти – 74...218%, редиски – 90...170% [9]. Л.М. Чермних [8] в умовах Московської області при вирощуванні помідорів з постійною температурою ґрунту 20, 25, 30 і 35 °С, у порівнянні з контролем (t=14...18 °С), отримав приріст врожаю на 42,3; 69,0; 77,5 і 95,0% відповідно.

За даними досліджень, які проводились в рамках державної програми „Агротерм”, дозрівання ранньої картоплі при обігріві прискорилось на 3 тижні, підвищення врожаю кукурудзи на зерно склало 15...55%, а вихід цукру у цукрового буряка збільшився на 70%. Урожай багаторічних трав підвищився на 47%, озимої пшениці – на 11...46%, крім того, врожай соєвих бобів склав 55 ц/га, в той час, як на контролі соя не дозрівала.

В дослідженнях американських вчених [15, 16] відмічається, що на обігрів позитивно впливає майже на всі вирощувані культури. За даними De Walle [17], в умовах штату Північна Кароліна максимальний приріст урожайності капусти і холодостійких бобів склав 300%.

Дослідження, які проводились у Франції, показали, що обігрів ґрунту впливає на прискорення росту деревних рослин, більш швидкому дозріванню і збільшенню врожайності овочевих, плодово-ягідних і зернових культур, а також показали високу економічну ефективність, у співставленні з тимчасовими укриттями ґрунту плівкою.

Обігрів ґрунту, як відмічається в роботах Reinken [14], сприяє більш швидкому прсиханню ґрунту в ранньовесняний період і дозволяє приступити до польових робіт в оптимальні строки, що особливо важливо для перезволожених земель.

Вивченням ефективності внутрішньогрунтового трубопровідного обігріву на базі скидних теплих вод енергетики в Україні з кінця 70-х років почали займатися і вчені НУВГП (тоді УШВГ) під керівництвом професорів П.К. Кузьмича, С.Т. Вознюка та С.В. Ковальова. Ініціатором цих робіт була кафедра гідромеліорацій та доцент Є.О. Ярмолінський [18]. Для вивчення таких систем були обладнані експериментальні ділянки в Криму, Рівненській області та при Курській АЕС. Так, результати досліджень В.П. Вострікова та С.І. Веремеєнка з вивчення ефективності внутрішньогрунтового обігріву осушених супіщаних ґрунтів скидними теплими водами в умовах Західного Полісся показали, що ґрунти, які обігріваються впродовж року при постійному потоці тепла від труб, розташованих на глибині 0,5 м, практично не промерзають навіть при значних морозах (-15...-20 °С), і глибина промерзання на полі не перевищує 5...10 см. При наявності високого снігового покриву та в період частих потеплінь ґрунт повністю розмерзається, відбувається танення снігу та інфільтрація вологи.

Більш раннє відтаювання ґрунту і прискорене його прогрівання навесні дозволило проводити посів сільськогосподарських культур на два-три тижні раніше, ніж у звичайних умовах, а сприятливі температурні умови і достатня забезпеченість вологою сприяли прискоренню появи сходів навесні на три-

чотири дні раніше. Оптимізація теплового режиму ґрунту у вегетаційний період також сприяла значному підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Проте ефективного, значного впливу трубопровідного обігріву на приземний шар повітря встановлено не було. Виявлено підвищення температури у приземному шарі повітря всього на 0,5...1,0 °С, максимум до 2 °С у рослинному покриві кукурудзи.

Встановлено, що для підтримання вологості ґрунту на необхідному рівні, як з точки зору високої теплопровідності, так і вирощуванні сільськогосподарських культур необхідно проводити додаткове зволоження ґрунту, що обігривається, особливо в зоні біля самих труб-обігрівачів. Тому при проектуванні підґрунтових систем обігріву необхідно виходити з того, що вони повинні бути комплексними і складатись, як правило, із двох частин – обігриваючої і зволожувальної, які об'єднують в комплексну термогідромеліоративну систему (ТГМС).

Зокрема, системи зволоження (зрошення) скидними теплими водами поділяються на системи поверхневого поливу, дощування, внутрішньо- та підґрунтового зволоження.

