

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-3-71-98

УДК 614.842/.847:631.145/.147



Научная статья | Агрономия

О НОВОМ УРОВНЕ САМООРГАНИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЕМ

*В.В. Белозеров, И.В. Ворошилов,
О.И. Катин, М.А. Никулин*

Актуальность. Согласно рекомендациям ФАО ООН, на каждого жителя Земли необходимо производить по одной тонне зерна для производства хлеба и кормов для животноводства и птицеводства, чтобы получать мясо, молоко, яйца и т.д. Однако сегодняшний уровень 3 раза ниже, что подтверждает актуальность проведенных исследований.

Методы и средства. В статье, на основе системного анализа существующих подходов в земледелии, осуществлен системный синтез наукоемких технологических процессов в сельском хозяйстве, а также противопожарной защиты сельхозугодий и лесных массивов. Приведены примеры современных решений в этой области, включая мониторинг сельхозугодий и лесов с помощью дронов, малой авиации и вертолетов. Описываются последние достижения в разработке дирижаблей для этих целей, включая запатентованные авторами способы обнаружения и борьбы с пожарами с применением нанотехнологии газоразделения для замены воды на атмосферный азот.

Результаты. Определены условия самоорганизации технологических процессов в земледелии, на основе которых осуществлен синтез модели «агро-пожарного комбайна-дирижабля», объединяющего «внутри себя» не только функции пожаротушения сепарированным атмосферным азотом, но и все агротехнологии и технику точного земледелия - «без тракторов, сеялок, уборочных комбайнов, грузовых автомобилей и мелиоративных систем». Представлены результаты «энергетической оценки» эффективности внедрения естественных инноваций в этой области.

Заключение. В результате проведенных исследований сделан вывод, что агро-пожарные комбайны-дирижабли могут реализовать не только технологии тушения ландшафтных и лесных пожаров, но и обладают неконкури-

руемым качеством в организации сельского хозяйства, за счет предлагаемой интеграции указанных инновационных решений.

Ключевые слова: агротехнологии; беспилотные летательные аппараты; сельскохозяйственная авиация; противопожарная авиация; мембранные сепараторы воздуха; интеграция технологий безопасности и агротехнологий; гибридные дирижабли

Для цитирования. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Катин О.И., Никулин М.А. О новом уровне самоорганизации в системе управления земледелием // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №3. С. 71-98. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-3-71-98

Original article | Agronomy

ABOUT A NEW LEVEL OF SELF-ORGANIZATION IN THE AGRICULTURAL MANAGEMENT SYSTEM

*V.V. Belozеров, I.V. Voroshilov,
O.I. Katin, M.A. Nikulin*

Background. According to the UN FAO recommendations, it is necessary to produce one ton of grain for each inhabitant of the Earth for the production of bread and feed for livestock and poultry farming in order to obtain meat, milk, eggs, etc. However, the current level is 3 times lower, which confirms the relevance of the research.

Methods and means. In the article, based on a systematic analysis of existing approaches in agriculture, a systematic synthesis of high-tech technological processes in agriculture, as well as fire protection of farmland and forests, was carried out. Examples of modern solutions in this area are given, including monitoring of farmland and forests using unmanned drones, small aircraft and helicopters. The latest developments in the development of airships for these purposes are described, including methods patented by the authors for detecting and fighting fires using gas separation nanotechnology to replace water with atmospheric nitrogen.

Results. The conditions for self-organization of technological processes in agriculture are determined, on the basis of which the synthesis of the model of an “agro-fire combine-airship” is carried out, which combines “inside itself” not only the functions of fire extinguishing with separated atmospheric nitrogen, but also all agricultural technologies and precision farming techniques – “without tractors,

seeders, combine harvesters, trucks and land reclamation systems. The results of the "energy assessment" of the effectiveness of the introduction of domestic innovations in this area are presented.

Conclusion. *As a result of the research, it was concluded that agro-fire combines-airships can implement not only technologies for extinguishing landscape and forest fires, but also have an unrivaled quality in the organization of agriculture, due to the proposed integration of these innovative solutions.*

Keywords: *agricultural technologies; unmanned aerial vehicles; agricultural aviation; fire-fighting aviation; membrane air separators; integration of safety technologies and agricultural technologies; hybrid airships*

For citation. *Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Katin O.I., Nikulin M.A. About a New Level of Self-Organization in the Agricultural Management System. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 3, pp. 71-98. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-3-71-98*

Введение

Продовольственную безопасность и развитие сельского хозяйства в России и в СССР, как правило, связывают с трудами академиков Д.Н. Прянишников и И.С. Шатилова, причем последний является основоположником методов точного земледелия в растениеводстве, которые были теоретически разработаны и практически внедрены в ряде совхозов и колхозов нашей страны в 70-х годах прошлого столетия, как «автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в земледелии» [4, 5].

Однако в используемых в настоящее время мировых системах растениеводства, и отечественного в частности, сельхозпроизводители «отошли» и от «природоподобных технологий» беспашотного земледелия, возрожденных в России И.Е. Овсинским в 19 веке [29, 34], и от биодинамического земледелия [37], и от АСУ ТП академика И.С. Шатилова 20-го века [4]. Уместно отметить, что в отличие от европейцев, в Канаде, Бразилии и Аргентине, без вспашки успешно возделывается более половины всех земель [45].

С точки зрения фундаментальной науки, это произошло из-за «потребительской парадигмы» существующих общественно-экономических формаций и неадекватных социально-экономических моделей их развития, включая «устаревшую» концепцию продовольственной и водной безопасности ФАО ООН [14], так как, по-видимому, и политики, и чиновники, и бизнесмены «забыли» о том, что почва является «живой» и нуждается в особом уходе, для сохранения своего плодородия [4, 5, 37].

В то же время не менее сложной и важной задачей является сохранение урожая от природных и техногенных событий [27, 33, 47], в том числе от пожаров сельхозугодий, лесов и торфяников [8, 11, 48], которые не только уничтожают урожаи полей и садов, но делают на долгое время непригодным для посевов верхний слой почвы [4, 6, 29].

В связи с вышеизложенными проблемами, возник ряд научно-технических задач, в частности, по нахождению условий самоорганизации агротехнологий и технологий противопожарной защиты сельхозугодий.

Методы и средства

В настоящее время, и для контроля состояния почв, и для обнаружения пожаров разрабатываются и применяются различные системы мониторинга территорий (полей, садов, лесов и т.д.), начиная от малой авиации, и заканчивая беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и спутниками [22,32,41], но все это делается бессистемно, т.е. без их взаимной синхронизации, верификации и создания единой базы данных [17, 28, 39].

Как показывает статистика, у малой авиации достаточно большая дальность полета и грузоподъемность, что позволяет не только контролировать большие территории (лесные массивы, сельхозугодия и т.д.), но и обрабатывать поля и сады, однако затраты на их эксплуатацию (особенно вертолетов) являются «неподъемными» для малых хозяйств [2, 22, 32].

Развитие методов и средств оптической навигации привело к бурному росту БПЛА, применяемых в агропромышленном комплексе (АПК), т.к. при мониторинге сельхозугодий (рис.1 «а») они могут обеспечить распознавание многих агрофизических параметров (влажность, распространения болезней и вредителей и т.д.), а также позволяют осуществлять обработку посевов хмисоставами. Однако малая грузоподъемность и небольшое время работы на аккумуляторах делает невозможным применение БПЛА на больших площадях, в удаленных или труднодоступных местах. Поэтому, для решения проблемы было предложено использовать дирижабли, в том числе – гибридные (рис.1 «б»), сочетающие в себе свойства самолетов, дирижаблей и вертолетов, но имеющие эксплуатационные затраты, соизмеримые с грузовым автотранспортом [15,23,26].

Одно из главных преимуществ дирижаблей – минимальные затраты энергии на передвижение и поддержание высоты, т.к. за счет «силы Архимеда» они могут зависать на любой высоте (от сантиметров до сотен метров), сохраняя грузоподъемность, в связи с чем, **затраты на их эксплуатацию, в сотни раз ниже** эксплуатационных затрат малой авиации [15,

16], а стоимость производства – в сотни раз меньше. При этом, с учетом использования гелия, который является инертным газом, а также современных материалов с низким уровнем гелиопроницаемости ($0,5-1$ л/сут·м²), что позволяет ограничиться незначительным пополнением несущего газа в летательный аппарат (2-10% в год от первоначального объема), **расчетная надежность и долговечность в сотни раз больше, а безопасность их применения в тысячи раз выше** [17, 26, 41].

