

Задачи создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга

¹МУНТАЕВ Нуржан Амангельдыевич, докторант, turok_888@mail.ru,

^{1*}ЖАРТЫБАЕВА Макпал Галымбековна, PhD, старший преподаватель, makkenskii@mail.ru,

¹ОРАЛБЕКОВА Жанар Орымбаевна, PhD, и.о. доцента, oralbekova@bk.ru,

¹ЛАМАШЕВА Жанар Бейбутровна, PhD, старший преподаватель, zhanarlb@mail.ru,

²СЫДЫБАЕВА Мадина Алданышовна, магистр, старший преподаватель, m.sydybayeva@gmail.com,

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сапгаева, 2,

²Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Цель исследования – определить задачи создания беспилотного плавательного аппарата (БППА) и базы данных для экологического мониторинга. Рассмотрены проблемы в области экологического мониторинга водных ресурсов. Описаны основные подходы к проведению исследований. Представлены способы достижения цели исследования посредством логически взаимосвязанных, последовательных задач. Приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами.

Ключевые слова: беспилотный плавательный аппарат, аэроглицерные технологии, экологический мониторинг, зеленые технологии, базы данных.

Введение

Состояние водных объектов изменяется во времени и пространстве. Экологическая политика в области водных ресурсов требует, чтобы управление вод обеспечивало регулирование стока для мониторинга в допаводковых и послепаводковых периодах и оптимизации количества доступной физической среды обитания с учетом топографии, и набора режимов потока для предотвращения разрушения дамб и плотин, определения гидрографических показателей состояния акватория, обеспечения безопасности ближнего населения, обеспечения благоприятной среды для местных видов рыб.

Строительство плотины нарушает баланс наносов в реке, создавая протянутую речную зону. По мере повышения уровня воды скорость потока уменьшается, как и пропускная способность наносов. Следовательно, резервуар будет собирать отложения и терять емкость до тех пор, пока баланс не будет достигнут. Оценочное значение 0,5–1% от общего объема хранилища теряется каждый год, тогда как скорость осаждения варьируется от 0,1% до 2,3%. Непрерывное осаждение больше не может гарантировать вместимость водохранилища, борьбу с наводнениями, выработку электроэнергии, ирригацию и другие преимущества, связанные с емкостью хранения. Что касается выработки

электроэнергии, когда седиментация коллектора достигает высокого уровня, выработка энергии будет уменьшаться. Что касается ирригации, водохранилища удерживают и хранят осадок и связанные с осадком питательных веществ, что приводит к снижению количества питательных веществ вниз по течению. Накопление богатых питательными веществами отложений в резервуаре может вызвать низкий уровень питательных веществ вниз по течению, ставя под угрозу баланс экосистемы. Кроме того, седиментация в водохранилище может также повлиять на безопасность водных путей и гидротехнических сооружений. Осадок, переносимый током мутности, может заблокировать или повредить впускные и выпускные отверстия, что это снизит эффективность и увеличит затраты на техническое обслуживание.

Ожидается, что глобальное потепление увеличит частоту и интенсивность сильных ливневых осадков, что является основной причиной быстрых оползней, разрушения плотин и гидротехнических сооружений, изменения рельефа дна, которые могут привести к гибели многих людей. В Китае любой прорыв плотины приводит к миллионам эвакуированных. В 2004 г. разрушение защитной дамбы ГЭС «Далунтань» в Китае привело к гибели 20 человек. В 2015 г. прорыв плотин горнодобывающей компании Samarco (совмест-

