

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 3. (116). С. 97-110.  
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 3. (116). P. 97-110.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.064.36 504.064.37

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.006

### ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ИХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН

*Руслан Михайлович Ильясов<sup>1</sup>, Роман Александрович Колесников<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

<sup>1</sup>*frandly@mail.ru*

<sup>2</sup>*roman387@mai.ru* <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>

**Аннотация.** Представлен опыт применения беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) при проведении мониторинга водных объектов и их водоохранных зон на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Установлена эффективность использования БПЛА при изучении изменения конфигурации береговой линии, выявлении опасных участков берегов, подверженных интенсивным процессам эрозии и абразии, инвентаризации несанкционированных свалок в пределах водоохранных зон, а также поиске затопленных объектов. В статье дано подробное описание методологии проведения дистанционного зондирования Земли с помощью БПЛА при проведении мониторинга водных объектов, состояния их берегов и водоохранных зон, в том числе методики постобработки полученных результатов.

**Ключевые слова:** Арктика, экологический мониторинг, мониторинг водных объектов, водоохранные зоны, дистанционное зондирование Земли, беспилотные летательные аппараты.

**Цитирование:** Р.М. Ильясов, Р.А. Колесников. Практика использования беспилотных летательных аппаратов при проведении мониторинга водных объектов и их водоохранных зон // Научный вестник

Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (116). № 3. С. 97-110.  
doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.006

Original article

## THE PRACTICE OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN MONITORING WATER BODIES AND THEIR WATER PROTECTION ZONES

*Ruslan M. Ilyasov<sup>1</sup>, Roman A. Kolesnikov<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

*<sup>1</sup>frandly@mail.ru*

*<sup>2</sup>roman387@mai.ru <https://orcid.org/0000-0002-2722-5133>*

**Abstract.** The experience of using unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAVs) in monitoring water bodies and their water protection zones in the Yamal-Nenets Autonomous District is presented. The efficiency of using UAVs in the study of changes in the configuration of the coastline, identifying dangerous sections of the coast subject to intensive processes of erosion and abrasion, inventorying illegal dumps within water protection zones, as well as searching for flooded objects has been established. The article provides a detailed description of the methodology for conducting remote sensing of the Earth using UAVs when monitoring water bodies, the state of their banks and water protection zones, including the methodology for post-processing the results.

**Keywords:** Arctic, environmental monitoring, monitoring of water bodies, water protection zones, remote sensing of the Earth, unmanned aerial vehicles.

**Citation:** R.M. Ilyasov, R.A. Kolesnikov The practice of using unmanned aerial vehicles in monitoring water bodies and their water protection zones // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (116). № 3. P. 97-110. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.116.3.006

### *Введение*

Ямало-Ненецкий автономный округ обладает колоссальными запасами пресных поверхностных вод. Гидрологическая сеть региона представлена почти 50 тысячами рек общей протяжённостью около 291 тысячи ки-

лометров и более 350 тысячами озёр [1; 2; 3]. Вопросы экологии и природопользования занимают важнейшее место в развитии Ямало-Ненецкого автономного округа.

С целью своевременного выявления и прогнозирования негативного воздействия на поверхностные воды, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состоянии, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов в регионе реализуется государственная программа Ямало-Ненецкого автономного округа «Охрана окружающей среды на 2014-2024 годы». В рамках данной программы за счет средств окружного бюджета выполняются мероприятия по мониторингу водных объектов. В ходе мониторинга на 30 участках 26 водных объектов были организованы наблюдения за береговыми линиями и русловыми процессами, дном русел водных объектов, водоохранными зонами, зонами затопления (подтопления), качеством природных поверхностных вод и донных отложений на каждом участке мониторинга в трех створах. Работы по мониторингу осуществляются государственным автономным учреждением Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики» при финансовой и организационной поддержке Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа и некоммерческого партнерства «Российский центр освоения Арктики».

