

Экономические аспекты применения беспилотных воздушных судов в кадастровой деятельности

Ю.Н. Редина¹✉, М.Н. Забаева¹

АФФИЛИАЦИИ

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
✉ jn_redina@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Редина Ю.Н., Забаева М.Н. Экономические аспекты применения беспилотных воздушных судов в кадастровой деятельности // Пространственные данные: наука и технологии. 2025. Т. 16, № 2. С. 8–29. DOI:10.30533/scidata-2025-16-08.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

беспилотное воздушное судно, экономический аспект, кадастровая деятельность, критерий эффективности, экономический эффект

АННОТАЦИЯ

Развитие современных технологий дает мощный импульс трансформированию кадастровой деятельности и создает новые возможности для повышения ее эффективности. Однако высокая стоимость работ с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) делает актуальным вопрос об экономической целесообразности и масштабировании применения последних. Целями исследования стали анализ экономических аспектов и выявление возможностей повышения эффективности кадастровой деятельности при использовании БВС. Были исследованы типы БВС, проанализированы факторы и характеристики, влияющие на принятие решений по применению БВС в кадастровой деятельности. Проведена сравнительная экономическая оценка затратным методом стоимости комплексных кадастровых работ с проведением геодезической съемки территории и с использованием БВС,

установлены экономические эффекты и критерии оценки применения БВС в кадастровой деятельности, а также предложены рекомендации по повышению его эффективности. Результаты исследования подтверждают значительный потенциал использования БВС в кадастровой деятельности, однако требуют решения некоторые вопросы, касающиеся взвешивания выгод и издержек, возможности применения БВС при выполнении задач определенного рода.

1 Введение

Сегодня благодаря расширению возможностей и сферы применения беспилотные авиационные технологии, отличающиеся мобильностью, скоростью и способствующие сохранению человеческого капитала, становятся мощным инструментом, применяемым в кадастровой деятельности для быстрого и точного получения данных, создания цифровых моделей местности, анализа динамики изменений в ландшафте и прочих задач. Данная тенденция предопределена прежде всего активным развитием гражданских беспилотных летательных аппаратов вследствие снижения стоимости электронного обеспечения (систем связи, компьютеров, приемников спутниковой навигации, микромеханических датчиков для инерциальных навигационных систем, фото- и видеоаппаратуры и т. д.) и уменьшения физических размеров, создания следующего поколения двигателей и аккумуляторов, развития программного обеспечения для обработки результатов данных.

Под беспилотным воздушным судном (БВС) в рамках исследования будем понимать такое воздушное судно (летательный аппарат), управление которым и контроль за которым осуществляется внешним оператором, при этом беспилотный летательный аппарат будем считать частной категорией БВС.

Сегодня есть различные классификации БВС: по функциональному предназначению, конструктивным особенностям, стабильным параметрам и особенностям технических характеристик (взлетная масса, дальность и высота полета, продолжительность функционирования и габариты) для выполнения различных задач, что предполагает особое функциональное, техническое оснащение и конфигурацию. **К основным типам беспилотников, занимающихся дистанционным мониторингом, сбором и передачей данных, относят:**

- 1) самолетный (классический);
- 2) мультироторный (два и более независимых винта);
- 3) вертолетный (однороторный);
- 4) аэростатический;
- 5) конвертопланы и гибридные модели [1].

Среди общих преимуществ использования БВС выделяют: возможность съемки небольших участков местности; высокое разрешение аэрофотосъемки; полет на низких высотах; проведение аэрофотосъемки в облачную погоду. К числу ограничений можно отнести: полет на небольшие расстояния и на незначительной высоте; короткое время автономной работы, что снижает эффективность аэросъемки; небольшую площадь покрытия; ограничения на полезную нагрузку и размеры оборудования для аэрофотосъемки.

Самолеты пилотируемой авиации, более экономичные и эффективные для аэрофотосъемки больших территорий, позволяют получать снимки с более высоким разрешением (до 3 см на пиксель), меньше ограничены по зонам полета, чем беспилотная авиация, отличаются более высокой дальностью полета и меньшими ограничениями на полезную нагрузку, соответственно, могут нести большие картографические комплексы. Тем не менее в качестве их недостатков можно выделить зависимость от метеоусловий (съемка ведется с больших высот и требует учета облачности), крайне высокую стоимость аэрофотосъемки, привязку к аэропортам. Таким образом, БВС целесообразно использовать на небольших участках местности, а пилотируемая авиация эффективнее на больших территориях, т. к. требует меньших временных затрат.

Использование БВС в кадастровой деятельности может снизить трудоемкость геодезических изысканий и повысить объективность получаемых данных, что особенно важно при выполнении работ, требующих точности от 0,5 м (межевание земель промышленности и сельскохозяйственного назначения).

Геодезические БВС классифицируют:

- по типу конструкции:
 - мультироторные, имеющие больше двух несущих винтов;
 - крылатые;
 - гибридные;
- назначению:
 - картографические;
 - геодезические;
 - линейно-профильные;
 - эксплуатационные;
 - разведочные;
- характеристикам:
 - малой нагрузки;
 - средней нагрузки;
 - дальневыносные [2].

Важно учитывать не только технологические преимущества, но и экономические эффекты этих технологий при оценке целесообразности их внедрения, в частности более эффективного управления ресурсами, результативности, качества выполнения работ и оптимизации затрат.

Инновационные технологии использования БВС сегодня стремительно развиваются (передовые системы навигации, искусственный интеллект, датчики и камеры высокого разрешения). Применение БВС в кадастровых работах охватывает аэрофотосъемку, разработку трехмерных моделей местности и создание подробных карт земельных участков. При проведении аэрофотосъемки с БВС получают цифровые ортофотопланы с привязкой к реальным географическим координатам и внешним базам данных, с наполнением векторными данными. Результаты измерений и полученную пространственную информацию используют для геоинформационных систем (ГИС) и создания цифровых топографических карт и планов.

