**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»**

**Высшая школа кибертехнологий, математики и статистики**

**Базовая кафедра цифровой экономики института развития информационного общества**

**Реферат**

**по дисциплине «Разработка мобильных приложений»**

**на тему**

**«Применение БПЛА в мониторинге и ликвидации незаконных свалок»**

Выполнил:

Студент **3** курса группы 15.27Д-БИ19/22Б

очной формы обучения

Нгуен Као Бач.

Научный руководитель:

Попов А.А., к.т.н.,

доцент кафедры информатики

**Москва – 2024**

**Содержание**

[**Введение** 3](#_Toc185785500)

[**Глава 1: Обзор технологии БПЛА** 5](#_Toc185785501)

[**Глава 2. Порядок использования БПЛА при обращении с незаконными свалками** 11](#_Toc185785502)

[**Глава 3. Оценка преимуществ, вызовов и перспектив развития БПЛА** **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc185785503)

[**Заключение** 21](#_Toc185785504)

[**Список использованных источников** 23](#_Toc185785505)

[**Приложение A** 25](#_Toc185785506)

[**Приложение B** 26](#_Toc185785507)

# **Введение**

В современном развитом обществе обработка отходов и защита окружающей среды всегда являются приоритетными задачами для стран всего мира. Каждый год человечество выбрасывает более 8 миллионов тонн пластиковых отходов в океан. Во Вьетнаме, согласно национальному отчету о состоянии морской и островной среды, подготовленному Министерством природных ресурсов и окружающей среды, количество потребляемого пластика на душу населения в Вьетнаме резко увеличилось с 3,8 кг/человека/год в 1990 году до 54 кг/человека/год в 2018 году. Из этого, количество пластиковых отходов, сбрасываемых в морскую среду, составляет упаковка — 37,43%, в то время как бытовые отходы составляют 29,26%.

Не только в морской среде, но и на суше незаконное загрязнение отходами также происходит, особенно в горных или удаленных районах, где правительству сложно контролировать ситуацию. Незаконный сброс промышленных, бытовых и строительных отходов наносит ущерб ландшафту, загрязняет водные и земельные ресурсы и угрожает здоровью человека. Традиционные методы мониторинга, такие как ручные патрулирования или установка камер, испытывают трудности в обнаружении незаконных свалок из-за высоких затрат, временных затрат и иногда неэффективности в труднодоступных местах.

В этой ситуации тестирование мониторинга отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) рассматривается как целесообразное и современное решение. Эти устройства приносят ряд преимуществ, включая мобильность и возможность получения изображений в реальном времени из удаленных и труднодоступных мест по более низкой стоимости без угрозы безопасности операторов. С сильным развитием технологий тепловых сенсоров, лидаров и искусственного интеллекта (ИИ), БПЛА становятся все более эффективными инструментами для обнаружения, мониторинга и управления незаконными отходами.

В данном реферате обсуждается опыт использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в управлении незаконными свалками и контроле отходов в морской среде. Использование БПЛА в управлении свалками и отходами имеет историю более 10 лет, но только в последние 3-4 года оно действительно стало развиваться. Исследования с 2010 по 2021 год показывают, что БПЛА в основном используются для измерения пространственных и объемных характеристик свалок из-за практических потребностей в управлении. Четверть исследований сосредоточена на мониторинге выбросов свалок, особенно метана. Однако комплексные оценки технологий свалок и экологической безопасности все еще довольно ограничены. Современные технологии БПЛА, в сочетании с современными сенсорами, позволяют эффективно собирать и анализировать данные удаленно. Это помогает выявлять экологические последствия и обеспечивать соответствие свалок стандартам эксплуатации, способствуя улучшению качества управления.

# **Глава 1: Обзор технологии БПЛА**

* 1. **Что такое БПЛА?**

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) изначально использовались исключительно в военных целях. Однако благодаря стремительному развитию технологий они начали внедряться в различные сферы жизни, включая сельское хозяйство, промышленность и развлечения.

