

УДК 574.08:681.78:629.52.7

Жукаускас С. В.¹, Сметанін К. В.²¹Министерство экологии и природных ресурсов Украины, Киев²Житомирский военный институт имени С.П.Корольова, Житомир

СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБРАЩЕНИЯ С ОПАСНЫМИ ОТХОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье с использованием информации о беспилотных летательных аппаратах проанализированы возможности этих аппаратов осуществлять экологический мониторинг обращения с опасными отходами. Рассматривается возможность установки на беспилотные летательные аппараты специализированной аппаратуры для экологического контроля за состоянием воздуха, грунта, морской и речной поверхности вокруг техногенно опасных объектов. Предлагается использование беспилотных летательных аппаратов для ликвидации экологических угроз и рисков.

Ключевые слова: *аппаратура экологического мониторинга, беспилотный летательный аппарат, опасные отходы, техногенно опасные объекты, экологический мониторинг*

Введение. По данным «Национального доклада про состояние окружающей природной среды в 2016 году» нынешнюю экологическую ситуацию на территории Украины в целом можно охарактеризовать как напряженную. Существующий уровень экологической безопасности в основном обусловлен чрезвычайно высокой техногенной нагрузкой на территории Украины [1].

Низким сегодня остается уровень применения инновационных, ресурсосберегающих и природоохранных технологий, включая и технологии переработки, утилизации и уничтожения отходов. Накопление отходов стало одним из самых весомых факторов загрязнения окружающей среды, негативного воздействия на все его компоненты. Поэтому ограничение объемов образования отходов, расширение сферы, связанной с их утилизацией, обезвреживанием и экологически безопасным удалением и последовательным уменьшением их накоплений должны стать одними из важнейших задач [1,2]. Атомные электростанции является одним из крупнейших производителей радиоактивных отходов. На площадках атомных электростанций осуществляется их первичная переработка и временное хранение. Основная нагрузка на окружающую среду в промышленном секторе оказывают предприятия химической, металлургической, горнодобывающей отраслей и электроэнергетики. Потенциально экологически опасные объекты, внезапное возникновение чрезвычайных ситуаций, на которых могут нанести существенный экологический ущерб, составляют значительный удельный вес в структуре промышленности государства. Основными источниками их загрязнения являются сельское хозяйство, промышленность и транспорт. Отдельную проблему составляет крупномасштабное нефтехимическое загрязнение подземных вод и почв [2].

Аварии на промышленных предприятиях и связанная с ними проблема предупреждения ухудшения экологической обстановки главным образом вызваны низким уровнем безопасности производства, недостаточной подготовкой кадрового ресурса, устаревшими технологиями или недостаточным обеспечением выполнения технологических регламентов и т.п. В результате промышленных аварий возникают антропогенные изменения экосистем, которые долгосрочно влияют на здоровье и благосостояние людей, а также состояние природной среды. Совершенствование системы обеспечения экологической безопасности, существующей в Украине, должна сегодня стать одним из приоритетных направлений государственной политики на основе системного анализа, с учетом процессов трансформации в экономике и государственном управлении.

Главной задачей на ближайшую перспективу является минимизация уровня антропогенного воздействия на окружающую среду. При этом замена технологий и техническое переоснащение предприятий требует значительных капиталовложений. Основными угрозами в экологической сфере сегодня являются: [1,2]:

- значительное антропогенное нарушение и техногенная перегруженность территории Украины, рост рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характеров, особенно в зоне проведения АТО на Донбасе;

- нерациональное, изнурительное использование минерально-сырьевых природных ресурсов как возобновляемых, так и невозобновляемых;

- негативные социально-экологические последствия Чернобыльской катастрофы;

- ухудшение экологического состояния водных бассейнов, обострение проблемы трансграничных загрязнений и качества воды;

- обострение техногенного состояния гидротехнических сооружений каскада водохранилищ на р. Днепр;

- неэффективность мер по преодолению негативных последствий и другой экологически опасной деятельности;

- усиление влияния вредных генетических эффектов в популяциях живых организмов, в том числе генетически измененных организмов, и биотехнологий;

- устарелость и недостаточная эффективность комплексов по утилизации токсичных и экологически опасных отходов.

В 2015 году в промышленном комплексе Украины функционировало около 1000 объектов, на которых хранились или использовались в производстве опасные химические вещества в количестве более 219 тыс. тонн (в частности, около 4 тыс. тонн хлора, 117 тыс. тонн аммиака и около 99 тыс. тонн других опасных химических веществ). Среди этих объектов наиболее опасны объекты по производству взрывчатых веществ и утилизации непригодных боеприпасов; предприятия химической и нефтеперерабатывающей промышленности; объекты, использующие хлор и аммиак (холодильные установки, установки по очистке воды и т.п.), склады пестицидов и агрохимикатов, аммиакопроводы. Наибольшее количество химически опасных объектов находится в Донецкой, Днепропетровской, Луганской, Харьковской областях. Всего в зонах возможного химического заражения потенциально опасных объектов проживает значительная часть населения Украины. Наибольшее количество химически опасных объектов сосредоточено в Донецкой, Днепропетровской, Луганской и Харьковской областях [1]. Как показывает практика, для правильной организации управления качеством окружающей природной среды необходимым условием является формирование полноценной системы мониторинга [2-5].