Аэрофотосъемка БВС имеет общие черты с космической съемкой: БВС не требуют специализированной технической поддержки, могут снимать большие территории и преодолевать большие расстояния, позволяют получать высокоточные изображения и снижают вероятность ошибок в кадастровых записях, делают возможным оперативный мониторинг изменений на земельных участках, что способствует более эффективному управлению земельными ресурсами и планированию территорий.

В целом к преимуществам использования БВС в геодезии можно отнести быстрое получение топографических данных благодаря эффективному программному обеспечению; наличие уникальных методик для анализа данных; высокую точность измерений; применение высокотехнологичного оборудования для точного определения географических координат; создание трехмерных карт местности; получение изображений высокой четкости. Тем не менее сохраняется ряд проблем. В частности, необходимо координировать усилия производителей БВС, пользователей и разработчиков цифровых фотограмметрических систем; определять соответствие границ недвижимого имущества данным с летательных аппаратов; оценивать эффективность использования агроландшафтов и территорий с определенными свойствами; реализовывать возможность прогнозирования развития территорий; выявлять участки земель с заявленными характеристиками и др. [3].

В качестве экономических аспектов внедрения БВС в кадастровую деятельность выделяют следующие.

Во-первых, применение БВС позволяет сократить издержки на выполнение кадастровых работ, уменьшив численность полевых бригад; снизить расходы на транспортировку и проживание сотрудников в труднодоступных районах; свести к минимуму время, затрачиваемое на обследование участков; замедлить износ традиционного геодезического оборудования; минимизировать расходы на традиционные методы аэрофотосъемки и геодезических измерений, которые требуют дорогостоящего оборудования и больших временных затрат (легкие беспилотники со взлетной массой до 30 кг экономически целесообразны благодаря низкой стоимости эксплуатации). В среднем себестоимость кадастровой

съемки при использовании БВС по разным оценкам снижается на 30–50 %, особенно при больших объемах или при работе в удаленных регионах [4].

Во-вторых, повышается производительность труда по сравнению с наземной съемкой, поскольку БВС позволяют за один вылет покрывать десятки (а иногда и сотни) гектаров, обеспечивая высокую точность снимков. Другими словами, наблюдается важный экономический эффект — увеличение производительности в единицу времени при тех же трудозатратах. Например, для участков площадью более 60 гектаров использование БВС более выгодно, чем традиционные методы. На меньших участках экономическая эффективность требует уточнения, но преимущества в скорости и точности сохраняются [4].

В-третьих, использование БВС позволяет уменьшить сроки выполнения работ в два-три раза, что, в свою очередь, ускоряет ввод объектов в оборот; повышает скорость обновления кадастровых данных; дает возможность быстро реагировать на запросы заинтересованных сторон и заказчиков. Это напрямую влияет на эффективность деятельности и снижает финансовые потери из-за задержек.

В-четвертых, высокое разрешение аэрофотоснимков и точные цифровые модели местности уменьшают вероятность ошибок при составлении кадастровых планов, способствуя экономии средств, сокращению дополнительных расходов на переделывание работ; уменьшению числа отказов со стороны Росреестра; снижению судебных и административных издержек и т. д. По сравнению с космической съемкой, которая имеет погрешность 1–10 м, беспилотники обеспечивают высокую точность (до сантиметров), что минимизирует ошибки в кадастровых картах и снижает затраты на их исправление. Данное преимущество особенно актуально в вопросах надзора, выявления самозахватов земли, неиспользуемых территорий и сельхозугодий, неучтенных земельных участков и объектов недвижимости, что потенциально может принести дополнительный доход от налогов, увеличить налоговую базу, получить экономический эффект и повысить результативность принятия решений. По некоторым оценкам, кадастровая стоимость самозахватов земли в России превышает 2 трлн руб., а неиспользуемых сельхозземель — более 1 трлн руб. Их учет увеличивает налоговую базу¹.

В-пятых, БВС в кадастровой деятельности за счет их масштабируемости, мобильности, гибкости и универсальности можно применять как для мелко-масштабной съемки отдельных участков, так и для массового картографирования больших территорий (сельхозугодий, лесного фонда, охранных зон и т. д.), а также для выполнения различных полетных задач, что расширяет возможности взаимодействия с различными акторами и категориями заказчиков, влияет на увеличение доходной части при умеренном увеличении издержек. Кроме того, снижаются риски и затраты, связанные с вопросами безопасности и работы

¹ Семёнов А. Как применять беспилотники в кадастровых работах // Агентство стратегических инициатив. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://asi.ru/sml/111504/> (дата обращения: 17.05.2025).

в труднодоступных или опасных районах, уменьшаются убытки от несчастных случаев, страховых выплат и простоя техники.

Выполнение геодезических работ традиционными методами подразумевает работу с измерительными инструментами, которые требуют аккуратной установки оборудования, нивелирования и подбора точек измерений, что увеличивает рабочее время, затраченное на подготовительный этап. На больших объектах требуется частое перемещение, ручное измерение, что довольно трудоемко и трудозатратно. Соответственно, увеличивается сметная стоимость работ, появляются дополнительные издержки и риски. Использование БВС обеспечивает преимущество в скорости и эффективности выполнения работ, расширяя их охват и автоматизацию данных за короткий промежуток времени, сокращая время и стоимость работ.