Дослідженням зрошення скидними теплими водами займалися Ярмолінський Е.А., Горбатюк В.Ф., Єгоркіна А.І., Ковальов С.В. та В.О. Турченко, L. Voersma і K. Rykbost, D. Cooks та J. Norman і інші [3, 15, 16, 18, 19, 20].

Ярмолінський Е.А. запропонував проводити дощування скидними теплими водами, однак досліді показали, що цей спосіб носить сезонний характер і до того ж, було встановлено, що вода охолоджується нижче температури повітря ще до того, як потрапляє на ґрунт. А тому дощування не є ефективним способом використання скидного тепла.

Були досліджені також поверхневі способи поливу теплими водами по борознах, однак при деякому позитивному ефекті відбуваються значні втрати охолодженої води, що потребує додаткового поповнення об'єму водосховищ-охолоджувачів із природних джерел [18, 21].

Поблизу Курської АЕС вплив підґрунтового обігріву на фоні зрошення теплою водою досліджували В.О. Турченко та І.О. Панасюк. Результатами досліджень встановлено, що оптимальна відстань між трубами-обігривачами становить 1,0 м, а глибина закладки – 0,6...0,7 м. Встановлені параметри поливних режимів ряду сільськогосподарських культур. Цінним доробком вчених НУВГП є те, що вони розробили нову конструкцію комплексної теплогідромеліоративної системи, встановили параметри і режими її роботи, які забезпечують обігрів ґрунту і охолодження циркуляційних скидних теплих вод підприємств.

На основі проведених досліджень науковою школою НУВГП і теплотехнічних розрахунків встановлено, що з точки зору рівномірного обігріву ґрунту і достатнього охолодження води в ньому, труби необхідно закладати на глибину 0,5...0,8 м з відстанню 1,0...1,5 м одна від одної. При відсутності

природного похилу місцевості необхідно створювати штучний похил з метою отримання можливості спорожнення системи на період проведення ремонтних робіт.

На сучасному етапі, вченими Національного аграрного університету в лабораторії «Екологічна інженерія» розроблена система утеплювального зрошування та обігріву (УЗОГ), що працює в експериментальному господарстві Каменко-Дніпровської дослідно-меліоративної станції та здійснює внутрішньоґрунтовий обігрів мережею утеплювального зрошення та осушення [22].

Доктор Штендер та провідні вчені (проф. Франке, д-р Кренс та ін.) Технологічного інституту (Німеччина) розробили та дослідили підґрунтову зрошувальну систему «SPS», яка дозволяє здійснювати обігрів ґрунту з використанням залишкового промислового тепла для окремих неморозостійких культур та складається з мережі синтетичних «нанотрубок» – шлангів [23].

Слід відмітити, що системи внутрішньоґрунтового обігріву показали велику тепломеліоративну дію щодо ґрунту і низьку щодо приземного шару повітря. Це зумовило необхідність подальшого пошуку ефективних технологій та технічних засобів теплових меліорацій.

Для регулювання теплового режиму ґрунту в теплицях вченими Агрофізичного інституту (Санкт-Петербург, Росія) було використано водонаповнені рукави із поліетиленової плівки [24]. Рукави слугували акумуляторами теплової енергії, які накопичували тепло вдень і віддавали його вночі.

Вказаний спосіб обігріву ґрунту (поверхневий) з використанням водонаповнених рукавів, по яких циркулює тепла вода, був предметом натурних експериментів, які проводились Національним інститутом агрономічних досліджень Франції в реальних умовах експлуатації в Мандюеле при одній із атомних електростанцій при співпраці з науково-дослідним управлінням „Електрисіте де Франс” [25].

Вчені вважають цей спосіб найбільш перспективним для галузі овочівництва, ягідництва, вирощування квітів з метою одержання ранньої продукції.

Даний спосіб, який започаткували французькі вчені, на початку 90-х років отримав подальший розвиток і удосконалення під керівництвом доцента В.П. Вострікова в розробках вчених НУВГП [26, 27]. Це дозволяє говорити *про четвертий етап* у дослідженні технічних засобів теплової меліорації з використанням скидних теплих вод.

У 2004-2006 роках дослідження ефективності широких рукавів-теплообмінників для теплової меліорації ґрунту в умовах Західного Полісся України при вирощуванні полуниць вперше провів І.В. Романюк під керівництвом В.П. Вострікова [28]. Система обігріву ґрунту була виконана із рукавів шириною 0,6 м, довжиною 10 м, з отворами для висадки рослин діаметрами 0,2 м, розташованих у шаховому порядку на відстані 0,3 м один від одного.