БПЛА — это аббревиатура от фразы «Беспилотный летательный аппарат», что означает беспилотный летательный аппарат. Это общее название для летательных аппаратов, которые работают без присутствия пилота, экипажа или каких-либо пассажиров на борту, как робот, который может управляться удаленно с помощью сложной системы. Этот аппарат будет следовать заранее запрограммированным маршрутам полета или управляться пилотом на наземной контрольной станции на основе системы датчиков и детекторов LIDAR (3D-сканирование пространства) для расчета собственного движения.

БПЛА впервые появились в июле 1849 года в Италии. К началу 20 века дроны начали улучшаться по внешнему виду, двигателям и сфере применения. Сегодня ученые смогли создать дроны с разнообразными дизайнами и небольшими размерами, также известные как дроны. Дроны обычно имеют размеры от маленьких до средних и различную мощность двигателей. Для дронов, оснащенных дополнительными камерами наблюдения, их называют Flycam, что помогает пользователям записывать изображения с воздуха.

БПЛА можно классифицировать на множество типов, как и любые другие виды летательных аппаратов, в зависимости от конструктивной конфигурации, такой как вес или тип двигателя, максимальная высота полета, уровень автономности, боевое назначение и т. д. БПЛА были классифицированы по следующим критериям:

1. **Классификация по весу**

На основе веса беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут быть классифицированы на пять типов следующим образом:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Тип БПЛА | Вес |
| 1 | Нано-БПЛА | до 250 г |
| 2 | Микро-БПЛА (Micro Air Vehicles - MAV) | 250 г – 2 кг |
| 3 | Миниатюрные или малые БПЛА (Miniature UAV or Small UAV - SUAV) | 2 – 25 кг |
| 4 | Средние БПЛА (Medium UAV) | 25 – 150 кг |
| 5 | Крупные БПЛА (Large UAV) | свыше 150 кг |

Таблица 1. Классификация БПЛА по весу[3]

1. **Классификация по высоте полёта**

В зависимости от высоты полёта, БПЛА можно классифицировать следующим образом:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип БПЛА | Высота полёта (м) | Дальность действия (км) |
| Hand-held | 600 | ~2 |
| Close | 1500 | ~10 |
| NATO type | 3000 | ~10 |
| Tactical | 5500 | ~160 |
| MALE | 2000 | ~200 |

Таблица 2. Классификация БПЛА по высоте полета и дальности действия[3]

1. **Классификация по уровню автономности**

Беспилотные летательные аппараты также могут классифицироваться в зависимости от уровня автономности в выполнении полетов. ICAO (Международная организация гражданской авиации) делит беспилотные аппараты на управляемые дистанционно и полностью автономные. Некоторые БПЛА имеют средний уровень автономности.

1. **Классификация на основе комплексных критериев**

Помимо классификации по отдельным критериям, таким как высота полета, масса и другие, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут быть классифицированы по совокупности критериев. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) классифицируются Международной организацией гражданской авиации (ICAO) как управляемые дистанционно и полностью автономные.

* 1. **Применение БПЛА**

Беспилотные летательные аппараты сейчас находят обширное использование в самых различных сферах. Спасибо быстрому развитию технологий, их начали деятельно применить как в экологическом прогнозе и обеспечивании защищенности, например и в промышленности отдыха. Современные технологии дозволили устроить БПЛА универсальным инвентарем, благоприятным для выполнения большого количества задач, от исследования за состоянием лесов до съемок кинокартин и в том числе и доставки продуктов.

1. **Экологический мониторинг**

Беспилотные летательные аппараты предоставляют возможность более оперативного и точного мониторинга лесов. С их помощью можно не только измерить площадь лесных массивов и определить плотность растительности, но и своевременно выявлять такие проблемы, как незаконные вырубки или ухудшение состояния леса.