Вопрос оценки затрат неоднозначен при сравнении проведения работ традиционным методом и с использованием БВС, поскольку традиционные методы включают расходы на приобретение и обслуживание специализированного оборудования, стоимость обучения квалифицированных специалистов, транспортировку и установку оборудования на месте работ. Затраты при использовании БВС могут быть существенными из-за стоимости самого беспилотного аппарата, необходимости дополнительного оснащения (камеры высокого разрешения, ГНСС-приемники и программное обеспечение для обработки данных), тем не менее в долгосрочном периоде можно обеспечить снижение общих затрат за счет уменьшения времени выполнения работ, эффекта масштаба, снижения рисков ошибок измерений [5].

Таким образом, в целом экономические эффекты от внедрения БВС в кадастровую деятельность являются многоуровневыми и комплексными. Они связаны не только с сокращением прямых затрат, но и с увеличением положительного финансового результата за счет повышения производительности, качества услуг и скорости выполнения заказов, повышения устойчивости развития кадастровой деятельности.

2 Материалы и методы

Основу исследования составили выборка аналитических отчетов, докладов, публикаций, документов развития беспилотных летательных аппаратов (БВС) и опыт их применения в кадастровой деятельности. Вопросы экономического анализа выстраивались вокруг комплексного исследования экономической целесообразности и экономических эффектов (в том числе долгосрочных) использования БВС в кадастровой деятельности с учетом как прямых, так и косвенных экономических выгод, оценки затрат, включая влияние

данной технологии на производительность, точность и стоимость кадастровых работ; сравнение стоимости кадастровых работ, выполненных традиционным методом и с применением БВС.

Методологию работы составили эмпирические и теоретические методы познания, системно-аналитический метод, метод интерпретации, экспертной оценки, структурирования, сравнительный метод при сопоставлении результатов экономического анализа стоимости комплексных кадастровых работ с проведением геодезической съемки территории и использованием БВС на территории населенного пункта д. Малый Корчуган (Топкинский муниципальный округ, Кемеровская область — Кузбасс) площадью 1,4 км² (400 объектов недвижимости) и в целом междисциплинарный подход к исследованию. Практическая часть включала в себя проведение аэрофотосъемки с помощью БВС DJI Phantom 4 RTK, ГНСС-приемников (PrinCe i30, PrinCe i50, PrinCe i90) и современного программного обеспечения. Аэрофотоснимки получены с помощью камеры FC6310R (8.8 мм) с размером проекции пикселя на местности 0,03 м с продольным и поперечным перекрытиями 65–70 %, что соответствует установленным требованиям. Обработка полученных фотографий проводилась в программе Agisoft Metashape.

Были определены экономические составляющие и перечень основных затрат для выводов об экономической целесообразности использования БВС в кадастровой деятельности, выявлены ключевые характеристики, а также факторы, влияющие на работу с БВС в кадастровой деятельности. Использовались метод анализа посредством издержек и выгод, затратный метод при расчете выполнения кадастровых работ с применением БВС и традиционным способом при одинаковом уровне качества, SWOT-анализ.

Этапы исследования включали анализ текущих процессов развития и применения БВС в кадастровой деятельности, определение критериев оценки эффективности применения БВС; анализ эффектов, рисков, возможностей и ограничений, формулирование выводов и рекомендаций по использованию БВС для достижения положительных экономических эффектов.

3 Результаты и обсуждение

Как уже было отмечено выше, преимущества и эффективность использования БВС в кадастровой деятельности зависят от многих факторов и параметров, которые могут затруднять, ограничивать применение данного метода или даже делать его нецелесообразным. Условно все факторы, влияющие на внедрение БВС в кадастровую деятельность, можно разделить на следующие группы: технические, организационные, экономические, социальные и природно-экологические (рис. 1).

Рис. 1 Факторы, влияющие на использование БВС в кадастровой деятельности

Fig. 1 Factors affecting the use of UAVs in cadastral activities



Крайне важно тщательно анализировать все факторы, сравнивая затраты на использование БВС и на альтернативные методы выполнения поставленных задач и условий проведения комплексных кадастровых работ.

Если обобщать, то для проведения кадастровой деятельности основными статьями расходов являются:

- оплата труда сотрудников (заработная плата кадастровых инженеров, геодезистов, картографов и других специалистов, участвующих в проведении кадастровых работ, с учетом обязательных отчислений);
- расходы на оборудование и материалы для проведения кадастровых работ;
- транспортные расходы (закупка автомобилей, затраты на топливо, расходы, связанные с транспортировкой специалистов и оборудования к месту проведения работ);
- расходы на аренду помещений — офисов, складов, гаражей и других помещений, используемых для хранения оборудования и материалов;
- расходы на связь и интернет для работы с геодезическим оборудованием и обмена информацией;
- страховые расходы (затраты на страхование оборудования, ответственности, здоровья специалистов и других возможных рисков, связанных с проведением кадастровых работ);
- маркетинговые расходы;
- расходы на обучение персонала и повышение квалификации;
- прочие расходы, связанные с текущей операционной деятельностью.

Перечень может варьироваться в зависимости от специфики и объема проводимых работ.

Комплекс вопросов, который связан с принятием решений относительно использования БВС в кадастровой деятельности и позволяет сформировать **экономическое обоснование, в общем виде выглядит следующим образом:**

