

УДК 551.525:631.588

**Востріков В. П., к.т.н., професор, Романюк І. В., к.т.н., доцент,
Пінчук О. Л., к.т.н., старший викладач, Гнатюк В. М., аспірант**
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ В БЛОК-СЕКЦІЇ ТЕПЛОМЕЛІОРАТИВНОЇ СИСТЕМИ З ОБОЛОНКАМИ-РУКАВАМИ

Розглянуті питання впливу поверхневого обігріву на температурний режим ґрунту. Наведені результати експериментальних досліджень поверхневого обігріву ґрунту.

Ключові слова: поверхневий обігрів, температурний режим, рукав-оболонка, тепломеліоративна система.

Особливістю місць проживання рослин є їхнє перебування одночасно у двох дуже різних за властивостями середовищах – ґрунті і повітрі. Верхній, родючий шар ґрунту і приземний шар повітря разом утворюють середовище проживання рослин. Тому методи, способи і технічні засоби теплових меліорацій повинні бути спрямовані на все середовище проживання рослин, тобто і на ґрунт, і на повітря.

Дослідження процесів формування та оцінка теплового режиму мають також проводитись для двох середовищ, теплові процеси у яких тісно взаємопов'язані.

Дослідженням теплового режиму ґрунту в природних умовах присвячена значна кількість наукових праць, зокрема і при застосуванні різноманітних тепломеліоративних заходів.

Зауважимо, що важливий внесок у дослідження температурного режиму гідроморфних та осушених слабопідзолистих ґрунтів внесли професори Вознюк С.Т., Клименко М.О., Веремеєнко С.І., Кузьмич П.К., Волкова Л.А., Востріков В.П. та ін. [1].

Н. Тарасюк під керівництвом проф. М.Г. Кота провела географічний аналіз гідротермічного режиму ґрунтів на прикладі Волинської області, здійснила оцінку теплових ресурсів орного шару та зробила спробу кореляційного аналізу температурних характеристик ґрунту залежно від температур приземного шару повітря.

Вперше залежності для розрахунку температур ґрунту на різній глибині для умов ґрунту, який обігривається широкими рукавами, розташованими на його поверхні були отримані І.В. Романюком [2].

Проте, зміна форми оболонки-рукава з одиничного широкого на

декілька оболонок-рукавів у формі трубопроводів, що розташовані у міжряддях рослин [3], змінює умови теплообміну та теплопередачі в системі «грунт – оболонка – приземний шар повітря», що не може не відобразитись на формуванні теплового режиму в середовищі «грунт – рослина – приземний шар повітря».

З метою дослідження вказаних особливостей нами були проведені натурні дослідження роботи однієї блок-секції тепломеліоративної системи (ТМС) і, зокрема, досліджено вплив поверхневого обігріву трубопровідними оболонками-рукавами на температурний режим ґрунту.

Натурні дослідження дозволяють отримати фактичні дані з формування температурного режиму ґрунту у реальних умовах і, тим самим, визначити більш достовірно тепломеліоративну ефективність поверхневого обігріву та порівняти отримані дані з теоретичними моделями. Дослідження проводились на дослідній ділянці на землях приватного фермерського господарства в межах приміської зони м. Рівне. Методика проведення натурних досліджень приведена у [4].

Як відомо, ефективність будь-якого тепломеліоративного заходу характеризується локальним і середнім об'ємним показником термічного ефекту [5]. Локальний показник термічного ефекту $\Delta T(x, t)$ визначається за формулою (1) і характеризує зміну (відмінність) температури ґрунту на глибині x в момент часу t , у порівнянні з контрольним варіантом:

$$\Delta T(x, t) = T_{TMC}(x, t) - T_{КД}(x, t), \quad (1)$$

де $T_{TMC}(x, t)$ – температура ґрунту на певній глибині в блок-секції ТМС;

$T_{КД}(x, t)$ – температура ґрунту в природних умовах (контрольна ділянка).