Использование технологий LiDAR и мультиспектральных сенсоров позволяет анализировать оттенки листьев, собственно что может помочь находить первые признаки заболеваний растений, улучшая при этом процессы управления лесными ресурсами, проведения изучений и охраны природы.

Кроме того, дроны играют значимую роль в отслеживании климатических изменений, например, в оценке скорости таяния ледников или вероятности затоплений в прибрежных зонах.

Особенно полезны беспилотники для выявления незаконных свалок. Они предоставляют актуальные данные из труднодоступных районов, что позволяет оперативно реагировать на проблему. Также дроны способны фиксировать участки, где возникают очаги тепла на свалках — например, зоны скопления метана, выделяющегося при разложении отходов, что помогает предотвращать потенциальные риски.

1. **Военная сфера**

Это 1-ая и чрезвычайно важная сфера беспилотных летательных аппаратов. В военнослужащей области в реальное время около 95 государств и территорий мира обладают военными БПЛА, из которых в эксплуатации находится около 20 000-25 000 беспилотных летательных аппаратов сотен типов в армиях многих стран. Соединенные Штаты считаются крупнейшим производителем беспилотных боевых летательных аппаратов в мире.

С быстрым развитием технологий ученые улучшили беспилотные летательные аппараты, сделав их более разнообразными по дизайну, функциям, размерам и весу. Кроме того, они интегрировали современные технологии, а также искусственный интеллект, чтобы сделать БПЛА более продвинутыми и удобными для применения во всех областях, включая военную.

БПЛА делают задачки разведки, наблюдения, маскировки и шпионажа в труднодоступных местах, помогая защищать безопасность или становясь мишенями для практических стрельб на учениях. Они также используются для учебных полетов, поисково-спасательных операций, сбора метеорологических данных, создания 3D-карт для наблюдения за местностью и объектами, транспортировки логистики, технических товаров, военнослужащей медицины, спасения и скорой помощи; пропаганды, распространения листовок, токсичных веществ, радиоактивных веществ и т. д.

1. **Городское управление**

Во Вьетнаме исследование, представленное на Конференции по безопасности дорожного движения 2023 года, указало, что использование БПЛА будет рассматриваться как одно из ключевых направлений для контроля за порядком в городской среде Хошимина.

Авторы проекта применили дроны для сбора данных и фотографий, отражающих состояние городской инфраструктуры. После этого они использовали инструменты анализа изображений и обработки информации для оценки ситуации, включая транспортные потоки, развитие пригородных территорий и состояние общественных объектов. Результаты исследования продемонстрировали, что применение БПЛА предоставляет инновационный и действенный способ для наблюдения за городской безопасностью и проверок на соблюдение порядка. Благодаря способности летать на больших высотах, дроны обеспечивают широкое покрытие территории, что позволяет оперативно выявлять такие нарушения, как незаконное строительство зданий или нелегальные свалки.

В то же время использование БПЛА во Вьетнаме сталкивается с рядом трудностей. Законодательная база для их применения пока не разработана в полной мере и не согласована, что создает определенные препятствия для властей в обеспечении эффективного и безопасного использования данной технологии. Кроме того, для работы с БПЛА требуются специалисты с узкоспециализированными знаниями и навыками. В настоящее время число таких квалифицированных специалистов в стране остается ограниченным.

# **Глава 2. Порядок использования БПЛА при обращении с незаконными свалками**

**2.1 Опыт применения дронов в разных странах**

В апреле 2021 года в Борнмуте, Крайстчерче и Пуле (BCP), Англия, был проведен эксперимент с использованием дронов. Этот проект был реализован в сотрудничестве между городским советом, экологической организацией Hubbub, стартапом Ellipsis Earth и сетью ресторанов McDonald's, которая предоставила финансирование. Основной целью эксперимента было использование данных, собранных с дронов, для определения оптимального расположения мусорных контейнеров, улучшения графиков уборки улиц и планирования кампаний по повышению осведомленности о проблеме мусора. Ожидается, что разработанные рекомендации смогут быть применены и в других муниципалитетах.

