

## 06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель

УДК 502/504:631.6:628.3

О. Л. ПИНЧУК

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина

### ВОЗМОЖНОСТИ ТЕПЛОВОЙ МЕЛИОРАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

*Рассмотрена возможность использования сбросных теплых вод промышленных и энергетических объектов для тепловой мелиорации грунта. Приведены результаты экспериментальных исследований поверхностного обогрева в условиях Западной Украины. Исследовано формирование температурного режима почвы и приземного слоя воздуха в реальных условиях. Результаты натурного эксперимента позволили достоверно определить эффективность поверхностного обогрева и сравнить полученные данные с теоретическими моделями. Стабильный термический эффект от обогрева почвы оболочками-рукавами быстро достигался и сохранялся весь период проведения тепловой мелиорации. Доказана эффективность проведения тепловой мелиорации с использованием сбросных теплых вод промышленных предприятий. Установлено, что в условиях обогрева почвы созревания ягод клубники при дополнительной защите пленочными укрытиями происходит на четыре декады раньше, общий урожай при этом составляет 4,37 кг/м<sup>2</sup>.*

*Продовольственная проблема, тепловая мелиорация, обогрев грунта, оболочка-рукав, сбросные теплые воды, тепловой режим, урожайность.*

*There is considered a possibility of warm effluents usage of industrial and energy units for soil thermal melioration. There are given results of experimental researches of the surface heating under the conditions of the Western Ukraine. Formation of the temperature regime of soil and ground air layer is investigated under real conditions. The results of the natural experiment made it possible to reliably determine the efficiency of the surface heating and compare the obtained results with theoretical models. Stable thermal affect from soil heating by shell-sleeves was quickly achieved and kept during the whole period of carrying out a thermal melioration. The efficiency is proved for fulfillment of warm reclamation using warm waste water of industrial enterprises. It is established that at soil heating under the additional protection by film coverings ripening of strawberries takes place by four decades earlier and the total yield makes 4,37 kg/m<sup>2</sup>.*

*Food problem, thermal melioration, soil heating, shell-sleeve, warm effluents, thermal regime, productivity.*

Для Украины, России, Белоруссии, а также стран Европы одной из важных социально-экономических проблем является обеспечение населения качественной, недорогой овощной и ягодной продукцией, которая созревает в более ранние сроки и поступает в достаточном коли-

честве. Традиционно эта задача решается созданием теплично-парниковых хозяйств. Но до сих пор не уделяется должное внимание к возможностям тепловых мелиораций и наличию значительных по объемам тепловых ресурсов в виде низко-температурных сбросных (теплообменных)

вод промышленных и энергетических объектов, а также геотермальных вод с температурой 25...35 °С.

Проведенный анализ литературных источников показал, что использование

сбросных теплых вод рассматривают как часть общей продовольственной проблемы в Украине и мире, которая в значительной степени решается за счет мелиорации земель (рис. 1) [1–3].