Система мониторинга окружающей среды рассматривается как система наблюдений, сбора, обработки, передачи, сохранения и анализа информации о состоянии окружающей среды, прогнозирования его изменений и разработки научно обоснованных рекомендаций для принятия решений о предотвращении негативных изменений состояния окружающей среды и соблюдения требований экологической безопасности. С помощью системы мониторинга выявляются критические ситуации, выделяются критические факторы воздействия и наиболее чувствительны к воздействию элементы биосферы [74].

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ литературы показал, что на

сегодняшний день разработано различные методы, механизмы, принципы и методики определения состояния окружающей среды при проведении экологического мониторинга с использованием аэрокосмических технологий.

Это подтверждается проведенными исследованиями и трудами в области применения аэрокосмических технологий для задач экологии и природопользования таких ученых, как Азаров С.И., Аверин Г.В., Белявский Г.О., Богомья В.И., Бондар А.И., Бугор А.Н., Бусыгин Б.С., Ващенко В.Н., Волошин В.И., Востоков А.Б., Вульфсон Л.Д., Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Гонин Г.Б., Горбулин В.П., Горелов В. А., Гош С.К., Гречищев А.В., Гришин Ю.И., Драновский В.И., Емец Н.А., Завалишин А.П., Зубова Л.Г., Кац Я.Г., Козлов Н.П., Копачевский И.М., Костюченко Ю.В., Котляр О.Л., Кохан С.С., Красовський Г.Я., Лебедев А.А., Лихачов Ю.А., Лялько В.И., Машков О.А., Мокин В. Б., Мосов С.П., Нестеренко О.П., Пашков Д. П., Петрук В.Г., Петросов В.А., Попов М.О., Присяжний В.И., Ребрин Ю.К., Рудько Г.И., Сахацкий А.И., Соколов Ю.Н., Станкевич С.А., Стрельцов В. А., Тарарико О.Г., Федоровський А.Д., Ходоровский А.Я., Чандра А.М., Чумаченко С.Н., Шапар А.Г., Шмандий В.М., Шматков Г.Г., Яцкив Я.С. и др.

Одним из перспективных методов проведения экологического мониторинга является дистанционный, который базируется на основе комплексного использования космических, воздушных и подвижных наземных комплексов наблюдения систем наблюдения. В качестве воздушных комплексов рассматриваются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) [6-14].

Формулирование цели статьи. Цель статьи заключается в систематизации направлений и подходов по использованию беспилотных летательных аппаратов для осуществления экологического мониторинга при обращении с опасными отходами путем установки на эти аппараты специализированной аппаратуры экологического контроля (за состоянием воздуха, грунта, морской и речной поверхности) вокруг техногенно опасных объектов с целью ликвидации экологических угроз и рисков.

Изложение основного материала. Система мониторинга должна в информационном плане обеспечить организацию необходимых информационных потоков и улучшить наблюдение за основными процессами и явлениями в биосфере. Для принятия рациональных управленческих решений необходимым условием является наличие качественного информационного обеспечения по динамике различных показателей, характеризующих состояние окружающей среды. Согласно концепции SCOPE (с англ. - Научного комитета по проблемам окружающей среды)

систему повторных наблюдений одного и более компонентов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и согласно предварительно подготовленной программой было предложено называть мониторингом. Термин «мониторинг» (от латинского *monitor* - тот, кто наблюдает) возник перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 5-16 июня 1972). Основные элементы мониторинга как системы, впервые описаны в работе Р. Манна (R. Mann, 1973).

Формированию научных основ современного мониторинга окружающей среды были посвящены работы академика И. П. Герасимова (Герасимов, 1975, 1976) и профессора Ю. А. Израэля (Израэль, 1984), в которых разработаны основные принципы формирования системы экологического мониторинга, а также частично отражены международные аспекты глобальной системы мониторинга. Профессор Ю. А. Израэль считал, что термин «мониторинг» появился в противовес термину «контроль», который включал не только наблюдения и получения информации, но и элементы активных действий, то есть элементы управления (*control* - на английском означает как контроль, так и управления). В нашей научно-технической литературе термин «контроль» предусматривает только получение и анализ информации и не предусматривает активные действия.

Мониторинг окружающей среды в современном понимании можно рассматривать как аналитически-информационную систему, которая охватывает следующие основные направления: наблюдение за состоянием окружающей среды и по факторам, которые влияют на отдельные элементы окружающей среды; оценка и анализ фактического состояния всех составляющих окружающей среды; прогнозирование состояния окружающей среды и оценки этого состояния; обеспечение научно-информационной поддержки принятия управленческих решений.

Сегодня сформировалась идеология, что БПЛА — это летательный аппарат, который предназначенной для полета без экипажа на борту. Ранее эти аппараты объединяли понятием беспилотной авиации - самолеты, управления (пилотирования) которых осуществляется без пилота, с помощью приборов различных систем, средствами радио (радиолокации, телевидения) подают команды на автопилот. При этом предусматривается, что элементы системы управления содержатся вне самолета и могут быть на земле, на воде и в воздухе, на месте старта, на маршруте полета. В зависимости от принципа управления, БПЛА экологического мониторинга подразделяются на: беспилотные неуправляемые; беспилотные автоматические; беспилотные дистанционно-пилотируемые летательные аппараты.

