УДК 631.3

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПАТЕНТНЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЬНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВЕЖЕЙ ЗЕЛЕНЬЮ УДАЛЕННЫХ АРКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Семенов Сергей Вячеславович
канд.техн.наук, ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» Нижегородская область, г. Саров, Россия.

Дондоков Юрий Жигмитович
канд.техн.наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологические системы АПК» ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
г. Якутск, Россия.
e-mail: semenov.sergei@bk.ru

Аннотация. Обеспечение удаленных объектов Арктики свежими продуктами питания традиционными методами логистики сопряжено с колоссальными издержками, где стоимость доставки зачастую превышает цену самих товаров [3,4], а риск порчи продукции из-за экстремальных сроков остается критически высоким. В условиях полярной ночи дефицит витаминов напрямую влияет на здоровье персонала, что делает технологии модульного растениеводства в изолированных контейнерах перспективным решением для автономизации регионов. Однако анализ существующих патентов показывает, что прямое копирование городских агротехнических стартапов технически нецелесообразно ввиду сурового климата, дефицита квалифицированного персонала и жестких требований к энергоэффективности. **Целью** данной статьи является проведение сравнительного анализа патентных решений для выявления оптимальной архитектуры арктического модуля, при этом ключевым фактором успеха рассматривается формирование комплексного портфеля интеллектуальной собственности как инструмента защиты бизнеса, привлечения государственных субсидий и капитализации проекта в условиях высоких логистических рисков.

Ключевые слова: арктическое земледелие, модульные теплицы, замкнутые экосистемы, патентный анализ, продовольственная безопасность Арктики.

ANALYSIS OF EXISTING PATENT SOLUTIONS IN THE FIELD OF AUTOMATED MODULAR CROP PRODUCTION IN PROVIDING FRESH GREENERY TO REMOTE ARCTIC SITES

Sergey Vyacheslavovich Semenov
Candidate of Technical Sciences, Russian Federal Nuclear Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics, Nizhny Novgorod Region, Sarov, Russia.

Dondokov Yuri Zhigmitovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technological Systems of the Agro-Industrial Complex"
Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia.

Abstract. Providing remote Arctic facilities with fresh food using traditional logistics methods involves enormous costs, with the cost of delivery often exceeding the price of the goods themselves [1,4], and the risk of product spoilage due to the extreme time constraints remains critically high. In the conditions of the polar night, a vitamin deficiency directly affects the health of personnel, which makes modular crop production technologies in insulated containers a promising solution for the autonomy of regions. However, an analysis of existing patents shows that directly copying urban agrotechnological startups is technically impractical due to the harsh climate, the shortage of qualified personnel, and the stringent requirements for energy efficiency. The aim of this article is to conduct a comparative analysis of patent solutions to identify the optimal architecture of an Arctic module, with the key success factor being the formation of a comprehensive intellectual property portfolio as a tool for business protection, attracting government subsidies, and project capitalization in conditions of high logistical risks.
Keywords: Arctic agriculture, modular greenhouses, closed ecosystems, patent analysis, food security in the Arctic.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности удаленных объектов в Арктике и Антарктике остается одной из наиболее сложных логистических и социально-экономических задач современности. Традиционные методы снабжения, основанные на сезонной навигации и использовании зимников, сопряжены с колоссальными издержками: стоимость доставки единицы продукции зачастую превышает её рыночную цену, а риск порчи скоропортящихся грузов (свежих овощей и зелени) из-за задержек крайне высок. В условиях полярной ночи и социальной изоляции дефицит витаминов («полярный авитаминоз») напрямую влияет на здоровье персонала станций и поселков, снижая иммунитет и

работоспособность. На полярных станциях персонал состоит преимущественно из ученых узкого профиля [1], которые не являются инженерами-биотехнологами. Как отмечают С.Н. Леонов и А.Н. Казанцев, существующая система трудообеспечения ресурсных территорий Крайнего Севера исторически ориентирована на добычу полезных ископаемых, что делает привлечение узкопрофильных специалистов смежных отраслей экономически неэффективным и приводит к выполнению ими непрофильных задач по остаточному принципу.

В этом контексте технологии высокоурожайного выращивания растений в автоматизированных изолированных транспортных контейнерах представляются перспективным решением для автономизации арктических регионов. Однако анализ существующих патентных решений — от базовых модифицированных контейнеров [9] до роботизированных систем переработки отходов [8] — показывает, что прямое копирование городских агротехнических стартапов для условий Севера технически и экономически нецелесообразно.

