

УДК 502/504: 631.6:628.3

В. А. ГУРИН, В. П. ВОСТРИКОВ, И. В. РОМАНЮК, О. Л. ПИНЧУК

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, Украина

ТЕПЛОВАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ГРУНТА СБРОСНЫМИ ТЕПЛЫМИ ВОДАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Статья посвящена проблеме использования сбросных теплых вод промышленных и энергетических объектов для тепловой мелиорации локальных участков грунта. Предложено новое техническое решение — обогрев грунта поверхностными теплообменными устройствами в виде водонаполненных рукавов, по которым циркулирует теплая вода. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований поверхностного обогрева в условиях Западного Полесья Украины.

Тепловая мелиорация, обогрев грунта, рукава-теплообменники, сбросная теплая вода, тепловой режим, урожайность.

This article is devoted to the problem of the usage industrial and energy establishments' discharge heat waters for heating melioration of local district of soil. The new technical solutions heating soil's of surface warm-exchanging devices in the form water-filled hose with constantly circulating heat waters' are proposed. Experimental results of soils' surface heating of under the conditions of Ukraine Western Polyssya are given.

Thermal melioration, heating of soil, warm-exchanger's, waste (discharge) heat waters, thermal regimes, productivity.

При выращивании овощных и ягодных культур одной из актуальных практических задач является получение более ранних урожаев. Производство ранних овощей и ягод и обеспечение ими населения — одно из приоритетных заданий аграрного сектора как на Украине, так и в России, особенно в северных регионах.

Лимитирующим фактором в ранние весенние периоды является, как известно, тепловой. Низкие температуры грунта и приземного слоя воздуха, особенно в ночные часы, частые возвраты заморозков не позволяют начать активную вегетацию растений и накапливание урожая ни в марте, ни в апреле, ни даже в первой половине мая. При этом продолжительность солнечного сияния уже в марте является достаточной для накопления вегетативной массы. Так, например, в Полесье Украины в марте она составляет 120, в лесостепи 130, в Крыму и Закарпатье 150...155 ч.

Проблема необходимого теплообеспечения растениеводства решается тра-

диционно созданием крупных тепличных хозяйств закрытого грунта, как правило, с использованием дорогостоящих природных ресурсов топлива, преимущественно природного газа. В связи с подорожанием тепловой энергии и природных видов топлива получение большого количества дешевой продукции из закрытого грунта становится все более проблематичным.

Указанные трудности заставляют специалистов искать новые пути решения этой проблемы и возвращаться к тем решениям, которые были наработаны учеными и практиками в предшествующие годы [1, 2]. Одним из вариантов решения этой задачи может быть создание специальных локальных участков обогреваемого (тепломелиорируемого) грунта с использованием разнообразных методов, способов и технических средств обогрева [3]. В этом направлении перспективным может быть использование нетрадиционных источников тепловой энергии и вторичных энергетических ресурсов,

например тепловых отходов промышленного производства и энергетики в виде сбросных (теплообменных) вод [1, 2].

Выбранное научное направление является развитием научных работ и исследований, начатых научными школами Украинского исследовательского института водного хозяйства, Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, Московского гидромелиоративного института, Белорусского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации по тепловой мелиорации в 80-х гг. XX столетия, которая выполнялась в соответствии с общегосударственной программой бывшего СССР № 0.85.01.

В 80-х гг. в Украинском исследовательском институте водного хозяйства были проведены исследования по изучению внутрипочвенного обогрева на базе сбросных теплых вод энергетических объектов при Курской и Ровенской атомных электростанциях. Анализ результатов свидетельствовал о том, что трубопроводные системы являются недостаточно эффективными как технические средства тепловой мелиорации применительно к верхнему слою грунта и приземному слою воздуха. Их эффективность составляла не более 0,5...1,5 °С [4].

Актуальным является обоснование, разработка и исследование новых, более рациональных и совершенных способов и технических средств утепления грунта,

которые обеспечивают высокий эффект утилизации тепла и возвращение, при необходимости, охлажденной воды на предприятие. В научном плане за счет теплоты, которую имеют сбросные теплые воды, необходимо разрешить противоречие между высокими требованиями растений к температурному режиму почвы и воздуха и существующими недостаточными температурными условиями ранней весной.