Программное обеспечение Ellipsis Earth анализировало изображения, полученные с помощью дронов, для быстрого определения закономерностей размещения мусора. Эти данные помогали создавать тепловые карты, показывающие распределение отходов по категориям и брендам. На основе этого анализа эксперты предлагали конкретные решения по улучшению ситуации.

Тем не менее, проект вызвал опасения по поводу конфиденциальности. Чтобы избежать нарушения личных данных, Ellipsis Earth заявила, что съемки будут проводиться в утренние часы, а любые изображения, где видны люди, будут автоматически обрабатываться и пикселизироваться для предотвращения идентификации.

Подобный проект был успешно реализован в Сорренто, Италия, летом 2020 года. Использование дронов позволило сократить количество мусора на 45% и уменьшить отходы от сигарет на 69%[6].

За последние десятилетия в США и странах Западной Европы произошли значительные изменения в подходах к управлению отходами. Современные технологии обработки отходов заменили хаотичные свалки, которые были распространены ранее. На основе разработанных концепций управляемых свалок были приняты строгие законы и нормативы, которые обеспечивают безопасную и устойчивую работу таких объектов. Несмотря на это, необходимость мониторинга свалок для контроля их воздействия на окружающую среду остается актуальной задачей.

Однако в развивающихся странах, где большинство отходов все еще отправляется на свалки, технологии управления остаются на примитивном уровне. Наиболее распространенной практикой мониторинга технологических свалок является наземная проверка. В этих странах разработка и применение методов дистанционного мониторинга давно представляют интерес, поскольку они экономят время и человеческие ресурсы, а также снижают риски для персонала при инспекции опасных участков объекта. Первые попытки использования БПЛА для изучения свалок начались в 1970-х годах в Соединенных Штатах. Законы там требовали, чтобы все свалки оценивались, их владельцы идентифицировались, а заброшенные свалки подлежали рекультивации, если они были признаны источниками загрязнения окружающей среды.

В результате были разработаны методологические рамки и процедуры для использования аэрофотоснимков в оценке и классификации свалок. Аэрофотоснимки использовались на действующих свалках для создания детализированных топографических карт, определения площади, объема отходов, уровня заполнения и других пространственных характеристик.

Кроме того, аэрофотоснимки полезны для оценки практики хранения отходов, типов отходов, мест утилизации жидких отходов и других факторов. Исследования также показали, что детализированные топографические карты свалок и окружающих территорий помогают выявлять потенциальные пути миграции загрязняющих веществ в поверхностные или подземные воды.

Хотя использование БПЛА показало превосходную эффективность с точки зрения простоты, эффективности и стоимости обследования по сравнению с традиционными методами, применение БПЛА в управлении свалками все еще ограничено. Некоторые исследования сосредоточены только на конкретных аспектах, таких как расчет объема отходов или определение источников выбросов метана, что делает применение БПЛА более дорогим за счет улучшения БПЛА с помощью лазерных сканеров, тепловизоров или мультиспектральных сенсоров. Однако применение недорогих БПЛА с обычными RGB-камерами для обеспечения правильной работы свалок не было изучено подробно. Многие платформы для обработки изображений данных с БПЛА появились, но по-прежнему сильно зависят от опыта и экспертизы…

