

Научная статья

Original article

МК-44-20

УДК 629.1



**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО  
РОБОТИЗИРОВАННОГО ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ  
FEATURES OF USING AN UNMANNED ROBOTIC HYDROGRAPHIC  
COMPLEX FOR SOLVING PROBLEMS IN THE FIELD OF LAND  
RECLAMATION**

**Туктаров Ренат Бариевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, заместитель директора по науке, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, [tuktarov.rb@gmail.com](mailto:tuktarov.rb@gmail.com)

**Акпасов Антон Павлович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, [1a9@mail.ru](mailto:1a9@mail.ru)

**Морозов Максим Игоревич**, младший научный сотрудник, отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельсский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

1), тел. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>,  
[jamster777@mail.ru](mailto:jamster777@mail.ru)

**Renat B. Tuktarov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of irrigation systems and hydraulic structures, deputy director of science, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-3801>, [tuktarov.rb@gmail.com](mailto:tuktarov.rb@gmail.com)

**Anton P. Akpasov**, candidate of technical sciences, senior researcher, Head of the Department of Irrigation Systems and Hydraulic Structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>,  
[1a9@mail.ru](mailto:1a9@mail.ru)

**Maxim I. Morozov**, junior researcher, department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0009-0005-1347-4314>, [jamster777@mail.ru](mailto:jamster777@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности использования беспилотного роботизированного гидрографического комплекса (гидробота) для целей мелиорации земель и дано обоснование его применения для выполнения гидрографических работ на малых водоемах с целью проектирования и строительства локальных участков орошения. Рассмотрены особенности подготовки исходной информации к проведению инженерно-гидрографических работ и выполнения камеральной обработки материалов съемки.

**Abstract.** The article discusses the features of using an unmanned robotic hydrographic complex (hydrobot) for land reclamation purposes and provides a rationale for its use for performing hydrographic work on small reservoirs for the purpose of designing and constructing local irrigation areas. The features of preparing initial information for carrying out engineering and hydrographic work and performing desk processing of survey materials are considered.

**Ключевые слова:** мелиорация, гидрография, беспилотный роботизированный гидрографический комплекс, гидробот, программное обеспечение, маршрут, галс.

**Keywords:** reclamation, hydrography, unmanned robotic hydrographic complex, hydrobot, software, route, tack.

На сегодняшний день одним из актуальных вопросов в области мелиорации земель является изучение поверхностных водоисточников, расположенных на оврагах, балках и прочих понижениях рельефа, с целью актуализации картографо-геодезических, геометрических и морфологических характеристик водных объектов для подготовки и реализации проектов по гидромелиорации земель.

Гидрографические работы согласно ГОСТу [1] включают в себя различные методы съемки в зависимости от объекта и характера работы: съемку рельефа дна, гидрографическое траление, грунтовую съемку, топографическую съемку береговой полосы, сбор сведений для лоций.

В настоящее время съемка рельефа дна выполняется способом промеров или площадным обследованием с использованием различных технических средств, включая как простейшие инструменты (наметка, ручной лот), так специализированные гидрографические комплексы.

XXI век – это время огромного развития и разнообразия наземных, воздушных, морских беспилотных роботизированных комплексов отечественного и зарубежного производства, предназначенных для

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" коммерческих или гражданских целей, для реализации и выполнения множества задач [2].

Беспилотный роботизированный гидрографический комплекс (гидробот) – это современное и высокоточное оборудование, предназначенное для выполнения гидрографических работ на малых водоемах, реках и озерах, для мониторинга водных путей, при строительстве гидросооружений, и т. д.

Современные гидроботы имеют разную конфигурацию и могут нести на своем борту разную полезную нагрузку (эхолот, гидролокатор и т.п.), в зависимости от поставленных при выполнении целей и задач (рисунок 1).



Рисунок 1 - Беспилотные роботизированные гидрографические комплексы

Целью проводимых исследований являлось комплексное изучение природных и техногенных условий акватории водохранилища на овраге Мечетка, для изучения рельефа дна и оценки изменения проектных параметров водного объекта за период эксплуатации.