1. Первоначальные капитальные вложения — это закупка БВС и оборудования (собственно БВС, камеры, ГНСС-приемники, станции базовой коррекции и т. д.), расходы на программное обеспечение (лицензии на фотограмметрические и ГИС-программы), обслуживание и страхование техники. Здесь экономическая оценка в первую очередь связана с анализом окупаемости инвестиций в рамках предполагаемого объема кадастровых работ. Оценка и затраты зависят от модели, функциональности, производителя оборудования. Например, при использовании квадрокоптера модели DJI Phantom 4 RTK на выполнение аэрофотосъемки площадью 4,92 км² уйдет 270 минут полетного времени. Таким образом, для выполнения работ по съемке необходимо 2 рабочих дня с учетом зарядки и времени полета за раз. При использовании БВС самолетного типа модели «Геоскан 201» все авиационные работы можно выполнить за один взлет и один рабочий день. Однако стоимость БВС «Геоскан 201» существенно выше стоимости квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK. Состав поставок может различаться и напрямую влияет на конечную стоимость.
2. Отдельно оцениваются затраты на оплату труда специалистов, связанных с кадастровой деятельностью, обработкой и передачей полученных материалов заинтересованным сторонам, а также задействованных на всех этапах проведения работ. Кроме того, в смете следует учесть издержки на закупку как геодезического оборудования для проведения наземных работ по координированию контрольных и опорных точек, так и программного обеспечения для обработки геодезической съемки, наземные работы по обследованию геодезической основы, установке и координированию пункта съёмочного обоснования².
3. Затраты на обучение персонала предполагают оплату обучения пилотов БВС (включая сертификацию), повышения квалификации сотрудников в области обработки аэросъёмочных данных и др. Иными словами, речь идет об инвестициях в человеческий капитал.
4. Эксплуатационные затраты связаны с текущим техническим обслуживанием, ремонтом, заменой деталей и фондом оплаты труда соответствующих специалистов.
5. Дополнительные затраты включают получение разрешений и лицензий на использование БВС, соблюдение безопасности и охраны окружающей среды, штрафы за нарушение законодательства.

² Забаева М.Н. Экономика кадастровой деятельности: учебник. М.: КноРус, 2022. 376 с.

6. Операционные расходы — это расходы на командировки, если съемка проводится вне основного местоположения компании; страхование полетов и соблюдение требований авиационного законодательства.
7. Учитываются также амортизация и потребность регулярного обновления оборудования и программного обеспечения, т. е. при анализе оценивается срок эффективного использования оборудования до морального устаревания и снижения производительности.

Эффективность применения БВС зависит от себестоимости одного квадратного километра съемки. В этом контексте важны регулярность и объем выполняемых работ, поскольку простои будут снижать экономическую отдачу. Необходимо оценивать целесообразность применения того или иного метода и выбирать наиболее эффективное решение при реализации конкретного проекта (например, на очень сложных участках более рациональной иногда может быть наземная съемка). Другими словами, следует проводить тщательный анализ сравнения затрат с применением наземных геодезических работ и с использованием БВС, принимать решение в каждой отдельной ситуации. Этот фактор ограничивает возможность масштабируемости и универсализации применения БВС, а соответственно, требует разработки универсальных индикаторов комплексного анализа и создания автоматизированной модели для принятия решений об альтернативном подходе, учитывая экономические параметры. Правовые и административные барьеры, которые приводят к возникновению дополнительных издержек и бюрократических сложностей, также могут влиять в совокупности на экономические показатели и себестоимость проведения комплексных кадастровых работ. В целом экономика выстраивается вокруг оценки рентабельности, сроков окупаемости и потенциальных экономических эффектов, рисков и непредвиденных расходов вследствие сбоя или неудачного полета, утраты, повреждения, несоответствия качества данных требованиям, штрафов.

Таким образом, экономические критерии, лежащие в основе решения о целесообразности использования БВС, включают:

- 1) снижение затрат на выполнение работ по сравнению с традиционными методами; сокращение трудозатрат вследствие автоматизации сбора данных (уменьшение потребности в большом количестве полевых работников и снижение расходов на оплату труда);
- 2) сокращение времени сбора данных на больших территориях;
- 3) параметры точности и качества данных (снижение вероятности ошибок в кадастровых данных и дополнительных расходов на исправление ошибок измерений);
- 4) уменьшение эксплуатационных расходов, затрат на обслуживание и ремонт, а также срок службы БВС (влияние на окупаемость инвестиций);
- 5) снижение логистических затрат на транспортировку и подготовку к работам, особенно в труднодоступных районах;

- 6) экономия за счет масштабируемости объемов работ и оптимизация затрат в зависимости от размера и сложности проекта;
- 7) возможность получения добавленной стоимости, в том числе за счет быстрого оказания услуг и одновременного оказания дополнительных услуг;
- 8) необходимость закладывать риски из-за технических сбоев и страхования от повреждения и потерь³.

Окончательный вывод об использовании БВС в каждой отдельной группе проектов кадастровых работ необходимо принимать, исходя из оценки экономической целесообразности, если затраты на приобретение и эксплуатацию летательного аппарата компенсируются сокращением времени, трудозатрат и повышением качества данных. Для точной оценки необходимо учитывать специфику региона, типы задач и регуляторные ограничения.

SWOT-анализ экономических эффектов применения БВС в кадастровой деятельности позволяет оценить сильные и слабые стороны технологии, а также возможности и угрозы, связанные с ее внедрением.

В качестве сильных сторон можно обозначить:

- снижение затрат в два–три раза;
- высокую скорость выполнения работ (съемка больших территорий за короткое время, например 500 га за 3–5 дней вместо 20 дней при наземной съемке);
- высокое разрешение съемки за счет малой высоты полета, сканирования и детального отображения объектов и особенностей рельефа;
- оперативность процесса съемки (точность данных при погрешности 2–5 см с меньшими затратами времени);
- высокая реалистичность 3D-моделей;
- гибкость применения (использование в труднодоступных местах — горах, лесах, болотах) и различных масштабов проектов;
- простоту транспортировки до места исследования;
- снижение рисков для персонала (отсутствие необходимости работать в опасных или труднодоступных зонах);
- экологическая безопасность за счет использования электрических двигателей.

К слабым сторонам технологии относятся:

- высокие первоначальные затраты (приобретение БВС, датчиков, камер, программного обеспечения и обучение персонала, при этом стоимость оборудования прямо пропорциональна качеству съемки и работы);
- ограниченное время полета и потребность перезарядки (замедление работы на больших территориях);
- зависимость от погодных и климатических условий;

³ Забаева М.Н. Экономика кадастровой деятельности: учебник. М.: КноРус, 2022. 376 с.