Середній об'ємний показник термічного ефекту $\Delta T_{сер.}(x, t)$ характеризує зміну температури ґрунту, осередненої для деякого шару в момент часу t , у порівнянні з контрольним варіантом і визначається за формулою (2):

$$\Delta T_{сер.}(x, t) = T_{сер.}^{TMC}(x, t) - T_{сер.}^{КД}(x, t), \quad (2)$$

де $T_{сер.}^{TMC}(x, t)$ – середня температура ґрунту по глибині в блок-секції ТМС;

$T_{сер.}^{КД}(x, t)$ – середня температура ґрунту в природних умовах (на контрольній ділянці).

Температурний режим ґрунту при поверхневому обігріві формується під впливом багатьох чинників, визначальними з яких є природні умови та умови роботи ТМС. Із погодних чинників потрібно відмітити сонячну активність, хмарність, вітер, опади, температуру повітря, переміщення повітряних мас, характер рослинного покриву, наявність захисних укриттів та їх конструкцію [6, 7].

Із факторів, що визначає безпосередньо система обігріву, потрібно вказати на конструкцію системи обігріву, параметри оболонки-рукавів (форма, геометричні розміри і матеріал оболонки) та температуру теплоносія – води в системі обігріву.

В 2011 році натурна дослідна система поверхневого обігріву була змонтована та запущена нами в роботу 9.03.2011 р. о 20.00. В цей день метеорологічна ситуація була наступною: вдень сонячно та температура повітря до $+5^{\circ}\text{C}$, на контрольній ділянці товщина снігового покриву до 15 см, який під впливом сонячного випромінювання зверху відтанув, просів та утворилася тонка тверда кірка снігу. Ділянка під влаштування системи була попередньо розчищена від снігу та на замерзлому ґрунті були розкладені оболонки-рукави. На цей час товщина промерзання ґрунту складала до 20 см. Культура-реагент на ділянці – полуниця Кліро другого року вирощування.

Система обігріву працювала впродовж березня – травня 2011 р. Аналіз динаміки температур ґрунту в умовах обігріву з додатковим захистом тунельним плівковим укриттям та на контролі показує, що поверхневий обігрів при постійній роботі здійснює постійний значний позитивний вплив на формування температурних умов в ґрунті, особливо в ранньовесняний період – у березні.

Загальна динаміка середньодобових температур ґрунту, розрахованих за середньогодинними їх значеннями, свідчить про поступове зростання величин температур і на контролі, і на обігріві (рис. 1). Проте амплітуди коливань (зміни) цих температур значно менші, ніж на контролі. Так, на глибині 20 см на контролі температури поступово зростали від 0°C до $+20^{\circ}\text{C}$. При обігріві, після певного, короткого часу розігріву ґрунту від 0°C до $+12^{\circ}\text{C}$ (дві-три доби), вони також зростали, але в межах від $+2^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$ в подальшому.

При обігріві ґрунт стає придатним до посадки чи посіву ($+10^{\circ}\text{C}$) за 3 доби (13 березня), а на контролі тільки після 20 квітня. Величини $+12^{\circ}\text{C}$ ґрунт при обігріві досягає 15 березня, а на контролі лише 24 квітня. Величини $+14^{\circ}\text{C}$ ґрунт при обігріві досягає 21 березня, а на контролі лише 28 квітня лише на короткий проміжок часу і, тільки аж 10 травня стабільно, на постійний час. Величини $+18^{\circ}\text{C}$ ґрунт при обігріві досягає 15 квітня, а на контролі лише 30 травня. У шарі 0-10 см

наведені значення змін температур ґрунту при обігріві ще суттєвіші.

Загальний хід температур ґрунту свідчить про стабільно тривалий високий термічний ефект від обігріву ґрунту оболонками-рукавами, який швидко зростає і тримається увесь період його застосування.

Поверхневий обігрів ґрунту оболонками-рукавами, як тепломеліоративний захід, потребує оцінки ефективності та особливостей зміни температурного режиму ґрунту у різні періоди.

Важливе значення для оцінки температурного режиму ґрунту в умовах обігріву рукавами-оболонками має його формування в місячному циклі. Адже, аналіз закономірностей гідротермічного режиму ґрунту дозволяє встановити дати переходу температури на поверхні ґрунту через найважливіші її рубіжні значення: 0, 5 та 10°C, визначити локальний та об'ємний термічні ефекти та ін. Оцінку змін температур ґрунту виконували за значеннями середньодекадних температур. Середньодекадні температури ґрунту на різних глибинах в блок-секції ТМС та на контрольній ділянці представлені в табл. 1, а термічні ефекти в табл. 2.