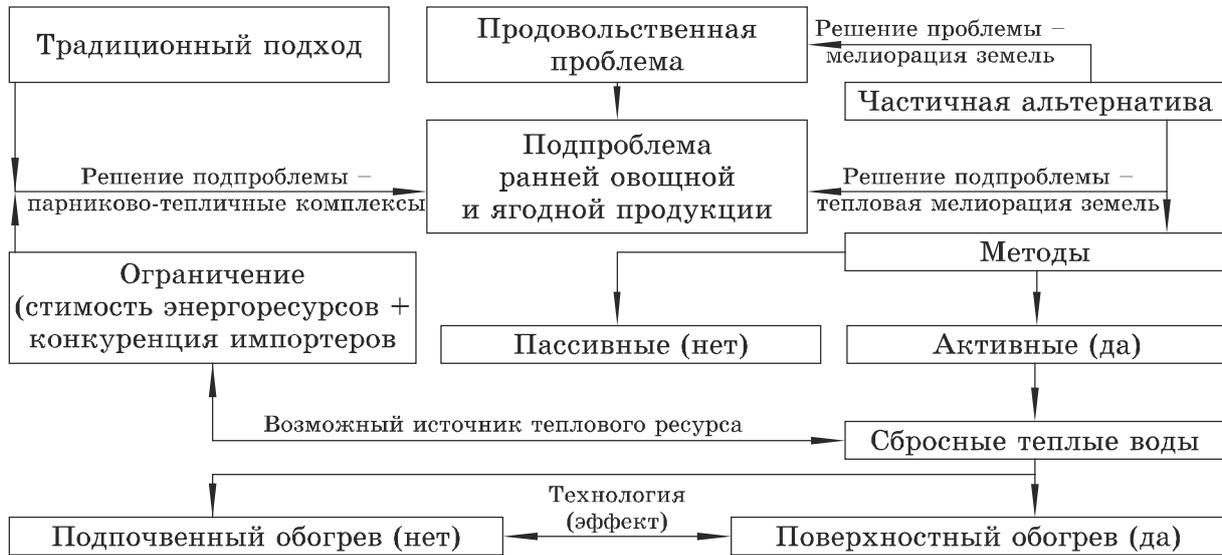


Рис. 1. Перспективы тепловой мелиорации в решении продовольственной проблемы

Обеспечение населения страны ранней ягодной и овощной продукцией является составляющей общей продовольственной проблемы. Но создание эффективно функционирующих теплично-парничковых хозяйств в пригородных зонах наталкивается на ряд существенных ограничений. Прежде всего, это высокая стоимость энергоресурсов, в частности природного газа, и высокая конкуренция на рынке ранней продукции со стороны стран-импортеров, расположенных в южных регионах: Турции, Болгарии, Венгрии, Португалии, Испании, Италии и даже Китая.

Частичной альтернативой решения этой подпроблемы может быть тепловая мелиорация земель активными методами и способами, например посредством сбросных теплых вод.

Наиболее привлекательной технологией является поверхностный обогрев грунта, заключающийся в использовании теплообменных устройств в виде водонаполненных рукавов, по которым циркулирует теплая вода. Технология частично исследована и проверена учеными Франции и Украины и в сочетании с защитой участков почвы пленочными туннельными укрытиями может стать альтернативой использования высокотемпературных носителей или электроэнергии для обогрева теплиц и парников при получении урожая ранних овощей и ягод (рис. 2) [3–5].



а



б

Рис. 2. Вид блок-модуля с туннельным пленочным укрытием и системой обогрева оболочками-рукавами в период цветения (а) и дозревания урожая клубники (б)

Термический эффект от тепловой мелиорации может быть обоснован увеличением температур почвы и воздуха и возможным смещением начала вегетационного периода, пример которого для условий Ровенской области приведен на рис. 3.

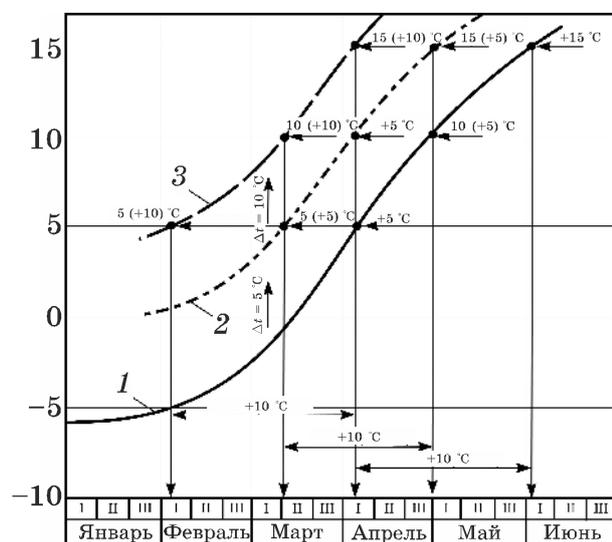


Рис. 2. Прогноз эффективности тепловой мелиорации для условий Украинского Полесья (Ровенская область): 1 — среднедекадные многолетние температуры приземного слоя воздуха (г. Ровно); 2 — увеличение температуры воздуха на 5 °C; 3 — увеличенные температуры воздуха на 10 °C

Увеличение температуры воздуха (соответственно и почвы) на 10 °C за счет тепловой мелиорации, согласно научной гипотезы автора, позволило бы сместить начало активной вегетации с начала апреля до начала февраля, то есть на 60 дней, а начало периода с температурами >15 °C с начала июня до начала апреля. Выигрыш в 40–60 дней является чрезвычайно важным для растениеводства ягод, овощей, цветов и других сельскохозяйственных культур.