ное предприятие ВНР Billiton и Vale) в Бразилии привел к гибели 13 человек [1]. Ущерб был оценен в \$5,3 млрд. В 1994 г. в Башкирии прорвало плотину Тирлянского водохранилища, произошел нештатный сброс 8,6 млн куб. м воды, погибли 29 человек [2]. В результате прорыва плотины в Казахстане в селе Кызыл Агаш погибло 43 человека. В Казахстане построено 270 водохранилищ, из которых 62 республиканского и 208 местного значения. Из 653 имеющихся гидросооружений 268, в том числе 28 крупных, нуждаются в срочном ремонте. Надежность и безопасность стратегически важных ГТС страны снижается быстрыми темпами, их фактический износ составляет 60%. Установлено, что вероятность аварий плотин резко повышается при возрасте сооружений более 30-40 лет. Большинство ГТС Казахстана эксплуатируется более 30 лет, а некоторые из них уже 40-50 лет. Например, Шардаринское водохранилище построено в 1965 г., Бухтарминское – в 1960 г., Капшагайское – в 1970 г. Согласно данным мировой статистики именно в этот период возрастает вероятность аварий и повреждений [3]. Малые и средние водохранилища, которые не имеют собственника представляют серьезную опасность, т.к. велика угроза их переполнения и прорыва напорного фронта при интенсивном снеготаянии и продолжительных летне-осенних осадках. Незапланированный и несогласованный с общими мероприятиями в период половодий и паводков спуск этих водохранилищ может усугубить последствия наводнений [4]. Разрушение среды обитания, изменение рельефа дна акватория, загрязнение, чрезмерная эксплуатация (и многие другие) подтолкнули водные и прибрежные сообщества пресной воды к экологическому коллапсу. Мониторинг гидрографических показателей, регулирование потока может оптимизировать количество доступной физической среды обитания с учетом существующей топографии и набора режимов потока. В то время как регулирование потока может оптимизировать существующую топографию канала, восстановление реки в форме топографической манипуляции также необходимо для устранения или изменения ограничений, которые ограничивают возможность естественных корректировок в топографии канала, которые создают и поддерживают физическую среду обитания. Но ведение мониторинга акватория в труднодоступных местах в послепаводковых периодах, исследование дамб водохранилищ представляют опасность для жизни.

Гидрографические съемки являются наиболее точным методом измерения характера распределения наносов и занимаемого объема. Глубина с горизонтальными координатами (X, Y) и координатами (X, Y, Z) должна быть получена при гидрографических исследованиях. Необходимо разработать радиоуправляемый аппарат, оснащенный различными датчиками и сенсорами для экологического мониторинга, определения рельефа и

гидрографических характеристик водохранилища, исследования среды обитания для местных видов рыб и сбора проб в труднодоступных участках водоемов, исследования дамб на наличие различных повреждений, разработать систему базы данных для учета [5-8].

Перечисленные проблемы необходимо решить инновационными технологиями. Комплексное решение теперь возможно благодаря недавним разработкам в области микроконтроллерных и микрокомпьютерных систем с низким энергопотреблением и малым объемом. Данные механизмы в сочетании с бортовым источником энергии, устраняют необходимость в кабельных или проводных соединениях с удаленными станциями управления и источниками энергии, обеспечивают, таким образом, неограниченную возможность свободной навигации.

В настоящее время использование БППА для задач ликвидации последствий техногенных аварий является установившейся мировой практикой. На постсоветском пространстве, лидером в данной области является Россия. На территории стран СНГ, началом практического использования наземных мобильных робототехнических комплексов можно считать применение их на Чернобыльской АЭС [1,2,3,5]. Использование средств робототехники в экологии не получило большого развития [4,6,7,8,13].

В 2010 же году компания QinetiQ обнародовала свою новую разработку: беспилотный разведывательный катер-невидимку Sentry (рисунок 1). С корпусом, выполненным по технологии Stealth, и мощным водометом, новый катер идеально, по мнению компании, подходит на роль разведчика и патрульной машины [9-15].

Основные подходы к проведению исследований:

В последние годы применялось много способов измерения подводных топографических данных, таких как однолучевой эхолот (SBES), многолучевой эхолот (MBES), а также методы дистанционного зондирования, такие как обнаружение бортового света и ранжирование (LiDAR) и пр. Однако исследования не были комплексного характера. Этот проект направлен на разработку программно-аппаратного средства для топографической съемки акватория и проведение исследований в пределах акватория с использованием батиметрических данных и других дополнительных данных для получения надежного рельефа местности и точной емкости водохранилища. Исторические батиметрические данные и данные экспериментального исследования будут сравниваться для изучения топографических изменений, ситуации седиментации и потери емкости воды. Разработанный робототехнический комплекс также можно будет применять для сбора проб, вылавливания мертвых или зараженных рыб, подкармливания рыб, обитающих в трудно-



Рисунок 1 – Беспилотный разведывательный катер-невидимка Sentry



Рисунок 2 – Дрон эколог АНО «Аиралаб Рус» и команды Togliatti Solar Team

доступных участках водоемов, использовать при спасательных операциях в условиях паводков. Все собранные данные акватория на примере рек Акмолинской области будут внесены в разработанную систему базы данных [4-8].