- необходимость обучать операторов и специалистов по обработке данных (увеличение финансовых затрат и времени на внедрение технологии);
- потребность в мощных вычислительных ресурсах и времени на обработку больших объемов данных.

В качестве возможностей использования БВС сегодня выделяют:

- перспективы интеграции с современными технологиями (с искусственным интеллектом, машинным обучением, технологиями распознавания границ и объектов на ортофотопланах, с ГИС — для создания высокоточных кадастровых карт);
- применение не только для съемки, но и для мониторинга изменений земель, инвентаризации объектов и управления природными ресурсами;
- потенциальный рост рынка БВС и снижение стоимости оборудования и программного обеспечения;
- высокую окупаемость инвестиций за счет многократного использования БВС в различных проектах (до 200 % за год).

Среди рисков и угроз рассматриваемой технологии можно назвать:

- регуляторные ограничения и правила использования воздушного пространства, необходимость получения летного разрешения и согласования;
- поломка и утеря оборудования, сбои программного обеспечения, быстрое моральное устаревание оборудования и программного обеспечения;
- расходы на обслуживание;
- ограниченный выбор производителей БВС, комплектующих и оборудования;
- возможную утечку данных.

Таким образом, тщательный анализ экономических составляющих использования БВС и потенциальных рисков поможет избежать неоправданных расходов и выбрать наилучшую стратегию для тех или иных видов работ [6, 7].

Исследование включало сравнительную оценку применения БВС при выполнении комплексных кадастровых работ традиционным методом наземной геодезии и с применением БВС. Для расчетов была взята стоимость проведения комплексных кадастровых работ с геодезической съемкой на конец 2024 года на территории населенного пункта д. Малый Корчуган (Топкинский муниципальный округ, Кемеровская область — Кузбасс) площадью 1,4 км² (400 объектов недвижимости — определение координат на 200 земельных участков и 200 объектов капитального строительства). Результаты представлены в **табл. 1**.

Можно сделать промежуточный вывод о том, что проведение комплексных кадастровых работ с применением БВС является более выгодным по сравнению с наземными геодезическими работами. Кроме того, авиационные работы на территорию населенного пункта были выполнены за 2 дня, а наземная съемка такого количества объектов может занять несколько недель. Таким образом, очевидно преимущество применения БВС в данном случае.

Таблица 1 Проведение комплексных кадастровых работ с использованием геодезической съемки и БВС

Table 1 Carrying out complex cadastral works with geodetic survey and an UAV

Метод выполнения комплексных кадастровых работ	Объекты	Тип работ	Цена без НДС, руб.	Стоимость с учетом НДС, руб.	Полная стоимость работ с учетом НДС, руб.
Наземная геодезическая съемка	Земельные участки (200 объектов)	Изготовление межевого плана по уточнению границ земельного участка	10 000 за 1 объект	2 400 000	4 320 000
	Объекты капитального строительства (200 объектов)	Изготовление технического плана	от 8000 за 1 объект	1 920 000	
Использование БВС	Земельные участки (200 объектов)	Аэрофотосъемка	от 35 000 за 1 км ²	109 200	2 869 200
		Создание ортофотоплана с масштабом 1 : 500	от 30 000 за 1 км ²		
	Объекты капитального строительства (200 объектов)	Отрисовка топографического плана по результатам съемки БВС (векторизация)	от 5000 за 1 гектар	840 000	
		Изготовление схемы	от 4000 за 1 объект	1 920 000	

Примечание. При расчете полной стоимости комплексных кадастровых работ с использованием БВС не учитывались расходы на проведение геодезической съемки.

Следующим важным вопросом оценки экономических эффектов является анализ себестоимости проведения аэрофотосъемки в зависимости от технических параметров БВС, когда качественные характеристики переводятся в количественные значения и вносят вклад в расчет себестоимости и эффективности. Важные характеристики, которые могут быть учтены при анализе, можно разделить на следующие группы:

- 1) технические характеристики аэрофотосъемочных комплексов:
 - скорость полета (км/ч);
 - максимальная продолжительность полета (ч.);
 - стоимость аэрофотосъемочного оборудования, включая ТО (тыс. руб.);

- максимальная высота аэрофотосъемки (м);
 - фокусное расстояние фотокамеры (мм);
 - физический размер пикселя (мм);
 - поперечный угол поля зрения;
 - максимальное число снимков за вылет;
- 2) параметры съемки для различных аэрофотосъемочных комплексов:
- продольное перекрытие (%);
 - минимально допустимое поперечное перекрытие (%);
 - эффективный угол поля зрения (часть поперечного угла поля зрения, ограничивающая используемую для ортофотоплана часть снимка);
 - время на разворот (мин.);
 - стоимость часа летного времени (тыс. руб.);
 - удаление от места постоянного базирования (км);
 - число базисов за пределами участка съемки;
 - среднее удаление от места временного базирования (км);
 - отношение числа нелетных дней к числу съемочных дней;
 - продолжительность паузы между вылетами (ч.);
- 3) структура затрат на выполнение всего объема работ по созданию ортофотоплана в зависимости от типа БВС и фотокамеры:
- количество снимков;
 - количество вылетов;
 - количество съемочных дней;
 - продолжительность съемочного дня;
 - амортизация оборудования (тыс. руб.);
 - аренда самолета на перелет и подлет (тыс. руб.);
 - аренда аппарата для аэрофотосъемки (тыс. руб.);
 - зарплата и командировочные расходы (тыс. руб.);
 - привязка опознаков (тыс. руб.);
 - фотограмметрическая обработка (тыс. руб.);
 - стоимость одного рабочего дня исполнителя, включая накладные расходы (тыс. руб.);
 - транспортные расходы во время выполнения работ (тыс. руб.);
 - число исполнителей, включая специалиста на наземной базовой станции ГНСС.