**2.2 Использование БПЛА для мониторинга и управления свалками в Пермском крае**

В рамках данного исследования были обследованы свалки твердых бытовых отходов (ТБО) в Пермском крае, Россия. Исследование не только фокусируется на действующих свалках, но и распространяется на ряд свалок, которые прекратили работу, но не были полностью реконструированы, площадью от 2,2 до 45 га и объемами накопленных отходов от 75 до 5288 тыс. м³. Это делается для проверки методов обнаружения распространенных проблем, таких как утечки фильтрата на свалках.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Название объекта | Тип объекта | География (город, регион) | Площадь объекта (гектары) | Объем накопленных отходов (тыс. м³) |
| Landfill «S» | MSW landfill | Perm, Perm Region | 45.0 | 5288 |
| Landfill «Ch» | Industrial & MSW landfill | Chusovoy, Perm Region | 8.0 | 473 |
| Landfill «M» | MSW landfill | Kungur, Perm Region | 2.2 | 75 |
| |  | | --- | | Dump «I» |  |  | | --- | |  | | MSW dump | Ilyinsky village, Perm Region | 3.0 | No data |
| Dump «L» | MSW dump | Lyamino village, Perm Region | 3.2 | 248 |

Таблица 3. Общие сведения об обследованных свалках Пермского края[8]

Подробная информация об исследуемых объектах представлена ​​в Таблице 3. Эти факторы помогают определить соответствующую стратегию развертывания БПЛА, особенно с учетом размера и эксплуатационного состояния каждой свалки. Поскольку большинство свалок имеют небольшую площадь, предпочтение отдается мультикоптерным БПЛА. Этот тип БПЛА обладает высокой мобильностью, низкой стоимостью и быстрым развертыванием. Были выбраны БПЛА серии DJI Phantom (включая Phantom 3 Pro, Phantom 4 и Phantom 4 Pro), а также экспериментальные модели БПЛА, улучшенные с помощью программного обеспечения ArduPilot и использующие такие датчики, как камеры Sony и Olympus.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название объекта | География (город, регион) | Тип БПЛА | Высота полета (м) | Разрешение пикселей на земле (см/пикс) | Погодные условия (Температура °C / Скорость ветра м/с) |
| Landfill «S» | Perm, Perm Region | Pixhawk\_X4.M1 | 215 | 5.0 | >80 / No data |
| Landfill «Ch» | Chusovoy, Perm Region | DJI Phantom 4 | 96 | 5.5 | <50 / No data |
| Landfill «M» | Kungur, Perm Region | DJI Phantom 3 Pro | 75 | 3.2 | 12–13 / 6–7 |
| Dump «I» | Ilyinsky village, Perm Region | DJI Phantom 3 Pro | 69 | 3.0 | 4–5 / 7–8 |
| Dump «L» | Lyamino village, Perm Region | X-FLY | 223 | 3.8 | 12 / 1–2 |

Таблица 4. Технические параметры и погодные условия при выполнении полетных заданий БПЛА[8]

Полет БПЛА был запланирован в ходе исследования, сочетая предыдущие исследования тайских и корейских экспертов, а также практический опыт. В частности, разрешение наземного пикселя варьировалось от 3,0 до 5,5 см/пикс, в то время как высота полета колебалась от 69 до 233 метров. Для геологических обследований эти характеристики достаточны для удовлетворения потребностей мониторинга без необходимости высокой точности.

Таблица 4 содержит полные сведения о полетах, такие как погода, высота полета и используемый БПЛА. Для обеспечения безопасности полета и качества изображений БПЛА летал при температурах от -9 °C до 32 °C и скорости ветра не выше 10 м/с. Кроме того, некоторые свалки использовали контрольные точки на земле (GCP), чтобы увеличить точность полученных данных, особенно при сравнении данных из разных временных периодов.

Данные, собранные с помощью БПЛА, обрабатывались в два основных этапа: (1) фотограмметрическая обработка изображений и (2) тематическая интерпретация изображений. Авторы использовали программное обеспечение Agisoft Metashape Pro для создания продуктов, таких как ортофотопланы и 3D-модели. На основе контрольного списка, разработанного на основе российских, американских и европейских законодательных норм, изображения были проанализированы для проверки соответствия свалок эксплуатационным требованиям, включая:

* Промежуточное размещение отходов;
* Защита прилегающих территорий от загрязнения и захламления;
* Наличие внутренней технической инфраструктуры;
* Обеспечение стабильности массива отходов.