Дослідження, які були проведені І.В. Романюком на дослідній ділянці в умовах Волинського Полісся України з використанням теплої води з темпе-

ратурою 20-40 °С показали, що поверхневий обігрів дозволяє підвищити температуру верхнього шару відкритого ґрунту на 8-12 °С та температуру приземного повітря на 2-3 °С удень і 3,5...4,5 °С уночі. За умов застосування додаткового захисту ґрунту плівковими укриттями тунельного типу тепловий ефект ще більший і складає 12...16 °С в ґрунті та 7...11 °С у повітрі.

Отже, у розвитку і дослідженні ТМС виділено 4 етапи:

- ✓ 30-50 рр. ХХ ст. – дослідження гончарних, азбестоцементних та сталевих трубопроводів як елементів підґрунтового обігріву;
- ✓ кінець 50-х - 60-ті рр. ХХ ст. – дослідження поліетиленових трубопроводів, як елементів підґрунтового обігріву та початок розгляду ТМС як способу охолодження циркуляційних вод енергетичних підприємств;
- ✓ 70-80 рр. ХХ ст. – період масштабних досліджень підґрунтового обігріву та систем зрошення (зволоження) скидними теплими водами у провідних країнах світу (СРСР, США, ФРН, Франція, Японія);
- ✓ початок 90-х – до нині – удосконалення технологій підґрунтового обігріву та їх виробниче впровадження, а також розвиток поверхневого обігріву рукавами-теплообмінниками.

Нова технологія теплової меліорації ґрунтів поверхневим обігрівом з використанням скидних теплих вод виявила свою достатньо високу ефективність, що стимулює подальший науковий пошук, а також детальну розробку систем поверхневого обігріву ґрунту та їх впровадження в аграрному секторі для фермерських господарств та створення енергобіологічних комплексів (ЕБК).

Невирішеними залишаються значна низка питань, зокрема питання раціональних конструкцій систем поверхневого обігріву, конструкцій рукавів-теплообмінників, способів захисту ґрунту і конструкцій світлопрозорих укриттів, режимів подачі і збору води на системі, способів регулювання водного режиму ґрунту, автоматизації, контролю і управління роботою систем обігріву і систем провітрювання укриттів, технологій вирощування сільськогосподарських культур, розробки методик теплотехнічного і гідравлічного розрахунку ТМС, методик технічної експлуатації ТМС тощо.

1. Востріков В.П. Теплові меліорації ґрунту та мікроклімату поля теплою низькотемпературних водних джерел промислового походження / В.П. Востріков, І.В. Романюк, О.Л. Пінчук, І.О. Новачок // Роль меліорації в забезпеченні сталого розвитку землеробства: матер. наук.-практ. конф. молодих учених, 4-5 груд. 2007 р. – К., 2007. – С. 22-24. **2.** Востріков В.П. Способи та технічні засоби обігріву ґрунту скидними теплими водами промислового виробництва / В.П. Востріков, І.В. Романюк // Вісник УДУВГП: збірник наукових праць. – Рівне, 2002. – Випуск 5(18). – С. 124-132. **3.** Ольховик А.И. Разработка и исследование элементов обогрева почвы теплогидромелиоративных систем: дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Ольховик Александр Иванович. – Киев, 1989. – 220 с. **4.** Reitmann O. Eintlub der woden temperature aut das wachstum und die reitzezeit der tomaten / O. Reitmann // Wirichle schwiz. bot. ges. mern. – 1935. – №42. – р. 153-168. **5.** Макаренко А.Я. Использование отбросных вод для обогрева защищенного и открытого ґрунта / А.Я. Макаренко // Сад и огород. – 1949. – №1. – С. 35-42.