БПЛА экологического мониторинга принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полета. Выделяют следующие классы аппаратов:

1. «Микро» (условное название) - массой до 10 килограмм, время полета около 1 часа и высотой до 1 километра.

2. «Мини» - массой до 50 килограммов, временем полета несколько часов и высотой 3-5 километров.

3. Средние («миди») - до 1000 килограммов, временем 10-12 часов и высотой до 9-10 километров.

4. Тяжелые - с высотами полета до 20 километров и временем полета 24 часа и более.

Для определения координат и земной скорости современные БПЛА, как правило, используют спутниковые навигационные приемники (GPS или ГЛОНАСС). Углы ориентации и перегрузки определяются с использованием гироскопов и акселерометров. В качестве управляющей аппаратуры, как правило, используются специализированные вычислители на базе цифровых сигнальных процессоров или компьютеры формата PC / 104, MicroPC под управлением операционных систем реального времени (QNX, VME, VxWorks, XOberon). Программное обеспечение пишется обычно на языках высокого уровня, таких как Си, Си ++, Модула-2, Оберон SA или Ада95. Для передачи на пункт управления видеоданных, полученных с бортовых сенсоров БПЛА используется радиопередатчик, обеспечивающий радиосвязь с приемным оборудованием. В зависимости от формата изображений и степени их сжатия пропускная способность цифровых радиолиний передачи данных может составлять единицы-сотни Мбит/с. Кроме радиопередатчика, в состав бортовых радиосредств БПЛА должны входить приемник команд управления, а также передатчик служебного (телеметрической) информации.

БПЛА экологического мониторинга обычно применяют для решения широкого круга задач, выполнение которых пилотируемыми летательными аппаратами по разным причинам нецелесообразно. Такими задачами являются: мониторинг воздушного пространства, земной и водной поверхности; экологический мониторинг; мониторинг обращения с опасными отходами. С этой целью в статье приведены результаты анализа возможности использования существующих БПЛА для экологического мониторинга обращения с опасными экологическими отходами.

Существующие дистанционные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды основаны на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществлять взаимодействия с контролируемым объектом и переносить полученную информацию к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором

информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля. Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные и активные. В первом случае осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля, во втором производится приём отражённых, прошедших или переизлученных зондирующих полей, созданных источником.

Неконтактные методы наблюдения и контроля представлены двумя основными группами методов: аэрокосмическими и геофизическими. Основными видами аэрокосмических методов исследования являются оптическая фотосъёмка, телевизионная, инфракрасная, радиотепловая, радиолокационная, радарная и многозональная съёмка. Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лазерных методов.

Вначале радиоволны были использованы для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем сантиметровые волны применили для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы. Область использования радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объёмами воздушной среды (около 1–2 км в радиусе) и допускает их функционирование в наземных условиях и на борту воздушных судов. Одной из причин появления отражённого акустического сигнала являются мелкомасштабные температурные неоднородности, что позволяет контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

Принцип лазерного зондирования заключается в том, что лазерный луч рассеивается молекулами, частицами, неоднородностями воздуха; поглощается, изменяет свою частоту, форму импульса, в результате чего возникает флюоресценция, которая позволяет качественно или количественно судить о таких параметрах воздушной среды, как давление, плотность, температура, влажность, концентрация газов, аэрозолей, параметры ветра. Преимущество лазерного зондирования заключается в монохроматичности, когерентности и возможности изменять спектр, что позволяет избирательно контролировать отдельные параметры воздушной среды. Главный недостаток – ограниченность потолка зондирования атмосферы с Земли влиянием облаков.

Основными методами неконтактного контроля природных вод являются радиояркой, радиолокационный, флюоресцентный. Радиояркой метод использует диапазон зондирующих волн от видимого до метрового для одновременного контроля волнения, температуры и солёности.

Радиолокационный (активный) метод заключается в приёме и обработке (амплитудной, энергетической, частотной, фазовой, поляризационной, пространственно-временной) сигнала, отражённого от взволнованной поверхности.

Для дистанционного контроля параметров нефтяного загрязнения водной среды (площадь покрытия, толщина, примерный химический состав) используется лазерный отражательный, лазерный флюоресцентный методы и фотографирование в поляризованном свете. Флюоресцентный метод основан на поглощении оптических волн нефтью и различии спектров свечения легких и тяжелых фракций нефти. Оптимальный выбор длины возбуждающей волны позволяет по амплитуде и форме спектров флюоресценции идентифицировать типы нефтепродуктов. Геофизические методы исследований применяются для изучения состава, строения и состояния массивов горных пород, в пределах которых могут развиваться те или иные опасные геологические процессы. К ним относятся: магниторазведка, электроразведка, терморазведка, визуальная съёмка (фото-, теле-), ядерная геофизика, сейсмические и геоакустические и другие методы.

Аэрокосмические (дистанционные) методы экологического мониторинга включают систему наблюдения при помощи самолетных, аэростатных средств, спутников и спутниковых систем, а также систему обработки данных дистанционного зондирования. В статье рассматриваются особенности экологического мониторинга окружающей среды с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Рекомендуемые типы БЛА мониторинга обращения с опасными экологическими отходами

В статье рассматриваются некоторые типы БПЛА взлетным весом от 5-ти до 150 кг, которые могут быть рекомендованы для экологического мониторинга обращения с опасными отходами.

