

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОБЩЕСТВЕННЫМ НАУКАМ
КУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЕВРАЗИЙСКИЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНСОРЦИУМ
КЛУБ СУБЪЕКТОВ ИННОВАЦИОННОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

РОССИЯ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ежегодник

Выпуск 17

Часть 2

**Материалы XIII Международной научно-практической конференции
«Регионы России: стратегии развития и механизмы реализации приоритетных
национальных и региональных проектов и программ»**

Москва – 2022

Федотовских А.В.

к.э.н., профессор Российской академии общественных и фундаментальных наук, директор Союза промышленников и предпринимателей Заполярья, член Президиума Коорсовета по развитию Арктики и Северных территорий
fav@rspp-arctic.ru

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ АРКТИЧЕСКОГО И СЕВЕРНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Ключевые слова: навигация в Арктике, магнитное поле Земли, навигация с использованием белкам из глаз птиц, аномалии магнитного поля, навигация БВС.

Keywords: navigation in the Arctic, Earth's magnetic field, navigation using protein from the eyes of birds, magnetic field anomalies, UAV's navigation.

Проблемы навигационного обеспечения полетов

Одной из основных проблем применения беспилотных авиационных систем (далее БАС) в Арктике, на Крайнем Севере и Дальнем Востоке является низкое качество навигационного и радиосвязного обеспечения полетов, связанное с недостаточным показателем доступности радиовидимости навигационных спутниковых аппаратов, влиянием высокоширотной ионосферы, а также с инструментальной погрешностью бортовых инерциальных систем. Полярные и арктические территории покрыты плотными облаками, скрывающими БАС от навигационных спутников, количество которых незначительно для такой огромной территории. Верхние слои атмосферы Арктики подвержены дополнительным электромагнитным процессам, которые наводят ошибки на показания от систем ГЛОНАСС/GPS, поэтому в северных широтах нужны дополнительные системы связи и позиционирования.

Определение координат беспилотного воздушного судна (далее БВС) и постоянный контроль со стороны оператора (внешнего пилота) в подобных условиях могут быть выполнены двумя способами: с использованием дополнительного бортового и/или наземного оборудования или автономно с использованием только оборудования на БВС.

Для решения задач навигации на высоких широтах для БВС применяются в основном два вида бортовых навигационных комплексов¹: неавтономный комплекс, осуществляющий навигацию с помощью инерциальной навигационной системы, а ее погрешности компенсируются за счет внешних источников информации и автономный, осуществляющий управление по заложенной в памяти бортового компьютера программе полета, которую дополняют компоненты технологий искусственного интеллекта искусственные нейронные сети.



Рисунок 1.

Виды бортовых навигационных комплексов

На практике применяются оба комплекса, однако этого не всегда достаточно, особенно в зимний период времени. Кроме того, в связи с напряженной международной ситуацией и кризисом на Украине Россия потенциально может

¹ Митько А.В. БПЛА в условиях арктического региона // Нефтегаз.Ру. 09.07.2019. – <https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/473748-bpla-v-usloviyakh-arkticheskogo-regiona/>

быть отключена от системы GPS, а действующей группировки спутников ГЛОНАСС недостаточно для полного покрытия всех удаленных территорий.

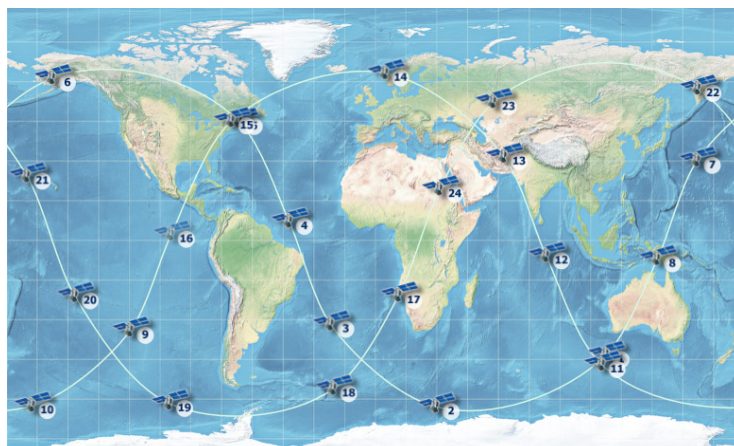


Рисунок 2.
Текущее положение космических аппаратов ГЛОНАСС¹

В Арктической зоне РФ особенно острой является и проблема метеорологического обеспечения полетов, в т.ч. и для БВС. Специальная наземная инфраструктура также отсутствует.

В Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г., принятой в 2020 г., направления развития высоких технологий для авиации указаны в п. 14: «Основные задачи в сфере развития науки и технологий в интересах освоения Арктики достигаются посредством следующего комплекса мер: а) разработка и реализация комплексной программы фундаментальных и прикладных исследований в интересах развития Арктики, в том числе в области промышленной робототехники, суперкомпьютерного моделирования, геокриологии (мерзлотоведения), гляциологии, геологии, геоморфологии, минералогии, океанологии, геофизики, беспилотных транспортных систем, дистанционного зондирования Земли, возобновляемых и портативных источников энергии, оказания медицинской помощи и методов ускоренной адаптации к арктическим условиям, промышленной гигиены и медицины труда, арктической биологии и биотехнологий, арктической экологии, гидрометеорологии, строительства на многолетнемерзлых грунтах, интегрированных средств навигации и связи».

Таким образом в части развития транспортных авиационных систем Стратегия подразумевает разработку и внедрение сквозных цифровых технологий: робототехники, суперкомпьютерного моделирования, беспилотных транспортных систем, дистанционного зондирования Земли, интегрированных средств навигации и связи.

Дополнительные бортовые навигационные системы

Для эксплуатации БВС в арктических условиях без наземной инфраструктуры необходимо создание малогабаритных бортовых автономных навигационных систем, легких и одновременно эффективно справляющихся с решением задач. К недостаткам использования дополнительного оборудования можно отнести снижение мобильности БВС в целом и увеличение его массы и габаритов, что существенно влияет на дальность полета.

Одним из актуальных способов решения задач навигации на высоких широтах является применение системы наблюдения, основанной на обзорно-сравнительном методе, а одним из подходов, направленных на повышение степени автоматизации управления БВС его бортовым электронно-вычислительным оборудованием, является использование нейронных сетей.

Широкое распространение получили инерциальные системы навигации, в т.ч. построенные на микроэлектромеханических сенсорах: датчиках угловой скорости, акселерометрах, магнитометрах и датчиках давления. В 2018 г. компания ZALA AERO представила альтернативную навигационную систему GIRSAM, позволяющую БВС не терять управление в условиях подавления сигнала GPS/ГЛОНАСС².

Отсутствие качественного наземного радиотехнического и радионавигационного обеспечения полетов на расстоянии от 100 км предлагается решать оборудованием БВС системой синтетического зрения, радарными W-диапазона, лидарами. Однако современные бортовые навигационные приборы способны дать сведения только при хорошей видимости. Сенсоры состояния зоны посадки для обзора сквозь пургу неэффективны: существующие решения – традиционные метео-РЛС, тепловизионные и ТВ-камеры – непригодны, а сенсоры с высокой проникающей способностью находятся на разных этапах технологической готовности³.

¹ Текущее положение космических аппаратов ГЛОНАСС. 1-я плоскость 2-я плоскость 3-я плоскость // Прикладной потребительский центр Госкорпорации «Роскосмос». – <https://www.glonass-iac.ru/glonass/currentPosition/>

² ZALA AERO представила альтернативную навигационную систему GIRSAM // Калашников. 25.10.2018. – <https://kalashnikov.media/article/technology/zala-aero-predstavit-alternativnyuyu-navigatsionnyuyu-sistemu-girsam-na-vystavke-interpolitex-2018>

³ Сажаем вертолет вслепую: обзор технологий синтетического зрения // Хабр. 09.09.2016. – <https://habr.com/ru/post/369655/>

Все вышеперечисленные системы на борту БВС в той или иной степени применяются, однако этого часто недостаточно. Необходимы наземные комплексные средства радиотехнического обеспечения полетов или принципиально иные бортовые системы навигации.

