

ОСНОВЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РОБОТОВ

В. Д. Аверченкова¹, А. В. Козачек²

¹ Студент, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, vasia.belochka@yandex.ru

² Заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, artem_kozachek@mail.ru

Аннотация

В настоящее время проблема автоматизированного осуществления экологического мониторинга приобретает все большее значение. Одним из вариантов ее решения является возможное использование экологических роботов. При наличии различных роботов, используемых для решения экологических задач появляется необходимость создания основ их классификации, что позволит в дальнейшем повысить эффективность выбора экологических роботов применительно к конкретным природоохранным задачам.

Ключевые слова: экологический робот, природоохранная деятельность, классификация экологических роботов.

BASICS OF CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL ROBOTS

V. D. Averchenkova¹, A. V. Kozachek²

Abstract

Currently, the problem of automated environmental monitoring is becoming increasingly important. One of the options for its solution is the possible use of environmental robots. When there are various robots used to solve environmental problems, it becomes necessary to create the basis for their classification, which will further increase the efficiency of choosing environmental robots applied to specific environmental tasks.

Keywords: ecological robot, environmental protection activities, classification of ecological robots.

Введение. В связи с тем, что вместе с ростом промышленности усиливается негативное воздействие на природную среду, во второй половине XX века было принято решение контролировать её состояние. Тогда и была предложена концепция мониторинга (от английского monitoring — наблюдение); причём сам термин придумал академик Ю.А. Израэль. Всё большую популярность приобретает контроль природной среды дистанционным методом: сегодня здесь предполагается применение механизированных устройств, то есть роботов. Они позволяют проводить исследования даже в

недоступных человеку местах. На сегодняшний день существует большое количество автоматизированных и автоматических роботизированных устройств. Однако, на данный момент отсутствует классификация экологических роботов, что создает определенные проблемы при их выборе применительно к различным ситуациям.

Материалы и методы. На основе анализа нарративных источников будет произведена выборка известных на сегодня экологических роботов. На второй стадии будут предложены признаки классификации, которые позволят составить предварительную классификационную таблицу экологических роботов.

Результаты и обсуждение. Использование роботов в экологическом мониторинге заключается в том, что они, в отличие от человека, могут выполнять свою задачу длительное время и при этом с большой точностью. Кроме этого, они могут пребывать в местах, которые недоступны исследователю или нахождение в которых представляет угрозу для его жизни и здоровья (например, территории с высоким уровнем радиации).

Рассмотрим примеры существующих сегодня экологических роботов.

В первую очередь, необходимо отметить роботов, которые решают проблему мусора. Действительно, чем больше численность населения, тем больше твёрдых коммунальных отходов (ТКО) образуется, которые большей частью не сортируются и чаще всего захораниваются на свалках и мусорных полигонах. В некоторых из них не соблюдаются требования утилизации, что и приводит к тому, что вымываемые дождями вредные вещества загрязняют почву и подземные воды; при разложении мусора выделяется в атмосферу метан, не только создающий в атмосфере «парниковый эффект», но и становясь причиной самовозгорания на свалках. При этом некоторые виды ТКО могут разлагаться очень долго (пластмасса) или вообще вечно (стекло), тем самым продолжая наносить урон окружающей среде. Оптимальным решением данной проблемы является переработка мусора. Но перед этим нужно осуществить их сортировку, которую могут осуществить автоматические роботизированные устройства. Так, в статье [1] описываются пример таких роботов: разработанного в США Clark для отбора старых бумажных упаковок и отечественного NeuroRecycle, сортирующего отходы при помощи искусственного интеллекта. Существуют также и передвижные урны под названием SocialTrashBox, которые подъезжают к людям для того, чтобы забрать у них мусор [1].

Проживать в доме, где всё чисто и просторно, приятно, однако постоянное поддержание там порядка отнимает много времени и сил. Данная проблема сейчас фактически решена благодаря роботам-пылесосам, которые с каждым годом увеличиваются в количествах, и при этом совершенствуются. В статье [2] приведён пример улучшенного робота, разработанный учёными Новосибирского государственного университета.

Естественно, свалки мусора могут образовываться не только на суше. Наиболее остро стоит проблема ликвидации отходов в водоёмах, таких как ре-

ки, озёра, и даже океаны. Так, из-за сброса мусора в море, на территории Тихого океана образовалось большое скопление под названием Большое мусорное пятно. Его основную опасность представляют то, что морские животные, принимая отходы за пищу, погибали от удушья или несварения желудка. Для того, чтобы предотвратить экологические проблемы в водоёмах, две компании, независимо друг от друга, разработали конструкции подводных роботов, которые собирают мусор: WasteShark предназначен для замкнутых водоёмов, а MarineDrone может использоваться для работы по ликвидации Большого мусорного пятна [3].