Объектом исследования являлась акватория водохранилища на овраге Мечетка Энгельсского муниципального района Саратовской области.

Водохранилище предназначено для аккумуляции весеннего стока с целью использования воды для орошения прилегающих земель.

Водохранилище русловое, сезонного регулирования стока.

Съемка рельефа дна водохранилища проводилась беспилотным роботизированным гидрографическим комплексом, созданным командой MOL'T Boat, оснащенный однолучевым эхолотом типа Kogger.

На первом этапе исследований проводились подготовительные работы, изучались исходные данные, имеющаяся картографическая и проектная документация, в том числе космические снимки на территорию объекта исследования.

Для полной автоматизации работы гидробота были созданы маршруты его движения по объекту исследований, для этих целей использовали интернет ресурс Fly.Teofly.com [3].

Fly.Teofly.com – это универсальная платформа, используемая для планирования маршрутов для беспилотных летательных, наземных и водных аппаратов.

Для создания картографической основы, необходимой для планирования маршрута на ресурсе Fly.Teofly.com использовались пользовательские онлайн-карты от компании MapBox. Отличительной особенностью платформы, является то, что кроме функции создания маршрута с указанными параметрами перекрытия имеется возможность редактирования галсов, разбивки маршрута на несколько (исходя из необходимого времени и протяженности маршрута), выбора скорости движения и многие другие опции.

Следует учитывать, что отсутствие геодезической привязки и использование общедоступных и, как правило, не актуализированных на момент проведения съемки спутниковых снимков, способствует появлению расхождения и погрешностей между созданными поворотными (разворотными) точками маршрута на космоснимке и фактическими точками на местности.

Как показала практика, погрешность при планировании маршрута составила более 40 метров между точками. Эти расхождения не позволили выполнить задание полностью в автоматическом режиме работы гидробота и

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

некоторые участки акватории водохранилища с зонами, заросшими камышом и кустарником, были обследованы в ручном режиме при помощи маломерного судна и ручного эхолота, что повлияло на качество получаемого результата съемки, а также увеличило общее время выполнения всего задания.

Таким образом перед созданием маршрута движения гидробота, необходимо проведение рекогносцировки исследуемой акватории и при необходимости выполнение дополнительного координирования границ береговой линии по всей площади территории, которую будет обследовать гидрографический комплекс. Это позволит избежать не только появления погрешностей в неточности построения маршрутов, но и также обезопасить гидробот от возможных повреждений.

Дальнейшая работа с гидрографическим комплексом, контроль и управление его движением осуществлялась в общедоступной программе SkyDroid [4], установленной на мобильное устройство (смартфон), в которой контролировались вся авионика, загруженные маршруты, траектория следования гидробота, сигнал приема, показатели заряда аккумуляторной батареи в реальном времени (рисунок 2).