Наземная радиотехническая инфраструктура

Большинство производителей и продавцов БВС не интересуются вопросами развития наземной инфраструктуры, а решают задачи пассивной и активной безопасности разрабатываемых воздушных судов. Связано это с тем, что, к примеру, минимальная стоимость наземной инфраструктуры только для арктических регионов оценивается экспертами в сумму от 50 млрд руб. (по состоянию на сентябрь 2021 г.), а конкретного заказчика на такое оборудование нет. Вероятно, дело сдвинет с мертвой точки создание единого оператора БАС, но ожидать значительных результатов при нынешних темпах развития и росте законодательных барьеров можно не ранее 2030 г.

В настоящее время даже в экономически сильных и развитых государствах реализуются единичные проекты создания сетевой модели наземных станций и радиотехнических средств для БВС. В России перспективы массовой эксплуатации БВС связаны также с развитием наземной инфраструктуры, в т.ч. логистической и радиотехнической. В труднодоступных и удаленных регионах ее создание является первой необходимостью. В зарубежных проектах для управления полетами БВС тестируется инфраструктура гражданской авиации, но такая инфраструктура в Российской Арктике применяться для беспилотной авиации не может в связи со значительной разницей в части экономики, логистики, удаленности, низкой плотности освоения территорий и т.д. В то же время, согласно проведенным опросам, к числу инфраструктурных новаций в Арктической зоне РФ эксперты относят: разработку широкополосных радиоприемников на акустооптических кристаллах с дальностью действия в 150–200 км; создание новых радиолокационных станций многоспектрального зондирования, гиперспектральной аппаратуры; развертывание вдоль северной границы РФ по Северному морскому пути станций импульсной фазовой навигационной системы типа «Скорпион» для использования в военных и в гражданских целях. К примеру, на Ямале для БАС есть возможность использовать систему VDL4, построенную, но не введенную в эксплуатацию. Но для этого необходимы дополнительные инвестиции и заказчик.

В связи с вышеизложенным, БВС так же, как и пилотируемая авиационная техника, должны выполнять взлет и посадку с необорудованных площадок, полет при отсутствии наземных средств обеспечения навигации, полет в условиях неустойчивой работы спутниковых навигационных систем и других средств радиокоррекции.

Альтернативные решения

В 2020–2022 г. коллектив Союза промышленников и предпринимателей Заполярья провел несколько аналитических исследований и выявил альтернативные способы решения поставленных задач для навигации БВС в Арктике и на Крайнем Севере. В качестве прорывных инновационных технологий мы можем выделить две:

1. Навигационная система по магнитному полю для построения независимой от радиосигналов системы позиционирования БВС.
2. Навигационная система на основе синтеза и применения чувствительного к магнитным полям Земли белка в глазах птиц.

Навигационная система по магнитному полю

По словам ученых и экспертов, это наиболее простая и современная альтернатива GPS/ГЛОНАСС, практически не требующая изменения бортового оборудования БВС. Достаточно работы радиоконуса, взаимодействующего с автоматической системой управления для корректировки направления полета. Однако ученым необходимо создать новую максимально точную и подробную карту магнитного поля России, включая места с геомагнитными аномалиями, чтобы построить независимую от радиосигналов систему позиционирования. Актуальный Атлас геомагнитного поля Земли необходим для такой системы навигации, ведь Северный магнитный полюс Земли движется в Сибирь.

Для составления карт необходимо дополнительно проводить измерения магнитного поля на поверхности или на малых высотах (аэромагнитная съемка), буквально на каждом километре, включая и области над водой. Последние работы по составлению карты магнитного поля Земли проводились в СССР в 70-е годы XX века.

В 2012 г. в Геофизическом центре РАН завершился проект по изданию Атласа магнитного поля Земли. Атлас был создан впервые и представляет собой фундаментальный картографический продукт с наиболее полными и научно обоснованными характеристиками картографируемого явления – геомагнетизма¹. Но использовать его для целей авиационной навигации в предлагаемом виде невозможно.