6. Антонюк А.А. Теплофикация пригородного овощеводства / А.А. Антонюк. – М.: Сельхозиздат, 1955. – 122 с. 7. Корольков Е.Д. Использование низкотемпературных тепловых отходов электростанций в овощеводстве / Е.Д. Корольков, Б.Я. Карпенко // Известия ТСХА. – 1970. – Вып. 2. – С. 168-175. 8. Чермных Л.Н. Обогрев открытого грунта / Л.Н. Чермных // Московский колхозник. – 1956. – №11. – С. 31-32. 9. Зайцев В.Б. Опыт тепловой мелиорации почв в Заполярье / В.Б. Зайцев, М.М. Степанова. – Норильск, 1958. – 109 с. 10. Иоффе И.А. О стационарном теплообмене в почве, обогреваемой системой трубопроводов / И.А. Иоффе // Сборник трудов по агрономической физике. – 1971. – Вып. 3. – С. 58-62. 11. Фогель Г. Значение и необходимость обогрева почвы в открытом грунте / Фогель Г. – М., 1956. – 16 с. 12. Гаврилов Н. Использование полиэтиленовых труб для обогрева грунта / Н. Гаврилов, В. Гарбуз // Техника в сельском хозяйстве. – 1963. – №3. – С. 14-47. 13. Lucow H. The Agrotherm research project / H. Lucow, G. Reinken // Waste heat management and utilization. – 1979. – V. 3. – p. 2395-2408. 14. Reinken G. Agrotherm: abwarmewertung vor kraftwerken mittels kohrsystem zur gamzjarigen beheizung von Freiland bodenc / G. Reinken // Wasser und Boden. – 1978. – № 10. – p. 260-264. 15. Rykbost K. Soil temperature increases included by subsurface line heat sources / K. Rykbost, L. Boersma // Agronomy journal. – 1976. – V. 68. – p. 94-99. 16. Schmisser W. Yield response to soil warming: economic feasibility / W. Schmisser, L. Boersma, K. Rykbost // Agronomy journal. – 1975. – V. 67. – №6. – p. 794-798. 17. De Walle D.R. An agro-power-waste water complex for land disposal of waste heat and waste // State univ. instit. For res.on Land and Waster Resources. Rubl. 86, 1974. – 195 as. 18. Ярмолинский Е.А. Орошение теплообменными водами / Е.А. Ярмолинский. – М.: Колос, 1976. – 63 с. 19. Егоркина Л.А. Использование сбросных теплых вод Южно-Украинской атомной электростанции для орошения сельскохозяйственных культур / Л.А. Егоркина // Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. – Ровно, 1984. – Ч. II. – С. 70. 20. Cook D. Soil warming as an alternative to conventional waste-heat dissipation / D. Cook, J. Norman // Journal of environmental qualification. – 1982. – V. 11. – № 1. – p. 46-56. 21. Горбатюк В. Ф. Исследование эффективности орошения отработанными теплообменными водами овощных культур в предгорной зоне Крыма: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. с/х наук: спец. 06.01.02 «Мелиорация и орошаемое земледелие» / В.Ф. Горбатюк. – Ровно, 1975. – 23 с. 22. www.swsystem.ru/orosh.html. 23. www.sustainableinnovations.org. 24. Микроклимат пленочных укрытий и растений. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. – 175 с. 25. Muller-Feuga A. Valorisation des eaux ti'edes des centrals thermiqurs: agriculture, chauffage des locaux. Electrisite de France. – Paris, 1980. – 41 as. 26. Пат. на корисну модель №38899 Україна, (51) МПК (2009) А01G 9/24. Пристрій для обігріву ґрунту низькопотенціальним теплом / Востріков В.П., Романюк І.В., Пінчук О.Л.; власник – Національний університет водного господарства та природокористування. – № u200810038; заявл. 04.08.08; опубл. 26.01.09, Бюл. №2. 27. Пат. на корисну модель №42083 Україна, (51) МПК (2009) А01G 9/24. Теплообмінник для обігріву ґрунту низькопотенціальним теплом / Гурін В.А., Востріков В.П., Романюк І.В., Пінчук О.Л.; Власник – Національний університет водного господарства та природокористування. – № u 2008 15206; заявл. 29.12.08; опубл. 25.06.09, Бюл. №12. 28. Романюк І.В. Тепло-ва мелиорация ґрунту скидною теплою водою за допомогою гідротехнічної системи з теплообмінниками-рукавами (в умовах Західного Полісся України): канд. ...техн. наук : 06.01.02 / Романюк Іван Васильович. – Рівне, 2007. – 249 с.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М.М. (НУВГП)