

2. Показатели эндотоксикоза в крови крыс с лимфосаркомой Плисса при введении наночастиц железа / И. А. Горошинская, П. С. Качесова, В. Б. Бородулин, Л. А. Немашкалова, О. Э. Лосев, А. В. Чудилова // Успехи современного естествознания. 2015. № 9–2. С. 303–307.

3. Захаров И. С. Метод и аппаратура для измерений концентраций инфузорий в медико-экологических исследованиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.17. СПб., 1996. 16 с.

4. Ваганов А. В. Моделирование опто-электронного измерительного преобразователя для исследования токсичности биологических жидких дисперсных сред // V Междунар. науч. конгресс «Нейробиотелеком-2012», 2012. С. 200–203.

5. Щерба А. А. Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения // Компоненты и технологии. 2012. № 12. С. 140–143.

6. Радиолокационные системы: учеб. / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин и др.; под общ. ред. В. П. Бердышева; разработ.: Центр обучающих систем ИНТК СФУ. М.: Инфра-М, 2017.

A. V. Vaganov

JSC «Concern "Oceanpribor"»

## AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR TOXICITY OF BIOLOGICAL LIQUID DISPERSE MEDIA ON THE BASIS OF A DYNAMICALLY PROGRAMMABLE ANALOG SIGNAL PROCESSOR

*The issue of creating an automated system for monitoring the toxicity of liquid disperse biomass based on the test-reaction «death of infusorians», intended for the study of endotoxiosis, is considered. The variant of realization of the system in which the preprocessing of the signal from the optoelectronic measuring transducer and the isolation of the informative component of the toxicity of the investigated biomedium is implemented by the dynamically programmable analog signal processor, and the allocation of the corresponding informative parameter and the analysis of the level of the toxicity of the medium is realized on the programmable microcontroller. Such a solution allows us to provide universality, simplicity in tuning and maintenance, and also integrability in research complexes. The structural scheme of the system and the algorithm of its operation are developed. A generalized mathematical model of the signal preprocessing path is obtained. The results of modeling the system, confirming its ability to isolate an informative parameter of toxicity of liquid bio-media, are given.*

**Automated control system for toxicity, biological liquid disperse media, dynamically programmable analog signal processor, modeling**

УДК 502.35

А. В. Храмов, А. А. Ермолаев, А. И. Шалашова, Л. В. Контрош  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Возможности экологического мониторинга с применением БПЛА в России

*Беспилотные летательные аппараты гражданского назначения (БПЛА) в России все шире применяются практике во многих отраслях промышленности и строительства. Однако их применение для решения экологических задач ограничивается достаточно высокой стоимостью эксплуатации и чаще всего связано с чрезвычайными ситуациями (лесные пожары, наводнения, загрязнения территорий нефтепродуктами и др.). Между тем, БПЛА незаменимы для контроля за экологической ситуацией на территории страны. Представляется возможным использовать для оценки экологической ситуации данные, полученные с помощью БПЛА при выполнении других задач: контроль состояния ВЛЭП, топографическая съемка, строительство автомобильных и железнодорожных магистралей и т. д. В настоящее время эти данные зачастую даже не сохраняются.*

**Беспилотные летательные аппараты, «эко-дроны», экологический мониторинг, дистанционное наблюдение**

Богатство России в разнообразии природно-климатических зон и ландшафтов. По оценкам ООН, только площадь леса в России составляет

8.5 млн км<sup>2</sup> (851 млн га). Природные ландшафты – это не только огромное богатство, но и большая ответственность перед будущими поко-

лениями. Лес – это не просто совокупность деревьев и кустарников, лес является экосистемой – сложным сообществом из тесно связанных между собой элементов, сюда входят как живые организмы (биота), так и неживая абиотическая составляющая – воздух, почва и вода. Потоки энергии и веществ (например кислорода) циркулируют в экосистеме, образуя круговорот и связывая в одно целое все элементы живой и неживой природы. Примером могут служить процессы, связанные с фотосинтезом – процессом образования питательных веществ из воды и углекислого газа с использованием энергии солнечного света. Это же касается и других ландшафтов нашей страны: водоемов, тундры, гор и др. Для сохранения этих уязвимых природных систем необходим постоянный контроль специалистов-экологов.