Дані таблиць 1 та 2 свідчать, що впродовж усього періоду роботи системи поверхневого обігріву оболонками-рукавами спостерігаються стабільні високі термічні ефекти. Їх величини у верхньому орному шарі досягають 12-13°C.

При цьому в системі обігріву, як видно із табл. 1, використовувалась вода з температурою від 18 до 27°C, а температури ґрунту на глибині 10 см вже у другій декаді березня досягають 15-18°C. В цей час на контрольній ділянці вона досягала всього 2-4°C.

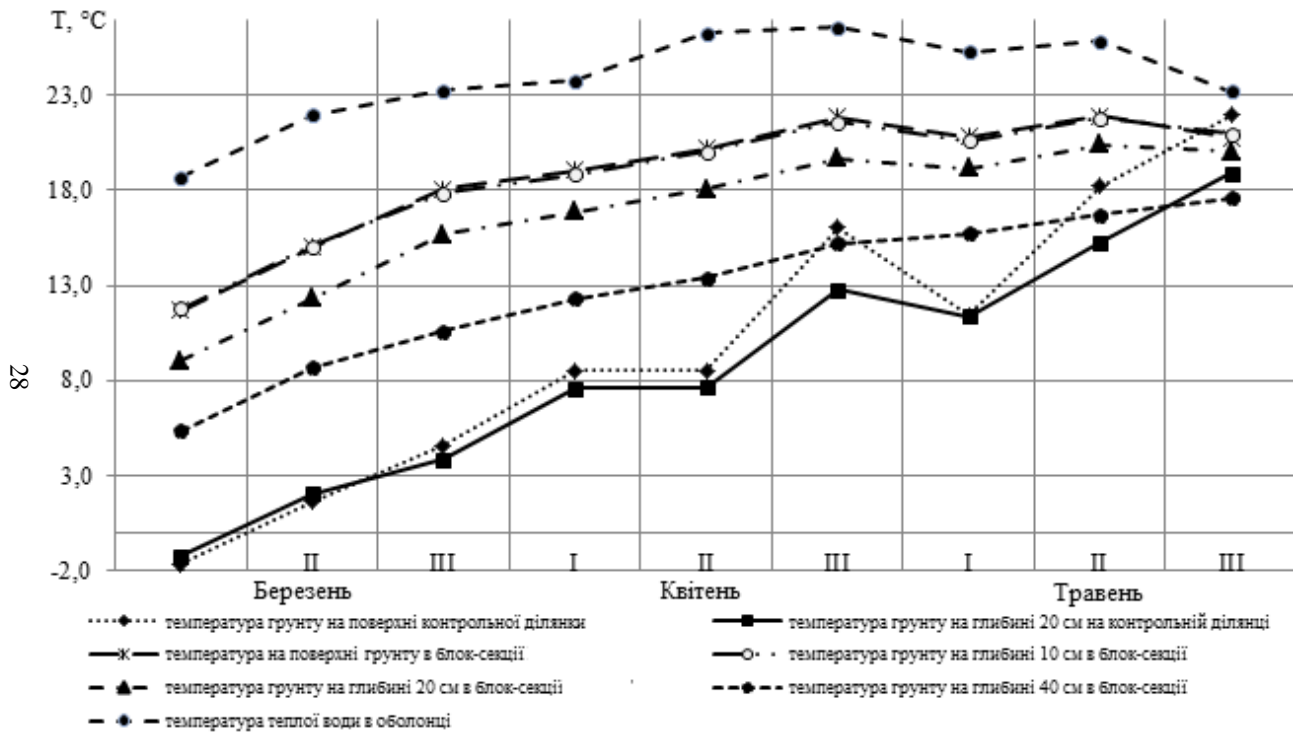


Рисунок. Динаміка середньодекадних температур ґрунту на різних глибинах в блок-секції ТМС та на контрольній ділянці впродовж періоду досліджень (березень–травень 2011 р.)