Перечень задач создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга

Для создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга необходимо решить следующие задачи. Ниже приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами:

1. Исследование и анализ существующих методов экологического мониторинга – для выявления оптимальных методов и методик, подходов, алгоритмов для экологического мониторинга.

2. Научно-технический анализ современных приборов для батиметрических исследований, основанных на обработке эхолокационных сигналов – выявление достоинств и недостатков современных приборов для батиметрических исследований, основанных на обработке эхолокационных сигналов для создания концепции робототехнического комплекса.

3. Разработка технического задания (частное) и ограничений к беспилотному аэроглицерному аппарату на основе технологии обработки эхолокационных сигналов – создание основного документа для создаваемого робототехнического комплекса, определяющего процессы и этапы разработки, проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования.

4. Проектирование механической части робототехнического комплекса на основе технологии аэроглицера – применение аэроглицерной технологии при создании робототехнического комплекса для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей водохранилища обеспечит безопасное для водной среды ис-

следование, эта технология не повреждает поверхность, обеспечивает возможность движения практически по любой поверхности и простоту трансмиссии.

5. Разработка структурных, функциональных и принципиальных схем программного обеспечения для робота.

6. Создание робототехнического комплекса для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей акватория и обработки эхолокационных сигналов.

7. Апробация разработанного аппарата и батиметрическое и гидрографическое исследование акватория на примере рек Акмолинской области в допаводковых и послепаводковых периодах, получение 2D и 3D снимков рельефа акватория.

8. Сбор проб воды, сбор и классификация данных – сбор проб воды в водохранилищах, озерах и водоемах представляет опасность и риск для жизни человека. Подобные работы делают специалисты – экологи в шахтах и районах выработок, при выполнении которых они подвергают жизнь опасности: отравление углекислым газом и другими вредными веществами, падения, попадание под оползни, заросли, болота, высокие волны, переохлаждение и смерть от утопления. Чтобы предотвратить чрезвычайные ситуации, снизить риск для сотрудников необходимо создать более инновационный и современный процесс отбора проб воды из затопленных ям, септиков, прудов-испарителей и других водных объектов. К примеру, при выявлении сточных вод или загрязнённой нефтепродуктами водных объектами вследствие повреждения трубопроводов или других аварий в любых погодных условиях сбор проб занимает примерно 12-14 часов работ и требуется группа специалистов.

9. Проведение качественного и количественного анализа воды, обнаружение отдельных компонентов. Все отобранные пробы воды необходимо в лабораторных условиях проанализировать, классифицировать и все результаты внести в СУБД.

10. Создание базы данных по показателям ак-

ватория, классификация априорной информации. Все отобранные пробы воды необходимо в лабораторных условиях проанализировать, классифицировать, и все результаты внести в СУБД.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК в рамках проекта ИРН АР09058557 по договору №63-КМУ2 от 24 февраля 2021 года.

Заключение

В статье были определены задачи создания робототехнического комплекса и базы данных для экологического мониторинга, а также рассмотрены проблемы в области экологического мониторинга водных ресурсов. Рассмотрены основные подходы к проведению исследований. Описаны способы достижения цели исследования посред-