В последние десятилетия появилась уникальная возможность отслеживать экологические процессы на значительных территориях с использованием беспилотных летательных аппаратов [1]–[3]. Изначальное применение беспилотных летательных аппаратов определялось как боевое. Однако с начала 2000-х гг. колоссальное значение стали приобретать «дроны», разрабатываемые для сугубо гражданских, а не военных целей. Под термином «дроны» подразумеваются беспилотные летающие устройства гражданского применения. В 2016 г. мировой рынок БПЛА оценивается в 7,3 млрд дол. Прогнозируется, что он вырастет до 9,5 млрд дол. к 2020 г. российский рынок БПЛА в 2016 г. составил 147 млн дол. с потенциалом роста до 224 млн дол. к 2020 г. В настоящее время Россия занимает небольшую долю в продажах дронов на мировом рынке (около 2 %), но имеет высокий потенциал для дальнейшего роста. Стоит отметить, что в структуре продаж российского рынка на долю гражданских БПЛА приходится более 70 % рынка. Дроны активно внедряются в сегменты, которые сегодня обслуживаются с помощью спутников и пилотируемых воздушных судов, при этом возрастает спрос на высококачественные данные воздушной съемки. Еще одно преимущество дронов – оперативность предоставления информации заказчику. Как правило, проведение съемки и обработка данных занимают менее одного месяца.

Беспилотники, используемые в экологических целях, принято называть «эко-дронами». Последние находят все большее применение во многих странах мира:

– в Северной Суматре, используя дроны, фотографируют гнезда орангутанов на деревьях глубоко в джунглях;

– в Мексике власти используют дроны для борьбы с браконьерами, угрожающими популяции морских черепах;

– дроны «SenseFly» помогают оценить загрязнение мирового океана пластиком;

– в Индии и ряде других стран дроны используются для мониторинга лесов;

– спасательные службы пробуют использовать дроны у берегов Калифорнии для того, чтобы обнаруживать акул;

– в Кении дроны патрулируют национальные парки и заповедники для борьбы с браконьерами. В некоторых районах использование дронов позволило сократить число преступлений на 96 %;

– в лесах Амазонки дроны используются для обнаружения мест незаконной вырубki;

– дроны применяются для мониторинга таяния полярных льдов – такие аппараты предоставляют более точные данные, чем спутники;

– в Китае дроны используются для мониторинга загрязнения воздуха над электростанциями, очистительными заводами и другими потенциальными нарушителями;

– в России дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов представляют собой постоянный мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов (в случае возникновения массовых повреждений лесов и в лесах, расположенных на труднодоступных и удаленных территориях).

Все вышеуказанное – весьма неполный перечень возможностей «эко-дронов». Для России дроны – естественная возможность контролировать экологическую ситуацию на громадной территории при низкой плотности населения. Однако широкое использование «эко-дронов» на огромной территории предусматривает и немалые затраты (один час полета БПЛА обходится организации около 20 000 р.), поэтому очень важно для нашей страны изначально предусмотреть рациональное использование технических средств при выполнении экологического мониторинга с использованием дронов. Рассмотрим возможности применения дронов в России в настоящее время.

Технические возможности использования отечественных «эко-дронов» для рутинного мониторинга в России вполне удовлетворительные. На гражданском рынке беспилотников в России ра-

ботает более 200 компаний с тенденцией к увеличению их количества. На рис. 1–3 представлены БПЛА, производимые в России.



Рис. 1

На рис. 1 представлен комплекс, созданный для съемки обширных территорий и линейно-протяженных объектов, произведенный и поставляемый компанией «Геоскан».

Структура БПЛА Supercam S350 показана на рис. 2. Он предназначен для ведения воздушного наблюдения в любое время суток с передачей видеоизображения в режиме реального времени. Беспилотный самолет Supercam S350 может решать задачи обеспечения безопасности и кон-

троля стратегически важных объектов, позволяет определять координаты цели.

Еще один представитель отечественного рынка БПЛА представлен на рис. 3. Это БПЛА компании «ZALA AERO», ведущего отечественного разработчика и производителя беспилотных летательных аппаратов.

Закупка импортных дронов представляет определенные сложности (технологии двойного назначения), что стимулирует отечественных производителей. Характеристики БПЛА, производимых в России («Геоскан 201», «ZALA 421–20», «Supercam S350») представлены в таблице.