В 2018 г. Московское конструкторское бюро (МКБ) «Компас» и Институт прикладной геофизики (ИПГ) им. Федорова заявили о создании полной карты магнитного поля Земли на территории всей России, соответствующее соглашение стороны подписали на форуме «Армия-2018»². Участники планировали создать базу цифровых данных геофизических полей Земли, а также разработать программно-аппаратные комплексы для практического применения. В том же 2018 г. на сайте производителя спутников — компании «Информационные спутниковые системы им. Ре-

¹ Атлас магнитного поля Земли / Геофизический центр РАН. – <http://www.gcras.ru/post.php?i=27>

² Минлигареев В. В России создадут карту магнитного поля страны // РИА Новости. 22.08.2018 (обновлено: 18.10.2019). – <https://ria.ru/20180822/1527017457.html>

шетнева» (ИСС) было заявлено, что спутники системы ГЛОНАСС будут использоваться для построения полной карты магнитного поля России. Однако открытой информации об итогах заявленной работы пока нет.

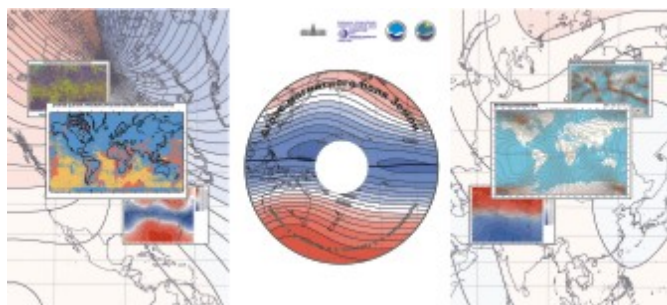


Рисунок 3.
Атлас магнитного поля Земли

В 2019 г. российские ученые создали геомагнитный сенсор, способный стать альтернативой ГЛОНАСС под водой. Нечувствительный к колебаниям температуры прибор может обеспечить аппараты, в том числе беспилотники, точными координатами¹. Его планируют применять для поиска полезных ископаемых и исследования процессов внутри Земли. Общий принцип работы сенсора основан на чувствительности материала под названием феррит к очень слабому магнитному полю, которое окружает Землю.

В 2017 г. самая детальная карта магнитного поля Земли была представлена трио спутников ЕКА под названием Swarm, которые способны отображать магнитные сигналы. На основе данных, собранных с их помощью, была выпущена новая карта магнитного поля самого высокого разрешения. Она позволяет детально увидеть вариации магнитного поля, обусловленные геологическими структурами земной коры². Но возможности ее применения в практической навигации также ограничены.

В 2016 г. увидела свет карта аномального магнитного поля России в масштабе 1:2 500 000. Карта представляет собой цифровой вариант базовой аналоговой Карты аномального магнитного поля континентальной части территории СССР масштаба 1:2 500 000 (отв. редактор Макарова З.А., Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского ВСЕГЕИ), опубликованной в 1977 г., которая поэтапно обновляется в режиме мониторинга. Для акватории Северного Ледовитого океана (СЛО) базовой картой послужила Карта аномального магнитного поля (ΔТ) Арктического шельфа СССР масштаба 1:2 500 000 (главный редактор В.Н. Шимараев, 1978 г.). Карта была составлена и издана в дополнение к карте АМП континентальной части СССР совместно со ВСЕГЕИ и по методике ВСЕГЕИ³.

В этом направлении интересен международный опыт. Практический проект навигации по магнитному полю как «альтернативы» GPS реализуется в США начиная с 2016 г. Авторы подчеркивают, что обычно мобильный GPS имеет точность порядка 1 м или меньше, в то время как метод магнитной навигации (MAGNAV – magnetic navigation) потенциально достигает точности порядка 1 км. Однако значительный процент миссий на самом деле не требует точности класса GPS⁴. Работа над проектом, который начинался как теоретические исследования объединенного коллектива Массачусетского технологического института (MIT), лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института и Технологического института ВВС (Дейтон, Огайо), продолжается уже несколько лет. В 2020 г. он был дополнен обширной программой летных испытаний для сбора данных и создания лучших карт магнитного поля.