Одним из перспективных способов тепловой мелиорации локальных участков грунта может быть, по мнению авторов, поверхностный обогрев с использованием низкотемпературных источников воды [5–7]. Рабочей гипотезой исследования является гипотеза о том, что максимальные тепловые эффекты при использовании сбросной теплой воды могут быть получены при непосредственном направлении потока теплой воды в зону нахождения растений по поверхности почвы в специальных герметичных оболочках. Эта идея не нова, но недостаточно изучена в научном и практическом плане [5].

Технологически указанное задание может быть решено способом подачи и распределения теплой воды тонким слоем по поверхности почвы, а технически — реализовано применением теплообменников-рукавов из тонкостенных, крепких, гибких полимерных материалов и созданием на их основе специальных обогревающих систем (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид экспериментального водонаполненного рукава

Авторами проведены экспериментальные и теоретические исследования эффективности поверхностного обогрева грунта рукавами. В одном из проведенных натуральных экспериментов система обогрева грунта была выполнена из рукавов шириной 0,6 м, длиной 10 м, с отверстиями для высадки растений диаметром 0,2 м, которые расположены в шахматном порядке на расстоянии 0,3 м один от другого (рис. 2) [8]. Параметры рукава были подобраны с учетом агротехники выращивания сельскохозяйственных культур.

Для изучения теплового режима почвы и воздуха в условиях дополнительной защиты обогреваемого грунта укрытиями обогреваемую часть участка закрывали пленочными укрытиями тоннельного типа (каждый теплообменник-рукав закрывали отдельно).

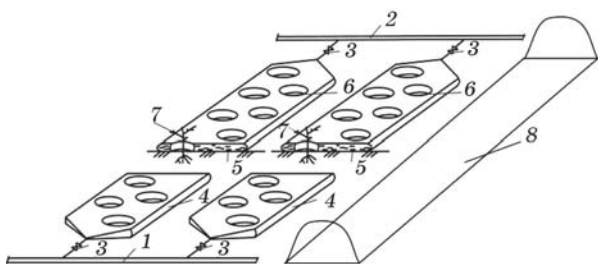


Рис. 2. Конструктивная схема рукавов-теплообменников: 1 — отводящий коллектор; 2 — подводящий коллектор; 3 — задвижка; 4 — теплообменник-рукав; 5 — каналы для теплоносителя; 6 — отверстия для высадки растений; 7 — растение; 8 — укрытие тоннельного типа из светопрозрачных материалов

Подогрев воды, которая постоянно циркулировала в рукавах, осуществлялся электрическим бойлером, подачу регулировали задвижкой, собирали воду в коллекторы и емкости и распределяли с помощью насосной установки. С целью приближения исследований к производственным условиям в системе обогрева поддерживали режим циркуляционных вод Ровенской атомной электростанции. Температура воды в системе изменялась от 20 до 35 °С.

Проведенные исследования помогли установить, что обогрев грунта путем постоянного пропуска теплой

воды с температурой 25...35 °С через сеть теплообменников-рукавов, размещенных на поверхности грунта, оказывает существенное влияние на формирование температурного режима почвы и воздуха. Наибольшее влияние обогрева наблюдается непосредственно под теплообменником в верхнем пахотном слое почвы, т. е. в зоне расположения корневой системы растений. Так, например, если температура пахотного слоя открытой почвы повышается на 8...12 °С, а приземного слоя воздуха — на 2...3 °С, то в условиях дополнительной защиты пленочными укрытиями тоннельного типа — соответственно на 12...16 °С и 7...11 °С [8].

Наблюдения за температурой воздуха показали, что в условиях дополнительной защиты обогреваемого грунта пленочным укрытием воздух над рукавом в марте стабильно прогревается до 10...14 °С, верхний двадцатисантиметровый слой почвы — до 14...17 °С, в то время как в естественных условиях температура почвы — 1...3 °С, воздуха — 0...2 °С, а на поверхности грунта частично сохраняется снежный покров (см. рис. 1). При этом температура воды в рукаве — 24...25 °С.