Среди роботов экологического воздушного мониторинга можно выделить целый класс беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Они в основном бывают двух типов, и при этом каждый подстроен под свою задачу: БПЛА самолётного типа способен непрерывно облетать исследуемую местность, а БПЛА вертолётного типа может долгое время задерживаться над точечным объектом наблюдения. К БПЛА можно прикрепить различное оборудование: камеры, датчики, пылеуловители и тому подобное. Благодаря этому, они могут выполнять большинство задач, связанных с экологическим мониторингом: измерение концентрации загрязняющих веществ, съёмка местности и обнаружение источников загрязнения, особенно в недоступных человеку местах, контролировать технические сооружения, при аварии которых могут нести вред природной среде, и так далее. Таким аппаратом, как пример, может служить РДР-2015 «Горный» [4].

Поскольку БПЛА не могут достигнуть большой высоты, для исследования на средних слоях атмосферы применяют вертолёты и самолёты. Они используются для мониторинга водоёмов, предупреждение техногенных катастроф, а также определение его масштаба и последствий и т.д. В статье [5] для этих целей приводится улучшенная конструкция самолёта поплавкового типа.

Вертолёты для экологического мониторинга могут даже не иметь на борту экипажа. Примером может служить ТБ-29В, разработанный компанией «Тайбер» [6].

Кроме этого, для этих же целей используются роботизированные атмосферные (метеорологические) зонды – устройства, представляющие собой небольшой аэростат, к которому привешивается аппаратура. Как правило, она содержит в себе более дешёвое оборудование, поскольку, попав в разреженную атмосферу, оболочка аэростата лопаётся и аппарат падает на землю, и после этого его поиск не производится. Однако уральскими учёными был испытан метеозонд, который можно было найти его после падения и извлечь из него всю информацию, полученную во время полёта; он подробно описан в статье [7]. Зонды используются для однократного получения в основном метеорологических данных.

Не только в пределах атмосферы можно проводить экологический мониторинг Земли. Наблюдать за характеристиками планеты возможно и с в космическом пространстве. Технология дистанционного зондирования позво-

ляет эффективнее добывать природные ресурсы, наблюдать за изменением климата, предупреждать серьёзные техногенные аварии и т.д. Для таких целей используют спутники, среди которых примером могут служить существующие ныне «Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М», «Электро-Л» и «Арктика-М», и межпланетные космические станции (МКС). На последних проводились эксперименты, которые связаны с экологическим мониторингом Земли. Одним из них является «Ураган», который осуществляет наблюдение за взаимодействиями наземных и бортовых частей при появлении опасных явлений [8, 9].

Транспортировка нефти и газа играет особую роль в экономике. Однако, если не контролировать трубопроводы и вовремя не замечать дефекты, то это повлечёт неблагоприятные последствия. Так, разлитая нефть загрязняет почву настолько, что она становится непригодной для жизни растений в течении многих лет, поскольку она прикрывает доступ корням растений к воде и питательным веществам, вызывая у них неминуемую гибель. Попав в водоёмы, она долгое время остаётся на дне, уничтожая при этом жителей дна водоёмов. Кроме этого, химические вещества, содержащиеся в нефти, образуют вредные соли, которые накапливаются в почве и воде, вызывая гибель живых организмов. Именно поэтому нужно проводить проверку целостности нефтепроводов. Для этих целей как раз и применяют робота, разработанного учеными Оренбургского государственного университета и описанного в статье [10]. Он, войдя в трубу через разрез или люк-лаз и проходя через сильно согнутые участки, изнутри выявляет возможные дефекты на поверхности или в местах соединения швов. Кроме этого, имеются и БПЛА, которые контролируют с высоты состояние нефтепроводов большой протяжённости: это позволяет своевременно обнаружить протечки нефти, нарушения гидро- и теплоизоляции и затопленные водой участки [11].