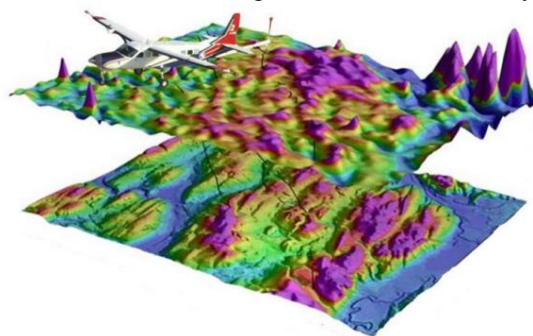


Рисунок 4.
Сбор исходных данных об аномалиях магнитного поля (Air Force Institute of Technology)⁵

¹ Коленцова О. Карты брошены: геомагнитный сенсор может стать альтернативой ГЛОНАСС // Известия. 28.07.2019. – <https://iz.ru/863168/olga-kolentcova/karty-brosheny-geomagnitnyi-sensor-mozhet-stat-alternativoi-ghlonass>

² Самая детальная карта магнитного поля Земли: видео // Gismeteo. 24.03.2017. – <https://www.gismeteo.ru/news/sobytiya/23074-samaya-detalnaya-karta-magnitnogo-polya-zemli-video/>

³ Карта аномального магнитного поля России / ФГБУ ВСЕГЕИ. – <https://vsegei.ru/ru/info/atlas/mag/>. дата обращения 10.05.2022

⁴ Навигация по магнитному полю как «альтернатива» GPS? // Радиолоцман. 23.12.2020. – <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=633999>

⁵ Canciani A. Magnetic Navigation // GPS. 12.2018. – <https://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2018-12/canciani.pdf>

По мнению авторов проекта, базовый анализ набора данных показывает, что аномалии магнитного поля Земли можно выделить из общего магнитного поля с помощью машинного обучения и обученной нейронной сети. Однако необходимы дополнительные летные испытания над различными регионами. В настоящее время MAGNAV не стала альтернативой или дублирующей заменой GPS, но использование прецизионных магнитометрических измерений аномалий поля Земли, наряду с подробными картами, рассматривается как весьма сложное расширение обычного магнитного компаса.

В 2013 г. российские ученые представили описание навигационных свойств пространственных геофизических полей (гравитационное, магнитное, электромагнитное) и классификацию систем навигации и наведения по указанным полям. Описаны разновидности систем навигации и наведения по пространственным полям по результатам выполненных ранее научно-исследовательских работ в части их картографического обеспечения и бортовых измерителей параметров полей. Однако практическое применение нашли корреляционно-экстремальные системы навигации и наведения (КЭСНН) по поверхностным полям – рельеф земной поверхности (РЗП), радиолокационный (РЛК) и оптический контраст (ОК) с комплексным использованием информации о поверхностных и пространственных геополях¹.

Таким образом, используя измерения аномалий магнитного поля Земли и машинное обучение для извлечения данных из необработанных сигналов, а затем сопоставляя их с точными картами магнитных аномалий, можно обеспечить приемлемую точность воздушной навигации, независимой от GPS/ГЛОНАСС.

Навигационная система на основе синтеза белка, содержащегося в глазах птиц

В 2018 г. в зарубежных научных изданиях были опубликованы результаты исследований, определивших возможный белок, благодаря которому у птиц имеется «шестое чувство»². Птицы способны чувствовать магнитное поле Земли, и эта способность позволяет им возвращаться домой из незнакомых мест или ориентироваться при миграции на расстояние в десятки тысяч километров. В обоих исследованиях изучался Cry4 – светочувствительный белок, присутствующий в сетчатке глаз зебровых амадин и зарянок. Он относится к классу криптохромов, которые, как известно, участвуют в циркадных ритмах. Однако, как минимум, некоторые из данных белков, как предполагается, способны также реагировать на магнитное поле Земли – вероятно, благодаря неким взаимодействиям на квантовом уровне³. Такой же белок обнаружен и у малиновок. Птицы способны чувствовать магнитное поле Земли, чтобы ориентироваться, когда они совершают ежегодные дальние перелёты. Авторы исследований считают, что полученные данные можно использовать на практике, однако проводят дальнейшие эксперименты по поиску птиц, в сетчатке глаз которых отсутствует Cry4, чтобы понять, как работает «магнитный компас» у других пернатых.