Для проверки гипотезы были проведены полевые исследования в условиях Западной Украины на территории Ровенской, Волынской и Хмельницкой областей вблизи атомных электростанций и промышленных предприятий. Методика проведения эксперимента на опытном участке, расположенном в частном фер-

мерском хозяйстве в пригородной зоне г. Ровно, рассмотрена в работе [6].

Исследовано формирование температурного режима почвы и приземного слоя воздуха в реальных условиях. Результаты натурального эксперимента позволили достоверно определить эффективность поверхностного обогрева и сравнить полученные данные с теоретическими моделями.

Известно, что эффективность любого тепломелиоративного мероприятия характеризуется локальным показателем термического эффекта  $\Delta T(x, t)$  [7]. Формула для расчета этого параметра, который характеризует изменение температуры почвы или воздуха с глубиной или высотой  $x$  в момент времени  $t$ , по сравнению с контрольным вариантом, имеет следующий вид:

$$\Delta T(x, t) = T_{\text{ТМС}}(x, t) - T_{\text{КУ}}(x, t),$$

где  $T_{\text{ТМС}}(x, t)$  — температура почвы или воздуха на определенной глубине или высоте в блок-модуле с туннельным пленочным укрытием и системой обогрева оболочками-рукавами;  $T_{\text{КУ}}(x, t)$  — температура почвы или воздуха в естественных условиях (на контрольном участке).

9 марта 2011 года система поверхностного обогрева была смонтирована и запущена в 20:00. Участок под устройство системы был предварительно расчищен от снега и на замерзшей почве были разложены оболочки-рукава. Глубина промерзания почвы составляла 20 см. Культура-реагент на участке — клубника «клиро» второго года выращивания.

Система обогрева работала с марта по май 2011 года. Анализ температур почвы в условиях обогрева с дополнительной защитой туннельным пленочным укрытием и на контроле показал, что поверхностный обогрев при постоянной работе положительно влияет на формирование температурных условий в почве и воздухе, особенно в ранневесенний период — в марте.

Общая динамика среднесуточных температур почвы, рассчитанных по среднечасовым значениям, свидетельствует о постепенном росте величин температур и на контроле, и на обогреве. Однако амплитуды колебаний (изменения) этих температур на обогреве значительно меньше, чем на контроле. Так, на глубине 20 см на контроле температуры постепенно росли от 0 °C до 20 °C. При кратковременном обогреве — от 0 °C до 12 °C за два-три дня, в

дальнейшем амплитуды также росли от 2 °С до 20 °С.

При обогреве до 10 °С почва становится пригодной к посадке или посеву за 3 суток к 13 марта, а на контроле – после 20 апреля. Температуры 12 °С почва при обогреве достигает 15 марта, а на контроле – 24 апреля. Температуры 14 °С почва при обогреве достигает 21 марта, на короткий промежуток времени на контроле

– 28 апреля, а к 10 мая – на постоянное время. 18 °С почва при обогреве достигает 15 апреля, на контроле – 30 мая.

Общий ход температур почвы свидетельствует о стабильном термическом эффекте от обогрева почвы оболочками-рукавами, который быстро достигается и сохраняется весь период проведения тепловой мелиорации. Среднедекадные локальные термические эффекты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Среднедекадный локальный термический эффект в почве в блок-модуле с туннельным пленочным укрытием и системой обогрева оболочками-рукавами, °С**

Месяц	Декада	Температура теплой воды, °С	Глубина, см			
			0	10	20	40
Март	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
Апрель	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
Май	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

Данные таблицы 1 показывают, что в течение всего периода работы системы поверхностного обогрева оболочками-рукавами наблюдался стабильный термический эффект. Величина эффекта в верхнем пахотном слое почвы составила 12...13 °С.