В некоторых случаях, чтобы проверить точность тематической интерпретации результатов аэрофотосъемки, выборочные полевые обследования WDS были повторены.

БПЛА использовались для проверки применения промежуточных покрытий на свалках для предотвращения пожаров, запахов и распространения отходов. На свалке «S» в Пермском крае снимки, сделанные с помощью БПЛА, отчетливо продемонстрировали различия между свежим слоем почвы (отмеченным красной областью) и старым слоем, нанесенным примерно год назад (желтая область). Это позволило выявить такие проблемы, как эрозия поверхности. В то же время изображения, полученные с БПЛА, позволили зафиксировать значительное загрязнение отходами на территории полигона «I» в деревне Ильинский. Загрязненные зоны, которые преимущественно находились вдоль придорожных каналов, были тщательно изучены [8]. Проведенное исследование подтвердило, что возможности БПЛА в детализации значительно превосходят спутниковую съемку, позволяя более точно определять участки, требующие восстановления.

Существенной частью операций на свалках является оценка состояния технической инфраструктуры, такой как резервуары для фильтрата и дренажные системы. Изображения БПЛА с участка свалки "M" в Кунгуре показали, что дренажный канал был заблокирован, что привело к переполнению фильтрата и его просачиванию в близлежащий лес. Это загрязнение было легко выявлено на ортофотокартах, которые послужили основой для предложенных технологических мероприятий по рекультивации.

Стабильность массы отходов является решающим фактором для безопасности и долговечности свалки. БПЛА не только быстро предоставляют данные, но и помогают создавать детализированные 3D-модели. На свалке "L" в деревне Ляминово 3D-модели показали признаки оседания на склонах, где масса отходов эрозировалась и высыпалась. Благодаря этим данным можно быстро и точно реализовать меры по восстановлению, такие как укрепление склонов или изменение угла наклона массы отходов.

Данное исследование показывает, что БПЛА с обычными RGB-камерами способны отслеживать большинство нормативных требований к операциям свалок в соответствии с российским, американским и европейским законодательством. БПЛА особенно эффективны в мониторинге технических процессов, таких как хранение отходов, уплотнение отходов и промежуточная изоляция. Хотя они не могут отслеживать отдельные партии отходов, БПЛА могут обнаруживать серьезные дефекты в ключевых операционных процессах. БПЛА также полезны для оценки строительных и инженерных требований, хотя ограничены в отношении скрытых структур, таких как подземные трубопроводы. Кроме того, они предоставляют мощный инструмент для определения степени и масштабов воздействия свалок на окружающую среду, таких как загрязнение фильтратом и распространение отходов. Однако БПЛА также подвержены погодным условиям (дождь или сильный ветер), но все же превосходят спутниковые изображения по детализации и гибкости. БПЛА также предоставляют своевременную и точную информацию, помогая управляющим свалками и регулирующим органам принимать более эффективные решения.

# **Глава 3. Перспективы будущего развития БПЛА**

Изначально БПЛА создавались для выполнения задач, которые могли быть либо слишком опасными, либо экономически невыгодными для человека. В некоторых странах дроны уже активно применяются в сфере транспортных услуг, особенно в отдаленных и сельских районах.

В наше время ученые продолжают совершенствовать технологии БПЛА, внедряя передовые методы искусственного интеллекта, такие как алгоритмы глубокого обучения (DL) и обучения с подкреплением (RL). Эти технологии позволяют значительно улучшить способность дронов принимать автономные решения, что особенно важно при выполнении таких задач, как обнаружение скрытых свалок или систем подземной канализации. Учитывая ограничения дронов по объему памяти и энергии, актуальна разработка облегченных алгоритмов машинного обучения (ML), глубокого обучения (DL) и RL, способных повысить эффективность их работы.