1. R-100 — система воздушного мониторинга



Рис. 1. Старт БПЛА

R-100 может выполнять экологический мониторинг в реальном времени днем, ночью, в условиях плохой видимости или ее полного отсутствия (рис. 1). На борту устанавливаются специальная аппаратура, дневные видеокамеры или сканеры. Видеоинформация и телеметрия передается на пункт управления (или другим пользователям) в реальном времени или

записывается на борту. Полеты могут выполняться по программе, или в режиме дистанционного управления оператором. Время подготовки аппарата R-100 к полету не более 5 минут. Взлет- с грунтовой площадки, с

катапульты. Посадка- на грунтовую площадку, с парашютом (аварийная). Допустимый боковой ветер при взлете - 10 м/сек. Длина стартовой катапульты - 3-6 м. Посадочная сетка-ловушка 2,5 x 6м. Габариты 1,8 x 1,4 м.

Технические характеристики **R-100**

Двигатель	Один цилиндр 2,5 л.с.	Два цилиндра 3,5 л.с.	Один цилиндр 7 л.с.	Два цилиндра 14 л.с.
Продолжительность полета(час), до	4	3	2	2
Заправка (кг),	до 4	до 6	до 8	до 9
Полезная нагрузка (кг)	3	5	8	10
Скорость (км/ч)	45-190	50-220	60-290	70-400
Макимальный взлетный вес (кг)	14	18	25	35
Макс. высота полета (м)	2500	3000	4000	5000

2. R-400 система воздушного мониторинга

R-400 может выполнять экологический мониторинг в реальном времени и применяться днем, в том числе и в условиях плохой видимости. Полеты могут выполняться по программе, или в режиме дистанционного управления оператором. Время подготовки R-400 к полету 20 минут. Предусмотрена установка специализированного оборудования,

различных видео или фотокамер, тепловизора. Компоновка самолета и увеличенные объемы аппаратурного отсека позволяют устанавливать оборудование для мониторинга обращения с опасными отходами. Взлет - с катапульты или по самолетному с площадки 10x50 м. Посадка - на площадку 10x50 м. Допустимый ветер при взлете - 10 м/сек. Длина стартовой катапульты - 4 м.

Технические характеристики **R-400** :

Силовая установка	2-х цилиндровый 3,5 л.с.	1 цилиндровый 6 л.с.
Размах крыла (м.)	2,5	2,5
Длина	1,8	1,8
Продолжительность полета (час)	4	7
Заправка (кг)	до 5	до 15
Полезная нагрузка (кг)	6	10
Скорость (км/час)	50-150	60-200
Максимальный взлетный вес (кг)	16	35
Макс. высота полета (м)	2500	4000

3. R-600 система радиационного мониторинга

Система дистанционного радиационного мониторинга "P- 600 АСПЕК" целесообразно использовать для комплексной оценки радиационной обстановки окружающей среды.

Система "АСПЕК" была создана в рамках выполнения Государственной Программы: "Комплексное картирование техногенного радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС".

Данная экспертная система обеспечивает радиационный дистанционный мониторинг, дистанционное выявление источников радиоактивности малой интенсивности с визуализацией их пространственного

распределения и идентификации изотопного состава по спектру гамма-излучения.

"P-600 АСПЕК" - комплексная многофункциональная система, созданная на основе современных инструментальных и информационных технологий. Система позволяет в режиме реального времени регистрировать уровни радиоактивного загрязнения местности, получать конечную (в виде карты) информацию о характере распределения на поверхности радиоактивных веществ с высокой пространственной разрешающей способностью и чувствительностью до 0,01 Ки/км на высоте 100 м. на борту беспилотного летательного аппарата. Система "P-600 АСПЕК" может использоваться как для фонового так и кризисного мониторинга.

Фоновый мониторинг предусматривает: поиск и определение точного местоположения

локальных радиоактивных пятен (или точечных источников) гамма-излучения, определение их типа и активности; выявление радиоактивно загрязненных участков земель и водоемов, определение их границ; ведение базы данных радиоактивных могильников с использованием элементов географической информационной системы; проведение экспертизы и определение эффективности мероприятий по дезактивации местности; проведение инспекции ядерных могильников, ядерных технологий; периодический контроль радиационной обстановки в местах расположения санкционированных и несанкционированных "могильников", хранения ядерных материалов.

Кризисный мониторинг предусматривает: осуществление оперативного контроля за развитием радиационной обстановки при аварийной ситуации в местах захоронения радиоактивных материалов с целью оценки масштабов распространения радиоактивного загрязнения и предсказания их последствий для региона в целом (с учетом гидрометеорологических и других факторов, влияющих на протекание процессов распространения радиационного загрязнения); организацию контроля за радиационной обстановкой в послеаварийный период с целью уточнения распространения радиоактивного пятна, выявления эффективности проводимых мер по дезактивации местности, прогнозирования границ и сроков нормализации радиационной обстановки. Предусматривается, что беспилотный летательный аппарат Р-600 пролетает над обследуемой территорией галсами. Сетка выглядит как прямоугольник со стороной 250 м, для крупномасштабной карты - 2 км (за счет основных и дополнительных меридиональных маршрутов), достаточный для получения наперед заданной подробности. Скорость полёта может варьироваться от 50 до 150 км/час. Высота полета от 50 до 300 м. Информация ежесекундно фиксируется в бортовой ЭВМ. Многоканальный анализатор на базе детектора NaI(Tl) регистрирует энергию излучения в диапазоне 60 кэВ - 3000 кэВ по характерным гамма-линиям. Окончательная обработка и построение карты происходит на наземной станции. По "идеологии" построения - "Р-600 АСПЕК" это система нового поколения с использованием геоинформационной системы и глобальной спутниковой системой навигации.