При цьому в системі обігріву, як видно із табл. 1, використовувалась вода з температурою від 18 до 27°C, а температури ґрунту на глибині 10 см вже у другій декаді березня досягають 15-18°C. В цей час на контрольній ділянці вона досягала всього 2-4°C.

Таблиця 1

Середньодекадні температури ґрунту на різних глибинах в блок-секції ТМС та на контрольній ділянці впродовж періоду досліджень (березень – травень 2011 року), °С

Місяць	Декада	Температура теплої води, °С	Глибина, см							
			0		10		20		40	
			ТМС	КД	ТМС	КД	ТМС	КД	ТМС	КД
Березень	I	18,7	11,7	-1,7	11,8	-1,5	9,0	-1,3	5,4	-4,4
	II	22,0	15,0	1,6	15,1	1,8	12,3	2,0	8,7	-1,1
	III	23,3	18,0	4,6	17,9	4,2	15,7	3,8	10,6	1,6
Квітень	I	23,8	19,1	8,5	18,8	8,1	16,9	7,6	12,3	5,3
	II	26,3	20,2	8,5	20,1	8,1	18,1	7,6	13,4	5,1
	III	26,6	21,8	16,1	21,6	14,4	19,7	12,8	15,2	11,7
Травень	I	25,3	20,8	11,4	20,6	11,4	19,2	11,4	15,7	8,1
	II	25,9	21,9	18,2	21,8	16,8	20,4	15,3	16,7	14,2
	III	23,2	20,8	22,0	21,0	20,4	20,1	18,9	17,6	16,9

Примітка: ТМС – температура на певній глибині в блок-секції тепломеліоративної системи; КД – температура на певній глибині на контрольній ділянці.

Таблиця 2

Середньодекадний локальний термічний ефект в ґрунті блок-секції ГС ПОГ на різній глибині впродовж періоду досліджень (березень – травень 2011 року), °С

Місяць	Декада	Температура теплої води, °С	Глибина, см			
			0	10	20	40
Березень	I	18,7	13,4	13,3	10,3	9,8
	II	22,0	13,4	13,3	10,3	9,8
	III	23,3	13,4	13,7	11,9	9,0
Квітень	I	23,8	10,6	10,7	9,3	7,0
	II	26,3	11,7	12,0	10,5	8,3
	III	26,6	5,7	7,2	6,9	3,5
Травень	I	25,3	9,4	9,2	7,8	7,6
	II	25,9	3,7	5,0	5,1	2,5
	III	23,2	-1,2	0,6	1,2	0,7

Найвищий показник середньодекадного локального термічного

ефекту на поверхні ґрунту, величиною 13,4°C, спостерігався у третій декаді березня. У квітні та травні, у зв'язку з підвищенням сонячної активності і збільшенням природної температури ґрунту, зменшенням різниці між температурою води і зовнішнього повітря, зупинки системи обігріву в кінці травня, термічні ефекти поступово зменшуються і в кінці травня майже зникають.

Максимальні термічні ефекти мають місце у верхніх шарах ґрунту, там, де розташована основна маса кореневої системи рослин. З глибиною локальний термічний ефект поступово зменшується. У динаміці днів весняних місяців мінімальні його значення характерні для третьої декади травня, зокрема 0,6°C – на глибині 0,1 м, 1,2°C – на глибині 0,2 м та 0,7°C – на глибині 0,4 м, коли обігрів був відключений, але його вплив ще зберігався. У цей час потреба у тепловій меліорації значно зменшується, достатніми стають природні температури ґрунту.

Об'ємний пошаровий термічний ефект найбільші значення має для шару ґрунту 0...10 см. У першій декаді березня він складає в середньому 13,4°C, а максимального значення досягає в кінці місяця (13,6°C). Після чого спостерігається його поступове зменшення. Для шару ґрунту 0...20 см цей показник на початку березня складає 12,3°C, для шару ґрунту 0...40 см – 11,7°C (табл. 3).