Важнейшим направлением мониторинга водных объектов является выявление участков русел рек и берегов, захламленных твердыми коммунальными отходами и затопленными судами, диагностика потенциально опасных зон берегов и прогноз их опасности [4]. Одним из механизмов решения обозначенных задач стало использование дистанционных методов зондирования Земли (далее - ДЗЗ), которые подразумевают наблюдение за поверхностью Земли, авиационными, космическими и наземными средствами, оснащёнными съёмочной аппаратурой [5; 6]. Быстро доступными средствами получения данных ДЗЗ являются космические снимки (спутники Landsat, Santinel, GeoEye, WorldView и др.) и аэросъёмка (данные с самолета, беспилотного аппарата, аэростата и др.). Использование космических снимков и аэросъёмки с самолетов значительно облегчает проведение мониторинга. В последние годы для целей водного мониторинга все чаще применяется съёмка с беспилотных летательных аппаратов [7; 8]. Применение БПЛА в полевых работах по ДЗЗ оправданно ввиду больших расстояний между объектами и ограниченностью времени на проведения наземных топологических изысканий [9].

Целью нашей работы является апробация метода дистанционного зондирования Земли с БПЛА совместно с геодезической съёмкой водоохраных зон и русел рек.

### *Материалы и методы*

Эмпирической основой исследований стали данные, полученные с применением методов ДЗЗ, а также материалы натурных обследований и топографической съёмки берегов водоемов. Аэрофотосъёмка осуществлялась с помощью БПЛА *Dji Phantom 4 pro v2*. Изображения получены в видимом диапазоне с помощью бортовой камеры *Sony RX100 Mark 5*. Данная камера позволяет получать изображения видимого спектра в 4К разрешении.

Фотосъёмка для построения карт осуществлялась под углами 90° и 40° относительно поверхности земли на высоте 60 м. Фотосъёмка для обзорного вида с целью получения опорных точек осуществлялась на нескольких высотах 10, 50, 100, 200, 300 м. Видеоматериалы монтировались в видеоредакторе «*Windows Movie Maker*», материалы ДЗЗ обрабатывались в геоинформационной системе «*Arcgis*». В среднем при постобработке изображения 4К разрешения с высоты 60 м получается подробность изображения около 2 см на 1 пиксель. За 30 минут полёта на низких высотах на БПЛА (при соблюдении всех мер безопасности и полётных регламентов) было получено 200 аэрофотоснимков (4864 x 3648 px), что в среднем составляет 20 гектаров отснятой поверхности Земли. Топографическая съёмка проводилась в масштабе 1:1000 с сечением рельефа между горизонталями через 0,5 м методом спутниковых геодезических определений (согласно п. 5.3.2.2 СП 317.1325800.2017) в режиме RTK.

Мониторинг осуществлялся на 30 водных объектах Ямало-Ненецкого автономного округа: 1. Зона затопления (подтопления) р. Пур (пгт Уренгой); 2. Зона затопления (подтопления) р. Пякупур (г. Тарко-Сале); 3. Обская губа: с. Мыс Каменный в границах населенного пункта; 4. Обская губа: с. Новый Порт в границах населенного пункта; 5. П. Тазовский: пр. Подгорная в границах населенного пункта; 6. П. Тазовский: р. Таз в границах населенного пункта; 7. п. Находка: Тазовская губа в границах населенного пункта; 8. Пр. Кочегатка в границах населенного пункта с. Азовы; 9. Р. Большая Обь в границах населенного пункта с Горки; 10. Р. Большая Обь в границах населенного пункта с. Питляр; 11. Р. Енгаю в районе месторождения «Енгайское рудное поле»; 12. Р. Макар-Рузь в районе месторождения «Центральное»; 13. Р. Надым, автомобильный мост, 991 км а/д Сургут-Салехард, участок Старый Надым-Надым; 14. Р. Полуй г. Салехард в границах населенного пункта; 15. Р. Полябта г. Салехард в границах населенного пункта; 16. Р. Собь с. Катровож в границах населенного пункта; 17. Р. Сыня (с. Овгорт) зона затопления (подтопления); 18. Р. Ханмей в районе автомобильного моста на а/д Лабытнанги – Харп; 19. Р. Щучья с. Белоярск в границах населенного пункта; 20. Р. Юрибей в районе моста, 334 км ж/д линии Обская-Бованенко-

во; 21. С. Антипаюта: зона затопления (подтопления) р. Антм-Паюта-Яха; 22. С. Газ-Сале: р. Таз в границах населенного пункта; 23. С. Гыда: р. Гыда в границах населенного пункта; 24. С. Гыда: р. Юнтосе в границах населенного пункта; 25. С. Красноселькуп: р. Таз в границах населенного пункта; 26. С. Ныда: р. Ныда в границах населенного пункта; 27. С. Панаевск: прот. Янгута в границах населенного пункта; 28. С. Салемал: р. Обь (Надымская Обь) в границах населенного пункта; 29. С. Сеяха: р. Сеяха (Зеленая) в границах населенного пункта; 30. С. Толька: р. Таз в границах населенного пункта (рис. 1).