В 2017 году сотрудники Центра геодезии, картографии и ИПД Н.М. Бабашкин, С.А. Кадничанский, С.С. Нехин выполнили экспериментальный расчет⁴ стоимости создания ортофотоплана масштаба 1 : 2000 условного объекта

⁴ Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Нехин С.С. Сравнение эффективности аэрофототопографической съемки с использованием беспилотных и пилотируемых авиационных систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/sravnienie-effektivnosti-aerofototopograficheskoy-semki-s-ispolzovaniem-besplotnykh-i-pilotiruemykh/> (дата обращения: 17.05.2025).

площадью 15 000 км² с использованием самолета АН-30, БВС с электродвигателем и максимальным временем полета 1 час и 5 часов и БВС с бензиновым двигателем. Анализ показал, что самой экономически выгодной будет аэрофотосъемка БВС с бензиновым двигателем. Затем следует аэрофотосъемка самолетом АН-30 и БВС с электродвигателем. Самой дорогостоящей является аэрофотосъемка БВС, оснащенного электродвигателем, с продолжительностью полета 1 ч. Для аккуратности расчетов необходимо сделать поправку на сопоставимость рыночных цен и индексацию цен в текущем периоде, тем не менее порядок расчетов очевиден. Таким образом, на данный момент самым эффективным способом проведения аэрофотосъемки больших площадей является пилотируемая авиация ввиду редкого применения БВС с бензиновым двигателем в силу объективных причин.

4 Выводы

Применение БВС в кадастровой деятельности сегодня является инновационным подходом к ее развитию, позволяя радикально трансформировать классические методы работы, повысить качество и сократить стоимость процессов, что подтверждает значимость использования данной технологии при сборе геодезической информации.

Оценка экономической эффективности применения БВС в кадастровой деятельности основывается на сравнении издержек, рисков и выгод (экономия времени, снижение затрат, повышение качества и точность снимков; стоимость и время выполнения топографической съемки / аэрофотосъемки с использованием БВС, пилотируемой авиации и наземных методов, эффекты от автоматизации процессов и экономии трудовых ресурсов; оценка производственных затрат — себестоимость летного часа БВС, включая амортизацию оборудования, расходы на операторов и программное обеспечение; влияние технических характеристик на экономику и результативность работ с учетом веса, полезной нагрузки и энергопотребления БВС, что определяет длительность полета и объем собираемых данных). Экономическая эффективность также зависит от качества получаемых данных: БВС позволяют создавать детальные 3D-модели, ортофотопланы и цифровые карты местности с высоким разрешением, что снижает необходимость повторных съемок, тем самым оптимизируя затраты. Кроме того, для качественного анализа рассчитывается возврат инвестиций через соотношение затрат на внедрение БВС и экономии от их использования (например, сокращение времени на съемку, снижение расходов на персонал и оборудование), что особенно актуально для крупных проектов. Для максимальной эффективности необходимо учитывать тип БВС, техническое задание и условия эксплуатации.

На основании проведенного исследования можно подтвердить высокую эффективность и существенные преимущества использования БВС в кадастровой деятельности. Эта технология предлагает ряд инноваций, улучшающих качество предоставления услуг, оптимизирует рабочие процессы, повышая точность данных и своевременность их получения при принятии решений. Важно, однако, учитывать ограничения использования БВС, высокую стоимость и дополнительные затраты на обслуживание, потребность в обновлении оборудования, программного обеспечения и в обучении специалистов. Тем не менее при оценке долгосрочных эффектов выгоды от внедрения БВС могут включать снижение затрат на труд, повышение производительности и качества выполнения работ, дополнительные экономические эффекты и в целом обеспечивать устойчивость и высокоэффективность развития кадастровой деятельности.

С целью повышения экономической эффективности применения БВС можно предложить следующее:

- задействовать аппараты с оптимальным соотношением цены и качества, подходящие для конкретных задач (например, мультикоптеры — для небольших участков, БПЛА с фиксированным крылом — для больших территорий);
- использовать программное обеспечение для автоматической обработки данных с целью сокращения времени на анализ и моделирование;
- автоматически планировать полеты с помощью специальных приложений, чтобы минимизировать ошибки и время на подготовку;
- выбирать камеры и сенсоры с учетом требуемой точности данных и бюджета;
- инвестировать в обучение операторов БВС и обеспечивать непрерывное повышение квалификации, использовать симуляторы для тренировок, чтобы сократить затраты на практические вылеты;
- проводить аудит эксплуатационных затрат и мероприятия по их снижению (регулярное техническое обслуживание для предотвращения поломок и продления срока службы, использование аккумуляторов с высокой емкостью и оптимизация маршрутов полетов для экономии энергии);
- масштабировать задачи — применять БВС для выполнения нескольких задач одновременно (например, топографическая съемка, мониторинг объектов, создание 3D-моделей), чтобы максимизировать отдачу от одного вылета, а также в проектах с высокой добавленной стоимостью;
- повышать доступность технологий за счет снижения стоимости оборудования, масштабирования производства и конкуренции на рынке;
- проводить гибкую ценовую политику — развивать механизмы аренды БВС и предложения БВС как услуги для заказчиков с ограниченным бюджетом;
- обеспечивать интеграцию БВС с другими технологиями: например, с наземными геодезическими измерениями (ГНСС, тахеометры) — для повышения точности и сокращения времени обработки; с цифровыми

платформами — для хранения и обработки данных в целях снижения затрат на локальную инфраструктуру;