Самый высокий показатель среднедекадного локального термического эффекта на поверхности почвы составил 13,4 °С и наблюдался в третьей декаде марта. Из-за повышения солнечной активности, увеличения естественной температуры почвы, уменьшения разницы между температурой воды и наружного воздуха, остановки системы обогрева в конце мая термический эффект в апреле-мае постепенно уменьшался и исчез в конце мая.

Максимальный тепловой эффект наблюдался в верхних слоях почвы, где расположен основной объем корневой системы растений. С увеличением глубины локальный тепловой эффект постепенно уменьшался, минимальные значения которого характерны для тре-

твей декады мая, в частности 0,6 °С – на глубине 0,1 м, 1,2 °С – на глубине 0,2 м и 0,7 °С – на глубине 0,4 м, когда обогрев был отключен, но его влияние еще сохранялось. В это время потребность в тепловой мелиорации значительно уменьшается, достаточными становятся природные температуры почвы.

В верхнем слое почвы 0...0,2 м на участке обогрева сумма температур >10 °С в течение работы системы составила 1430...1613 °С, а на контрольном участке 553...736 °С. То есть применение системы поверхностного обогрева почвы низкотемпературной водой позволило более чем вдвое увеличить сумму активных температур почвы в течение весеннего периода, что особенно ярко проявилось в марте.

Ход среднесуточных температур воздуха по сравнению с температурами почвы также имел тенденцию к повышению от минимальных значений в начале марта до больших – к концу мая. При этом отмечались более высокие частоты и амплитуды колебаний температуры

воздуха, которые составляли до 10...12 °С в начале марта при одновременно низких температурах внешней среды и 4...6 °С в мае.

В приземном слое воздуха на разных высотах термический эффект почти одинаковый, но усиливался из-за роста

интенсивности солнечной радиации и парникового эффекта (табл. 2). Поэтому в конце мая (за исключением периодов резкого понижения температуры в ночное время) температурные условия обогреваемого и контрольного участков выровнялись.

Таблица 2

**Среднедекадный локальный тепловой эффект в воздухе в блок-модуле с туннельным пленочным укрытием и системой обогрева оболочками-рукавами, °С**

Месяц	Декада	Температура теплой воды, °С	Высота, см		
			20	30	70
Май	I	18,7	11,5	10,9	10,2
	II	22,0	11,5	10,9	10,2
	III	23,3	10,8	10,4	9,8
Апрель	I	23,8	8,8	8,4	7,9
	II	26,3	10,6	9,9	9,3
	III	26,6	6,1	6,0	5,2
Май	I	25,3	8,4	7,9	7,4
	II	25,9	4,8	4,9	4,5
	III	23,2	0,3	0,2	0,1

Изменения в тепловом режиме обогреваемой почвы обуславливают изменения в формировании водного режима, которые проявляются в основном в процессах перераспределения и накопления влаги по почвенному профилю. Установлено, что обогрев значительно влияет на водный режим защищенной укрытием в блок-модуле почвы.

При разогреве почвы, таянии льда и снега, в ней аккумулируются максимальные запасы влаги. Так, в слое 0...10 см они достигают 47...50 мм, а в слое 0...50 см – 225...230 мм. До конца марта, вследствие нагревания почвы, увеличения суммарного испарения и проветривания укрытия запасы влаги в слое 0...10 см уменьшились до 14 мм, в слое 0...50 см – до 128 мм, и эти изменения вызвали необходимость регулирования водного режима почвы, особенно в верхнем 0...10 см слое. Выявлено, что для поддержания влажности почвы на необходимом для развития растений уровне, нужно дополнительно подавать в почву, обогреваемую оболочками-рукавами, воду 300...400 м<sup>3</sup>/га. Регулировать уровень влажности в

почве можно с помощью капельных систем орошения, периодически увлажняя почву небольшими поливными нормами в 150...200 м<sup>3</sup>/га, преимущественно в течение второй половины апреля и мая, когда начинается проветривание укрытий и возрастают потери влаги. При закрытых тоннелях в марте–апреле влажность почвы сохранялась на достаточном уровне без дополнительного увлажнения [5].