Техническое задание при заключении договоров об использовании дронов формируется заказчиком (энергетики, строители и др.) исходя из необходимости решения для него ряда прикладных задач. Вся остальная собранная информация заказчика, естественно, не интересует и просто теряется. Для огромной страны это непопустительная роскошь. Например, при оценке экологической ситуации в районе строительства автомагистрали в лесной зоне можно было бы в рамках выполнения основной задачи получить дополнительные данные о состоянии леса, высоте деревь-

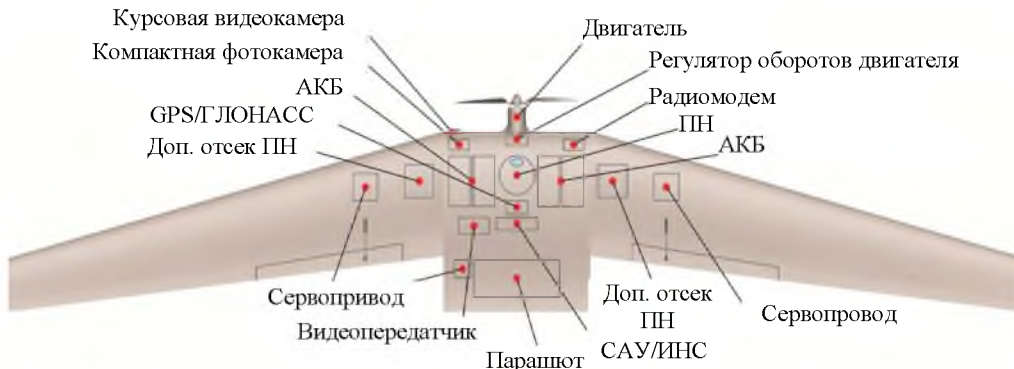


Рис. 2



Рис. 3

Основные характеристики	Геоскан 201	Supercam S350	ZALA 421-20
Продолжительность полета, ч	До 3	До 4,5	6–8
Протяженность маршрута, км	До 210	До 280	До 120
Максимальная взлетная масса, кг	8	9.5...11.5	200
Запуск – катапульта	+	+	По самолетному
Посадка – парашют	+	+	По самолетному
Скорость полета, км/ч	64...130	65...130	90...220
Максимальная масса полезной нагрузки, кг	1.5	3	50
Минимальная безопасная высота полета, м	100	150	100
Максимальная высота полета, м	3000	3600	5000

ев, заболачивании территории и т. д. Более того, полученные данные не сохраняются, так как для этих целей не предусмотрены соответствующие хранилища информации. Если через несколько лет экологи или лесничество захотят отследить динамику изменения каких-либо параметров, то сравнить будет не с чем: восстановить утраченную информацию не удастся. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении порядка организации и осуществления государственного лесопатологического мониторинга» от 4 авг. 2015 г. № 340 [4] в сущности, регламентирует настоящий уровень использования «эко-дронов», но оставляет открытыми много накопившихся вопросов. Некоторые из них учтены в проекте Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ «О внесении изменений в приказ Минприроды России от 25.12.2014 № 573 "Об установлении порядка представления отчета об использовании лесов и его формы, требований к формату отчета об использовании лесов в электронной форме"» (подготовлен Минприроды России 10.11.2016) [5]. Но главное внимание уделяется ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (пожары, массовые повреждения лесов вредителями и др.), а не рутинной, но столь важной работе по наблюдению за экологической ситуацией на какой-либо территории. Особенно удручающей эта картина выглядит на фоне своевременных и разумных административных решений Федеральной сетевой компании единой энергетической системы (ПАО ФСК ЕЭС). В 2016 г. компанией был принят стандарт организации – «Методические указания по применению беспилотных летательных аппаратов для обследования воздушных линий электропередачи и энергетических объектов» [6]. Этот объемный документ в частности регламентирует проведение ежегодных периодических осмотров состояния трасс воздушных линий (ВЛ), с целью выявления ряда нарушений, в том числе:

1) наличие на краю просеки отдельных деревьев, угрожающих падением или разрастанием в сторону ВЛ на недопустимые расстояния;

2) недостаточная, ширина просеки по трассе ВЛ;

3) наличие под проводами деревьев и кустарников высотой 4 м и более;

4) наличие растительности на земле, отведенной под опору;

5) выполнение на трассе в охранных зонах несогласованных работ;

6) подтопление в охранной зоне по трассе ВЛ;

7) помимо планового ежегодного осмотра, организовывается дополнительный мониторинг в пожароопасный период, грозовой период и в период ледообразования.