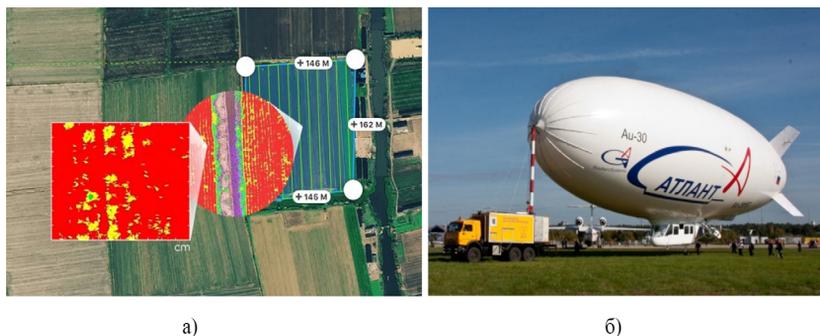


Рис. 1. Сканирование сельхозугодий с БПЛА (а) и дирижабль (б)

Принципиальным преимуществом является тот факт, что для посадки и взлета дирижаблям не требуются специально оборудованные установки и аэродромы, откуда следует их высокая эффективность в решении задач «точного земледелия», т.к. дирижабль, имея грузоподъемность, измеряемую десятками тонн, может быть оснащен любой современной навигационной аппаратурой, измерительными приборами и агротехнологическим оборудованием, в том числе для полива, внесения удобрений и т.д., как на больших площадях сельхозугодий, так и на отдельных участках полей [12, 15, 17].

Результаты

Статистический анализ пожаров показал, что в весенне-летне-осенние сезоны, т.е. в периоды интенсификации агротехнических процессов растениеводства, садоводства и лесоводства, в т. ч. из-за «человеческого фактора» и высокой температуры воздуха, повышается вероятность возникновения пожаров сельхозугодий и лесных массивов [17, 33, 46].

Авиалесоохрана и МЧС России обладают лучшими в мире противопожарными самолетами (Ил-76ТД и Бе-200 – рис.2 «а» и «б») и вертолетами (Ми-26 и Ми-8 – рис.2 «в» и «г») [2, 28, 35, 36].

Однако даже такая великолепная техника не может «избавиться» от следующих принципиальных недостатков [2, 8, 16, 48]:

- во-первых, **от перерывов в тушении пожаров**, из-за отсутствия аэродромов и водоемов недалеко от очагов пожаров, что приводит к необходимости их дозаправки топливом и/или водой, в результате чего огонь продолжает свое распространение,
- во-вторых, **от невозможности их применения на малых высотах**, из-за помпажа двигателей и/или риска попадания в конвективные потоки и потери управляемости, что резко снижает эффективность применения огнетушащих составов (ОТС),
- в-третьих, **от значительных затрат**, как на эксплуатацию в пожароопасный период, так и на обслуживание авиационной техники и «простой персонала» в зимние периоды.



Рис. 2. Самолеты ИЛ-76Т (а) и БЕ-200 (б), вертолеты Ми-8 (в) и Ми-26 (г)

Для устранения перечисленных выше принципиальных недостатков, были разработаны способы тушения лесных, степных и торфяных пожаров атмосферным азотом [21, 31], защищенные патентами РФ, которые, к сожалению, не реализованы до сих пор:

- для вертолетов Ми-26 (рис.3 «а») с помощью «подвешиваемых» мембранных сепараторов воздуха (МСВ) [10],
- для вертолетов Ми-8 (рис.3 «б») с помощью устанавливаемых термоманнитных сепараторов воздуха (ТМСВ), превращающих поток воздуха от винта вертолета в поток азота, с отводом сепарированного кислорода в сторону двигателя, предотвращая, тем самым его «помпаж», что позволяет «барражировать» над очагами пожаров на небольшой высоте, подавляя пламя азотным потоком [1],
- для дирижаблей с помощью смонтированных на его каркасе МСВ и, размещенными во вспомогательном контейнере (рис.3 «в»), передвижной малогабаритной установкой тушения торфяных пожаров, путем их азотирования с помощью газо-торфяных стволов термо-электро-зондов [9, 11], а также комплекта электрзащитных полос Дудышева (рис. 3 «г»), изобретенных ещё в СССР для предотвращения распространения лесных пожаров, которые (вместо минерализованных полос) блокируют распространение огня гораздо эффективнее, не требуют землеройной техники и могут применяться многократно [18], до чего в США «додумались» только в 2012 году [42].

Очевидно, что разработанная модель дирижабля с контейнерной азотной мембранной установкой, выпускаемой Краснодарский компрессорным заводом (рис. 3 «в»), и с перечисленными инновациями, оказывается вне конкуренции со всеми существующими средствами [2, 8, 9, 20].

Объективности ради отметим альтернативную Российскую инновацию, защищенную 13-ю авторскими свидетельствами [6] - автоматизированный мостовой агротехнический комплекс (АМАК), который решает проблемы земледелия также без тракторов и комбайнов, и без авиационных средств (рис. 4).

Переход от тракторного земледелия к - заводскому (на основе АМАК-систем) даст многократное повышение урожайности зерна. Средняя урожайность пшеницы в мире составляет 3,14 тонны с гектара (данные Международного независимого института аграрной политики за 2008–2015 годы). Такая низкая урожайность обусловлена тем, что **в тракторном земледелии поверхностный слой почвы многократно утрамбовывается и укатывается многочисленной самоходной и прицепной техникой, прак-**

тически не применяется искусственное орошение и т.д. В заводском земледелии на основе АМАК-систем указанных недостатков нет [6]:

- поверхностный слой почвы не уплотняется ничьими ходовыми частями;
- каждое растение индивидуально по всему полю дозировано в автоматическом режиме орошается в течение всего вегетационного периода;
- борьба с вредителями растений ведётся в любое время суток по всему полю с помощью электромагнитных, электроискровых, лазерных и иных методов и устройств, не использующих ядохимикаты;
- в режиме заводского земледелия на основе АМАК-систем можно повысить среднюю урожайность зерна до 10 тонн с гектара.

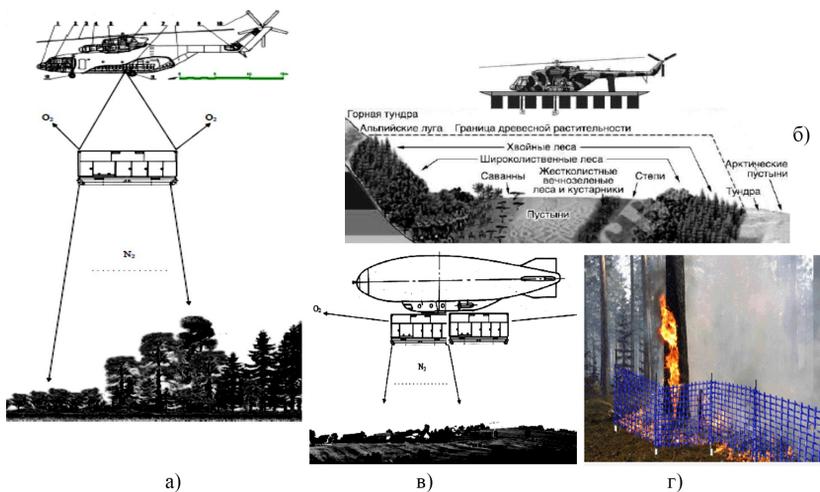


Рис. 3. Тушение лесных и ландшафтных пожаров Ми-26 (а), Ми-8 (б) и дирижаблем

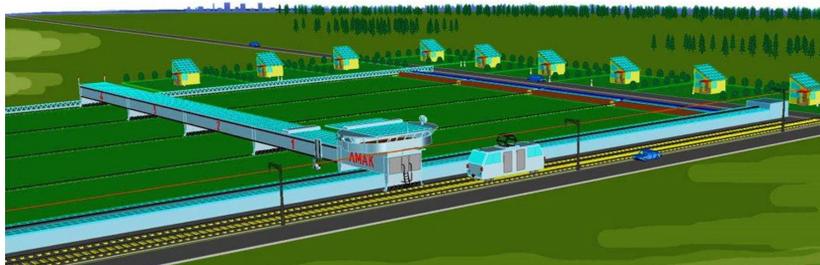


Рис. 4. Проект автоматизированного мостового агротехнического комплекса (АМАК)

Однако «судьба» этой отечественной инновации, разработанной в прошлом веке, также «оказалась несчастливой», наверное, из-за «следующих недостатков», устраняющих «различия между городом и селом»:

- наличия ровных площадей под строительство завода;
- необходимости значительных капитальных вложений на строительство, водоснабжение, электрификацию, автоматизацию и т.д.;
- малое количество рабочих мест по обслуживанию АМАК, но высокие требования к квалификации персонала;
- наличие сельскохозяйственной и автомобильной техники, которая выпускалась массово и стоила недорого, а также не требовала высокой квалификации сельских тружеников.