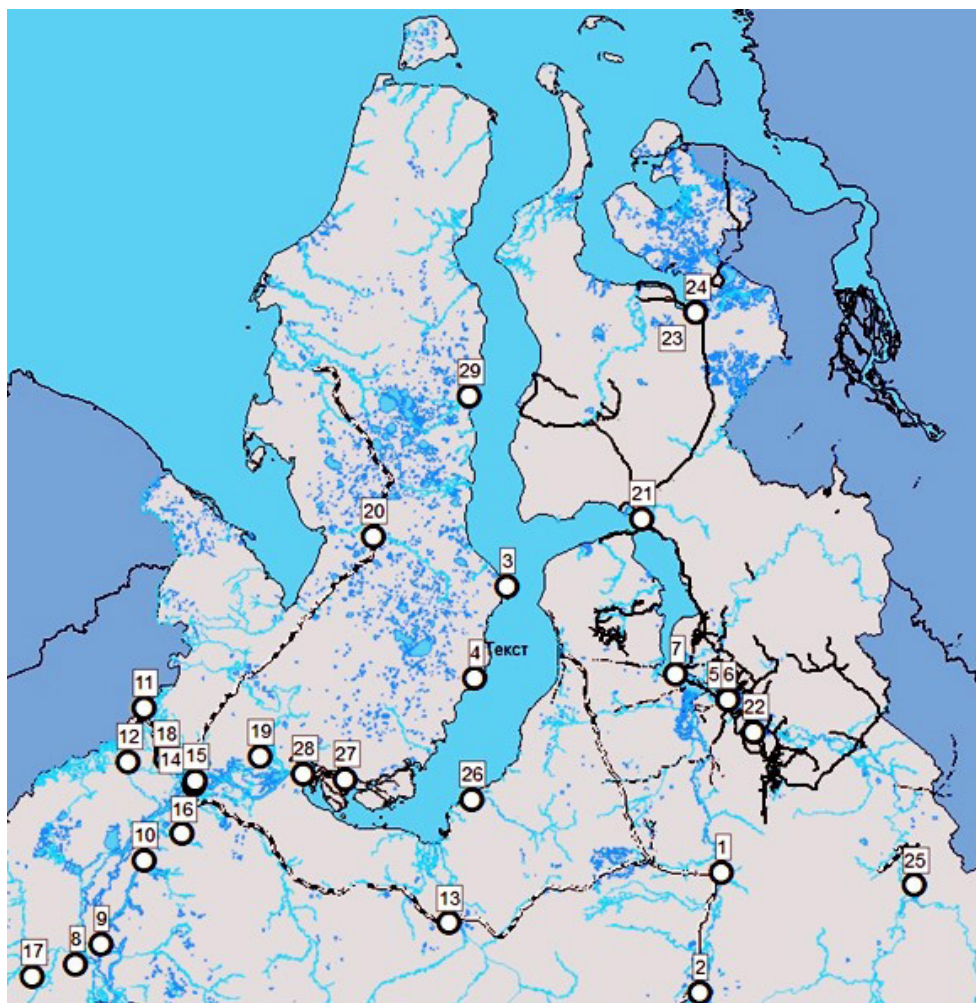


Рис. 1. Карта-схема расположения объектов водного мониторинга

Перед полевыми работами выполнен анализ имеющихся разновременных материалов спутниковых космических данных. Проведены де-



шифрование космоснимков и их верификация с архивными координатами участков мониторинга.

Для проведения маршрутной автоматической аэросъёмки с целью получения качественных материалов в камеральных условиях для БПЛА формируются полётные задания на базе предварительного анализа космических снимков. Полётные задания разрабатываются в ГИС-программах посредством создания линейных и/или полигональных маршрутов в векторном KML или KMZ формате с последующим их импортом в специализированные приложения DroneDeploy, Litchi, Pix4d, DJI Pilot и др.

На изображении ниже зелёным квадратом на космоснимке видимого спектра выделена территория в 32 гектара для полётного задания на 84 минуты над водоохранной зоной реки Сёяха (Зеленая) (с. Сёяха, Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа) (рис. 2).