В числе других отраслей экономики сельское хозяйство также негативно влияет на окружающую среду: избыточное количество минеральных удобрений может накапливаться в растениях или вымываться дождями в водоёмы, инсектициды могут снизить популяцию не только вредных, но и полезных животных, неправильная распашка земель приводит к эрозии почв и так далее. Поэтому для снижения нагрузки на природу осуществляется переход на точное земледелие, где без помощи роботов не обойтись: лёгкая роботизированная машина Ecorobotix осуществляет прополку грядок путем впрыскивания небольшого количества гербицидов на сорные растения; SmartCore отбирает пробы почв, чтобы точно определить участки, в которые необходимо внести удобрения; система взаимосвязанных БПЛА FAR (FlyingAutonomousRobots) проводят аккуратный сбор спелых плодов и обрезку деревьев; Thorvald производит обработку от болезней винограда и клубники УФ излучением [12]. Кроме этого, БПЛА также находят широкое применение в сельском хозяйстве, например, для полива и обработки сельскохозяйственных растений. В статье [13] приведён пример использования таких аппаратов для диагностики заболеваний на полях хлопчатника.

Роботы применяются для охраны заповедников, заказников и других природных территорий без участия человека: это позволяет снизить влияние «фак-

тора беспокойства». В статье [14] описан эксперимент по использованию фотоловушек для наблюдений за животными (среди них СК 100/12, Reconyx HC 500 и BushnellTrophyCam HD Max).

Кроме этого, роботы могут вычислить браконьеров, которых трудно поймать: они охотятся ночью, когда никого в лесу нет и при этом, заметив спецслужбы, быстро скрываются от преследований. В статье [15] описывается пример БПЛА самолётного типа под названием PAWS (ProtectionAssistantforWildlifeSecurity), который проводит съёмку местности и, выявив на снимках нарушителя, сразу предупреждают службы правоохранительных органов.

Задачи исследовать подводных характеристик усложнены тем, что в связи с увеличением глубины погружения возрастает давление воды, негативно сказывающееся на здоровье водолаза. При этом он не может там находиться недолго и недалеко от берега. Поэтому такой метод не позволяет дать полную информацию о состоянии подводной жизни. Для этих случаев также предусмотрены роботы. В статье [16] описывается подводный аппарат TSL, предназначенный для создания фотографии морских глубин, на основе которых судят о количестве особей того или иного вида.

Иногда имеется необходимость контролировать состояние рек и озёр, а морские подводные аппараты не подходят для этого в связи с большими габаритами. Поэтому, например, в Самарском государственном техническом университете, был разработан небольшой подводный аппарат «Жемчужина», который позволяет измерять концентрацию загрязнения воды и осуществлять забор проб [17].

Существуют задачи, когда нужно контролировать состояние атмосферного воздуха вблизи территории, где происходит выброс вредных веществ (города и промышленные постройки). В таких случаях используются посты. Они представляют собой небольшие сооружения, в которых устанавливается набор соответствующих датчиков. Посты могут быть как стационарными (устанавливают на ровных, не пылящих местах, таких как, например, трава или асфальт), так и передвижными (располагаются на грузовом автомобиле). В статье [18] рассказывается о том, для решения каких задач они используются республиканским государственным предприятием «КАЗГИДРОМЕТ» (Казахстан).

Контроль парниковых газов сегодня очень важен, поскольку они, накопившись в атмосфере, создают «парниковый эффект», который негативно сказывается на климате Земли. Измерения производят вблизи земли и по всей территории. Однако, ни одно из существующих сегодня устройств не может выполнить данную задачу. Например, БПЛА могут проводить измерения только в верхних слоях атмосферы, да и, кроме этого, совершать свою работу способны только в дневное время и при низких скоростях ветра, в противном случае они могут запросто где-то затеряться и разбиться. Кроме этого, их надо часто заряжать, поскольку небольшая ёмкость аккумулятора не позволяют долго решать ту или иную задачу. А если использовать стаци-

онарные посты, то их нужно приобретать в больших количествах и расставлять по всему исследуемому участку — это вызывает некоторые трудности и делает данный метод экономически невыгодным. Передвижные посты также не могут решить данную задачу, так как они предназначены для временного контроля конкретной территории, и управление им осуществляется исключительно человеком, что не позволяет постоянно контролировать параметры по всей площади и получать более точные результаты.

И что удивительно, несмотря на то что вышеперечисленные устройства для мониторинга приземного воздуха на всей поверхности земли не подходят, конструкции роботов именно для этих целей на сегодняшний момент практически неизвестны. Единственным таким устройством является роботизированная платформа для экологического мониторинга, разработанная учеными кафедр «Природопользование и защита окружающей среды» и «Мехатроника и технологические измерения» Тамбовского государственного технического университета, апробированная в 2016-2023 гг. при организации мероприятий по проектам «ПротоМастер», «Молодежная школа цифровой экологии» и других.