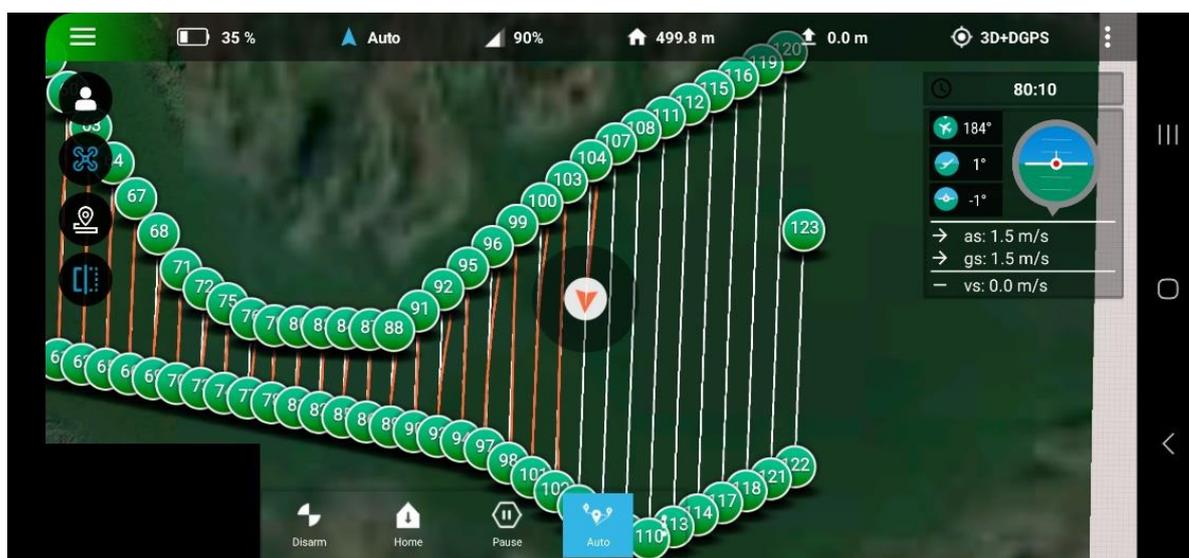


Рисунок 2 - Скриншот приложения SkyDroid с загруженной миссией

Съемка рельефа дна исследуемой акватории водохранилища на овраге Мечетка производилась способом промеров в масштабе 1:500, расстояние между галсами составило 10 метров, расстояние между точками 0,3 метра.

Немаловажными факторами, влияющим на работу гидробота и получаемую информацию являются климатические условия. В их число можно отнести сильный порывистый ветер, сильный дождь, резкие перепады температуры, снег и т.д. Данные условия влияют на работу беспилотного аппарата в автоматическом режиме по маршруту (рисунок 3).

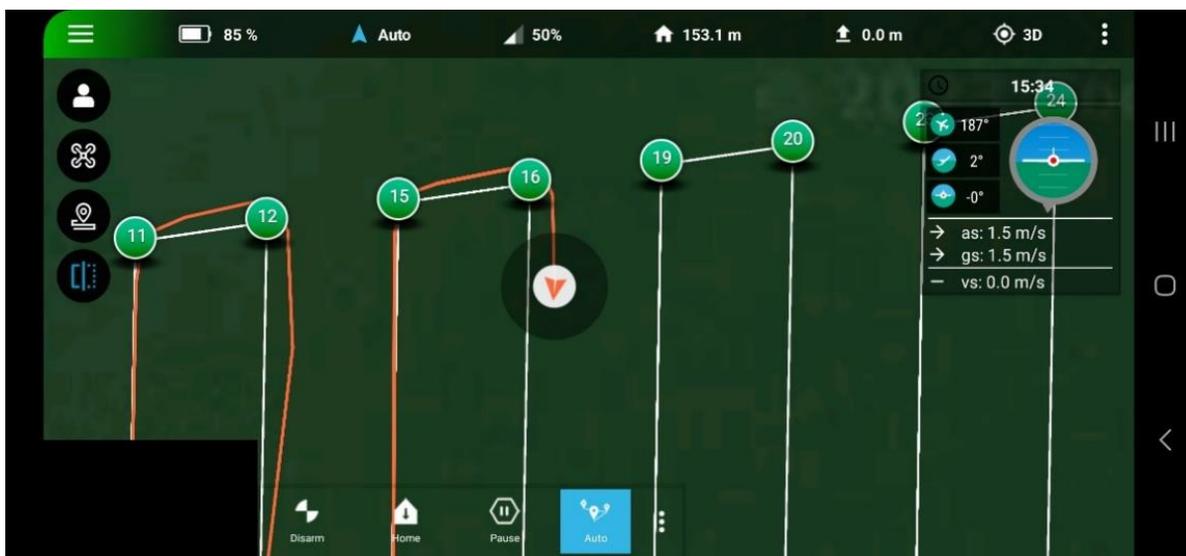


Рисунок 3 - Пример отклонения траектории гидробота от запланированного маршрута

После выполнения обследования акватории водохранилища, необходимо выгрузка и обработка полученных данных осуществлялась в специальном программном обеспечении.

На первом этапе камеральной обработки была произведена корректировка эхограммы в приложении Koggerapp [5] с целью устранения ошибок, возникших при сбое работы эхолота и улучшения информативности полученных данных (рисунок 4).