Возвращаясь к предлагаемым инновациям, отметим, что существенным преимуществом дирижабля с МСВ и со вспомогательным контейнером для агротехнологий и пожарной техники является то, что они, составляя «1-й этаж» комплекса жесткой подвески дирижабля, заменяют необходимые «причальные устройства» в силу своих массогабаритных характеристик (габариты контейнера с МСВ - 11,0×2,5×3,6 м., масса – 21500 кг; габариты и вес контейнера с пожарной техникой и оборудованием для агротехнологий, почти такие же), но главное в том, что появляется возможность привлечения «агропожарных дирижаблей» региональными службами Рослесхоза и МЧС для тушения пожаров, т.к. после «работы на полях» они могли бы осуществлять патрулирование сельхозугодий и лесных массивов, обеспечивая раннее обнаружение и подавление загораний атмосферным азотом [9, 13, 17, 46, 48].

Принципиальным достоинством такой интеграции являлся так же тот факт, что при необходимости во вспомогательном контейнере, закрепленном к несущему корпусу и кабине пилота, **можно было располагать** не только специальную технику, но и **агроспециалистов и/или пожарных-спасателей, легко десантируемых в требуемое место без парашютов**, для выполнения агротехнологий точного земледелия [4,8] и/или организации противопожарной обороны [11,13].

Дальнейшие исследования возможного применения дирижаблей, привели к идее создания «агропожарного комбайна-дирижабля», который сможет не только контролировать и осуществлять полив сельхозугодий, вместо мелиоративных систем, а также тушить пожары атмосферным азотом, но и:

- **обрабатывать почву и сеять семена с более высокой скоростью и качеством «навесными орудиями» такого комбайна, выдвигаемыми из сменного контейнера дирижабля, который «парит над землей», не повреждая почву колесами и гусеницами тракторов;**

- **осуществлять «капельное орошение»** без укладки труб и капельниц, а также «корневое внесение удобрений», если для подачи воды и растворов удобрений использовать «газоторфяные стволы-термо-электро-зонды» (ГТСТЭЗ) из «пожарно-технического комплекта» профилактики и тушения торфяных пожаров с МСВ;

- **собирать урожай** с более высокой скоростью и качеством «навесными косилками» такого комбайна, выдвигаемыми из сменного контейнера дирижабля, который «парит над землей», **не повреждая верхний слой почвы колесами комбайна и грузовыми автомобилями**, в которые в настоящее время пересыпается зерно из комбайна, т. к., заполнив свою емкость урожаем, дирижабль может оттранспортировать его самостоятельно и вернуться.

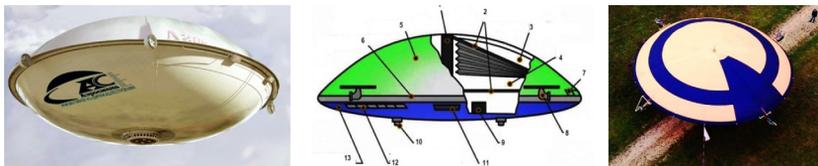


Рис. 5. Гибридные дирижабли линзообразной формы «Аэросмена»:
1- столб корпуса; 2- каркас; 3 – гелий; 4 – воздух; 5 – оболочка; 6 – кольцо тора; 7 – кабина экипажа; 8 – силовая установка; 9 – энергоблок; 10 – шасси; 11 – пандус; 12 – жилые отсеки; 13 – грузовой отсек

В отличие от предложенных ранее моделей [8,13,16], был осуществлен синтез модели «агро-пожарного комбайна-дирижабля» (АПКД) на базе отечественных гибридных дирижаблей линзообразной формы «Аэросмена» (рис. 5), защищенных Патентом РФ [12, 17, 20, 23].

Дело в том, что «дискообразная форма» дирижабля оказалась более устойчивой к воздействиям ветра, что очень важно для АПКД, с точки зрения точности позиционирования при посеве, а также при использовании динамической системы капельного орошения и корневого внесения удобрений.

Предварительная компоновка показала (рис.6), что дирижабль «Аэросмена» грузоподъемностью в 60 тонн с 50-ти метровым диаметром и высотой в 36 метров, является оптимальным [20,23], как с точки зрения компоновки мембранной станции и вспомогательного контейнера для пожарной техники и спасателей (или агроспециалистов), так и для сменного контейнера с «выдвижной/навесной сельхозтехникой», подключаемой к приводу от дизеля МСВ мощностью 750 КВт, который переключается

на мембранную азотную станции при следовании на пожар, а в остальное время осуществляет привод следующих «выдвижных органов сельхоз-техники»:

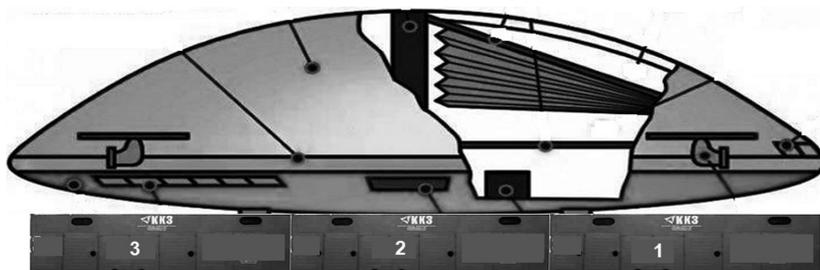


Рис. 6. Схема агропожарного комбайна-дирижабля: 1 – сменный контейнер (с выдвижными сельскохозяйственными агрегатами); 2 – контейнерная мембранная станция; 3 – вспомогательный контейнер (с пожарной или/и агротехникой и спасателями/специалистами)

- для любых видов обработки почвы (отвальной и безотвальной) [4, 29, 34];

- для посева на любую глубину и капельного полива любых культур с точным позиционированием, с помощью «выдвижных» 3-х метровых ГТ-СТЭЗ из «пожарно-технического комплекта» МСВ [11];

- для внесения удобрений (порций в жидкой, вязкой и порошковой фазах) с помощью «азотных импульсов» каскада низкого давления МСВ через те же ГТСТЭЗ [11,17];

- для сбора урожая любых культур (пшеницы, кукурузы, подсолнечника, хлопка и т.д.), т.к. АПКД позволяет держать требуемую высоту и точность позиционирования над растениями, а набор необходимых «сельхозинструментов», включая емкость для собираемой культуры, заранее компонуется в сменных контейнерах;

- для рекультивации почвы после сбора урожая.

Площадь поверхности купола «Аэросмены» (≈ 4000 кв. м.), а также скорости потоков воздуха, обтекающих дирижабль (от 1 до 40 м/с), позволяют поставить задачи автономизации обеспечения его «возобновляемыми ресурсами», т.е. электроэнергией и пресной водой с помощью ветро-гидро-электрогенераторов и солнечных батарей [12, 44], чтобы, во-первых, перевести работу специального оборудования и двигателей на «бесконечное электрическое питание», чем избавиться от топлива и необходимости его дозаправки, во-вторых, обеспечить пополнение водных запасов ди-

рижабля за счет атмосферной влаги, для «бесконечного полива» сельскохозяйственных культур, в-третьих, получить возможность «бесконечной длительности и дальности» передвижения АПКД, в т.ч. для тушения пожаров «бесконечным огнетушащим составом», коим является сепарированный из воздуха азот.