В режиме реального времени система способна обеспечить радиационный мониторинг территорий с высокой пространственной разрешающей способностью и получением информации непосредственно на борту летательного аппарата.

Р-600 АСПЕК" состоит из двух комплексов - бортового и наземного. Бортовой комплекс включает:

- гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного детектора объемом от 4,5 до 25 литров (поставка в зависимости от типа летательного аппарата), специализированной мультипроцессорной системы первичной обработки информации. Установочное оборудование детектора позволяет изменять угол обзора поверхности земли от 50 до 150 градусов для выбора оптимального пространственного разрешения в различных условиях полетов;

- систему навигации и топопривязки, включающую в себя спутниковую навигационную систему Навстар и высотомер. Система предназначена для определения местонахождения беспилотного самолёта с точностью 10 м и его высоты полета над землей (± 1 м);

- вычислительный комплекс, предназначенный для оперативного контроля и управления приборами. Комплект программ обеспечивает контроль оперативной обстановки и состояния оборудования (суммарные дозы, ландшафты, карту местности, в которой производится съемка, координаты и высоту полета и т.д.).

Наземный мобильный пусковой комплекс предназначен для обработки и визуализации полученной информации. Программы обработки принимают полученную в процессе полета информацию, производят ее преобразование (учет ландшафта, высоты полета), вычисление координат Гаусса-Крюгера участка измерения. На следующем этапе производится интерполяция полученных данных внутри одного участка, осреднение и их экстраполяция на участки, приходящиеся на цикл передачи данных в бортовой компьютер. Полученные данные являются исходными для отображения результатов измерений на дисплее и графопостроителе. Они же используются для восстановления поля загрязнения в узлах сетки и построения карты изолиний.

Наземный стационарный пункт предназначен для отображения графической информации в виде карт.

Наземный комплекс предназначен для обработки получаемых на съёмных жёстких носителях информации данных бортового комплекса, накопления информации и отображения ее в виде карт и таблиц. Наземный комплекс производит анализ входных данных, рассчитывает концентрации и мощности доз по хранящимся калибровочным данным, производит анализ на наличие локальных источников, строит карты изолиний концентраций радиоактивных элементов исследуемого района.

Технические характеристики **R-600**:

Размах крыла	3,4м
Длина	2,4м
Дальность беспосадочного полета	700км
Продолжительность полета	5ч
Скорость полета	70-200 км/ч
Максимальная высота	3000м
Двигатель-поршневой, 2-х.тактный, 2-х цилиндровый, рабочий объем 210см ³ , мощность	22 л.с.
Расход топлива	4,5 л/ч
Взлет по самолетному или с катапульты. Посадка-парашютирование или по самолетному на малую грунтовую площадку.	
Кол-во видеотерминалов (в т.ч. ночных)	1-3 шт.
Взлетный вес	85 кг
Полезная нагрузка, до	25 кг
Транспортировка - до двух самолетов в мобильной наземной станции на базе микроавтобуса.	

4. БПЛА ХАИ-112, БПЛА «Бекас»

Аппарат ХАИ-112 входит в состав многоцелевого беспилотного авиаконкомплекса «Сапсан», предназначенного для круглосуточного воздушного наблюдения в реальном масштабе времени. Аппарат способен обеспечить выполнение следующих задач экологического мониторинга: мониторинг территориальных вод; контроль за состоянием нефтегазопроводов и линий электропередач; мониторинг объектов природно-заповедного фонда и техногенно опасных объектов. Взлетная масса аппарата 60 кг, радиус его действия составляет 120 км, масса полезной нагрузки – 15 кг, практический потолок – 4000 м, максимальная скорость полета – 180 км/ч.

БПЛА «Бекас» имеет вес 20 кг и радиус действия 60 км. Этот аппарат также может использоваться для экологического мониторинга.

5. Переносной комплекс воздушного наблюдения «Ремез-3»

Комплекс может использоваться для ведения телевизионного наблюдения местности в реальном масштабе времени. Все элементы комплексы в транспортировочном состоянии упаковываются в три контейнера массой не более 15 кг каждый. Размеры контейнеров 1х0,4х0,4м. Малые размеры аппарата обусловлены оригинальной компоновкой. БПЛА «Ремез-3» выполнен по схеме «утка» с коротким фюзеляжем в виде эллиптического тела вращения и толкающим воздушным винтом, установленном в кольце. Такая аэродинамическая схема, а также силовая установка на основе поршневого двигателя Д-23 мощностью 2,5 л.с. обеспечивают аппарату широкий диапазон скоростей – от 58 до 105 км/ч. Длина аппарата составляет 0,78 м, размах крыла – 2 м, а масса всего 10 кг. При этом масса полезной нагрузки составляет 3 кг, радиус действия «Ремез-3» – 5 км, а максимальное время пребывания в полете – 1 час. Взлет аппарата

может производиться как самолетным способом, так и с помощью механической катапульты оригинальной конструкции, посадка – под парашютом.