Таким образом, обогрев рукавами позволяет поддерживать температуру корнеобитаемого слоя почвы в приближенных к оптимальному уровню значениях и увеличивать период активной вегетации сельскохозяйственных культур на 30...35 дней, а при условии дополнительной защиты укрытиями — на 50...60 дней. Благодаря обогреву сумма активных температур почвы в корнеобитаемом слое повышается на 1500...2000 °С и более.

В основу теоретических исследований по обогреву грунта рукавами приняты модели эффективной теплопроводности Д. А. Куртенера и А. Ф. Чудновского:

$$\frac{\partial}{\partial x} \lambda_e(x, t) \frac{\partial T}{\partial x} - c_e(x, t) \frac{\partial T}{\partial t} = f_q(x, t); \quad (1)$$

$$T(x, y) = f[x, t, \lambda_e, c_e, f_q], \quad (2)$$

где λ_e — коэффициент эффективной теплопроводности почвы; c_e — удельная эффективная теплоемкость; x, t^e — пространственная и временная координаты; f_q — функция, которая характеризует расположение источников тепла, в нашем случае рукавов на поверхности почвы; T — температура поверхности почвы.

Расчет стационарного температурного поля для открытой почвы при указанных краевых условиях может осуществляться по формуле

$$\theta(x, t) = \frac{1}{H} \sum_{v=0}^m Z_v t^v \psi_v(W, Y), \quad (3)$$

где $H = N/\lambda$; $Z_v = S_v/\lambda$.

Для почвы, защищенной укрытиями, использовано уравнение теплового баланса воздушного пространства укрытия тоннельного типа Д. А. Куртнера и А. Ф. Чудновского:

$$dQ_{об} + dQ_p - dQ_{п} - dQ_{т} - dQ_{в} - dQ_a = 0, \quad (4)$$

где $dQ_{об}$ — тепловыделение системы обогрева за время dt ; dQ_p — поток теплоты солнечной радиации, который поступает в укрытие тоннельного типа за время dt ; $dQ_{п}$ — поток теплоты в почву за время dt ; $dQ_{т} + dQ_{в}$ — количество теплоты, которое отдается окружающей среде в результате воздухообмена и теплопередачи через защиту за время dt ; dQ_a — поток теплоты, который аккумулируется в воздухе за время dt .

Решение задач осуществлялось с помощью пакета компьютерных про-

грамм Mat Lab 6.5. Теоретическими расчетами были установлены достаточно высокие тепломелиоративные эффекты в почве и воздухе в условиях обогрева водонаполненными рукавами, затем было подтверждено экспериментально. В расчетных вариантах, которые моделируют температуру воздуха от -10 до $+5$ °С и температуру воды в рукавах от 20 до 40 °С, под укрытием создается зона гарантированного нагрева воздуха с температурой $15...20$ °С до высоты $20...25$ см от поверхности рукава. В почве при этом до глубины 40 см поддерживается температура $20...25$ °С. Даже при низкой температуре внешнего воздуха (до -10 °С) над рукавом сохраняется положительная температура воздуха.

Между температурой почвы на глубине $0,05$; $0,1$ и $0,2$ м, температурами атмосферного воздуха и температурами воды в теплообменнике установлена тесная связь в виде линейных зависимостей (таблица).

Зависимости температур обогреваемой и необогреваемой открытой почвы $t_{гр}$ на разных глубинах от температуры воздуха $t_{пов}$ и воды $t_{в}$ в рукавах

Глубина, м	Обогреваемый грунт		Необогреваемый грунт	
	Зависимость	R	Зависимость	R
0,05	$t_{гр} = t_{пов} + 0,14t_{в} - 0,48$	0,95	$t_{гр} = 1,05t_{пов} + 1,03$	0,96
0,1	$t_{гр} = t_{пов} + 0,15t_{в} - 1,76$	0,95	$t_{гр} = 0,95t_{пов} + 1,06$	0,95
0,2	$t_{гр} = t_{пов} + 0,12t_{в} - 2,4$	0,95	$t_{гр} = 0,85t_{пов} + 0,56$	0,91

На основании проведенных исследований предложены и разработаны специальные конструкции гидротехнических тепломелиоративных систем.

В конструктивном отношении они представляют собой сеть теплообменников-рукавов, размещенных на определенном расстоянии один от другого по поверхности почвы и объединенных в отдельные секции и блок-модули.