Главная проблема заключается не в отсутствии технологий как таковых, а в несоответствии эксплуатационных требований арктической среды возможностям стандартного оборудования. Ключевыми барьерами выступают экстремальные требования к энергоэффективности при дефиците генерации, хрупкость сложной оптики и электроники при транспортировке по тундре, а также критическая зависимость от высококвалифицированного сельскохозяйственного персонала, которого нет в штате полярных станций и арктических поселках [1]. Кроме того, специфика ведения бизнеса в АЗРФ диктует необходимость рассматривать интеллектуальную собственность не просто как юридическую защиту, а как основной инструмент капитализации проекта, получения государственных субсидий и защиты от монополии конкурентов в нише импортозамещения [5].

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа применимости существующих патентов в области автоматизированного модульного растениеводства для решения задачи обеспечения свежей зеленью удаленных арктических объектов.

Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

– систематизировать ключевые барьеры внедрения агротехнологий в высоких широтах.

– разработать единую классификацию критериев оценки (технологических, эксплуатационных, инфраструктурных и экономических).

– провести сопоставительный анализ четырех репрезентативных патентов согласно выработанным критериям.

– определить оптимальную архитектуру гибридного модуля и обосновать стратегию формирования патентного портфеля как необходимого условия экономической выживаемости бизнеса в регионе.

Научная новизна работы заключается в переходе от технического описания отдельных изобретений к формированию системной модели «бизнес-инженерии», где выбор конкретной технологии жестко детерминирован требованиями логистики, кадрового дефицита и стратегией монетизации интеллектуальной собственности в условиях Арктики.

Материалы и методы. Для анализа существующих патентных решений автоматизированного арктического модуля-биоконтейнера, проведен анализ обширной базы литературных источников. В качестве материалов для исследования были отобраны четыре репрезентативных патента на изобретения и полезные модели, характеризующие различные подходы к автоматизации растениеводства: базовый модифицированный контейнер [9], лабораторная система фенотипирования [7], роботизированный биореактор переработки отходов [8] и полностью автономный герметичный модуль [6]. Методология исследования основана на применении метода сравнительного анализа с использованием многокритериальной матрицы оценки. Для обеспечения объективности была разработана единая классификация параметров, включающая пять групп критериев: технологические параметры (среда выращивания, мониторинг растений), эксплуатационные и кадровые факторы (требования к квалификации персонала, трудозатраты), инфраструктурные условия (энергоэффективность, резервирование узлов в условиях низких температур), логистическая экономика (транспортировка, стоимость расходных материалов) и биологическая безопасность (замкнутость цикла, стерильность). Оценка каждого патента проводилась путем сопоставления его технических характеристик с требованиями эксплуатации в высоких широтах, что позволило выявить критические уязвимости решений при их внедрении в изолированные энергосистемы Арктики.

Результаты и обсуждение. Проведенный сравнительный анализ патентных решений на основе разработанной многокритериальной матрицы (таблицы 1 и 2) позволил выявить принципиальную невозможность использования существующих технологий в условиях высоких широт без глубокой инженерной адаптации. Результаты демонстрируют, что ни один из рассмотренных патентов не является самодостаточным «коробочным» решением для Арктики, однако каждый из них закрывает определенную критическую уязвимость.

Таблица 1. **Классификация патентных решений**

№	Патент	Наименование/ Патентообладатель/ Краткое описание
1	AU2017268615B2 Базовый контейнер	«Изолированные транспортные контейнеры, модифицированные для высокоурожайного выращивания растений». Индивидуальные изобретатели: Glenn E. Behrman, James R. Wortman (США). Создание автономных модулей на базе стандартных ISO-контейнеров с полностью контролируемой средой (свет, климат, полив) для выращивания растений независимо от внешних условий.
2	RU2726257C1 Лабораторный сканер.	«Установка для автоматического измерения параметров роста и развития растений, культивируемых in vitro». ФИЦ КарНЦ РАН (РФ). Роботизированная камера со сменой спектров света и 3D-сканированием для диагностики болезней и морфометрии растений без нарушения стерильности среды.
3	RU2796947C1 Робот-удобритель	«Роботизированная система для выращивания растений с применением автоматизированных средств жизнеобеспечения». ООО «Агроинновация» (РФ). Интеллектуальная теплица, использующая ИИ для анализа состояния растений и роботизированную подачу удобрений (струвита), полученных из агростоков или отходов.
4	RU2720919C1 Автономный модуль	«Автономный транспортируемый модуль на базе ISO-контейнера для выращивания растений». АО «НПК «Уралвагонзавод» (РФ). Полностью герметичный «завод в контейнере», исключающий присутствие человека в рабочей зоне за счет шлюзов и автоматизирующий все процессы, включая опыление.

Как следует из таблицы 1, технологии представляют собой спектр от базовых физических платформ до концептуальных роботизированных систем. Патент [9] выступает надежной физической оболочкой, но требует радикального повышения уровня автономности. Технологии [7] (диагностика) и [8] (переработка отходов) решают задачи интеллектуализации процесса и локальной утилизации, которые являются ключевыми для снижения операционных расходов при дефиците персонала. Наиболее зрелую архитектурную концепцию представляет патент [6], изначально спроектированный вокруг главного барьера региона — исключения человека из рабочей зоны за счет полной герметизации.