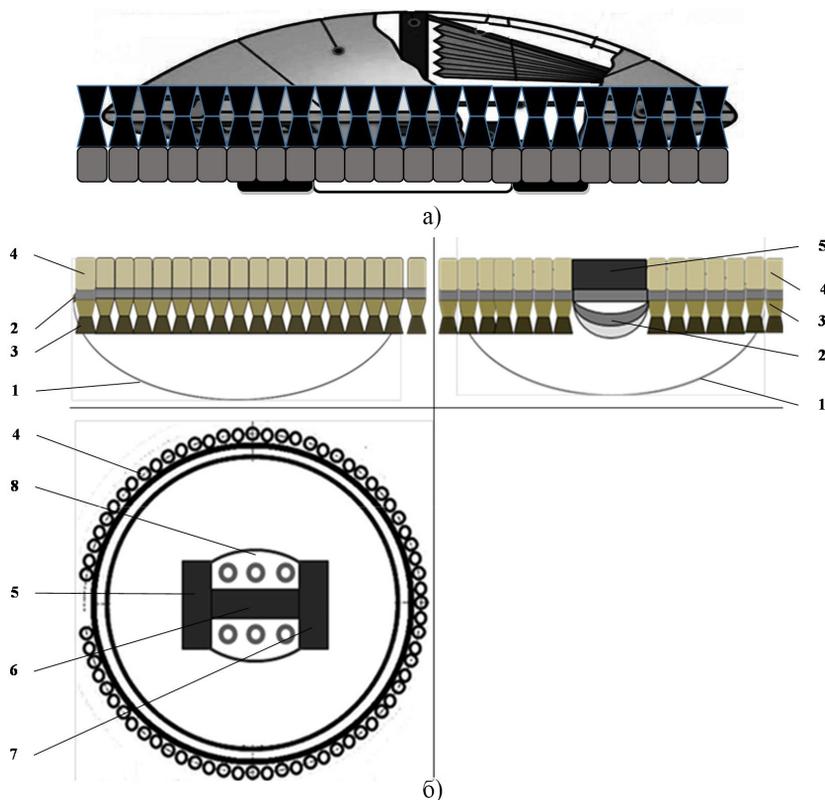


Рис. 7. Вид сбоку (а) и проекции модели АПКД (б-вид снизу с 2-мя ресиверами по 3 сопла): 1 – купол гибридного дирижабля; 2 – кабина экипажа; 3 – «Шуховские» ветро-электрогенераторы; 4 – «Вентури»-генераторы пресной воды; 5 – сменный контейнер с сельхозорудиями; 6 – контейнер мембранной азотной станции (с электроприводом и дизелем резерва) 7 – вспомогательный контейнер; 8 – ресивер высокого давления с соплами Лавалья.

Дело в том, что на каждый квадратный метр земной поверхности от солнца доходит в среднем 1,0 кВт энергии, следовательно (в зависимо-

сти от КПД солнечных батарей), с поверхности дирижабля «Аэросмена» можно получить до 1,0 МВт электроэнергии. Однако, непостоянство солнечного освещения требует в этом случае дублирования источника электроэнергии, что может быть осуществлено с помощью электро-ветрогенераторов, а учитывая указанный выше диапазон скоростей воздушного потока, речь может идти только о ветроустойчивых малогабаритных установках с вертикальным ротором, которые имеют «эффект волчка», и могут располагаться в требуемом количестве по периметру «тарелки», на 150 метрах которого можно разместить, например, более 70 «Шуховских электро-ветрогенераторов» (рис. 7), что позволит получить до 1 МВт электроэнергии [3, 12, 19, 44].

Конденсировать атмосферную воду можно с помощью отечественных гидропанелей, которые следует также расположить по «куполу Аэросмены» (например, попеременно с солнечными панелями), что позволит получить до 10 тонн воды в сутки, а дублирование получения пресной воды можно осуществить с помощью труб Вентури, сопрягаемых с указанными электро-ветрогенераторами (рис. 7), по аналогии с установками, защищенными патентами РФ [3, 7, 12, 44].

Такая компоновка, во-первых, восстанавливает устойчивость, присущую гибридным дирижаблям линзообразной формы «Аэросмена», что позволяет работать с необходимой точностью (1-3 см.) и скоростями передвижения АПКД над полями сельскохозяйственных культур (от 3,6 до 14,4 км/ч), а во-вторых, повышает удобство и эффективность управления АПКД при обработке почвы, севе, уборке урожая и транспортировке его без потерь в пункты обработки и хранения. При этом, проведенный численный расчет показал, что даже ресивер высокого давления с 4-мя соплами Лавалья позволит тушить любые ландшафтные пожары (рис. 8) с высоты 50 метров [12].

Уместно отметить, что в почве существует несколько десятков видов микроорганизмов, которые способны связывать атмосферный азот, а многие растения из семейства бобовых, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, способны фиксировать атмосферный азот (рис. 9), поэтому «азотирование почвы» при посеве, «динамическом поливе» и внесении удобрений с помощью «азотных импульсов» каскада низкого давления МСВ через ГТ-СТЭЗ, может снизить количество необходимых удобрений [38].

Дело в том, что потери азота в растениеводстве является важной и сложной мировой проблемой. Так, например, в России, доля применения азотных удобрений составляет 64%, или 1,54 млн. тонн (по действующему

веществу), и по некоторым оценкам российских ученых, из 100 млрд. рублей в среднем, которые ежегодно тратятся на удобрения, около 30 млрд. теряются впустую из-за неэффективного азотного питания [4, 5, 38].

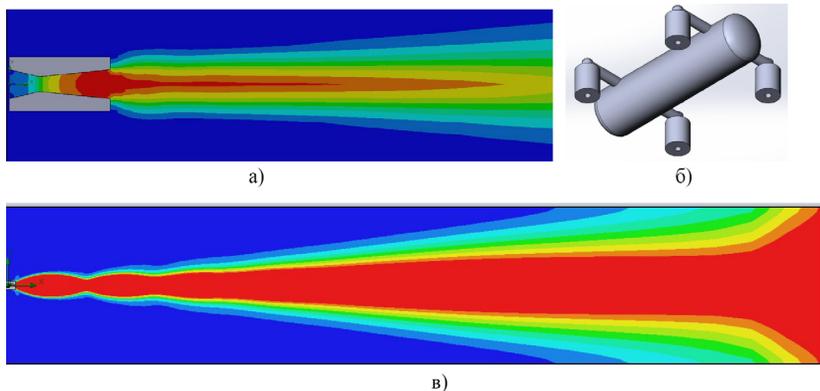


Рис. 8. Разрез сопла Лавалья (а), вариант ресивера высокого давления с 4-мя соплами Лавалья (б), структура сверхзвукового «азотного пакета» на расстоянии 50 метров до очага пожара (в)

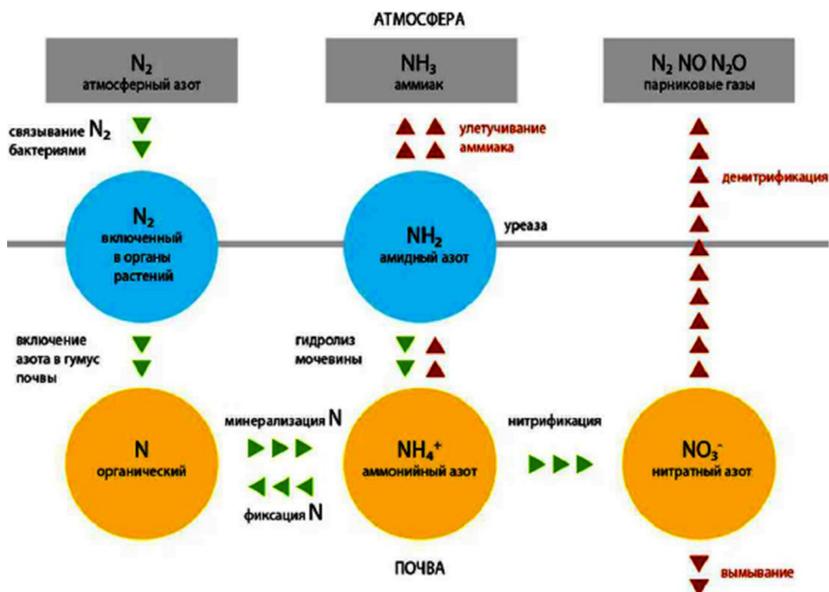


Рис. 9. Преобразование азота в почве

Таким образом, проведенное моделирование, с применением отечественных научных трудов и инноваций, доказало возможность и целесообразность создания на базе гибридных дирижаблей линзообразной формы «Аэросмена», агропожарных комбайнов, способных реализовать современные наукоемкие технологии земледелия и противопожарной обороны сельхозугодий и лесных массивов России, и оставалось оценить экономическую эффективность внедрения предлагаемых инноваций.