- оптимизировать расходы на оборудование: для разовых или редких проектов арендовать, а не покупать БВС, чтобы снизить капитальные затраты;
- заранее получать разрешения на полеты и соблюдать местное законодательство, чтобы избежать штрафов и простоев; использовать сертифицированные БВС, соответствующие стандартам безопасности и экологической устойчивости;
- анализировать успешные кейсы применения БВС, чтобы внедрять лучшие практики и расширять набор услуг, предлагая комплексные решения, а также разрабатывать маркетинговую политику, в том числе повышая осведомленность потенциально заинтересованных сторон (демонстрировать экономическую выгоду посредством публикации исследований и отчетов);
- использовать БВС для быстрого сбора данных на труднодоступных территориях, сокращая затраты на выезды геодезических бригад;
- применять БВС с низким энергопотреблением для минимизации экологического следа, руководствуясь социальной и экологической ответственностью;
- расширять сотрудничество между производителями БВС, геодезическими компаниями и государственными учреждениями для совместных проектов;
- разрабатывать поддерживающие финансовые механизмы для внедрения БВС в кадастровую деятельность, в том числе для закупки оборудования и обучения [8, 9].

На сегодняшний день существует ряд законодательных ограничений, препятствующих массовому использованию БВС [10]. **Тем не менее в качестве нормативных мероприятий по распространению использования БВС в кадастровой деятельности для достижения положительных экономических эффектов можно предложить:**

- упростить процедуры согласования авиационных работ с БВС и передачи аэрофотосъемки на контрольный просмотр;
- создать на государственном уровне защищенные облачные сервисы для передачи данных, повысить грамотность специалистов;
- разграничивать допустимые высоты для разного вида деятельности с использованием БВС, что позволит упростить процедуры согласования (например, разграничить цели аэрофотосъемки на специально определенных высотах и характеристиках);
- внедрить инновационные решения для автоматизации обработки данных;
- признать БВС средством измерения с требованием прохождения поверки, что способствовало бы уменьшению количества наземных геодезических работ для аэрофотосъемки.

Развитие конкуренции на рынке БВС (в том числе отечественных БВС и компонентов) может способствовать снижению стоимости комплексов и повышению экономической эффективности использования данной технологии.

Стоит отметить, что применение БВС в кадастровой деятельности тесно связано с вопросом обеспечения безопасности, конфиденциальности и защиты данных, что несет дополнительные издержки.

В целом перспектива исследования может быть расширена за счет анализа чистой приведенной стоимости или внутренней нормы доходности для оценки срока окупаемости инвестиций в БВС; создания модели экономического анализа производительности выполнения задач; разработки индикаторов и критериев оценки точности данных и покрытия территорий с точки зрения влияния на себестоимость работ, а также моделей для определения альтернативных сценариев кадастровой деятельности (например, для съемки сельскохозяйственных угодий, городской застройки или горных территорий), в том числе с учетом типа БВС, масштаба проекта и погодных условий, а также косвенных социальных и экологических эффектов и выгод от применения БВС в кадастровой деятельности.


БИБЛИОГРАФИЯ

1. Аврунев Е.И., Каверин В.Н., Горбунова А.А. Использование беспилотных летательных аппаратов в кадастре и землеустройстве на территории Республики Алтай // Интерэкспо ГЕО-Сибирь: сборник материалов XIX Международного научного конгресса: в 8 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2023. Т. 3. С. 11–18. DOI:10.33764/2618-981X-2023-3-11-18.
2. Турк Г.Г., Карачёв Н.К. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в геодезии // Вектор ГеоНаук. 2023. Т. 6, № 2. С. 56–60. DOI:10.24412/2619-0761-2023-2-56-60.
3. Супруненко Д.И., Ершов А.В., Чернов А.В. Проблемы внедрения беспилотных летательных аппаратов в кадастр недвижимости // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сборник материалов V Национальной научно-практической конференции: в 3 ч. Новосибирск: СГУГиТ, 2022. Ч. 3. С. 130–133. DOI:10.33764/2687-041X-2022-3-130-133.
4. Овчинникова Н.Г., Медведков Д.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для ведения землеустройства, кадастра и градостроительства // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3, № 1. С. 98–108. DOI:10.23947/2413-1474-2019-3-1-98-108.
5. Постонен Д.В. Использование беспилотных летательных аппаратов, квадрокоптеров при выполнении кадастровых работ // Кадастр недвижимости. 2020. № 3 (60). С. 77–82.



6. Борисов Е.А. Применение БПЛА в кадастровой деятельности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 7-1 (94). С. 59–62. DOI:10.24412/2500-1000-2024-7-1-59-62.
7. Балабина И.С. Использование беспилотных летательных аппаратов для решения проблем качества кадастровых работ // Военно-экономический вестник. 2023. № 1. С. 76–79.
8. Хубаев А.О., Макаев Н.В., Шевченко Н.В. Повышение эффективности производства геодезических работ с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 2. С. 412–418. DOI:10.24412/2071-6168-2024-2-412-413.
9. Абрамов В.И. Использование беспилотных летательных аппаратов при проведении инженерно-геодезических изысканий // Теория и практика современной науки. 2023. № 5 (95). С. 282–285. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rus.modern-j.ru/_files/ugd/b06fdc_77eadbcef13c44e5b41495ee78289cf8.pdf (дата обращения: 17.05.2025)
10. Дроздова М.А., Удалова Д.В., Беляева К.А. и др. Правовые основы использования беспилотных летательных аппаратов в землеустройстве и кадастре, включая международный аспект // Аграрное и земельное право. 2023. № 11 (227). С. 307–310. DOI:10.47643/1815-1329_2023_11_307.