ством логически взаимосвязанных, последовательных задач. Приведен перечень поставленных задач с измеримыми показателями решения задачи, а также представлено краткое обоснование роли каждой из задач в достижении цели исследования и взаимосвязи с другими задачами. Область применения и целевые потребители каждого из ожидаемых результатов: робототехнический комплекс и создание базы данных для мониторинга батиметрических и гидрографических показателей водохранилищ в допаводковых и послепаводковых периодах неразрушающим способом можно применить в гидрологии, морской геодезии, гидрографии, военном деле, горном деле, робототехнике и т.д. Разработанный робототехнический комплекс также можно будет применять для сбора проб, вылавливания мертвых или зараженных рыб, подкармливания рыб, обитающих в труднодоступных участках водоемов, использовать при спасательных операциях в условиях паводков. Все собранные данные акватория на примере рек Акмолинской области будут внесены в разработанную систему базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прорыв на руднике Samarco в Бразилии – крупнейшая катастрофа в истории, ИА REGNUM. <https://regnum.ru/news/2056486.html>, [дата обращения 02.04.2020].
2. Галлямова А.Г. История Татарстана и татарского народа. 1917-2013 гг.: учеб. пособие / А.Г. Галлямова, А.Ш. Кабирова, А.А. Иванов, Р.Б. Гайнетдинов, И.Р. Миннуллин, Л.И. Алмазова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. – 436 с.
3. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов за 2011-2014 годы http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/NDSOS_2011-2014.pdf (дата обращения 12.06.2020).
4. Рябцев А.Д. Безопасность гидротехнических сооружений, Балкаш-Алакольский Бассейновый Совет, 23 заседание. Алматы, 2016.
5. Irish, J.L. and White, T.E., 1998. Coastal Engineering Applications of High-Resolution LIDAR Bathymetry. Coastal Engineering, Vol. 35, No., pp. 47-71.
6. Integration of Bathymetric and Topographic LIDAR: A Preliminary Investigation. Available from: https://www.researchgate.net/publication/254415921_Integration_of_Bathymetric_and_Topographic_LIDAR_A_Preliminary_Investigation [accessed Aug 3 2020].
7. Turton, D., 2006. Factors Influencing ALS Accuracy. Scanning the Horizons. Vol. 3, No. 5. Wozencraft, J.M., 2003. SHOALS Airborne Coastal Mapping: Past, Present and Future. Journal of Coastal Research, Vol., No. Special Issue 38, pp. 207-216. Wozencraft, J.M. and Millar, D., 2005. Airborne LIDAR and Integrated Technologies for Coastal Mapping and Nautical Charting. Marine Technology Society Journal, Vol. 39, No. 3, pp. 27-35.
8. Ki In Bang Ki In Bang, New Approaches for LiDAR System Calibration, Conference: The 2011 Conference of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, April 2011.
9. Караушев А.В. Речная гидравлика. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 416 с.
10. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 296 с.
11. Автоматизированная гидрометеорологическая система. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 216 с.
12. Васильев А.В. Гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат. 1990. 2-я линия, 23. 444 с.
13. Malakoff, D. 2004. Profile: Dave Rosgen- e river doctor. Science 305:937-939. doi:10.1126/science.305.5686.937
14. J. Bergfur B. O.L. Demars M.I. Stutter S.J. Langan N. Friberg. The Tarland Catchment Initiative and Its Effect on Stream Water Quality and Macroinvertebrate Indices, First published: 01 March 2012 <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0537>
15. Larsen, S., and S.J. Ormerod. 2010a. Low-level effects of inert sediments on temperate stream invertebrates. Freshwater Biol. 55:476–486. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02282.x

Экологиялық мониторинг үшін роботтандырылған кешен мен мәліметтер базасын құру тапсырмалары

¹МҰНТАЕВ Нұржан Амангелдіұлы, докторант, turok_888@mail.ru,

^{1*}ЖАРТЫБАЕВА Мақпал Галымбекқызы, PhD, аға оқытушы, takkenskii@mail.ru,

¹ОРАЛБЕКОВА Жанар Орымбайқызы, PhD, доцент м.а., oralbekova@bk.ru,

¹ЛАМАШЕВА Жанар Бейбітқызы, PhD, аға оқытушы, zhanarlb@mail.ru,

²СЫДЫБАЕВА Мадина Алданышовна, магистр, аға оқытушы, m.sydybayeva@gmail.com,

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

²Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, 050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеудің мақсаты – роботтандырылған кешен мен экологиялық мониторингтің мәліметтер базасын құру тапсырмаларын анықтау. Су ресурстарының экологиялық мониторингі саласындағы проблемалары қарастырылады. Зерттеудің негізгі тәсілдері қарастырылды. Логикалық өзара байланысты, дәйекті тапсырмалар арқылы зерттеу мақсатына жету жолдары сипатталған. Мәселені шешудің өлшенетін көрсеткіштері бар берілген тапсырмалардың тізімі, сонымен қатар зерттеу мақсатына жетудегі міндеттердің әрқайсысының рөлін және басқа міндеттермен байланысын қысқаша негіздеу ұсынылған.

Кілт сөздер: пилотсыз жүзу құралы, аэробутты технологиялар, экологиялық мониторинг, жасыл технологиялар, мәліметтер базасы.