Общепринятым подходом в этом случае, является затратный подход, который представляет *«совокупность методов оценки стоимости объекта оценки, основанных на определении затрат, необходимых для приобретения, воспроизводства либо замещения объекта оценки с учетом износа и устаревания»* [40], и оценка эффективности новой пожарной техники и пожарно-профилактических мероприятий в области противопожарной защиты (как сокращение социально-экономических потерь от пожаров), методологически также соответствует ему [24].

Однако в данном случае, в связи с неопределенностью затрат на внедрение предлагаемых инноваций, было решено использовать энергетический подход в оценке стоимости продукции сельского хозяйства на примере зерновых культур, который является разновидностью затратного подхода, применяемого в теории и практике оценочной деятельности. При этом сущность энергетического подхода *«заключается в выявлении и количественной оценке энергетических затрат на воспроизводство объекта оценки с последующим переводом этих затрат в стоимостные»* показатели или в проценты от них [25, 30].

Технологию производства зерна можно представить, как последовательность выполнения 5-ти агротехнологических этапов [30]:

- первый – обработка почвы (4630 МДж/га);
- второй – предпосевная обработка почвы (1840 МДж/га);
- третий – подготовка семян и посев (2180 МДж/га);
- четвертый – уход за растениями (1950 МДж/га);
- пятый – уборка (3100 МДж/га).

Усредненные энергозатраты на производство зерна оцениваются в 13700 МДж/га, в которых доля механизированного труда составляет 99,8%, а ручного – 0,2%, т.к. не превышает 30 МДж/га [25].

Энергетический эквивалент трудовых затрат работы механизаторов, в среднем, составляет 1,26 МДж/чел-ч (8,82 МДж/смена), следовательно, стоимостной эквивалент единицы затраченной трудовой энергии механизатора (тракториста/машиниста/шофёра) равен 106,45 руб./МДж [30].

Ужесточим оценки, полагая, что в каждом из указанных агротехнологических этапов участвует два механизатора, функции которых в нашем случае выполняет экипаж АПКД из 2-х человек. Тогда, учитывая, что за счет возобновляемых источников энергии и воды АПКД «экономит 100% оставшихся энергозатрат», получим:

$$13700 \text{ МДж/га} - 5 \cdot 2 \cdot 1,26 \text{ МДж} = 13687,4 \text{ МДж/га.}$$

Допустим, что стоимость 1 МДж/га остальных затрат равна стоимости 1 МДж/га «ручного труда механизатора». Тогда применение АПКД в растениеводстве может сэкономить до 99,9% затрат на производства зерна, что в стоимостном выражении на 1 га, при обработке его в течение часа составит:

$$13687,4 \text{ МДж/га} \cdot 106,45 \text{ руб./Мдж} = 1,457 \text{ млн. руб.,}$$

или в пересчете на зерновые культуры (51,1%) на всех посевных площадях России, которые в 2020 году составили 79 921,2 тыс. га. [39], имеем:

$$1,457 \text{ млн. руб.} \cdot 79921,2 \text{ тыс. га} \cdot 0,511 = \mathbf{59,5 \text{ трлн. руб.}}$$

Уместно отметить, что **полученный результат, является нижней граничной оценкой эффективности внедрения предлагаемых инноваций, т.к. не учитывает повышения урожайности**, которая, при внедрении АСУТП земледелия академика И.С. Шатилова составляла до 300% [4], **без учета затрат на мелиорацию» и «экономии удобрений»** [38], а также, **без учета сокращения социально-экономических потерь от пожаров объектов сельского и лесного хозяйства** [24, 33].

Заключение

«Нельзя автоматизировать беспорядок, ибо в результате этого получится автоматизированный хаос» – говорил академик В.М. Глушков. Поэтому на основе системного анализа агротехнологий земледелия и растениеводства, в частности, трудов отечественных ученых – И.Е. Овсинского, академиков Д.Н. Прянишникова и И.С. Шатилова, была выполнена оптимизация указанных процессов и осуществлен системный синтез модели агро-пожарного комбайна-дирижабля (АПКД).

Как показало моделирование, АПКД может не только вывести отечественное земледелие на неконкурируемый уровень производства и качества сельскохозяйственной продукции, но и создать основу, для взаимодействия региональных подразделений Рослесхоза, Росагропрома и МЧС РФ, в целях обеспечения продовольственной и пожарной безопасности России, а именно:

– во-первых, путем отвальной или безотвальной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур с более высокой скоростью и каче-

ством, «навесными орудиями» такого АПКД, выдвигаемыми из сменного контейнера дирижабля, который «парит над землей», **не повреждая верхний слой почвы колесами и гусеницами тракторов;**

– во-вторых, путем применения динамического «капельного орошения», без укладки труб и капельниц, для «корневого внесения» воды и удобрений, если, для подачи воды из 10-ти тонной емкости вспомогательного контейнера и емкостей растворов удобрений, использовать в импульсном режиме «газоторфяные стволы-термозонды» из «пожарно-технического комплекта» (по профилактике и тушению торфяных пожаров) контейнера с МСВ, защищенным патентом РФ, «попутно» осуществляя термо-электро-зондирование почвы;

– в-третьих, путем уборки урожая с более высокой скоростью и качеством «навесными косилками» такого комбайна, выдвигаемыми из сменного контейнера дирижабля, который «парит над землей», **не повреждая верхний слой почвы колесами комбайна и грузовыми автомобилями**, в которые в настоящее время пересыпается зерно из комбайна и вывозится с полей, так как, заполнив емкость урожаем (также порядка 10-тонн), **дирижабль может оттранспортировать его самостоятельно в место обработки** (сушки, сортировки и т.д.), **без потерь из-за «дефектов сельских дорог**», после чего вернуться на поле и продолжить работу,

– в-четвертых, путем оперативного **привлечения к тушению обнаруженных пожаров**, а также **к круглосуточному патрулированию** (при «агротехнологических паузах») по оптимальным маршрутам **территории региона**, включая горные районы, что недоступно ни существующим средствам, ни отдельными службам (МЧС, Рослесхоз, Росагропром) из-за ограниченности материальных и людских ресурсов, **а также безопасного и удобного (без парашютного) «десантирования» агро-специалистов и/или пожарных-спасателей с необходимыми техническими средствами**, располагаемыми во вспомогательном контейнере, в любом месте маршрута, для выполнения агротехнологий точного земледелия и/или организации противопожарной обороны.

Принимая во внимание, что **эксплуатационные затраты на передвижение дирижабля** и его зависание и/или приземление в любом месте региона охраны и/или точного земледелия **на несколько порядков ниже затрат других авиационных средств**, а азотная мембранная станция является «бесконечным источником огнетушащего состава» из атмосферы, что не требует доставки к очагу пожара воды или других огнетушащих средств, **реализация предлагаемого подхода** создает не только науч-

но-технологический приоритет РФ в технологии тушения ландшафтных и лесных пожаров, но и **обладает неконкурируемым качеством в организации сельского хозяйства**, за счет предлагаемой интеграции указанных инновационных решений.

Список литературы

1. Абросимов Д.В., Белозеров В.В., Зимовнов О.В., Никулин М.А., Филимонов М.Н., Белозеров Вл. В. Способ обнаружения и тушения вертолетом ландшафтных пожаров инертными атмосферными газами // Патент РФ на изобретение 2732748; заявл. 18.02.2020; опубл. 22.09.2020 Бюл. № 27.
2. Авиационные системы: экспресс-информация (по материалам зарубежной печати, составитель О.В. Семичастный // ЭИ. 2015. № 49. [Электронный ресурс]. URL: http://tlib.gosniias.ru/get_issue.php?id=33275 (дата обращения: 31.05.2022).
3. Автономные системы генерации питьевой воды /Е. Меньшиков, Е. Стриженов, С. Чугаев, А. Школин А. [Электронный ресурс]. URL: <https://s3.dtl.n.ru/unti-prod-people/file/presentation/project/87if11tp96.pdf> (дата обращения: 25.12.2022).
4. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая: Принципы АСУ ТП в земледелии / И.С. Шатилов, А.Ф. Чудновский. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 320 с.
5. Академик Дмитрий Николаевич Прянишников (К 50-летию научной деятельности) / Н. И. Вавилов // Доклады ВАСХНИЛ. 1938, вып. 23-24. С. 3-6.
6. АМАК-система и заводское земледелие / Ю.Н. Жуков, 18.06.2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://agrodello.com.ua/tehnika/amak-sistema-i-zavodskoe-zemledelie.html> (дата обращения: 25.05.2022).
7. Аристов Ю.И., Окунев А.Г., Пармон В.Н. Способ получения воды из воздуха // Патент РФ на изобретение 2272877; заявл. 23.07.2004; опубл. 27.03.2006 Бюл. № 9.
8. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Катин О.И., Никулин М.А. Синергетика и интеграция агротехнологий и технологий противопожарной защиты сельхозугодий, лесов и торфяников // Успехи современного естествознания. 2021. № 10. С. 13-19.
9. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Зубков С.Г., Никулин М.А., Топольский Н.Г., Белозеров Вл. В. Способ обнаружения и тушения пожаров сельхозугодий, степных и лесных массивов атмосферным азотом // Патент на изобретение 2766070 С2; заявл. 07.08.2020; опубл. 07.02.2022 Бюл. № 4.

10. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Зимовнов О.В., Никулин М.А., Обухов П.С., Белозеров Вл. В. Способ обнаружения, предотвращения распространения огня и тушения лесных пожаров атмосферным азотом с помощью вертолета // Патент РФ на изобретение 2730906; заявл. 17.02.2020; опубл. 26.08.2020 Бюл. № 24.
11. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Кальченко И.Е., Мальцев Г.И., Плахотников Ю.Г., Прус Ю.В., Олейников С.Н. Способ предотвращения или обнаружения и тушения торфяных пожаров и установка для реализации способ // Патент на изобретение 2530397 С1; заявл.22.02.2013; опубл.10.10.2014 Бюл. № 28.
12. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Катин О.И., Никулин М.А., Белозеров Вл.В. Способ земледелия и защиты сельхозугодий и лесных массивов агропожарными комбайнами-дирижаблями // Заявка на изобретение № 2022134688 от 27.12.2022.
13. Белозеров В. В., Денисов А. Н., Катин О. И., Никулин М. А., Белозеров Вл. В. Способ реализации агротехнологий и противопожарной защиты сельхозугодий и лесных массивов с помощью дирижабля // Патент РФ на изобретение 2751365; заявл. 19.11.2020; опубл. 13.07.2021 Бюл. № 20.
14. Белозеров В.В., Долаков Т.Б. О синергетическом подходе к решению проблем водной и продовольственной безопасности // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник трудов XII Международной научно-практической конференции «Интерагромаш-2019». Ростов н/Д: ДГТУ, АНЦ «Донской». 2019. С. 572-577. <https://doi.org/10.23947/interagro.2019.7.572-577>
15. Белозеров В.В., Катин О.И., Никулин М.А. Обоснование применения противопожарного дирижабля в сельском и лесном хозяйстве //Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК: сборник материалов. национальной научно-практической конференции (Тюмень, 21-23 октября 2020 г.). Тюмень: изд. ГАУСЗ, 2020. С. 4-10.
16. Белозеров В.В., Катин О.И., Никулин М.А. Об интеграции современных наукоемких агропожарных технологий // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6-2. С. 239-247.
17. Белозеров В.В., Кравченко Е.С., Никулин М.А. О новом уровне автоматизации в рамках АСУ ТП в земледелии академика Шатилова И.С. // Студенческий научный форум 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018032214> (дата обращения: 16.11.2022).
18. Белозеров В.В., Никулин М.А. Ретропрогноз внедрения наукоемких инноваций противопожарной защиты для самоорганизации безопасной жизне-

- деятельности в Сибири // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 8. С. 16-31. <https://doi.org/10.17513/snt.39262>
19. Бирюк В.В., Шелудько Л.П., Горшкалев А.А., Шиманов А.А., Белоусов А.В., Галлямов Р.Э. Устройство для получения воды из атмосферного воздуха и выработки электроэнергии // Патент РФ 2620830 от 09.03.2016, Опубликовано. 30.05.2017, Бюл. № 16.
 20. В России разработан аванпроект транспортного дирижабля грузоподъемностью до 200 тонн [Электронный ресурс]. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/18087/> (дата обращения: 27.05.2022).
 21. Ворошилов И.В., Мальцев Г.И., Кошаков А.Ю. Генератор азота // Патент РФ на изобретение 02450857, заявл. 24.08.2010; Опубликовано. 20.05.2012 Бюл. № 14.
 22. Вертолеты на службе у сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: <https://helico-russia.ru/blog/vertolety-na-sluzhbe-u-selskogo-khozyaystva> (дата обращения: 27.05.2022).
 23. Голубятников В.Н., Пензин С.Б., Козлов О.А. Гибридный дирижабль линзообразной формы // Патент РФ на изобретение 2546027 от 10.08.2012, опублик. 10.04.2015 Бюл. № 10.
 24. Инструкция по определению экономической эффективности новой пожарной техники, пожарно-профилактических мероприятий, изобретений и рационализаторских предложений в области пожарной защиты. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980. 109с.
 25. Методология и методика энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. М.: МСХА им. К. А. Тимирязева. 2007. 21 с.
 26. Многоцелевой дирижабль Аи-30 [Электронный ресурс]. URL: <http://gosaerosystems.ru/airships/obj676> (дата обращения: 28.05.2022).
 27. Можейко О. Комплексная система защиты зерновых культур // Глав Агроном. 2021. № 1379 [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru/articles/kompleksnaya-sistema-zashchity-zernovyh-kultur> (дата обращения: 28.05.2022).
 28. МЧС России – Авиация – Техника [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/uchrezhdeniya-mchs-rossii/spasatelnye-podrazdeleniya/aviaciya/tehnika> (дата обращения: 27.05.2022).
 29. Овсинский И.Е. Новая система земледелия / Перепечатка публикации 1899 г. (Киев, тип. С.В. Кульженко). Новосибирск: АГРО-СИБИРЬ, 2004. 86 с.
 30. Оценка стоимости производства зерновых культур на основе энергетического подхода / В.Е. Мочулаев // Молодой учёный. 2018. № 21 (207). С. 280-283.

31. Передвижные азотные компрессорные станции ТГА – оперативное обеспечение труднодоступных объектов сжатым азотом // Бурение и нефть. 2012. №5. С. 64-65.
32. Перспективы применения малой и беспилотной авиации в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/perspektivy-primeneniya-maloy-aviatsii-v-selskom-khozyaystve> (дата обращения: 27.05.2022).
33. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 80 с.
34. Природное земледелие по Овсинскому / В.В. Барсуков // Экологически чистое земледелие [Электронный ресурс]. URL: https://sadluna.com/zemledelie_ivan_ovsinskij_novaja_sistema.php (дата обращения: 17.10.2022)
35. Россия тушит мир: на что способны отечественные пожарные самолёты [Электронный ресурс]. URL: <https://life.ru/p/945443> (дата обращения: 27.05.2022).
36. Самолет-амфибия Бе-200ЧС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.beriev.com/rus/be-200/Be-200ES.html> (дата обращения: 27.05.2022).
37. Тужилин С.Ю. Практическая биодинамика в Сибири. Иркутск: ОАО «Иркутская типография № 1», 2002. 66 с.
38. Управление азотом: ошибка может дорого стоить // Наше сельское хозяйство. 2021. № 15 (263). С. 60-68.
39. Ученые предупреждают: инерционный путь развития АПК ведет в тупик // Инфопроекты «EduRUS» [Электронный ресурс]. URL: http://www.edurus.ru/edunauka/selskoehozyaistvo/334820.htm#.YK_PXHqzbzIU (дата обращения: 28.05.2022).
40. Федеральные стандарты оценки / Приказ Минэкономразвития России от 14 апреля 2022 года № 200. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350260562> (дата обращения: 28.05.2022).
41. Шевченко А.В., Мигачев А.Н. Обзор состояния мирового рынка беспилотных летательных аппаратов и их применения в сельском хозяйстве // Робототехника и техническая кибернетика. 2019. Т. 7. №3. С. 183-195. <https://doi.org/10.31776/RTCJ.7303>
42. Aaron M. Drews, Ludovico Cademartiri, Michael L. Chemama, Michael P. Brenner, George M. Whitesides, and Kyle J. M. Bishop AC electric fields drive steady flows in flames // Physical review E. 2012. Vol. 86, Iss. 3, 036314. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.036314>
43. Au-12: two-seater airship [Электронный ресурс]. URL: <http://rosaerosystems.ru/airships/obj10> (дата обращения: 28.05.2022).