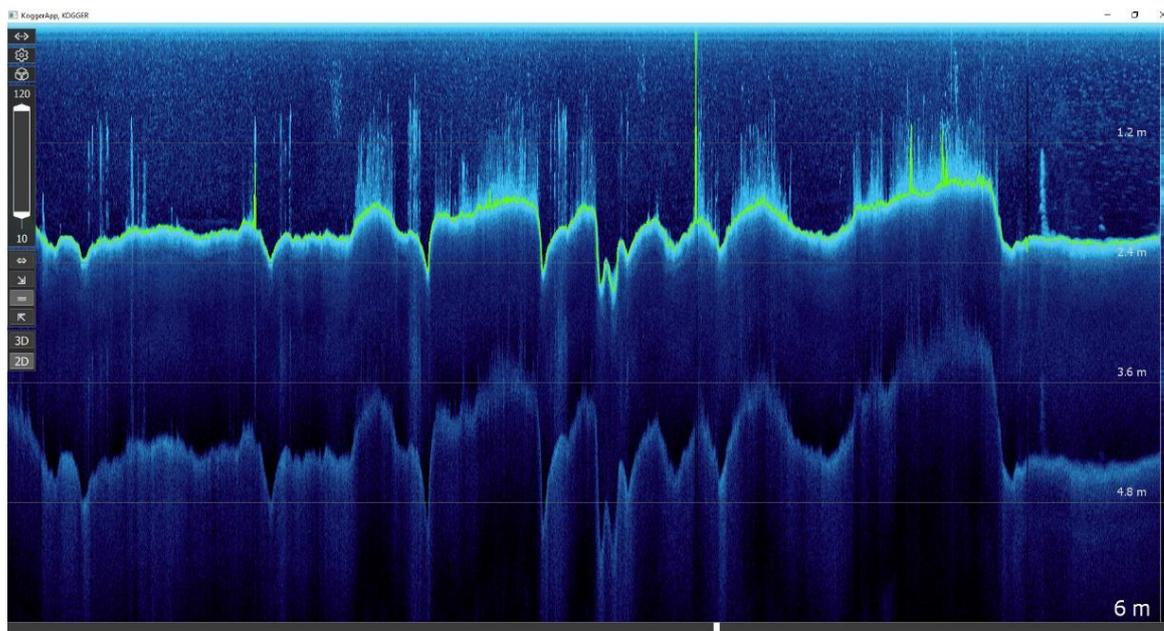


Рисунок 4 - Пример ошибок на эхограмме

Цифровое моделирование рельефа дна исследуемого объекта, расчет площадных и объемных характеристик водохранилища проводились с использованием ГИС пакета с функциями 3D-моделирования «ArcGIS» (рисунок 5).