В апреле 2022 г. британские физики опубликовали отчет о численном исследовании влияния эффектов когерентности на точность химического компаса на основе электронных спинов в радикальных парах. Расчеты для большого числа ядерных спинов выявили связь глобальной когерентности всей системы с точностью компаса. Исследование опубликовано в Scientific Reports⁴. Группа физиков из Университета Эксетера провела симуляцию работы химического компаса на основе электронных спинов в радикальных парах, чтобы понять, насколько его работа связана с когерентностями в отдельных подсистемах. Расчеты показали, что с ростом числа ядерных спинов, которые может учесть модель, существенную роль играет глобальная когерентность всех степеней свободы. Результаты работы ученых показывают, что масштабируемость играет важную роль в построении реалистичных моделей для объяснения работы компаса у животных⁵.

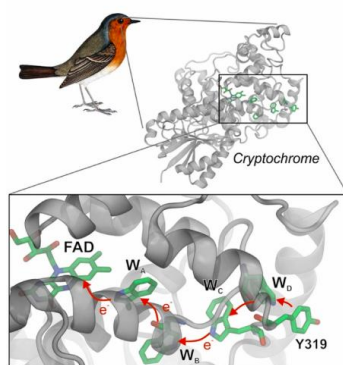


Рисунок 5.
Схема образования в белках криптохромах радикальных пар⁶

¹ Джанджгава Г.И., Герасимов Г.И., Августов Л.И. Навигация и наведение по пространственным геофизическим полям // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. – <https://cyberleninka.ru/article/n/navigatsiya-i-navedenie-po-prostranstvennym-geofizicheskim-polyam>

² Birds get their internal compass from this newly ID'd eye protein // Science News. 03.04.2018. – <https://www.sciencenews.org/article/birds-get-their-internal-compass-newly-id-eye-protein>

³ «Магнитный компас» нашли в глазах птиц // TechInsider. 04.04.2018. – <https://www.techinsider.ru/science/news-417672-magnitnyy-kompas-nashli-v-glazah-ptic/>

⁴ Smith L.D., Deviers J., Kattnig D.R. Observations about utilitarian coherence in the avian compass // Scientific Reports. 09.04.2022. – <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09901-7>

⁵ Хамадеев М. Физики оценили роль квантовой когерентности в работе птичьего компаса // N+1. 12.04.2022. – <https://nplus1.ru/news/2022/04/12/avian-compass-coherence>

⁶ Smith L.D., Deviers J., Kattnig D.R. Observations about utilitarian coherence in the avian compass // Scientific Reports. 09.04.2022. – <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09901-7>

Соотнося проведенную зарубежными коллегами работу с необходимостью создания инновационных средств навигации для БВС, Комитет по науке Союза промышленников и предпринимателей Заполярья в феврале-мае 2022 г. провел аналитическое исследование, посвященное возможности создания биотехнологического или биофизического прибора, работающего как средство навигации на основе синтезированного белка птиц. Был проведен экспертный опрос ведущих российских ученых, представляющих Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Университет Лобачевского, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН и другие научные и экспертные организации профильного направления. Экспертам было предложено ответить на два вопроса:

Как Вы считаете, возможно ли создание технологии и прибора, основанных на действии белка птиц?

Существуют ли современные методики, способные объединить биологический и технический объект для решения вышеуказанных вопросов?

Ответы экспертов в обобщенном виде в основном свелись к тому, что это задачи важные и интересные, однако не до конца изученные, весьма трудоемкие и требуют значительных средств для практического внедрения.

По словам ученых, действие постоянного магнитного поля Земли на навигацию птиц было одной из множества проблем, решаемых в 1970-е гг. в Советском Союзе. В то время было установлено, что магнитное поле Земли действует на ферромагнетикомикровключения из магнитного материала в мозге некоторых птиц, также эти вещества находили в клювах. Энергии взаимодействия магнитного поля Земли с магнетитами или ферромагнетиками вполне хватает для того, чтобы эти микрокристаллики давили на особые области, что приводит к появлению способности у птиц ориентироваться в пространстве. Восприятие магнитных полей является комплексным процессом. Наряду со специализированными белковыми молекулами за восприятие магнитного поля может отвечать изменение активности процессов, таких как интенсивность ионных потоков, активность работы ферментов. В первую очередь, это относится к переменным магнитным полям.