44. Belozherov V.V., Nikulin M.A., Belozherov VI.V. Socio-economic assessment of the use of nature-like nanotechnologies for the reengineering of the technosphere // *Nanotechnologies in Construction*. 2022. 14(2). P. 119–136. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2022-14-2-119-136>
45. Jillian M Deines, Sherrie Wang and David B Lobell Satellites reveal a small positive yield effect from conservation tillage across the US Corn Belt // *Environ. Res. Lett.*, 2019, 14, 124038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab503b>
46. Katin O., Belozherov V., Nikulin M., Voroshilov I. About methods and means of extinguishing fires with atmospheric nitrogen // *Science and innovation 2021 - development directions and priorities: collection of materials of the international conference*. Australia: Melbourne, 2021. P. 161-166.
47. Kurakov F. A. Technologies of extinguishing landscape fires as a possible scientific and technological priority of the Russian Federation // *Economics of science*. 2017. Vol. 3. No. 3. P. 214-226. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2017-3-3-214-226>
48. Belozherov V., Nikulin M., Topolsky N. Nanotechnology for the suppression of fires in agricultural land and forests / XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020» // *E3S Web Conf.*, 2020, vol. 175, 12007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512007>

References

1. Abrosimov D.V., Belozherov V.V., Zimovnov O.V., Nikulin M.A., Filimonov M.N., Belozherov VI. V. *Sposob obnaruzheniya i tusheniya vertoletom landshaftnykh pozharov inertnymi atmosferynymi gazami* [Method for detecting and extinguishing landscape fires by helicopter with inert atmospheric gases]. Patent RF na izobretenie 2732748; zayavl. 18.02.2020; opubl. 22.09.2020 Byul. № 27.
2. Aviatsonnyye sistemy: ekspress-informatsiya (po materialam zarubezhnoy pechati [Aviation systems: express information (based on materials from foreign press)]. *EI*, 2015, no. 49. http://tlib.gosniias.ru/get_issue.php?id=33275
3. Men'shchikov E., Strizhenov E., Chugaev S., Shkolin A. *Avtonomnye sistemy generatsii pit'evoy vody* [Autonomous drinking water generation systems]. <https://s3.dtlr.ru/unti-prod-people/file/presentation/project/87if11tp96.pdf>
4. *Agrofizicheskie, agrometeorologicheskie i agrotekhnicheskie osnovy programirovaniya uroznya: Printsipy ASU TP v zemledelii* [Agrophysical, agrometeorological and agrotechnical foundations of crop programming: Principles of ASMTP in agriculture] / I.S. Shatilov, A.F. Chudnovskiy. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980, 320 p.

5. Vavilov N.I. Akademik Dmitriy Nikolaevich Pryanishnikov (K 50-letiyu nauchnoy deyatel'nosti) [Academician Dmitry Nikolaevich Pryanishnikov (To the 50th anniversary of scientific activity)]. *Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences*, 1938, no. 23-24, pp. 3-6.
6. Zhukov Yu.N. *AMAK-sistema i zavodskoe zemledelie* [ABAC-system and factory farming]. <http://agrodello.com.ua/tehnika/amak-sistema-i-zavodskoe-zemledelie.html>
7. Aristov Yu.I., Okunев A.G., Parmon V.N. *Sposob polucheniya vody iz vozdukha* [How to get water from air]. Patent RF na izobretenie 2272877; zayavl. 23.07.2004; opubl. 27.03.2006 Byul. № 9.
8. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Denisov A.N., Katin O.I., Nikulin M.A. Sinergetika i integratsiya agrotekhnologiy i tekhnologiy protivopozharnoy zashchity sel'khozugodiy, lesov i torfyanikov [Synergetics and integration of agricultural technologies and technologies for fire protection of farmland, forests and peatlands]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2021, no. 10, pp. 13-19.
9. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Denisov A.N., Zubkov S.G., Nikulin M.A., Topol'skiy N.G., Belozеров V.I. *Sposob obnaruzheniya i tusheniya pozharov sel'khozugodiy, stepnykh i lesnykh massivov atmosferynym azotom* [A method for detecting and extinguishing fires in farmland, steppe and forest areas with atmospheric nitrogen]. Patent RF na izobretenie 2766070; zayavl. 07.08.2020; opubl. 07.02.2022 Byul. № 4.
10. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Zimovnov O.V., Nikulin M.A., Obukhov P.S., Belozеров V.I. *Sposob obnaruzheniya, predotvrashcheniya rasprostraneniya ognya i tusheniya lesnykh pozharov atmosferynym azotom s pomoshch'yu vertoleta* [A method for detecting, preventing the spread of fire and extinguishing forest fires with atmospheric nitrogen using a helicopter]. Patent RF na izobretenie 2730906. 2020. Byul. № 24.
11. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Kal'chenko I.E., Mal'tsev G.I., Plakhotnikov Yu.G., Prus Yu.V., Oleynikov S.N. *Sposob predotvrashcheniya ili obnaruzheniya i tusheniya torfyanykh pozharov i ustanovka dlya realizatsii sposob* [Method for preventing or detecting and extinguishing peat fires and installation for implementing the method]. Patent RF na izobretenie 2530397; zayavl. 22.02.2013; opubl. 10.10.2014 Byul. № 28.
12. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Katin O.I., Nikulin M.A., Belozеров V.I. *Sposob zemledeliya i zashchity sel'hozugodiy i lesnykh massivov agropozharnymi kombajnami-dirizhablyami* [Method of farming and protecting farmland and forests by agro-fire combines-airships] / Zayavka na izobretenie № 2022134688 ot 27.12.2022.

13. Belozherov V. V., Denisov A. N., Katin O. I., Nikulin M. A., Belozherov V. V. *Sposob realizatsii agrotekhnologii i protivopozharnoy zashchity sel'khozugodiy i lesnykh massivov s pomoshch'yu dirizhablya* [A method for the implementation of agricultural technologies and fire protection of farmland and forests using an airship]. Patent RF na izobretenie 2751365; zayavl. 19.11.2020; 13.07.2021 Byul. № 20.
14. Belozherov V.V., Dolakov T.B. O sinergeticheskom podkhode k resheniyu problem vodnoy i prodovol'stvennoy bezopasnosti [On a synergistic approach to solving the problems of water and food security]. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik trudov XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Interagromash-2019»* [Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference “Interagromash-2019”]. Rostov-on-Don, 2019, pp. 572-577. <https://doi.org/10.23947/interagro.2019.7.572-577>
15. Belozherov V.V., Katin O.I., Nikulin M.A. Obosnovanie primeneniya protivopozharnogo dirizhablya v sel'skom i lesnom khozyaystve [Rationale for the use of a fire-fighting airship in agriculture and forestry]. *Perspektivnye razrabotki i proryvnye tekhnologii v APK: sbornik materialov. natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Promising developments and breakthrough technologies in the agro-industrial complex: a collection of materials. national scientific and practical conference]. Tyumen, 2020, pp. 4-10.
16. Belozherov V.V., Katin O.I., Nikulin M.A. Ob integratsii sovremennykh naukoemkikh agropozharnykh tekhnologiy [About the integration of modern science-intensive agro-fire technologies]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2021, no. 6-2, pp. 239-247. <https://doi.org/10.17513/snt.38728>
17. Belozherov V.V., Kravchenko E.S., Nikulin M.A. O novom urovne avtomatizatsii v ramkakh ASU TP v zemledelii akademika Shatilova I.S. [On a new level of automation within the framework of automated process control systems in agriculture by academician Shatilov I.S.] *Studencheskiy nauchnyy forum 2023* [Student Scientific Forum 2023]. <https://scienceforum.ru/2023/article/2018032214>
18. Belozherov V.V., Nikulin M.A. Retroprognoz vnedreniya naukoemkikh innovatsiy protivopozharnoy zashchity dlya samoorganizatsii bezopasnoy zhiznedeyatel'nosti v Sibiri [Retroforecast of the introduction of science-intensive innovations in fire protection for self-organization of safe life in Siberia]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2022, no. 8, pp. 16-31. <https://doi.org/10.17513/snt.39262>
19. Biryuk V.V., Shelud'ko L.P., Gorshkalev A.A., Shimanov A.A., Belousov A.V., Gallyamov R.E. *Ustroystvo dlya polucheniya vody iz atmosfernogo vozdukha i*