Всего документ содержит более 30 обязательных пунктов для технического задания «эко-дронам», а также рекомендации по сбору и синтезу картографического массива данных его анализа, хранения и экспорта в геоинформационную систему ПАО «ФСК ЕЭС», т. е. вся собранная информация обрабатывается, хранится и может быть затребована в любой момент. Документ также содержит обоснованные требования к используемой аппаратуре и программному обеспечению. Следует подчеркнуть, что последнее может быть с успехом использовано для решения многих экологических задач.

Нефтегазовый комплекс также очень заинтересован в использовании БПЛА. В России действует крупная сеть нефте- и газопроводов, снабжающая углеводородами экономику России, а также Западную Европу, Турцию, Юго-Восточную Азию. По состоянию на конец 2012 г. протяженность магистральных трубопроводов (по данным Росстата) составила 250 тыс. км, в том числе газопроводов 175 тыс. км, нефтепроводов 55 тыс. км и нефтепродуктопроводов 20 тыс. км.

Основная часть российских магистральных нефтепроводов (73 %) была построена более 25 лет

назад. Тем не менее, возрастной состав нефте-транспортной системы РФ меньше, чем США, где 50 % от общей протяженности трубопроводов характеризуются возрастом более 50 лет. В Западной Европе 37 % оборудования работает более 40 лет. Старение трубопроводов ведет к снижению надежности поставок газа и нефти, увеличению количества аварий с тяжелыми экологическими последствиями. На западноевропейских магистральных нефтепроводах среднее число инцидентов и аварий, приходящихся на 1000 км, составляет 0.32 в год, на североамериканских – до 0.48. Аварии на нефтепроводах очень дорого обходятся. Затраты только на сбор нефти с пострадавшей территории, без учета расходов на восстановление флоры и фауны, рыбных ресурсов, составляют около 3 млн р. на каждую тонну вылитой на грунт нефти и примерно 7.5 млн р. на тонну, если затронуты водные объекты. Таким образом, возникновения аварии лучше не допускать, а если она возникла, то ее необходимо своевременно выявить. В обоих случаях использование БПЛА незаменимо.

Экологические последствия аварий на магистральных газопроводах значительно меньше, но угроза для населения в этом случае значительно выше. Пожар двух встречных поездов после взрыва газа 4 июня 1989 г. стал одной из самых страшных техногенных катастроф, унеся более 600 жизней.

Трубопроводы тянутся на десятки и сотни километров по труднодоступным местам, где зачастую нет доступа наземной технике. Долгое время единственными доступными методами контроля удаленных объектов были пешие обходы и использование пилотируемой авиации. Компании, занимающиеся добычей и транспортировкой нефтепродуктов, в первую очередь интересуют возможность минимизировать связанные с эксплуатацией экономические и экологические риски. Инциденты на опасных объектах отрасли грозят серьезным ущербом и катастрофическими последствиями для окружающей среды. К тому же, нефтепроводы весьма притягательны для желающих незаконно присвоить некоторую долю транспортируемого по ним «черного золота».

Среди основных задач, решаемых с помощью БПЛА, можно выделить следующие:

- регулярный мониторинг трубопроводов, в том числе обследование участков перехода через водные преграды и железнодорожные переходы;
- обследование околотрубного пространства;

- оперативное обнаружение разливов нефти;
- поддержание надежности работы напорных трубопроводов;
- выявление несанкционированного отбора нефти из трубопроводных магистралей;
- обнаружение посторонних лиц в охраняемых зонах;
- контроль проведения работ на объектах;
- оценка технического состояния трубопроводов, обнаружение повреждений;
- в случае необходимости БПЛА ZALA могут использоваться для мониторинга аварийных и нештатных ситуаций, а также для координации наземных групп, исключая при этом риск нахождения людей на месте происшествия;
- координация действий наземных групп в случае возникновения ЧС.

Следует отметить, что большинство компаний нефтегазового комплекса уже начали использование БПЛА для контроля трубопроводов, но пока не обобщили технологию применения дронов в своей отрасли в отличие от ПАО ФСК ЕЭС. Можно предположить, что такой документ скоро появится.