6. Мобильный комплекс воздушного наблюдения «Альбатрос-4К»

Комплекс разработан КБ «Взлет». Для БПЛА «Альбатрос-4К» была выбрана классическая аэродинамическая схема свободносущего моноплана с толкающим винтом. Крыло большого удлинения обеспечивает высокое аэродинамическое качество и достаточные характеристики устойчивости самолета как с работающим, так и с остановленным двигателем. Взлет БПЛА «Альбатрос-4К» производится по самолетному или с катапульты, посадка – при помощи парашютной системы, с принудительным выбросом купола. Полет выполняется по командам оператора, при этом текущее местоположение и параметры траектории аппарата определяются приемником GPS-35 спутниковой системы навигации NAVSTAR и передаются на монитор ПК, входящий в наземный комплекс управления. Видеокамера для наблюдения местности установлена на качающейся платформе, способной отклоняться в двух плоскостях по командам оператора. Это позволяет осматривать объекты в стороне от траектории полета без изменения курса, а также сопровождать выбранную цель в пределах видимости. Эксплуатация опытной серии БПЛА «Альбатрос-4К» подтвердила высокую ремонтпригодность аппарата и возможность установки на нем специализированного оборудования экологического мониторинга.

7. БПЛА Vel-100, Vel-400 u Vel-600

В Киеве разработкой и изготовлением беспилотных аппаратов занимается Украинская авиационная компания «Велес», тесно

сотрудничающая в сфере создания и продвижения на мировой рынок украинских БПЛА с «Укринмаш» – дочерним предприятием Государственной компании «Укрспецэкспорт». Конструкторским бюро УАК «Велес» разработаны три типа БПЛА – Vel-100, Vel-400 и Vel-600, предназначенные для информационного мониторинга или хозяйственных работ в сложных условиях, а также беспилотный прототип малого 2–7-местного самолета с вертикальным взлетом (легко модернизирующегося в БПЛА). «Велес» имеет практический опыт применения аппаратов Vel-100 в сельском хозяйстве: с их помощью над полями распылялись экологически чистые средства борьбы с насекомыми. На сегодняшний день построена опытная серия из 8-ми БПЛА этого типа. Модификация Vel-100 с четырнадцатисильным двухцилиндровым двигателем способна развивать скорость до 380-400 км/ч, а потолок высоты может достигать 6000 м, что позволяет использовать аппарат в качестве низкоскоростной мишени для отработки стрельб ПВО (в том числе боеприпасами инфракрасного наведения). Взлетная масса БПЛА Vel-100 в базовой комплектации составляет 14 кг, а полезная нагрузка – 5 кг. Эти показатели, в зависимости от мощности устанавливаемого двигателя, могут возрастать до 32 и 10 кг соответственно; скоростные характеристики различных версий Vel-100 варьируются от 55 до 400 км/ч, а длительность полета – от 2 до 5 часов. Планер Vel-100 выполнен по схеме «летающее крыло». Разработана также морская версия комплекса БПЛА Vel-100 – Velmarina-100, предназначенная для морского базирования на катерах экологического патруля. При этом взлет и посадка аппарата может производиться на катер, находящийся в движении.

В других разработках УАК «Велес» – БПЛА серии Vel-400 и Vel-600 – использована более традиционная схема компоновки планера, представляющая собой высокоплан с толкающим винтом, расположенным позади крыла. Аппараты, имеющие идентичную конструкцию и схожие технические характеристики, различаются только своими размерами. Размах крыла Vel-400 и Vel-600, в зависимости от массы полезной нагрузки, может составлять от 3 до 5 м для первой модели и от 5 до 7 м – для второй; максимальная скорость – до 180 км/ч; максимальный взлетный вес аппарата – 75-125 кг; полезная нагрузка – до 25-65 кг, практический потолок высоты – 4000 м, продолжительность полета – 5-9 часов. Существует модификация БПЛА Vel-400 с увеличенной продолжительностью полета – до 12-ти часов. Возможность установки на аппарат Vel-600 специального оборудования позволяет ему, кроме выполнения обычных для БПЛА функций, выявлять ультрамалые источники радиоактивности и составлять карту

загрязненных районов. Vel-600 также может быть оборудован тремя бортовыми видеотерминалами.

8. БПЛА «Беркут»

БПЛА «Беркут» — разработка украинского научно-исследовательского института проблем физического моделирования режимов полета самолетов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского (НИИ ПФМ ХАИ). БПЛА «Беркут» - может использоваться для решения широкого круга задач, связанных с экологическим мониторингом. Беспилотник имеет радиус действия до 200 км при работе в реальном масштабе времени, 350 км — с использованием воздушного ретранслятора и 700 км – с использованием бортовых регистраторов результатов наблюдения.

БПЛА «Беркут» может использоваться для решения следующих задач экологического мониторинга: мониторинг акваторий, речных массивов, территориальных вод и объектов природно-заповедного фонда; мониторинг техногенно опасных объектов; экологический контроль состояния автомобильных и железнодорожных магистралей; контроль состояния нефтегазопроводов и линий электропередач.