Таблиця 3

Середньодекадний об'ємний пошаровий термічний ефект в ґрунті блок-секції ГС ПОГ на різній глибині впродовж періоду досліджень (березень – травень 2011 року), °C

Місяць	Декада	Температура теплої води, °C	Шар ґрунту, см		
			0...10	0...20	0...40
Березень	I	18,7	13,4	12,3	11,7
	II	22,0	13,4	12,3	11,7
	III	23,3	13,6	13,0	12,0
Квітень	I	23,8	10,7	10,2	9,4
	II	26,3	11,9	11,4	10,6
	III	26,6	6,5	6,6	5,8
Травень	I	25,3	9,3	8,8	8,5
	II	25,9	4,4	4,6	4,1
	III	23,2	-0,3	0,2	0,3

Аналіз показав, що максимальна ефективність поверхневого обігріву спостерігається у березні-квітні, а з підвищенням температури навколишнього середовища зменшується та в кінці травня має мінімальний вплив (рисунок).

При цьому перехід температури на поверхні ґрунту через 10°C відбувається вже на початку другої декади березня, тобто практично через добу після запуску системи обігріву, а через 15°C – на 2 дні пізніше. У цей час на контрольній ділянці ще мають місце від’ємні температури, а перехід через 5°C відбувається лише в третій декаді березня, а через 10°C – в середині першої декади квітня (табл. 4). Таким чином, отримані нами натурні дані підтвердили попередні прогностні розрахунки про високу ефективність поверхневого обігріву ґрунту теплою водою.

Таблиця 4

Дати досягнення величин середньодобових температур ґрунту 0, 5, 10, 15, 20°C при обігріві та на контрольній ділянці

Глибина ґрунту, м	Найменування ділянки	Температура, °C				
		0	5	10	15	20
0	ТМС	Від початку роботи	10.03	11.03	13.03	21.03
	КД	11.03	22.03	06.04	24.04	19.05
0,2	ТМС	10.03	11.03	13.03	21.03	23.04
	КД	10.03	31.03	19.04	29.04	01.06

Важливе значення для обґрунтування агротехнічних заходів, визначення виду рослин, які доцільно вирощувати при обігріві ґрунту, обґрунтування прийомів обробітку ґрунту при проведенні теплової меліорації, має величина сум його температур на різній глибині [8, 9].

Суми активних температур ґрунту на ділянці обігріву та на контрольній ділянці на різній глибині, у тому числі суми активних температур (> 10°C), наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Сума температур ґрунту на контрольній ділянці та на обігріві на різній глибині впродовж періоду досліджень

Найменування ділянки	Глибина ґрунту, м	Сума температур, °C				
		>0	> 5	> 10	> 15	> 20
ТМС	0	1618	1613	1613	1472	888
	0,1	1596	1595	1588	1444	859
	0,2	1438	1437	1430	1263	653
	0,4	1120	1114	1004	563	-
КД	0	945	890	736	599	303
	0,2	809	761	553	242	-

Дані таблиці 5 засвідчують, що у верхньому шарі ґрунту 0...0,2 м

на ділянці обігріву сума температур $> 10^{\circ}\text{C}$ впродовж роботи системи складала 1430...1613 $^{\circ}\text{C}$, а на контрольній ділянці 553...736 $^{\circ}\text{C}$. Тобто застосування поверхневого обігріву ґрунту дозволяє більш ніж удвічі збільшити суму активних температур ґрунту впродовж весняного періоду при застосуванні низькотемпературної води в системі обігріву. Особливо вагомими є суми позитивних температур у березні місяці.

Позитивний ефект обігріву проявляється також у формуванні амплітуд середньодобових температур (табл. 6), значення яких при обігріві значно менші від контрольної ділянки. Так, на глибині 0,2 м при обігріві амплітуда коливань температур складала 11,9 $^{\circ}\text{C}$, а на контролі 19,6 $^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 6

Амплітуди середньодобових температур ґрунту впродовж періоду дослідження, $^{\circ}\text{C}$

Найменування ділянки	Глибина ґрунту, м	Амплітуда температур, $^{\circ}\text{C}$
ТМС	0	10,6
	0,1	9,9
	0,2	11,9
	0,4	10,7
КД	0	25,7
	0,2	19,6

Поверхневий обігрів ґрунту оболонками-рукавами є ефективним тепломеліоративним заходом, що дозволяє вже у березні, навіть при від'ємних температурах зовнішнього середовища, створювати достатні температури для проростання, росту і розвитку сільськогосподарських культур. Обов'язковою умовою поверхневого обігріву є застосування плівкових укріттів, зокрема тунельного типу.