Оптимизация взаимодействия между несколькими дронами и применение продвинутых алгоритмов маршрутизации помогают избежать столкновений и обеспечивают высокую эффективность операций. Проведение исследований в области недорогих датчиков, методов анализа изображений и устойчивых инспекционных технологий откроет новые перспективы для использования БПЛА в таких сферах, как сельское хозяйство, управление чрезвычайными ситуациями и мониторинг инфраструктуры.

Исследования в области энергоэффективности дронов также имеют большое значение. Поиск новых материалов для аккумуляторов и разработка технологий сбора энергии способны значительно увеличить время их работы и расширить возможности выполнения сложных миссий. Кроме того, важно сосредоточиться на создании энергоэффективных алгоритмов обработки данных с датчиков и камер в режиме реального времени.

Интеграция блокчейн-технологий в сети БПЛА становится перспективным направлением для повышения уровня безопасности. Однако при этом необходимо преодолеть проблемы, связанные с ограниченными ресурсами и высокой мобильностью дронов. Разработка надежных стандартов и регуляций также является ключевым аспектом для обеспечения безопасного и стабильного функционирования БПЛА, особенно в общественных местах и контролируемом воздушном пространстве.

# **Заключение**

Мониторинг полигонов отходов играет ключевую роль в оценке их влияния на окружающую среду и соблюдении экологических норм. Хотя применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для контроля полигонов началось более десяти лет назад, лишь в последние несколько лет активно исследуются их возможности для управления такими объектами.

С ростом популярности БПЛА и их внедрения в различных сферах, количество патентов и научных работ, посвященных этой технологии, значительно увеличилось. Использование дронов доказало свою эффективность, особенно в выявлении и ликвидации незаконных свалок, что способствует более эффективной защите окружающей среды. Практическое применение БПЛА не только повышает качество управления отходами, но и позволяет сократить затраты, сэкономить время и минимизировать риски для человека.

Тем не менее, эксплуатация БПЛА сталкивается с рядом ограничений, включая вопросы конфиденциальности данных и вероятность технических сбоев. В связи с этим правительства ведущих стран мира начали разрабатывать четкие правовые нормы и международные стандарты, чтобы обеспечить безопасное и эффективное использование дронов.

В будущем интеграция искусственного интеллекта, передовых датчиков или блокчейна может превратить БПЛА в незаменимые инструменты в любой области, особенно в военной сфере и охране окружающей среды. Это поможет людям справляться с бедствиями и поддерживать устойчивую экономику. Развивающиеся страны, такие как Вьетнам, а также крупные страны мира, такие как Россия, США, Китай и др., также должны укреплять международное сотрудничество и исследования, чтобы максимизировать преимущества БПЛА и минимизировать потенциальные негативные последствия.

В кратце, с выдающимися преимуществами и перспективами развития, БПЛА являются передним краем технологического решения, приносящим большую ценность в защите окружающей среды и улучшении качества жизни. С непрерывным развитием технологий в этой четвертой промышленной революции надеемся, что однажды инвестиции в исследования и применение БПЛА станут не только трендом, но и необходимым требованием в контексте глобального устойчивого развития.