Проведенные гидравлические расчеты показывают следующее: чтобы рукава работали, необходимы небольшие начальные напоры — $10...20$ см. Потребность в теплой воде для их наполнения и постоянной циркуляции через

рукава составляет $200...250$ л/с, если система расположена на площади 1 га. Эти расходы могут обеспечивать передвижные насосные станции с начальным напором насосной станции $1,3...1,4$ м. В отдельных случаях теплая вода на участок может подаваться самотеком.

Распределение и сбор использованной воды может быть обеспечен комплектом тонкостенных трубопроводов-рукавов диаметром от 100 до 400 мм, а регулирование распределения воды — пластмассовой арматурой, которая используется в системах поверхностного и капельного орошения. Использованная в системе обогрева вода после

прохождения по рукавам сбрасывается в водоисточник (реку, канал, водохранилище), доохлаждается и повторно используется промышленным или энергетическим объектом.

Выводы

Обогрев рукавами способствует более раннему появлению всходов растений, ускорению ростовых процессов и накоплению биомассы сельскохозяйственных культур. Благодаря улучшению температурных условий почвы значительно сокращается период созревания клубники: на 22 дня — в условиях открытого грунта с обогревом; на 38 дней — при дополнительной защите укрытиями. Увеличение урожайности клубники в среднем за годы проведения исследований составило 51 %. Обогрев положительно повлиял и на качество ягод клубники, которое определяли экспертной оценкой. На участке поверхностного обогрева почвы и вкусовые качества, и внешний вид клубники по сравнению с контролем были лучшими.

Экономический эффект за счет получения ранней продукции высокого качества и значительных урожаев овощных и ягодных культур составил 5...10 тыс. долл. с одного гектара и больше для ценных теплолюбивых культур. Затраты на создание системы поверхностного обогрева окупаются за 3–5 лет.

Список литературы

1. Энергобиологические комплексы при атомных электростанциях [Текст] / Н. В. Турбин, Ю. В. Ремизов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1981. — №7. — С. 8–12.

2. Яролинский, Е. А. Орошение теплообменными водами [Текст]. — М. : «Колос», 1976. — 65 с.

3. Романюк, И. В. Способы и технические средства обогрева почвы сбросными теплыми водами промышленного про-

изводства [Текст] / И. В. Романюк, В. П. Востриков // Вестник Ровненского ГТУ. — Вып. 5 (18). — 2002. — С. 124–132.

4. Востриков, В. П. Формирование гидротермического режима осушаемых почв при круглогодичном обогреве их сбросными теплыми водами электростанций [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / В. П. Востриков. — М. : МГМИ, 1987. — 18 с.

5. Пащенко, Т. Е. Термостатирование корнеобитаемого слоя почвы методом мульчирования его водонаполненными полиэтиленовыми рукавами [Текст] / Т. Е. Пащенко, Н. И. Демов // Микроклимат культивационных сооружений в условиях Нечерноземной зоны: сб. науч. тр. — Вып. 36. — 1976. — С. 112–116.

6. Патент Украины 4149. А 01 G 9/24. Устройство для обогрева защищенной почвы низкопотенциальным теплом / В. П. Востриков, И. В. Романюк. — № 2004021016 ; заявлен 12.02.2004 ; опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1. — 3 с.

7. Патент Украины 26715. А 01 G 9/24. Способ устройства утепленного грунта / В. П. Востриков, И. В. Романюк, О. Л. Пинчук. — № u200702839 ; заявлено 19.03.2007 ; опубл. 10.10.2007. — 4 с.

8. Романюк, И. В. Тепловая мелиорация почв сбросной теплой водой с помощью гидротехнической системы из теплообменников-рукавов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / И. В. Романюк. — Ровно : НУВХП, 2007. — 20 с.

Материал поступил в редакцию 26.04.08.

Гурин Василий Арсентьевич, доктор технических наук, профессор, ректор

Тел. 8 (0362) 22-10-86

E-mail: vvp53@ukr.net

Востриков Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент, начальник научно-исследовательского управления, докторант

Тел. 8 (0362) 22-22-09

Романюк Иван Васильевич, кандидат технических наук, ст. преподаватель

Пинчук Олег Леонидович, аспирант