Детальный разбор эксплуатационных характеристик (Таблица 2) подтверждает данную тенденцию. Сравнение по группе «Эксплуатационные параметры» наглядно демонстрирует проблему человеческого фактора: если

базовый контейнер требует ежедневного ручного контроля pH и EC, а также наличия инженера-агронома (что экономически нецелесообразно в Арктике), то автономный модуль [6] сводит трудозатраты к минимуму, исключая присутствие человека в стерильной зоне полностью. Полная изоляция рабочей зоны со шлюзовой камерой является критически важным требованием не только для поддержания микроклимата, но и для фитосанитарной безопасности. Как отмечают М.М. Левитин и В.Г. Джавахия, токсигенные грибы представляют серьезную угрозу продовольственной безопасности, а в условиях замкнутых экосистем с высокой влажностью риск развития микотоксинов многократно возрастает [2]. Исключение человека из рабочей зоны предотвращает занос спор Aspergillus, Penicillium и других патогенных микроорганизмов извне.

В группе «Инфраструктурные параметры» выявлена критическая проблема энергоэффективности. Базовые решения [9] страдают от избыточного тепловыделения LED-светильников и отсутствия резервирования узлов, что ведет к высокому риску гибели урожая при единичном сбое. В то время как гибридная модель, объединяющая корпус первого патента с системой рекуперации тепла и двойным резервированием четвертого, позволяет достичь необходимого коэффициента готовности (не менее 99,5%).

Анализ параметров «Биологическая безопасность» показывает, что только архитектура [6] обеспечивает полноценный замкнутый цикл воды и питательных веществ, минимизируя экологические риски сброса растворов в вечную мерзлоту. При этом логистическое преимущество стандарта ISO-контейнера сохраняется лишь у двух решений [6,9], тогда как лабораторное оборудование и мобильные роботы существенно усложняют доставку компонентов в удаленные гарнизоны. Переход к полностью автономным системам класса [6] является единственным способом преодоления инфраструктурных ограничений Арктики. Учитывая выводы С.Н. Леонова и А.Н. Казанцева о сложности формирования стабильных трудовых коллективов в условиях изоляции [5], автоматизация процессов мониторинга и диагностики становится не просто технологическим улучшением, а необходимым условием непрерывности производственного цикла.

Синтез полученных данных позволяет сделать вывод о необходимости создания гибридного арктического модуля. Оптимальная конфигурация предполагает использование стандартизированного корпуса от базового контейнера (для логистики), интеграцию системы мультиспектрального мониторинга из лабораторной установки (для автоматизации агрономии) и управление процессами по принципам полной роботизации и шлюзовой изоляции автономного модуля.

Таблица 2. **Сравнительный анализ эксплуатационных рисков представленных патентов**

№	Группа вопросов	Технологии выращивания	Кадры и эксплуатация	Инфраструктура и надежность	Логистика и экономика	Био безопасность
1	AU2017268615 B2 Базовый контейнер	Стандартная гидропоника. Проверено, но требует ручного труда при сборе урожая.	Нужен инженер-агроном. Зарплата такого специалиста на Севера огромна, он быстро выгорит от рутины.	Избыточное тепловыделение светильников. Если сломается один насос — погибнет весь урожай.	Идеально влезает в стандартный транспорт. Но готовьтесь вечно везти канистры с жидкими удобрениями.	Линейная схема: привезли воду — вылили грязную. Экологические риски для тундры.
2	RU2726257C1 Лабораторный сканер	Это не среда, а «диагностический центр». К растениям отношения мало имеет.	Нужен ученый-лаборант. Таких днем с огнем не сыщешь в арктическом поселке.	Очень нежное оборудование. Оптика и камеры боятся тряски при перевозке по зимникам.	Хрупкий груз. Одно разбитое стекло линзы может остановить всю работу станции.	Ограниченная сфера применения технологии in vitro.
3	RU2796947C1 Робот-удобритель	Гидропоника + ИИ. Сам решает, когда кормить. Хорошо, если есть отходы животноводства.	Нужен оператор робота. Присмотр минимален после запуска.	Зависит от биореактора. Зато сам делает удобрение из отходов.	Габариты шасси могут стать проблемой для узких дорог. Реактор нужно греть.	Пытается перерабатывать стоки. Шаг в верном направлении, но цикл не замкнут полностью.
4	RU2720919C1 Автономный модуль	Высокая степень биологической изоляции. Человек внутрь вообще не заходит — стерильно и безопасно.	Нужен просто диспетчер, который смотрит в монитор. Людей внутри нет — риск ошибки исключен.	Рекуперация тепла продумана изначально. Ключевые узлы зарезервированы вдвойне — система живуча.	Влезает в стандарт. Внутри сухие концентраты, которые занимают меньше места, чем жидкости.	Полноценный замкнутый цикл. Никакого сброса наружу, полная фильтрация внутри.