Представляется необходимым Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации принять сходный норматив, предусматривающий сбор, обработку и хранение информации, полученной с помощью дронов, на всей территории России. Например, при контроле с помощью дронов состояния линий электропередач, трубопроводов, автомобильных и железнодорожных магистралей (особенно на этапе их строительства), а также нерестилищ и заповедных территорий с целью борьбы с браконьерством одновременно можно получить много важной для экологии информации. Сейчас, повторимся, данные аэросъемки зачастую просто стираются и для экологов в любом случае фактически недоступны. Такая информация должна в обязательном порядке передаваться региональным экологическим организациям и храниться там для отслеживания динамики состояния природных ландшафтов.

Кроме того, для выполнения такой работы необходимо разработать соответствующее программное обеспечение. Создание универсальных геоинформационных и экологических программ для БПЛА – важный сегмент современного мирового рынка. Беспилотные средства относятся к категории товаров, экспорт которой из России запрещен законом. Аналогичная ситуация есть и в некоторых других странах, где существуют таможенные ограни-

чения на импорт или экспорт данных аппаратов. Однако это не относится к большей части соответствующих программных продуктов.

Важно подчеркнуть, что для оптимизации использования дронов нет необходимости в дополнительном финансировании, речь идет о сугубо организационных и административных мероприятиях. Стоимость как самих дронов, так и расхо-

ды на их эксплуатацию будут неизбежно снижаться. Однако в обозримом будущем потребность в данных «эко-дронов» будет неизбежно опережать реальные возможности экологов. Поэтому доступ к дополнительной информации, попутно полученной БПЛА, выполняющих другие задачи, позволит существенно расширить возможности природоохранных мероприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Small unmanned aerial vehicles (micro-UAVs, drones) in plant ecology / M. B. Cruzan, B. G. Weinstein, M. R. Grasty, B. F. Kohn, E. C. Hendrickson, T. M. Arredondo, P. G. Thompson // Appl. in Plant Sciences. 2016. № 4(9). Apps. 1600041.

2. Morgan J. L., Gergel S. E., Coops N. C. Aerial photography: A rapidly evolving tool for ecological management. *BioScience* 60. 2010. P. 47–59.

3. Seasonal variation in spectral signatures of five genera of rainforest trees / M. Papes, R. Tupayachi, P. Martínez, A. T. Peterson, G. P. Asner, G. V. N. Powell // IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 6. 2013. P. 339–350.

4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении порядка организации и осуществления государственного лесопатологиче-

ского мониторинга» от 4 авг. 2015 г. № 340. URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/16m>.

5. Проект Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ «О внесении изменений в приказ Минприроды России от 25.12.2014 № 573 „Об установлении порядка представления отчета об использовании лесов и его формы, требований к формату отчета об использовании лесов в электронной форме“» (подготовлен Минприроды России 10.11.2016). URL: [www.garant.ru/products/ipo/doc/56591660](http://www.garant.ru/products/ipo/doc/56591660).

6. Приказ ПАО «ФСК ЕЭС» «Методические указания по применению беспилотных летательных аппаратов для обследования воздушных линий электропередачи и энергетических объектов» от 09.12.2016 № 45. URL: [www.fsk-ees.ru/about/standards\\_organization/?sphrase\\_id=804689](http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/?sphrase_id=804689).

---

A. V. Chramov, A. A. Ermolaev, A. I. Shalashova, L. V. Kontrosh  
*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»*

## POSSIBILITIES OF ENVIRONMENTAL MONITORING WITH UAV USE IN RUSSIA

*Unmanned civil aircraft (UAV) in Russia are increasingly used in practice in many industries and construction. However, their application to solve environmental problems is limited by a relatively high cost of operation and is most often associated with emergencies (forest fires, floods, pollution of territories with oil products, etc.). Meanwhile, UAVs are indispensable for monitoring the environmental situation in the country. It is possible to use the data obtained with the help of UAV in the performance of other tasks to assess the ecological situation: control of the state of high-voltage power transmission, topographic surveying, construction of automobile and railway highways, etc. At present, these data are often not even preserved.*

**Unmanned aerial vehicles, eco-drones, ecological monitoring, remote monitoring**

---