

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОГРЕССИВНОМ  
РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

***Ковалев И.В., Титовская Н.В., Титовский С.Н.***

***Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия***

*В статье раскрываются особенности применения инновационных космических технологий, в частности, технологий обеспечения жизнедеятельности замкнутых космических систем, в условиях Сибири и Крайнего Севера. Статья посвящена рассмотрению инженерных задач построения тепличного хозяйства в экстремальных условиях.*

***Ключевые слова:*** космические технологии, прогрессивное растениеводство, микроклимат, инновация, теплица.

**IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE SPACE TECHNOLOGIES IN  
PROGRESSIVE PLANT CROPS**

***Kovalev I. V., Titovskaia N. V., Titovskii S. N.***

***Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia***

*The article analyzes the features of the application of innovative space technologies aimed at creating life support systems. Taking into account the conditions of Siberia and the Far North, engineering problems of building greenhouse complexes under extreme conditions are considered.*

***Key words:*** space technologies, progressive crop production, microclimate, innovation, greenhouse.

Анализ статей и патентов по тематике создания тепличных хозяйств показывает, что в настоящее время специалисты институтов РАН (в частности, института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН) и Роскосмоса, специалисты NASA, ученые и инженеры КНР активно заняты решением проблем обеспечения пищей будущих колонистов ближайших космических объектов [1-4]. Получены уникальные результаты по нормам обеспечения микроклимата и освещения, созданию питательных растворов и диагностики заболеваний растений для обеспечения максимального объема полезной биомассы [5-13].

Однако, практическая сторона вопроса сталкивается с рядом проблем. Если рассматривать вопросы микроклимата, то с точки зрения создания тепличных комплексов для прогрессивного растениеводства, необходимо решать задачи оптимизации затрат. Особенно данные вопросы актуальны для территорий, приравненных к Северным, а если рассматривать программу «Арктика», то данная задача становится еще более актуальной. В условиях Севера проблема обеспечения освещения растений особенно критична, так как

в условиях полярной ночи растения невозможно обеспечить естественным освещением.

Таким образом, в условиях полярной ночи и низких температур вопрос создания тепличного хозяйства является крайне энергозависимой задачей. Не менее критичной является задача производства питательных растворов на месте. Дело в том, что готовые питательные растворы практически на 95-99% состоят из воды и 5-1% химических элементов. Если рассматривать растениеводство в центральной части планеты, то там налажена отличная транспортная инфраструктура.

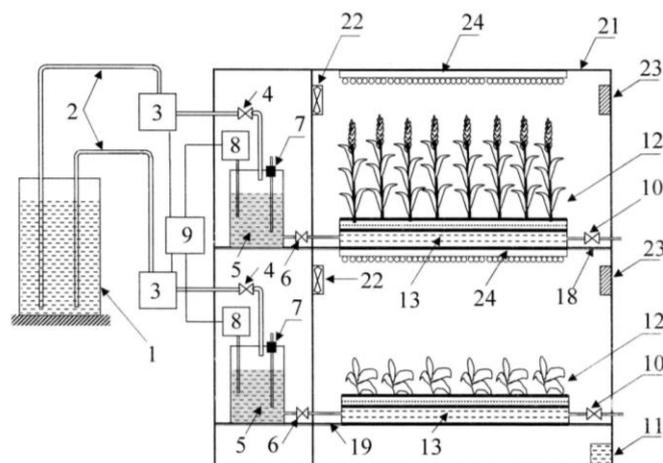
Для доставки любого груза в районы, приравненные к территориям Крайнего севера, а тем более в Арктику, каждый килограмм веса стоит в несколько раз дороже, чем в центральных регионах. Не менее важно понимать сезонные особенности доставки грузов в северные территории.

Для создания тепличных комплексов в условиях северных территорий естественный свет не играет существенной роли, поэтому им можно пренебречь. Данное ограничение требует изготовления тепличных комплексов закрытого типа. Реализация теплиц данного типа влечет за собой дополнительные энергозатраты на организацию дополнительного освещения, однако позволяет существенно снизить затраты на обеспечение необходимых температурных режимов и влажностных параметров. Необходимо отметить, что для каждой культуры выделены свои уникальные условия для роста и созревания.

Если рассматривать вопросы организации тепличного хозяйства в северных территориях, в том числе арктических, необходимо учитывать, что наиболее перспективными будут беспочвенные технологии. Наиболее существенные плюсы данной технологии по сравнению с традиционными способами выращивания представлены в [12]. Там же выделены три схемы гидропонных технологий: приливно-отливная; капиллярная; капельная.

Отметим, что питательный раствор для разных культур отличается, поэтому следует выполнять анализ с учетом свойств конкретной культуры [7]. Детальный анализ состава питательного раствора позволяет сделать вывод о том, что при реализации технологий прогрессивного растениеводства в удаленных и труднодоступных территориях необходимо изготавливать питательные растворы самостоятельно, что позволит существенно экономить на грузоперевозках.