Основными задачами данной платформы являются перемещение по пересеченной местности, снятие показаний датчиков в разных точках, передача пользователю траектории своего перемещения, проведение съёмки природных объектов, взятие и автоматизированный анализ проб воды и почвы. Длительность работы поддерживается благодаря установке аккумулятора с большой ёмкостью. Управление роботом производится с помощью мобильного приложения.

Помимо измерений концентраций вредных веществ, мобильный робот, разработанный учеными Тамбовского государственного технического университета, также может использоваться для исследования состава атмосферного воздуха, создания карт какой-либо территории, анализа полигонов ТКО, а также несанкционированных свалок мусора и для наблюдения за объектами живой природы [19].

Проведенный анализ особенностей роботов, используемых в экологической деятельности, дает возможность и необходимость провести их предварительную классификацию.

В такой классификации предлагаем основываться на следующих признаках:

- сущность автоматизированных действий робота – обозначает основные задачи робота;
- виды роботизированных устройств – конструктивная особенность для решения поставленной задачи;
- среда, в которой осуществляется работа робота – для того, чтобы определиться с типом платформы, необходимо знать, в какой среде эта работа предполагается: водная, наземная, воздушная и т.д.;
- тип платформы робота – подразумевается здесь вид конструкции, которая специально подстроена под какую-либо среду.

Результаты классификации робототехнических устройств, используемых в экологической деятельности, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация роботов экологического мониторинга

Сущность автоматизированных действий	Виды роботизированных устройств	Среда, в котором осуществляется работа	Тип платформы	Пример моделей роботов или их производителей, которые приведены в тексте
Сбор и сортировка мусора	Роботы-уборщики	Наземная	Колесная или гусеничная платформа	Clark, NeuroRecycle, TrashBox
		Водная	Подводный дрон	WasteShark, Marine Drone
	Домашние роботы-пылесосы	Наземная	Колесная или гусеничная платформа	Робот-пылесос, модернизированный учёными Новосибирского государственного университета
Контроль состояния трубопроводных систем	Роботы для контроля трубопроводов	Внутритрубопроводная	Колесная или гусеничная платформа	Робот, разработанный учеными Оренбургского государственного университета
		Воздушная	Летающий дрон	РДР-2015 «Горный»
Автоматическое ведение точного сельского хозяйства и агроэкомониторинг	Сельскохозяйственные роботы	Наземная	Колесная или гусеничная платформа	Ecorobotix, SmartCore, Thorvald
		Воздушная	Летающий дрон	FAR (Flying Autonomous Robots)
Контроль состояния лесных и лесопарковых наземных и водных территорий, ООПТ, своевременное обнаружение браконьеров	Летательный аппарат	Воздушная	Летающий дрон	PAWS (Protection Assistant for Wildlife Security), РДР-2015 «Горный»
	Пост	Наземная	Фотоловушки	СК 100/12, Reconyx HC 500, Bushnell Trophy Cam HD Max
	Мобильный робот	Наземная	Колесная или гусеничная платформа	Робот, разработанный учеными Тамбовского государственного технического университета
Исследование подводных характеристик	Мобильный робот	Водная	Подводный дрон	TSL, «Жемчужина»
Измерение и контроль загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы	Пост	Наземная	Стационарный пост Передвижной пост	«КАЗГИДРОМЕТ» и многие другие
	Мобильный робот	Наземная	Колесная или гусеничная платформа	Робот, разработанный учеными Тамбовского государственного технического университета

Продолжение таблицы 1

Сущность автоматизированных действий	Виды роботизированных устройств	Среда, в которой осуществляется работа	Тип платформы	Пример моделей роботов или их производителей, которые приведены в тексте
Измерение и контроль загрязняющих веществ в верхних слоях атмосферы	Летательный аппарат	Воздушная	Летающий дрон	РДР-2015 «Горный»
			Атмосферный зонд	Зонд, разработанный уральскими учёными
Картографирование и зондирование поверхности Земли и природных объектов	Летательный аппарат	Воздушная	Летающий дрон	РДР-2015 «Горный»
			Вертолет	ТБ-29В, разработанный компанией «Тайбер»
			Атмосферный зонд	Зонд, разработанный уральскими учёными
			Самолет	Лёгкий самолёт поплавкового типа
	Орбитальный аппарат	Космическая	Спутник	«Ресурс-П», «Канопус-В», «Метеор-М», «Электро-Л», «Арктика-М»
Космическая станция			МКС	

Заключение. Таким образом, мы рассмотрели некоторые механические и автоматические устройства, которые могут применяться в различных направлениях экологического мониторинга. Выделенные нами признаки и анализ реальных практик применения роботов в природоохранной деятельности и природопользовании позволили составить предварительную классификацию экологических роботов.