Важно отметить, что техническая реализуемость такого гибрида напрямую зависит от стратегии защиты интеллектуальной собственности. Как показал анализ бизнес-моделей, наличие оформленного патентного портфеля превращает разработку из статьи капитальных затрат в ликвидный нематериальный актив. Это является необходимым условием для получения статуса резидента АЗРФ, привлечения льготного финансирования и легальной монополизации ниши импортозамещения, защищая высокие инвестиции бизнеса от копирования конкурентами в условиях экстремальных логистических издержек. Таким образом, решение проблемы продовольственной безопасности Севера лежит не столько в плоскости биологии растений, сколько в плоскости системной инженерии и стратегического управления интеллектуальной собственности.

Заключение. Проведенный анализ подтверждает, что обеспечение удаленных арктических объектов свежими продуктами питания требует перехода от использования отдельных технических устройств к созданию комплексных гибридных экосистем. Установлено, что ни один из рассмотренных патентов не является самодостаточным решением: базовый контейнер [9] выступает надежной физической платформой, но лишен необходимой автономности; технологии лабораторного мониторинга [7] и переработки отходов [8] решают задачи интеллектуализации процесса, тогда как патент на полностью автономный модуль [6] представляет собой наиболее зрелую архитектурную концепцию для минимизации человеческого фактора — главного барьера региона.

Таким образом, жизнеспособность агропроектов в АЗРФ определяется не столько биологическими показателями урожайности, сколько системной инженерией и стратегическим управлением интеллектуальной собственностью. Учитывая высокую капиталоемкость проектов в высоких широтах, на которую указывают исследователи-экономисты [1,3,4], наличие правовой защиты является необходимым условием для получения статуса резидента АЗРФ и доступа к механизмам налогового стимулирования, без которых рентабельность подобных агропроектов недостижима. Формирование комплексного патентного портфеля трансформирует социальную задачу обеспечения продовольственной безопасности в защищенный бизнес-актив [5]. Это обеспечивает компаниям доступ к государственным субсидиям резидентов Арктической зоны РФ, льготному финансированию под залог интеллектуальной собственности и позволяет легально монополизировать нишу импортозамещения, защищая высокие инвестиции бизнеса от копирования конкурентами в условиях экстремальных логистических издержек.

Список литературы:

1. Леонов С. Н., Казанцев А. Н. Подходы к обоснованию рациональной системы трудообеспечения ресурсных территорий Крайнего Севера //Власть и управление на Востоке России. 2026. № 2 (115). С. 81–93.

2. Левитин, М. М. Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) / М. М. Левитин, В. Г. Джавахия // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 12. – С. 5–11. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11201.

3. Минакир П.А., Леонов С.Н. Проблемы прогнозирования развития арктических регионов Дальнего Востока // Арктика: экология и экономика. — 2015 — №1(17). — С. 10-17.

4. Минакир П. А., Краснопольский Б. Х., Леонов С. Н. Исследования по проблемам освоения дальневосточной Арктики: экономические аспекты // Регионалистика. – 2016. – Т. 3, № 4. – С. 6-19. – DOI: 10.14530/reg.2016.4

5. Паникарова, С. В., Власов М.В. Управление знаниями и интеллектуальным капиталом: [учеб. пособие] Екатеринбург. Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 140 с.

6. Пат. 2720919C1 Российская Федерация, МПК A01G 9/00. Автономный транспортируемый модуль на базе ISO-контейнера для выращивания растений / заявитель и патентообладатель АО «НПК «Уралвагонзавод». — № 2019130648; заявл. 27.09.2019; опубл. 14.05.2020, Бюл. № 14.

7. Пат. 2726257C1 Российская Федерация, МПК G01N 21/00. Установка для автоматического измерения параметров роста и развития растений, культивируемых in vitro / заявитель и патентообладатель ФИЦ Карельский научный центр РАН. — № 2019132826; заявл. 15.10.2019; опубл. 16.07.2020, Бюл. № 20.

8. Пат. 2796947C1 Российская Федерация, МПК A01G 31/02. Роботизированная система для выращивания растений с применением автоматизированных средств жизнеобеспечения / заявитель и патентообладатель ООО «Агроинновация». — № 2022125436; заявл. 29.09.2022; опубл. 29.05.2023, Бюл. № 16.

9. Пат. AU2017268615B2, МПК A01G 9/24. Insulated shipping containers modified for high-yield plant production in any environment / Glenn E. Behrman, James R. Wortman. — Appl. No. AU 2017268615 B2; Priority date 2016-11-22.

© Сергей В.С., Дондоков Ю.Ж., 2026