# **Список использованных источников**

1. Труонг, Т. К. Д. Т. Т. Н. В. М. (б.г.). Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга пластиковых отходов на побережье. *Электронный журнал природы и окружающей среды*. <https://thiennhienmoitruong.vn/ung-dung-thiet-bi-may-bay-khong-nguoi-lai-giam-sat-rac-thai-nhua-ven-bien.html>
2. Куан Кху 7 Онлайн. (2024, 22 декабря). Беспилотные летательные аппараты в военной деятельности. *Куан Кху 7 Онлайн*. <https://baoquankhu7.vn/may-bay-khong-nguoi-lai-trong-hoat-dong-quan-su-576011999-0032044s35410gs?AspxAutoDetectCookieSupport=1>
3. Изучение беспилотных летательных аппаратов – что такое UAV? (б.г.). *UAV Вьетнам*. <https://uavvietnam.net/blogs/news/tim-hieu-ve-may-bay-khong-nguoi-lai-uav-la-gi>
4. Хуэ, В. (2023, 5 декабря). Конференция по безопасности дорожного движения во Вьетнаме 2023: исследование применения БПЛА для проверки городского порядка. *Журнал транспорта*. Copyright (C) by <https://tapchigiaothong.vn>. <https://tapchigiaothong.vn/nghien-cuu-ung-dung-uav-kiem-tra-trat-tu-do-thi-183231123163607635.htm?utm_source=chatgpt.com>
5. *Окружающая среда и охрана природы: Вклад дронов – Aonic Group*. (б.г.). <https://aonic.com/vn/moi-truong-va-bao-ton-dau-an-cua-drone/>
6. Vietnam ICT. (б.г.). Использование беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта для переработки отходов. Получено 19 декабря 2024 г. из <https://ictvietnam.vn/su-dung-may-bay-khong-nguoi-lai-va-ai-de-xu-ly-rac-28044.html>
7. *Drone technology and AI used in UK-first to tackle litter in  Bournemouth, Christchurch and Poole*. (n.d.). BCP. https://www.bcpcouncil.gov.uk/news-hub/news-articles/drone-technology-and-ai-used-in-uk-first-to-tackle-litter-in-bournemouth-christchurch-and-poole
8. Filkin, T., Sliusar, N., Ritzkowski, M., & Huber-Humer, M. (2021b). Unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. *Drones*, *5*(4), 125. https://doi.org/10.3390/drones5040125
9. Dathop. (б.г.). 10 преимуществ и недостатков беспилотных летательных аппаратов. Получено 19 декабря 2024 г. из <https://dathop.com/10-uu-nhuoc-diem-cua-may-bay-khong-nguoi-lai/>
10. Mohsan, S. a. H., Othman, N. Q. H., Li, Y., Alsharif, M. H., & Khan, M. A. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*. https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4
11. Tg&Vn. (2024, 14 июня). Беспилотные летательные аппараты: «Козырь» будущего. Газета «Мир и Вьетнам». Получено из <https://baoquocte.vn/thiet-bi-bay-khong-nguoi-lai-at-chu-bai-cua-tuong-lai-274976.html>
12. Zhao, J., Li, Y., Zhang, Y., Wang, W., & Huang, S. (2021). Application of UAV in environmental monitoring of solid waste landfills: Challenges and opportunities. *Waste Management*, 135, 274-284. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.030
13. Innoter. (n.d.). Monitoring of landfills and detection of unauthorized garbage dumps using space imagery data. GEO Innoter. https://innoter.com/en/articles/monitoring-of-landfills-and-detection-of-unauthorized-garbage-dumps-using-space-imagery-data/

# **Приложение A**

****

Рисунок 1. Участки временного покрытия отходов на полигоне ТБО[8]

# **Приложение B**

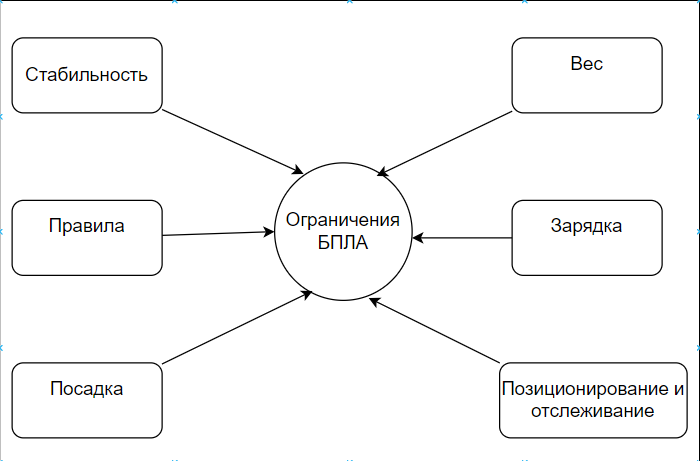


Рисунок 2. Вызовы использования БПЛА[10]