The Tasks of Creating a Robotic Complex and a Database for Environmental Monitoring

¹MUNTAYEV Nurzhan, doctoral student, turok_888@mail.ru,

¹*ZHARTYBAYEVA Makpal, PhD, Senior Lecturer, makkenskii@mail.ru,

¹ORALBEKOVA Zhanar, PhD, acting Associate Professor, oralbekova@bk.ru,

¹LAMASHEVA Zhanar, PhD, Senior Lecturer, zhanarlb@mail.ru,

²SYDYBAYEVA Madina, Master, Senior Lecturer, m.sydybayeva@gmail.com,

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

²Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Kazakhstan, 050013, Almaty, A. Baitursynova Street, 126/1,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the study is to determine the tasks of creating a robotic complex and a database for environmental monitoring. Problems in the field of environmental monitoring of water resources are considered. The main approaches to research are described. The ways of achieving the research goal by means of logically interconnected, sequential tasks are presented. A list of assigned tasks with measurable indicators of solving the problem is presented, as well as a brief substantiation of the role of each of the tasks in achieving the research goal and the relationship with other tasks.

Keywords: unmanned swimming vehicle, airboat technologies, environmental monitoring, green technologies, databases.

REFERENCES

1. Proryv na rudnike Samarco v Brazili – krupneyshaya katastrofa v istorii, IA REGNUM. <https://regnum.ru/news/2056486.html>, [data obrashcheniya 02.04.2020].
2. Gallyamova A.G. Istoriya Tatarstana i tatarskogo naroda. 1917-2013 gg.: ucheb. posobiye / A.G. Gallyamova, A.SH. Kabirova, A.A. Ivanov, R.B. Gaynetdinov, I.R. Minnullin, L.I. Almazova. – Kazan': Publ. Kazan. un-ta, 2014. – 436 p.
3. Natsional'nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i ispol'zovanii prirodnnykh resursov za 2011-2014 gody http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/03/NDSOS_2011-2014.pdf (data obrashcheniya 12.06.2020).
4. Ryabtsev A.D. Bezopasnost' gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, Balkash-Alakol'skiy Basseynovyy Sovet, 23 zasedaniye. Almaty, 2016.
5. Irish, J.L. and White, T.E., 1998. Coastal Engineering Applications of High-Resolution LIDAR Bathymetry. Coastal Engineering, Vol. 35, No., pp. 47-71.
6. Integration of Bathymetric and Topographic LIDAR: A Preliminary Investigation. Available from: https://www.researchgate.net/publication/254415921_Integration_of_Bathymetric_and_Topographic_LIDAR_A_Preliminary_Investigation [accessed Aug 3 2020].
7. Turton, D., 2006. Factors Influencing ALS Accuracy. Scanning the Horizons. Vol. 3, No. 5. Wozencraft, J.M., 2003. SHOALS Airborne Coastal Mapping: Past, Present and Future. Journal of Coastal Research, Vol., No. Special Issue 38, pp. 207-216. Wozencraft, J.M. and Millar, D., 2005. Airborne LIDAR and Integrated Technologies for Coastal Mapping and Nautical Charting. Marine Technology Society Journal, Vol. 39, No. 3, pp. 27-35.
8. Ki In Bang Ki In Bang, New Approaches for LiDAR System Calibration, Conference: The 2011 Conference of Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, April 2011.
9. Karaushev A.V. Rechnaya gidravlika. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. 416 p.
10. Luchshyeva A.A. Prakticheskaya gidrometriya. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 296 p.
11. Avtomatizirovannaya gidrometeorologicheskaya sistema. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. 216 p.
12. Vasil'yev A.V. Gidrometriya. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1990. 2-ya liniya, 23. 444 p.
13. Malakoff, D. 2004. Profile: Dave Rosgen - e river doctor. Science 305:937-939. doi:10.1126/science.305.5686.937
14. J. Bergfur B., O.L. Demars, M.I. Stutter, S.J. Langan, N. Friberg. The Tarland Catchment Initiative and Its Effect on Stream Water Quality and Macroinvertebrate Indices, First published: 01 March 2012 <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0537>
15. Larsen, S., and S.J. Ormerod. 2010a. Low-level effects of inert sediments on temperate stream invertebrates. Freshwater Biol. 55:476-486. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02282.x