При постійному поверхневому обігріві ґрунту рукавами-трубопроводами з водою з температурою 18-20 $^{\circ}\text{C}$ вже у першій декаді березня у шарі 0-10 см досягаються температури в межах 12-15 $^{\circ}\text{C}$, що достатні для початкового росту рослин. При цьому ззовні за межами укріття температурний режим складає біля 0 $^{\circ}\text{C}$. Вже у другій та третій декадах березня середньодекадні температури ґрунту досягають значень 15-18 $^{\circ}\text{C}$, а у квітні 18-22 $^{\circ}\text{C}$, що достатньо для активного росту рослин. У денні години температури досягали значень 25-30 $^{\circ}\text{C}$, що є оптимальними величинами для багатьох рослин. При цьому найбільші ефекти мають місце у верхньому шарі ґрунту. Значні температурні ефекти мають місце у нічні години, що дуже важливо з точки зору за-

хисту рослин від заморозків та нічного похолодання.

Обігрів спільно з тунельним укриттям дозволяє швидко накопичити значні суми активних температур в ґрунті. Так, сума температур, що більші за 10°C, на глибині 0-20 см на контролі за березень – квітень склала 553-736°C, а на обігріві 1430-1613°C, що вдвічі більше.

1. Пінчук О. Л. Обґрунтування конструкції та параметрів гідротехнічної системи поверхневого обігріву ґрунту оболонками-рукавами при використанні скидних теплих вод: канд. техн. наук : 06.01.02 / Пінчук Олег Леонідович. – Рівне, 2012. – 255 с.
2. Романюк І. В. Теплова меліорація 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.
3. Востріков В. П. Теплоеліоративні системи для обігріву ґрунту з використанням низькотемпературних теплових відходів / В. П. Востріков, О. Л. Пінчук // Водне господарство України. – № 6. – 2009. – С. 36.
4. Востріков В. П. Методика натурних досліджень роботи системи поверхневого обігріву ґрунту та автоматизованого збору температурних даних / В. П. Востріков, В. С. Мельник, О. Л. Пінчук, В. М. Гнатюк // Вісник НУВГП: збірник наук. праць. – Випуск 2(54). Технічні науки. – Рівне, 2011. – С. 40-49.
5. Куртєнер Д. А. Агротеморологические основы тепловой мелиорации / Д. А. Куртєнер, А. Ф. Чудновский. – Л. : Гидрометеоздат, 1979. – 231 с.
6. Барабаш М. Б. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату / М. Б. Барабаш, Т. В. Корж, О. Г. Татарчук // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 174-186.
7. Сніжко С. І. Особливості тривалості вегетаційного періоду і періоду активної вегетації на території України (тенденції зміни внаслідок глобального потепління) / С. І. Сніжко, О. А. Скриник, І. М. Щербань // Український гідрометеорологічний журнал. – 2007. – № 2. – С. 119-128.
8. Дмитренко В. П. Наукові засади агротеморологічних стратегій адаптації землеробства в Україні / В. П. Дмитренко // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2005. – Вип. 254. – С. 188-200.
9. Дмитренко В. П. Адаптації меліоративного землеробства до погоди і клімату / В. П. Дмитренко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 2. – С. 52-56.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

THERMOMELIORATION SYSTEMS SHEATH-SLEEVE

The questions of influence of surface heating on temperature condition of soil are considered. Experimental results of surface heating of soil are given.

Keywords: surface heating, temperature condition, sheath-sleeve, thermomelioration system.

Востриков В. П., к.т.н., профессор, Романюк И. В., к.т.н., доцент, Пинчук А. Л., к.т.н., старший преподаватель, Гнатюк В. М., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В БЛОК-СЕКЦИИ ТЕПЛОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ С ОБОЛОЧКАМИ-РУКАВАМИ

Рассмотрены вопросы влияния поверхностного обогрева на температурный режим почвы. Приведены результаты экспериментальных исследований поверхностного обогрева почвы.

Ключевые слова: поверхностный обогрев, температурный режим, оболочка-рукав, тепломелиоративная система.