В области создания специальных установок для выращивания растений можно выделить красноярскую научную школу по созданию замкнутых космических систем. В институте биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН на протяжении более 20 лет идут работы в Международном центре замкнутых экологических систем по развитию проекта БИОС-3 [8-10]. Одна из последних установок центра [11], которую можно отнести к системам капсульного персонального типа, представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Гидропонная установка*

Установка для выращивания растений включает систему подачи питательного раствора, блоки с растениями 12, светодиодные панели 24 и корпус 21. В блоках с растениями 12 находятся трубчатые модули 13, прикрепленные к опорным поверхностям 18 и 19 с помощью держателей 20. На корпусе 21 закреплены вентиляторы 22, а на противоположной стороне корпуса 21 находятся жалюзи 23, которые обеспечивают оптимальную для растений скорость потока воздуха.

Система подачи питательного раствора к трубчатым модулям 13 включает резервуар-источник питательного раствора 1, трубопроводы 2, насосы 3, электромагнитные клапаны 4, дозировочные резервуары 5 и электромагнитные клапаны 6. Дозировочные резервуары 5 снабжены регулировочными трубками 7, изменением уровня погружения которых регулируется скорость поступления питательного раствора к растениям, и датчиками уровня жидкости 8.

Программируемый контроллер 9 электрически связан с насосами 3, электромагнитными клапанами 4 и 6, а также с датчиками уровня жидкости 8. К трубчатым модулям 13 прикреплены выпускные клапаны 10. Трубчатые модули 13 состоят из микропористых трубок 14, на внешней цилиндрической поверхности которых закреплена эластичная водонепроницаемая светоотражающая пленка 16. Торцы трубок 14 закрыты силиконовыми пробками 17.

В верхней части трубчатых модулей 13 размещены семяложи 15 в виде гидрофильных лент для проращивания семян. Семяложи 15 выполнены из влагоемкого полимерного материала.

В светодиодных панелях 24 закреплены две группы красных и белых светодиодных источников света с возможностью независимого регулирования светового потока от каждой группы от 0% до 100% в зависимости от потребностей растений. Интенсивность освещения растений регулируется перемещением по высоте светодиодных панелей в верхнем и в нижнем блоках 12.

В данной установке были проведены эксперименты по выращиванию пшеницы и салата. Результаты, описанные в [12], дают представление об

успешности проведенных экспериментов. Следует отметить, что данные установки подходят не только для выращивания пшеницы и салата, но и способны создать требуемые условия для выращивания любого растения, что делает их чрезвычайно актуальными для выращивания полезных продуктов в условиях крайнего севера.

## Литература

1. Ушакова С.А., Величко В.В., Тихомиров А.А., Шихов В.Н., Трифонов С.В. Продуктивность редиса при включении несъедобной растительной биомассы в массообменные процессы биолого-технических систем жизнеобеспечения// Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. Том: 8, №: 1. 2015. С. 4-17.
2. Saramud M V *et al.* 2019 *E3S Web of Conferences* **75** 01005.
3. Нестеренко Т. В., В. Н. Шихов, А. А. Тихомиров. Флуоресцентные показатели возрастных изменений фотосинтетического аппарата листьев пшеницы Физиология растений. Т. 62, № 3, 2015 г., с. 332-339.
4. Kovalev V. S., Manukovsky N. S., Tikhomirov A. A., Kolmakova A. A. Modeling snail breeding in a bioregenerative life support system // *Life Sciences in Space Research* Vol. 6. July 2015. P. 44-50.4.
5. Nesterenko T. V., Shikhov V. N., Tikhomirov A. A. Effect of light intensity on the age dependence of nonphotochemical quenching of wheat leaf fluorescence *Photosynthetica* 53 (4): 617-620, 2015.
6. Nesterenko, T.V., Shikhov, V.N., Tikhomirov, A.A. Light dependence of slow chlorophyll fluorescence induction in the course of wheat leaf ontogeny // *Doklady Biochemistry and Biophysics* (2014) 454 (1) PP. 38 – 41.
7. Величко В.В. , Ушакова С.А., Тихомиров А.А. Ионнообменный субстрат как источник мобильных форм азота при конвейерном методе выращивания овощных растений на почвоподобном субстрате// *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2014.Т. 48. № 4. С. 57–62.
8. Tikhomirov A A, Ushakova S A, Velichko V V, Tikhomirova N A, Kudenko Yu A, Gribovskaya I V, Gros J B, Lasseur Ch 2011 *Acta Astronaut* 68 1548-54
9. Titovskaya N. V., Titovskaya T. S., Titovskii S. N. The prospects of microcontroller application in the agriculture digitalization. 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 315 032011 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/3/032011>
10. Tikhomirov A A *et al.* 2018 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **450** 062004.
11. Тихомиров А.А. (RU), Ковалёв В.В. (RU), Дегерменджи А.Г. и др. Установка для выращивания растений// Приоритет от 04.05.2016г. о выдаче патента РФ на полезную модель по заявке № 201611772.
12. Kovalev I V *et al.* 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science* **315** 072019.
13. Sutormina E F, Trifonov S V, Kudenko Yu A, Ivanova Yu A, Pinaeva L G, Tikhomirov A A, Isupova L A 2011 *Chemistry for Sustainable Development* **19** 375-82.