Технические характеристики БПЛА «Беркут»: максимальная взлетная масса – 60- кг; масса полезной нагрузки - 625 кг; практический потолок - 5000 м; максимальная скорость полета - 210 км/ч; крейсерская скорость полета - 150 км/ч; продолжительность полета - 10 ч; радиус действия - 200 км; размах крыла - 6,4 м; длина - 4,0 м.

В состав комплекса «Беркут» входит: четыре БПЛА в транспортных контейнерах; наземная станция управления со средствами радиосвязи; наземный приемопередающий терминал радиолинии передачи данных; пульт управления взлетом-посадкой БЛА «Беркут-1»; пневмокатапульта для запуска БПЛА «Беркут-2»; комплект средств технического обслуживания; четыре грузовых автомобиля для размещения и транспортировки комплекса. БПЛА «Беркут» выполнен из композиционных материалов и алюминиевых сплавов. Беспилотник оснащен поршневым или роторным двигателем мощностью 38- 45 л.с. (в зависимости от модификации). Бортовая система управления позволяет выполнять полет в автономном режиме по запрограммированным точкам маршрута (с использованием аппаратуры спутниковой навигации) и/или в режиме дистанционного управления с земли.

БПЛА «Беркут-1», «Беркут-1Р», «Беркут-1Т» оснащены трехколесным шасси для взлета и посадки, а также аварийной парашютной системой. Запуск — с пневмокатапульта, а посадка — под парашютом.

9. «Кажан» Мобильный комплекс беспилотного воздушного мониторинга

Комплекс может использоваться для экологического мониторинга протяженных объектов в дневное и ночное время. Не нуждается во взлетно-посадочных полосах. Автономный полет и навигация на маршруте. На базе автомобилей высокой проходимости. Высоконадежные способы взлета и посадки. Защищенные каналы передачи данных Простой в работе и в обслуживании.

Технические характеристики комплекса «Кажан»: радиус действия 70 км; продолжительность полета 4 ч; крейсерская скорость полета 110 км/ч; потолок 4000 м; максимальный взлетный вес 20 кг; вес целевой нагрузки 3 кг; размах крыла 3 м; длина самолета 2,3 м.

10. Кажан-2 Мобильный комплекс беспилотного воздушного мониторинга

Комплекс может использоваться для мониторинга объектов природно-заповедного фонда и техногенно опасных объектов. Комплекс предусматривает автономный полет и навигация на маршруте, возможность изменения программы полета, передачу результатов мониторинга в реальном масштабе времени.

Технические характеристики комплекса «Кажан-2»: радиус действия 10 км; продолжительность полета 40 мин; крейсерская скорость полета 80 км/ч; потолок 4000 м; максимальный взлетный вес 3 кг; вес целевой нагрузки 0,5 кг; размах крыла 1,4 м; длина самолета 1 м.

Следует отметить, что многие новейшие разработки, а также опытные образцы украинских «беспилотников» по своим характеристикам, качеству и цене значительно лучше своих иностранных аналогов. По словам независимых американских экспертов в сфере разработки

летательных аппаратов, посетивших украинские предприятия по созданию БПЛА, уровень аэродинамического совершенства у украинских БПЛА «Проект 21», «Сова», «Стрепет», «MRS «P-100» и других намного лучше БПЛА израильского производства. При этом возможностей у аппаратов израильского производства зачастую существенно меньше, а цены на них значительно завышены.

Выводы. Проблема усовершенствования системы экологического мониторинга окружающей среды для Украины является актуальной особенно в существующих в настоящее время условиях. Её решение связано в первую очередь с необходимостью использования беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрены дистанционные методы контроля окружающей среды для обеспечения системы мобильного экологического мониторинга обращения с опасными отходами с использованием беспилотных летательных аппаратов. Отечественные разработчики и зарубежные эксперты в аэрокосмической области единодушно сходятся во мнении о том, что на сегодняшний день на Украине готов высококачественный продукт беспилотной авиационной техники, который по качеству и надежности не хуже, а то и «на голову» выше своих мировых аналогов. Этот факт позволяет с оптимизмом смотреть в будущее, в котором Украина, несомненно, укрепит свои лидирующие позиции как среди ведущих производителей беспилотных летающих аппаратов, так и в решении задач обеспечения экологической безопасности.

Список литературы:

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінв Д.С. – 2017. – 308 с.
2. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінко, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; під ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
3. Машков О.А. Застосування інформаційних аерокосмічних технологій для оцінки трансграничних екологічних конфліктів / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі // Науково-технічний журнал «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті». – К.: НТУ. № 2, 2015. – С. 136-147.
4. Машков О.А. Використання даних аерокосмічного моніторингу для оцінки трансграничних екологічних конфліктів / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі // Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (25–28 травня 2015 р.). – Залізний порт: ХНТУ. – 2015. – С.96–106.
5. Машков О.А. Науково-технічне супроводження аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу та прогнозування стану природного середовища / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі, В.Р. Косенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (17–20 листопада 2015 р.) – К.: ДУТ. – Том. III. – 2015. – С.27-29.
6. Машков О.А. Коробчинський М.В., Шукін А.Н., Ярема О.Р. Теоретические основы создания функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом беспилотных летательных аппаратов экологического мониторинга / Моделирование та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 66, Київ, 2012. – С. 215-223.
7. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / Науково-практичний журнал «Екологічні науки», № 1/2014(5), К., ДЕА, 2014. – С.57-67.
8. Машков О.А., Коробчинський М.В., Шукін А.Н., Ярема О.Р. Исследование свойств функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом БПЛА экологического мониторинга / Моделирование та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 65, Київ, 2012. – С. 202-214.
9. Mashkov O., Vasilyev V., Frolov V.. Geoinformation and aerospace technologies for information from satellite processing: environmental monitoring / Науково-практичний журнал «Екологічні науки», № 2/2013(4), К., ДЕА, 2013. – С. 107-113.
10. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyy-apparat-berkut>

11. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
12. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
13. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
14. <http://vikaodessa.od.ua/news/?news=102117>
15. <http://ekoex.ru/distancionnyj-monitoring-okruzhayushhej-sredy/>
16. <http://ebooks.semgu.kz/content.php?cont=d;1352>

References:

1. *Natsionalnaya dopovid about the camp of the nakkolishnogo natural medium in Ukraine in 2015 році*. - К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФООП Грінь Д.С. - 2017. - 308 p.
2. Bondar O.I. *Monitoring of the mid-mountain range* / [O. I. Bondar, I. V. Korinko, V. M. Tkach, O.I. Fedorenko]; під ред. O.I. Fedorenko. - К.-Н.: DEI-GTI, 2005. - 126 p.
3. Mashkov OA *Застосування інформаційних аерокосмічних технологій for оцінки транкордонних екологічних конфліктів* / OA Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy // *Scientific and technical journal "Information processing, technology and transport systems"*. - К.: NTU. No. 2, 2015, - P. 136-147.
4. O. Mashkov. *Використання даних аерокосмічного monitoring for оцінки транкордонних екологічних конфліктів* / O.A. Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy // *The international science conference "Intelligent systems of reception of the country and problems with the enumerative telecommunication" (25-28 travnja 2015 rub.)*. - Залізний порт: KHNTU. - 2015. - P.96-106.
5. O. Mashkov. *Scientific and technical subconstruction of aerocosmic technologies for ecologic monitoring and forecasting of the camp of natural resources* / O.A. Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy, V.R. Kosenko // *Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (17-20 листопада 2015 р.)* - К.: DUT. - Том. III. - 2015. - P.27-29.
6. Mashkov OA *Korobchinsky MV, Shchukin AN, Yarema O.R. Theoretical basis for the creation of a functional-stable control complex for the group flight of unmanned aerial vehicles for environmental monitoring* / *Modeluvannya te informatsionny tekhnologii / Zbirnik naukoviches prac, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 66, Київ, 2012.* - С. 215-223.
7. Mashkov OA, Vasiliev VE, Frolov VF. *Methods and technical means of environmental monitoring* / *Scientific and Practical Journal "Ecological Sciences", No. 1/2014 (5), K., DEA, 2014.* - P.57-67.
8. Mashkov OA, Korobchinsky MV, Shchukin AN, Yarema O.R. *Investigation of the properties of a functionally stable complex for managing a group flight UAV of environmental monitoring* / *Modeluvannya te informatsiyini tehnologii / Zbirnik naukoviches prac, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 65, Київ, 2012.* - С. 202-214.
9. Mashkov O., Vasilyev V., Frolov V. .. *Geoinformation and aerospace technologies for information from satellite processing: environmental monitoring* / *Scientific and Practical Journal "Ecological Sciences", No. 2/2013 (4), K., DEA, 2013-* P.107-113.
10. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
11. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
12. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
13. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
14. <http://vikaodessa.od.ua/news/?news=102117>
15. <http://ekoex.ru/distancionnyj-monitoring-okruzhayushhej-sredy/>
16. <http://ebooks.semgu.kz/content.php?cont=d;1352>

СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПОВОДЖЕННЯ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Жукаускас С.В., Сметанін К.В.

У статті з використанням інформації про безпілотні літальні апарати систематизовано можливості цих апаратів здійснювати екологічний моніторинг поведінки з небезпечними відходами. Розглядається можливість установки на безпілотні літальні апарати спеціалізованої апаратури для екологічного контролю за станом повітря, ґрунту, морський і річковий поверхні навколо техногенно небезпечних об'єктів. Пропонується використання безпілотних літальних апаратів для зменшення екологічних загроз і ризиків.

Ключові слова: апаратура екологічного моніторингу, безпілотний літальний апарат, небезпечні відходи, техногенно небезпечні об'єкти, екологічний моніторинг

SYSTEMS OF MOBILE ENVIRONMENTAL MONITORING OF HANDLING WITH DANGEROUS WASTE WITH THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Zhukauskas S.V, Smetanin K.V.

In the article, using the information on unmanned aerial vehicles, the capabilities of these devices to perform environmental monitoring of handling hazardous wastes are analyzed. The possibility of installing specialized equipment for environmental monitoring of air, soil, sea and river surface around technologically dangerous objects is being considered for unmanned aerial vehicles. It is proposed to use unmanned aerial vehicles to eliminate environmental threats and risks.

Keywords: environmental monitoring equipment, unmanned aerial vehicle, hazardous wastes, technologically dangerous objects, environmental monitoring