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур является критерием оценки эффективности внедрения любых мероприятий, в том числе тепловых мелиораций.

В результате применения поверхностного обогрева в корнеобитаемом слое и приземном слое воздуха происходит изменение целого комплекса процессов, которые влияют на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур.

Изучено влияние поверхностного обогрева на рост и развитие клубники. Результаты наблюдений в течение марта–мая 2011 года показали, что первый

лист на клубнике появился 19 марта, одновременно с первым наращивает массу второй, третий лист появился 23 марта. Клубника образовала цветоносы на участке обогрева почвы 3 апреля, а 6 апреля зафиксировано 5 цветков, массовое цветение началось 9 апреля и продолжалось всю II декаду апреля. Массовое завязывание ягод клубники отмечено 21 апреля, а первый урожай спелых ягод собран 25 апреля.

Установлено, что в условиях обогрева почвы созревания ягод клубники при дополнительной защите пленочными укрытиями происходит на четыре декады раньше, общий урожай при этом составляет 4,37 кг/м<sup>2</sup>.

Инновационный проект внедрения технологии поверхностного обогрева почвы при выращивании клубники на площади 1 га позволил получить чистый дисконтированный доход в 32 тыс. у. е. Период окупаемости капитальных вложений не превышает 3 лет.

#### Вывод

Поверхностный обогрев почвы оболочками-рукавами с использованием низкотемпературных сбросных вод промышленных и энергетических объектов является эффективным мелиоративным мероприятием для получения ранней овощной и ягодной продукции. Поэтому создание предприятий по выращиванию ранних сельскохозяйственных растений возле источников теплой воды позволит частично решить продовольственную проблему и достичь таких позитивных социально-экономических эффектов, как полезное использование ресурсов, создание новых рабочих мест, уменьшение загрязнения окружающей среды и других.

1. **Востриков В. П.** Формирование гидротермического режима осушаемых почв при круглогодичном обогреве осушаемых почв сбросными теплыми водами электростанции: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. – М., 1987. – 18 с.

2. **Романюк І. В.** Теплова меліорація ґрунту скидною теплою водою за допомогою гідротехнічної системи з теплообмінниками-рукавами (в умовах Західного Полісся України): дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. – Рівне: НУВГП, 2007. – 249 с.

3. **Пінчук О. Л.** Обґрунтування конструкції та параметрів гідротехнічної системи поверхневого обігріву ґрунту оболочками-рукавами при використанні скидних теплих вод: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. – Рівне: НУВГП, 2012. – 255 с.

4. **Гурин В. А., Востриков В. П., Романюк И. В., Пинчук О. Л.** Тепловая мелиорация локальных участков грунта сбросными теплыми водами промышленных и энергетических объектов // Природообустройство. – 2009. – №2. – С. 30–34.

5. **Vostrikov V. P., Pinchuk O. L., Gnatyuk V. N.** Soil water regime in the tunnel shelters at heating water filled shells-sleeves and drip irrigation // Universal Journal of Food and Nutrition Science. – 2014. – Vol. 2(1). – P. 7–17.

6. **Востриков В. П., Мельник В. С., Пінчук О. Л., Гнатюк В. М.** Методика натурних досліджень роботи системи поверхневого обігріву ґрунту та автоматизованого збору температурних даних // Вісник НУВГП: збірник наукових праць: технічні науки. – 2011. – Випуск 2(54). – С. 40-49.

7. **Куртнер Д. А., Чудновский А. Ф.** Агрометеорологические основы тепловой мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 231 с.

Матеріал посту́пав в редакцію 08.05.14.

*Пинчук Олег Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры водохозяйственного строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем*  
Тел. +38 (096) 731-02-51  
E-mail: pinchuk\_oleg@ukr.net