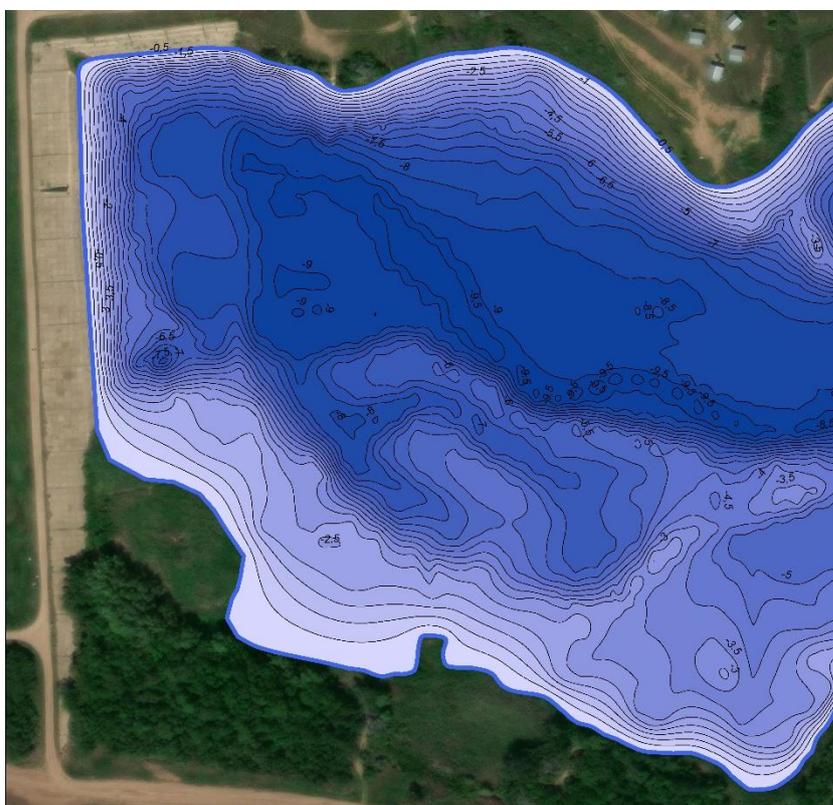


Рисунок 5 – Фрагмент батиметрической карты водохранилища на овраге Мечетка

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Таким образом, исследования показали, что беспилотные инновационные технологии имеют значительные преимущества перед традиционными за счет автоматизации и упрощения многих процессов нашей жизнедеятельности []. Для целей гидромелиорации земель использование высокоэффективных технологий инженерной гидрографии способствует сокращению материальных и трудовых затрат, а также минимизирует влияние человеческого фактора на точность и качество выполнения гидрографических работ.

### Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 58743—2019. Внутренний водный транспорт. Гидрографические работы. Общие требования. Введен. 2020 – 07- 01.М. 2020. 1 с.
2. Автоматизация гидрографии и гидрологии на небольших водоемах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gidro.prin.ru> (дата обращения 20.10.2023), свободный.
3. Официальный сайт Fly.Teofly.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// Fly.Teofly.com](https://Fly.Teofly.com), (дата обращения 20.10.2023), свободный.
4. Официальный сайт MOL'T Boats [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://molt.boats>, (дата обращения 22.10.2023), свободный.
5. Официальный сайт Kogger [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/koggertech/KoggerApp>, (дата обращения 20.10.2023), свободный.
6. Смуров А.Е. Применение технологий и оборудования беспилотных водных аппаратов в картографировании и моделировании / А.Е. Смуров, С.А. Тесленок. - [Электронный ресурс] // Огарев-online. - 2021. - №5. - Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/primenenie-texnologij-i-oborudovaniya-bespilotnyx-vodnyx-apparatov-v-kartografirovanii-i-modelirovanii>, (дата обращения 22.10.2023), свободный.

### Spisok ispol'zovannoj literatury

1. GOST R 58743—2019. Vnutrenniy vodnyy transport. Gidrograficheskiye raboty. Obshchiye trebovaniya. Vveden. 2020 – 07- 01.М. 2020. 1 s.

2. Avtomatizatsiya gidrografii i gidrologii na nebol'shikh vodoyemakh [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.gidro.prin.ru> (data obrashcheniya 20.10.2023), svobodnyy.
3. Ofitsial'nyy sayt Fly.Teofly.com [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: [https:// Fly.Teofly.com](https://Fly.Teofly.com), (data obrashcheniya 20.10.2023), svobodnyy.
4. Ofitsial'nyy sayt MOL'T Boats [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://molt.boats>, (data obrashcheniya 22.10.2023), svobodnyy.
5. Ofitsial'nyy sayt Kogger [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://github.com/koggertech/KoggerApp>, (data obrashcheniya 20.10.2023), svobodnyy.
6. Smurov A.E. Primenenie tekhnologij i oborudovaniya bespilotnyh vodnyh apparatov v kartografirovanii i modelirovanii / A.E. Smurov, S.A. Teslenok. - [Elektronnyj resurs] // Ogarev-online. - 2021. - №5. - Rezhim dostupa: <https://journal.mrsu.ru/arts/primenenie-tekhnologij-i-oborudovaniya-bespilotnyx-vodnyx-apparatov-v-kartografirovanii-i-modelirovanii>, (data obrashcheniya 22.10.2023), svobodnyj.

© Туктаров Р.Б. Акпасов А.П. и Морозов М.И., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №5/2023*

**Для цитирования:** Туктаров Р.Б. Акпасов А.П. и Морозов М.И. Особенности использования беспилотного роботизированного гидрографического комплекса для решения задач в области мелиорации земель// *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №5/2023*