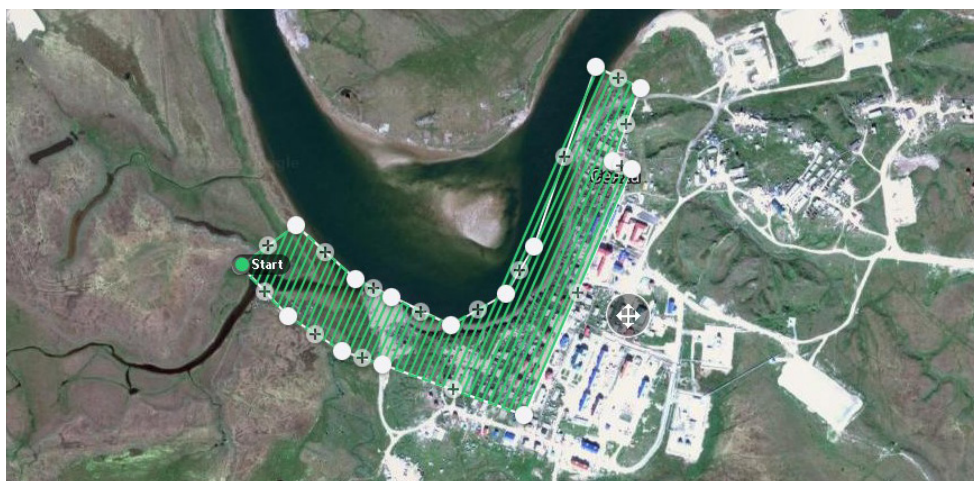


Рис. 2. Полётное задание для участка мониторинга в п. Сёяха

На первом этапе полевых работ осуществляется развёртывание и подготовка БПЛА к полёту, проводится визуальная оценка местности на предмет опасных для БПЛА высотных объектов и объектов сильного электромагнитного излучения, настраивается светочувствительность камеры под актуальную погоду, осуществляется выбор экспозиции относительно падения солнечных лучей в объектив камеры. Для получения более глубокой цветопередачи и одинаковой яркости изображений съёмку рекомендуется делать в период, когда Солнце находится в зените. Уже в подготовленном к взлёту состоянии проводится проверка навигационной системы (датчики Obstacle, GPS, электронный компас и инерциальная система IMU). При взлёте на малой высоте осуществляется проверка датчиков IMU и компаса при возможной интерференции. При интерференциях датчики калибруются, размагничивается компас, при необходимости меняется точка взлёта.

После полётов и получения серии аэроснимков проводится их пост-обработка в ГИС-программах. Первоначально выполняется выравнивание по единой геометрической проекции всех изображений, далее из изображений формируется разреженное облако точек в трёхмерной проекции. На основе облака точек путём ортотрансформирования исходных снимков формируется ортофотоплан. Данный этап работы можно разделить на 4 стадии. На первой стадии, если съёмка была проведена в разное время или есть яркостные искажения в изображениях, осуществляется коррекция цветов, с помощью графического редактора они доводятся до единообразия и естественного значения. На второй стадии на основе аппроксимации изображений в проекции WGS 84 без максимальной потери реальных геометрических параметров объектов из откорректированных снимков формируется ортофотоплан (рис. 3).



Рис. 3. Эскиз ортофотоплана поверхности Земли в пределах мониторингового участка реки Сёяха (Зеленая), 2021 г.

На третьей стадии для уменьшения метровой погрешности ортофотоплан согласно стандартам [10] привязывается к геодезическим контрольным точкам, выполненным на местности. Опорные опознавательные знаки расставляются на основе триангуляционного метода съёмки или исходя из наличия высококонтрастирующих и выделяющихся на территории стационарных объектов. На четвертой стадии для оптимизации геоморфологического анализа местности создаётся карта высот (рис. 4).