Список цитированных источников

1. 9 роботов, которые помогают решить экологические проблемы. – 2019. – Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/robotov-kotorie-pomogayut-reshitekologicheskie-problemi> (дата обращения: 12.03.2023).
2. Агапов Е. В., Никулин В. С. Модернизация модели робота-пылесоса // Автоматика и программная инженерия. – 2015. – №1. – С. 52-54.
3. Я – робот. Как машины спасают планету от превращения в огромную свалку. – 2021. – Режим доступа: <https://green.reo.ru/articles/tpost/h0fvvbkna1-yarobot-kak-mashini-spasayut-planetu-ot> (дата обращения: 26.03.2023).
4. Данилов, А. С. Разработка системы контактного дистанционного экологического мониторинга при добыче полезных ископаемых / А. С. Данилов // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-1. – С. 181-186.
5. Воронков Ю.С., Воронков О.Ю. Легкий самолет для экологического мониторинга // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1-2. – С. 127-131.
6. Беспилотный вертолет «Тайбер» для экологического мониторинга // Ассоциация Вертолетной Индустрии. – 2016. – Режим доступа: https://helicopter.su/bespilotnyij_vertolet_-tajber-_dlya_ekologicheskogo_monitoringa/ (дата обращения: 27.09.2023).

7. Как выглядит метеозонд. От теории к практике. Разрешение за запуск // Qzore-team. – Режим доступа: <https://qzoreteam.ru/kak-vyglyadit-meteozond-ot-teorii-k-praktike-razreshenie-za-zapusk/?ysclid=ln1tuq72lr767078221> (дата обращения: 26.03.2023).
8. Дистанционное зондирование Земли // Роскосмос. – Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/24707/> (дата обращения: 27.09.2023).
9. Космический эксперимент «Ураган» // Роскосмос. – Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/33720/> (дата обращения: 27.09.2023).
10. Литвинов, В. А. Самодвижущиеся роботы внутритрубной диагностики как иновационный подход контроля деформации нефтегазовых продуктопроводов / В. А. Литвинов, О. С. Вавилина, Д. М. Журкина // Шаг в науку. – 2019. – № 1. – С. 98–100.
11. Айроян, З. А. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов / З. А. Айроян, О. А. Коркишко, Г. В. Сухарев // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4(43). – С. 179.
12. 12 революционных роботов в сельском хозяйстве. – Режим доступа: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/12-revoljucionnyh-robotov-v-selskom-hozjajstve> (дата обращения: 02.04.2023).
13. Абрамов, В. И. Цифровизация выращивания хлопчатника с использованием агродронов / В. И. Абрамов, Д. М. Михайлов, Н. М. Золотых // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрного образования и экономики предприятий : Материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 10 фев. 2021 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2021. – С. 178–184.
14. Эпова, Л. А. Опыт использования фотоловушек для мониторинга популяций крупных млекопитающих в заповеднике "Кузнецкий Алатау" / Л. А. Эпова, С. Г. Бабина // . – 2015. – № 7. – С. 270–275.
15. Дроны с ИИ и «глазом хищника» против браконьеров. – 2022. – Режим доступа: <https://jborder.ru/obzory/drony/drony-c-ii-i-glazom-xishhnika-protiv-brakoneroev/> (дата обращения: 09.04.2023).
16. Дулепов, В. И. Исследование и контроль состояния морских донных экосистем с использованием подводной робототехники / В. И. Дулепов, Н. Н. Лелюх // Гео-Сибирь. – 2007. – С. 117–120.
17. Бражников, А. М. Разработка миниатюрного подводного аппарата для мониторинга состояния малых водоёмов / А. М. Бражников, А. М. Бражникова // Тинчуринские чтения: материалы XIV междунар. молодежной научн. конф.: в 3 т. Т. 3, г. Казань, 23–26 апр. 2019 г. / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 7–11.
18. Редькина, М. С. Технические средства автоматизированных систем мониторинга вредных выбросов / М. С. Редькина // Развитие науки, образования и технологий в XXI веке: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Москва, 31 окт. 2021 года – Москва, 2021. – С. 172–177.
19. Аверченкова В. Д. Основные концепции мобильного экологического робота (статья) / В.Д. Аверченкова, А. В. Козачек, А. А. Комиссаров [и др.]// Международная научно-практическая конференция «В.И. Вернадский: инженерная наука и образование для обеспечения безопасности и устойчивого развития регионов» г. Тамбов, 2023.