Некоторые из опрошенных скептически отнеслись к данным зарубежных коллег, т.к. белки являются диэлектриками и очень слабо откликаются на магнитное поле Земли. Отдельный изолированный белок не даст той чувствительности, которая характерна для живого организма в целом. А поскольку речь идет не просто о микроокружении отдельной белковой молекулы, а об активности процессов в различных компартментах клетки, то белок не будет высоко эффективен. Кроме того, криптохром в качестве детектора магнитного поля не на много лучше для задач техники, нежели существующие физические методы. Если для птиц он хорош тем, что интегрирован в их систему обработки и анализа изображений, глаз считается продолжением мозга, то моделирование навигационной системы на его основе обязательно приведет к применению искусственных нейронных сетей (далее ИНС), что в конечном счете усложнит модель.

Действительно, ИНС можно использовать для системы навигации по точкам на земной поверхности при помощи сравнения с картой заранее заложенного маршрута. БВС осуществляют полеты на низких высотах и на сравнительно небольшие расстояния, что позволяет бортовой видеокамере хорошо отслеживать рельеф. Но в зимний период, достигающий в Арктике 9 месяцев, технология становится проблемной: белый наземный снежный покров практически без ориентиров довольно легко сбивает систему навигации, основанную на сравнительном методе, особенно когда полет происходит в местах сбоя работы спутниковой навигации. И в этом случае программа исследований и разработок для решения задачи синтеза и использования CRY4 становится все же актуальной. Для этого необходима команда ученых и практиков, способных перенести принципы магнитной чувствительности белка в конкретный прибор, созданный на основе спиновой химии и фотофизики.

Отметим, что геомагнитное позиционирование в качестве дополнения к GPS на локальных территориях используется за рубежом. Десять лет назад, в 2012 г., работу по внедрению указанной технологии проводила команда ученых из финского Университета Оулу (University of Oulu). Система позиционирования внутри зданий, разрабатываемая этой командой, получила название IndoorAtlas. Внутри зданий модуль GPS может не работать, и в большинстве случаев так и случается. Смартфон с предустановленным софтом, анализирующим места геомагнитных аномалий справляется с задачей фиксации геомагнитных точек. Точность геомагнитного позиционирования составляет примерно 2 м. Такая технология помогает ориентироваться в высотных зданиях, под землей и в других местах, где не работает GPS¹.

Разработка технологий геомагнитного позиционирования может перевернуть отрасли, связанные с применением навигационных систем. Для этого необходим комплекс инвестиционных мероприятий, в т.ч. проведение конкурсов на разработку и установку таких приборов на летающие беспилотники.

Эффект от применения альтернативных систем навигации

Возможности беспилотной авиации для Арктики в настоящий период уже впечатляют, однако в обозримом будущем прогнозируется взрывной рост технологий, в первую очередь это касается летательных аппаратов с электрическими и водородными силовыми установками как экономически наиболее выгодными, а также улучшение летно-технических характеристик и установка систем искусственного интеллекта как на само воздушное судно, так и в наземные пункты управления полетами для контроля полета, характеристик БВС и решения поставленных задач. При этом необходимы затраты на специальные исследования смежных технологий на этапе НИОКР и создание наземной

¹ Геомагнитное позиционирование в качестве дополнения к GPS // Хабр. 11.07.2012. – <https://habr.com/ru/post/147549/>

радиотехнической инфраструктуры. Внедрение системы контроля и управления с земли сократит эксплуатационные затраты операторов БАС за счет снижения рисков и формирования благоприятствующих условий для развития индустрии, удобных сервисов и облачного программного обеспечения.

Применение альтернативных систем навигации приведет к тому, что диапазон применения БАС на Крайнем Севере и в Арктике будет неуклонно расширяться в связи с развитием инноваций в разработке и эксплуатации. БВС смогут эксплуатироваться в сложных метеорологических условиях, в круглогодичном и круглосуточном режимах. Таким образом будут решаться социальные и технические задачи, поставленные в Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности до 2035 г.