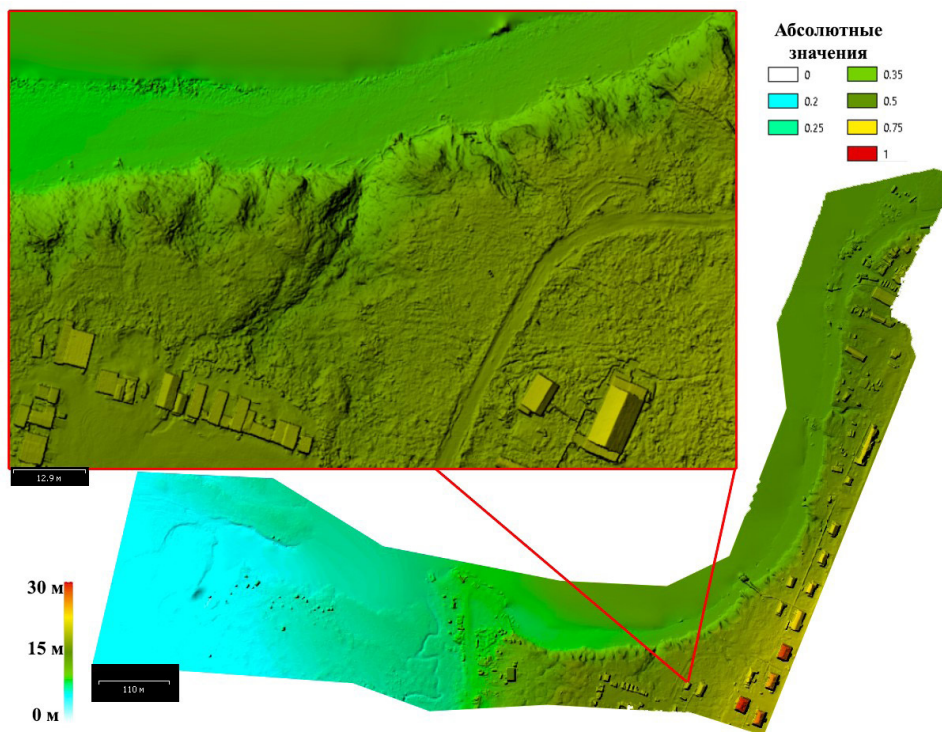


Рис. 4. Карта высот берега реки Сëяха (Зеленая), 2021 г. (абсолютные значения от 0 до 0,2 – измененность без заметных перепадов рельефа, от 0,2 до 0,25 – угол перепада рельефа незначительный, от 0,25 до 0,5 – стандартные уклоны и откосы (бровка берега и овраги), от 0,75 до 1 – прямые углы – дома, гаражные постройки, техника, надземные трубы, металлолом)

При необходимости на основе данных высот местности создаётся цифровая модель рельефа местности (рис. 5).



Рис. 5. Цифровая модель местности – берег реки Сëяха (Зеленая) с ярко выраженным оврагообразованием



### *Результаты и обсуждение*

В ходе проведения работ на береговой линии установлено, что подробность материалов, полученных с помощью геодезической съёмки и аэросъёмки с использованием датчика видимого спектра, позволяет получить качественные данные с субсантиметровой точностью. Однако для получения модели линейного объекта в 2 км с помощью полётов микроБПЛА требуется порядка 6000 изображений, что существенно увеличивает время как аэросъёмки, так и системные требования ПК на постобработку. На более крупных объектах, например, на реке Полуи в черте города Салехарда, где протяжённость обследуемого берега составляет 10 км, имеет смысл применять лидар в аэросъёмке. Также были установлены следующие преимущества и недостатки карты высот и ортофотоплана, построенных с использованием материалов, полученных с помощью БПЛА. В сравнении с традиционными данными, получаемыми с космических снимков, главным преимуществом материалов аэросъёмки является пространственное разрешение. При анализе аэросъёмки мы получаем лучшие результаты расчётов геометрических параметров объектов и их дешифрирования. Следующее преимущество заключается в режиме съёмки. Аэросъёмку можно получить под любым углом к горизонту, что невозможно при космической съёмке в надири (панорамный режим съёмки в нашей работе используется для больших разностей плотного облака точек изображения, чтобы построить карту высот или 3D – модель береговой линии). Большим плюсом является возможность детальной съёмки небольших площадок. В нашей работе это существенное преимущество, так как приобретение космоснимков на малые участки неэффективно и нерентабельно, потому что субметровые материалы космосъёмки имеют очень высокую стоимость.

Среди ключевых недостатков аэросъёмки можно выделить постоянный риск повреждения или потери оборудования из-за неблагоприятных погодных условий. Получение космических данных ДЗЗ тоже зависит от погодных условий, но в отличие от БПЛА это связано, как правило, с облачностью территорий. Также преимущество космических методов ДЗЗ связано с площадью, покрываемой одним кадром космического снимка. Площадь космического снимка в разы больше площади аэроснимка и может простираться на десятки квадратных километров.