- vyrabotki elektroenergii* [Device for obtaining water from atmospheric air and generating electricity]. Patent RF na izobretenie 2620830; zayavl. 09.03.2016; opubl. 30.05.2017 Byul. № 16.
20. In Russia, a preliminary design of a transport airship with a carrying capacity of up to 200 tons has been developed. <https://sdelanounas.ru/blogs/18087/>
21. Voroshilov I.V., Mal'tsev G.I., Koshakov A.Yu. *Generator azota* [Nitrogen generator]. Patent RF na izobretenie 02450857; zayavl. 24.08.2010; opubl. 20.05.2012 Byul. № 14.
22. Helicopters in the service of agriculture. <https://helico-russia.ru/blog/vertolety-na-sluzhbe-u-selskogo-khozyaystva>
23. Golubyatnikov V.N., Penzin S.B., Kozlov O.A. *Gibridnyy dirizhabl' linzoo-braznoy formy* [Lens-shaped hybrid airship]. Patent RF na izobretenie 2546027; zayavl. 10.08.2012; opubl. 10.04.2015 Byul. № 10.
24. *Instruktsiya po opredeleniyu ekonomicheskoy effektivnosti novoy pozharной tekhniki, pozharно-profilakticheskikh meropriyatiy, izobreteniy i ratsionalizatsionnykh predlozheniy v oblasti pozharной zashchity* [Instructions for determining the economic efficiency of new fire equipment, fire prevention measures, inventions and rationalization proposals in the field of fire protection]. Moscow: VNIPO MVD SSSR, 1980, 109 p.
25. *Metodologiya i metodika energeticheskoy otsenki agrotekhnologii v agrolandshaftakh* [Methodology and methods of energy assessment of agricultural technologies in agricultural landscapes]. Moscow, 2007, 21p.
26. *Mnogotselevoй dirizhabl' Au-30* [Multi-purpose airship Au-30]. <http://ro-saerosystems.ru/airships/obj676>
27. Mozheyko O. *Glav Agronom*, 2021 no. 1379. <https://glavagronom.ru/articles/kompleksnaya-sistema-zashchity-zernovykh-kultur>
28. MChS Rossii – Aviatsiya – Tekhnika [EMERCOM - Aviation - Technique]. <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/uchrezhdeniya-mchs-rossii/spasatelnye-podrazdeleniya/aviaciya/tehnika>
29. Ovsinskiy I.E. *Novaya sistema zemledeliya* [New farming system]. Novosibirsk, 2004, 86p.
30. Mochulaev V.E. *Otsenka stoimosti proizvodstva zernovykh kul'tur na osnove energeticheskogo podkhoda* [Estimation of the cost of grain production based on the energy approach]. *Molodoy uchenyy*, 2018, no. 21 (207), pp.280-283.
31. *Peredvizhnye azotnye kompressornye stantsii TGA – operativnoe obespechenie trudnodostupnykh ob'ektov szhatym azotom* [Mobile nitrogen compressor stations TGA - prompt provision of hard-to-reach facilities with compressed nitrogen]. *Burenie i nef't'*, 2012, no. 5, pp.64-65.

32. Prospects for the use of small and unmanned aircraft in agriculture. <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/perspektivy-primeneniya-maloy-aviatsii-v-selskom-khozyaystve>
33. *Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu: Statisticheskii sbornik* [Fires and fire safety in 2019: Statistical compendium / Under the general editorship of D.M. Gordienko]. Moscow: VNIPO, 2020, 80 p.
34. Natural farming according to Ovsinsky. https://sadluna.com/zemledelie_ivan_ovsinskij_novaja_sistema.php
35. Russia extinguishes the world. <https://life.ru/p/945443>
36. Be-200ChS amphibious aircraft. <http://www.beriev.com/rus/be-200/Be-200ES.html>
37. Tuzhilin S. Yu. *Prakticheskaya biodinamika v Sibiri* [Practical biodynamics in Siberia]. Irkutsk, 2002, 66 p.
38. Upravlenie azotom: oshibka mozhet dorogo stoit' [Nitrogen Management: A Mistake Can Be Costly]. *Nashe sel'skoe khozyaystvo*, 2021, no. 15 (263), pp. 60-68.
39. *Infoprojects "EduRUS"*. http://www.edurus.ru/edunauka/selskoehozyaistvo/334820.htm#.YK_PXHqbzIU
40. Federal valuation standards: Order of the Ministry of Economic Development of Russia, 14.04.2022 No. 200. <https://docs.cntd.ru/document/350260562>
41. Shevchenko A.V., Migachev A.N. Obzor sostoyaniya mirovogo rynka bespilotnykh letatel'nykh apparatov i ikh primeneniya v sel'skom khozyaystve [Overview of the state of the global market for unmanned aerial vehicles and their application in agriculture]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 183-195. <https://doi.org/10.31776/RTCJ.7303>
42. Aaron M. Drews, Ludovico Cademartiri, Michael L. Chemama, Michael P. Brenner, George M. Whitesides, and Kyle J. M. Bishop Ac electric fields drive steady flows in flames. *Physical Review E*, 2012, vol. 86, no. 3, 036314. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.86.036314>
43. Au-12: two-seater airship. <http://rosaerosystems.ru/airships/obj10>
44. Belozarov V.V., Nikulin M.A., Belozarov V.I. Socio-economic assessment of the use of nature-like nanotechnologies for the reengineering of the technosphere. *Nanotechnologies in Construction*, 2022, vol. 14(2), pp. 119-136. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2022-14-2-119-136>
45. Jillian M Deines, Sherrie Wang and David B Lobell Satellites reveal a small positive yield effect from conservation tillage across the US Corn Belt. *Environ. Res. Lett.*, 2019, vol. 14, 124038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab503b>
46. Katin O., Belozarov V., Nikulin M., Voroshilov I. About methods and means of extinguishing fires with atmospheric nitrogen. Science and innovation 2021-de-

- velopment directions and priorities: collection of materials of international conference. Australia: Melbourne, 2021, pp. 161-166.
47. Kurakov F. A. Technologies of extinguishing landscape fires as a possible scientific and technological priority of the Russian Federation. *Economics of science*, 2017, vol. 3, no. 3, pp. 214-226; <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2017-3-3-214-226>
48. Belozerov V., Nikulin M., Topolsky N. Nanotechnology for the suppression of fires in agricultural land and forests / XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020». *E3S Web Conf.*, 2020, vol. 175, 12007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512007>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Белозеров Валерий Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры АПП
*ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344002, Ростовская область,
Российская Федерация
safeting@mail.ru*

Ворошилов Игорь Валерьевич, кандидат физико-математических наук, Почетный машиностроитель, генеральный директор
*ООО «Краснодарский компрессорный завод»
ул. Железнодорожная, 265А, ст-ца Динская, 353201, Краснодарский край, Российская Федерация
gendir@kkzav.ru*

Катин Олег Иванович, аспирант
*ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344002, Ростовская область,
Российская Федерация
okatin96@mail.ru*

Никулин Михаил Александрович, ст. преподаватель кафедры ТБ
*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья
ул. Республики, 7, г. Тюмень, 625003, Тюменская область, Российская Федерация
rojar_2003@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Valeriy V. Belozerov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor

Don State Technical University

1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344002, Rostov region, Russian Federation
safeting@mail.ru

SPIN-code: 3733-2281

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6999-7804>

Researcher ID: D-5678-2014

Scopus 57218102562

Igor V. Voroshilov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Honorary Mechanical Engineer, General Director

Krasnodar Compressor Plant LLC

265A, Zheleznodorozhnaya Str., station Dinskaya, 353201, Krasnodar Territory, Russian Federation

gendir@kkzav.ru

SPIN-code: 6534-8659

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6546-1700>

Researcher ID: ADE-0230-2022

Scopus 57226127116

Oleg I. Katin, post-graduate student

Don State Technical University

1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344002, Rostov region, Russian Federation
okatin96@mail.ru

SPIN-code: 9625-7118

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3670-6921>

Researcher ID: X-2746-2019

Scopus Author ID: 57196459320

Mikhail A. Nikulin, Lecturer

State Agrarian University of the Northern Trans-Urals

7, Respubliki Str., Tyumen, 625003, Tyumen region, Russian Federation
pojar_2003@mail.ru

SPIN-code: 9383-0388

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7756-3456>

Scopus 57218102963

Поступила 01.11.2022

После рецензирования 29.11.2022

Принята 01.12.2022

Received 01.11.2022

Revised 29.11.2022

Accepted 01.12.2022