АВТОРЫ

Редина Юлия Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра экономики, факультет управления территориями
канд. экон. наук
 0000-0002-5007-7773

Забаяева Марина Николаевна

 m_zabaeva@gambler.ru
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра экономики, факультет управления территориями
д-р экон. наук, доцент
 0000-0003-3713-5972

Поступила 28.05.2025. Принята к публикации 22.08.2025. Опубликовано 29.08.2025.

UDC 528.5

DOI:10.30533/scidata-2025-16-08



Economic Issues of Using Unmanned Aerial Vehicles in Cadastral Activities

Yulia N. Redina¹✉, Marina N. Zabaeva¹

AFFILIATIONS

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ jn_redina@mail.ru

CITATION

Redina YuN, Zabaeva MN. Economic Issues of Using Unmanned Aerial Vehicles in Cadastral Activities. *Spatial Data: Science, Research and Technology*. 2025;16(2): 8–29. DOI:10.30533/scidata-2025-16-08.

KEYWORDS

unmanned aerial vehicle, economic issue, cadastral activity, efficiency criterion, economic effect

ABSTRACT

The development of modern technologies gives a powerful impetus to transformation and creates new opportunities to improve the efficiency of cadastral activities. However, the high cost of work using unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAVs) acutely raises the issue of economic feasibility and scaling of its implementation. The aim of the study was to analyze economic issues and identify opportunities to improve the efficiency of cadastral activities using an unmanned aerial vehicle. The types of UAVs were studied, the factors and characteristics influencing decision-making on the use of UAVs in cadastral activities were analyzed, a comparative economic assessment of complex cadastral works with geodetic survey of the territory and using UAVs was carried out using the cost method; the economic effects and criteria were analyzed, and recommendations were proposed in the context of improving efficiency. The results of the study confirm the significant potential for use of unmanned aerial vehicles in cadastral

activities, however, they emphasize a number of issues regarding weighing the benefits and costs, as well as the possibility in performing certain types of tasks.

REFERENCES

1. Avrunev EI, Kaverin VN, Gorbunova AA. Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v kadastrе i zemleustroistve na territorii Respubliki Altai [Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cadastre and Land Management in the Altai Republic]. *Interexpo GEO-Siberia: Proceedings of the XXII International Exhibition and Scientific Congress*. In 8 vols. Vol. 3. Novosibirsk: SSUGT; 2023: 11–18. (In Russian). DOI:10.33764/2618-981X-2023-3-11-18.
2. Turk GG, Karachev NK. Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov (BPLA) v geodezii [Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Geodesy]. *Vektor GeoNauk*. 2023;6(2): 56–60. (In Russian). DOI:10.24412/2619-0761-2023-2-56-60.
3. Suprunenko DI. Problemy vnedreniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v kadastr nedvizhimosti [Problems of Introducing Unmanned Aerial Vehicles into the Real Estate Cadastre]. *Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Valuation, Ecology, Technological Solutions: Proceedings of the V National Scientific and Practical Conference*. In 3 parts. Part 3. 2022: 130–133. (In Russian). DOI:10.33764/2687-041X-2022-3-130-133.
4. Ovchinnikova NG, Medvedkov DA. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya vedeniya zemleustroistva, kadastra i gradostroitel'stva [Use of Unmanned Aerial Vehicles for Land Management, Cadastral Survey and Urban Planning]. *Economy and Ecology of Territorial Entities*. 2019;3(1): 98–108. (In Russian). DOI:10.23947/2413-1474-2019-3-1-98-108.
5. Postonen DV. Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov, kvadropteroov pri vypolnenii kadastryykh rabot [Use of Unmanned Aerial Vehicles, Quadcopters in Cadastral Works]. *Real Estate Cadastre*. 2020;3(60): 77–82. (In Russian).
6. Borisov EA. Primenenie BPLA v kadastrvoy deyatelnosti [Use of UAVs in Cadastral Activities]. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2024;7-1(94): 59–62. (In Russian). DOI:10.24412/2500-1000-2024-7-1-59-62.
7. Balabina IS. Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya resheniya problem kachestva kadastryykh rabot [Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Problems of Cadastral Work Quality]. *Military-Economic Bulletin*. 2023;1: 76–79. (In Russian).
8. Khubaev AO, Makaev NV, Shevchenko NV. Povyshenie effektivnosti proizvodstva geodezicheskikh rabot s primeneniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Improving the Efficiency of Geodetic Works Using Unmanned Aerial Vehicles]. *Bulletin of Tula State University. Technical Sciences*. 2024;2: 412–418. (In Russian). DOI:10.24412/2071-6168-2024-2-412-413.
9. Abramov VI. Ispol'zovanie bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri provedenii inzhenerno-geodezicheskikh izyskaniy [Use of Unmanned Aerial Vehicles in Engineering and Geodetic Surveys]. *Theory and Practice of Modern Science*.


2023;5(95): 282–285. (In Russian). Available from: https://rus.modern-j.ru/_files/ugd/b06fdc_77eadbcef13c44e5b41495ee78289cf8.pdf (Accessed 17 May 2025).

10. Drozdova MA, Udalova DV, Belyaeva KA, et al. Pravovye osnovy ispol'zovaniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v zemleustroistve i kadastre, vklyuchaya mezhdunarodnyi aspekt [Legal Basis for the Use of Unmanned Aerial Vehicles in Land Management and Cadastre, Including the International Aspect]. *Agrarian and Land Law*. 2023;11(227): 307–310. (In Russian). DOI:10.47643/1815-1329_2023_11_307.

AUTHORS

Yulia N. Redina

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Economics, Faculty of Territorial Management
PhD in Economics

 0000-0002-5007-7773

Marina N. Zabaeva

 m_zabaeva@rambler.ru

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Economics, Faculty of Territorial Management
Dr. of Sci. (Economics), Associate Professor

 0000-0002-5007-7773

Submitted: May 28, 2025. Accepted: August 22, 2025. Published: August 29, 2025.