Ниже на рисунках 6 и 7 приведён пример отличия эскиза 400 аэрофотоснимков с БПЛА уже ортотрансформированных и объединённых в одно изображение и 1/10 части композита космоснимка (Sentinel 2) в пределах локальной территории одного из объектов водного мониторинга.



Рис. 6. Эскиз изображения космического снимка (Sentinel 2) поверхности Земли в пределах мониторинга береговой линии р. Сëяха (Зеленая), с. Сëяха, 2020 г.



Рис. 7. Эскиз изображения ортофотоплана поверхности Земли в пределах мониторинга береговой линии р. Сëяха (Зеленая), с. Сëяха, 2021 г.

Визуально по изображениям можно определить, что аэросъёмка обладает наибольшей контрастностью, глубиной цветопередачи, более достоверной текстурой объектов, разрешением и отсутствием облачной дымки, кроме того, данный метод позволяет оперативно создать картографическую основу небольших территорий площадью не более 100 гектаров в течение 12–18 часов.

### *Заключение*

При проведении мониторинга водных объектов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на основании материалов, полученных с использованием БПЛА, было подготовлено 149 тематических карт, 30 топопланов, проанализировано более 30 км<sup>2</sup> территорий на геоморфологические и экологические изменения. Применение БПЛА весьма эффективно при получении данных для изучения динамики изменений берегов, выявления загрязнений и инвентаризации несанкционированных свалок в водоохраной зоне.

Однако аэросъёмка, несмотря на свои преимущества, не является универсальным методом получения данных ДЗЗ. Использование БПЛА – это хорошее дополнение к уже сформированным методикам получения более подробных данных для постобработки, кроме того, для увеличения подробности и точности съёмки и создания высотных карт и 3D-моделей требуется уже аэросъёмка с аппаратов, оснащённых LIDAR-сканером. Тем не менее, съёмка с БПЛА позволяет получить более качественные данные рельефа и уменьшить время проведения полевых работ, а при увеличении площади съёмки с БПЛА на больших высотах снижается зависимость от космоснимков для построения среднemasштабных карт не только в проведении работ по водному, но и экологическому мониторингу в целом.

### *Список источников*

1. Kolesnikov, R. Ecological state of water bodies and their water protection zones within the boundaries of settlements of the Yamal Peninsula // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 02009.
2. Yurkevich, N., Saeva, O., Yurkevich, N., Kolesnikov, R., Kuleshova, T. Hydrochemical characteristic of the arctic thermocarst lakes (Gydan Peninsula, Russian) // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGE, 2020, 2020-August (5.1), P. 423-430.
3. Shestakova, E., Fedorova, I., Loktev, R., Kolesnikov, R., Alexeeva, N. Urban water use in the arctic and its effects on freshwater resources // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining

- Ecology Management, SGEM, 2018, 18(1.5), P. 517–524.
4. Колесников Р.А. Состояние водных объектов и их водоохраных зон на полуострове Ямал в условиях изменения климата и урбанизации // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики. Тезисы докладов международного симпозиума. – Ишим, 2022. С. 16-18.
  5. Сутырина Е.Н. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е.Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. С. 5.
  6. Ступин В.П., Пластинин Л.А. Картографо-геодезические методы при оценке динамики размыва берегов водохранилищ Ангарского каскада // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 1. № 2. С. 46-50.
  7. Лучников А.И., Ляхин Ю.С., Лепихин А.П. Опыт применения беспилотных летательных аппаратов для оценки состояния берегов поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России. 2018. № 1. С. 37-46.
  8. Соболев И.С., Хохлов Д.Н. Применение аэрофотосъёмки с беспилотного летательного аппарата для мониторинговых исследований береговой зоны водохранилища // Приволжский научный журнал. 2016. № 4. С. 12-21.
  9. Косолапов А.Е., Скрипка Г.И., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В., Филатов А.А. Исследование морфологических и морфометрических особенностей берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов и ГИС-технологий // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 3 (76). С. 36-42.
  10. ГОСТ Р 52369-2005 Фототопография. Термины и определения от 01.01.2006.

## *References*

---

1. Kolesnikov, R. Ecological state of water bodies and their water protection zones within the boundaries of settlements of the Yamal Peninsula // E3S Web of Conferences, 2021, 265, 02009.
2. Yurkevich, N., Saeva, O., Yurkevich, N., Kolesnikov, R., Kuleshova, T. Hydrochemical characteristic of the arctic thermocarst lakes (Gydan Peninsula, Russian) // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGE, 2020, 2020-August (5.1), P. 423-430.
3. Shestakova, E., Fedorova, I., Loktev, R., Kolesnikov, R., Alexeeva, N. Urban water use in the arctic and its effects on freshwater resources // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2018, 18(1.5), P. 517–524.
4. Kolesnikov R.A. The state of water bodies and their water protection zones



- on the Yamal Peninsula in the context of climate change and urbanization // Connection between climatic changes and changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic. Abstracts of the reports of the international symposium. Ishim, 2022, P. 16-18.
5. Sutyryna E. N. Remote sensing of the earth: educational book / E. N. Sutyryna. - Irkutsk: ISU Publishing House, 2013, P. 5.
  6. Stupin V.P., Plastinin L.A. Cartographic and geodetic methods in assessing the dynamics of erosion of the banks of the reservoirs of the Angara cascade // Interexpo Geo-Siberia. 2013. Vol. 1. No. 2. P. 46-50.
  7. Luchnikov A.I., Lyakhin Yu.S., Lepikhin A.P. Experience in the use of unmanned aerial vehicles to assess the state of the banks of surface water bodies // Water Management in Russia. 2018. No. 1. P. 37-46.
  8. Sobol I.S., Khokhlov D.N. The use of aerial photography from an unmanned aerial vehicle for monitoring studies of the coastal zone of the reservoir // Privolzhsky scientific journal. 2016. No. 4. P. 12-21.
  9. Kosolapov A.E., Skripka G.I., Bepalova L.A., Ivlieva O.V., Filatov A.A. Study of morphological and morphometric features of the banks of the Tsimlyansk reservoir using unmanned aerial vehicles and GIS technologies // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 24. No. 3(76). P. 36-42.
  10. GOST standard P 52369-2005 Phototopography. Terms and definitions from 01.01.2006.

### *Сведения об авторах*

---

**Ильясов Руслан Михайлович**, научный сотрудник сектора охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», участник и организатор ряда экспедиций по территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Специалист в сфере ДЗЗ и ГИС-технологий. Автор и соавтор более 40 научных работ. Область научных интересов: картография, геоэкология.

**Колесников Роман Александрович**, эколог-практик, специалист в области охраны окружающей среды, кандидат географических наук, заведующий сектором охраны окружающей среды ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Является экспертом Национального арктического научно-образовательного консорциума, экспертом ситуационного центра сферы туризма Российского государственного университета туризма и сервиса. Общественный инспектор по охране окружающей среды. Автор и соавтор более 90 научных работ. Область научных интересов: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, геоэкология, геохимия, ландшафтоведение, почвоведение и география почв, палеоэкология и экологическое прогнозирование, рекреационное природопользование, экономическая география.

### *Участие авторов*

---

Ильясов Р.М. – разработка методики, дизайн изображений, осуществление аэросъёмки с БПЛА, обработка данных для создания ортофотоплана и 3D модели местности, работа с текстом;

Колесников Р.М. – разработка концепции; анализ и интерпретация результатов исследования, работа с текстом.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

### *Information about the authors*

---

**Ruslan Mikhailovich Ilyasov**, researcher of the Environmental sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District, participant and organizer of a number of expeditions in the territory of the Yamal-Nenets Autonomous District. Specialist in the field of remote sensing and GIS technologies. Author and co-author of over 40 scientific papers. Research interests: cartography, geocology.

**Roman Aleksandrovich Kolesnikov**, ecologist-practitioner, specialist in the field of environmental protection, Candidate of Geographic Sciences, head of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District. Expert of the National Arctic Scientific and Educational Consortium, expert of the situational center of tourism of the Russian State University of Tourism and Service. Public Environmental Inspector. Author and co-author of over 90 scientific papers. Research interests: environmental protection and rational nature management, geocology, geochemistry, landscape science, soil science and soil geography, paleoecology and ecological forecasting, recreational nature management, economic geography.

### *Authors Contribution*

---

Ilyasov R.M. - development of methodology, image design, aerial survey from UAV, data processing for creation of orthophotomap and 3D terrain model, work with text;

Kolesnikov R.M. - concept development; analysis and interpretation of survey results, work with text.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 21.06.2022 г., принята к публикации 30.09.2022 г.

The article was submitted on June 21, 2022, accepted for publication on September 30, 2022.