



# Выявление ряда опасных процессов, угрожающих железнодорожной инфраструктуре на Байкало-Амурской магистрали, на основании данных беспилотных авиационных систем

**М.А. Щеглов<sup>1</sup>✉, А.А. Павловский<sup>1</sup>,  
А.И. Карелов<sup>1</sup>, С.И. Мильштейн<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, Москва, Россия  
✉ mihaile\_shegllov@mail.ru

**ЦИТИРОВАНИЕ** Щеглов М.А., Павловский А.А., Карелов А.И., Мильштейн С.И. Выявление ряда опасных процессов, угрожающих железнодорожной инфраструктуре на Байкало-Амурской магистрали, на основании данных беспилотных авиационных систем // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69, № 4. С. 59–69. DOI:10.30533/GiA-2025-042.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА** беспилотные авиационные системы, железная дорога, многолетнемерзлые породы, цифровая модель рельефа, ортофотоплан

**АННОТАЦИЯ** В настоящее время в различных отраслях активно применяются данные дистанционного зондирования Земли, в том числе данные аэросъемки с беспилотных авиационных систем (БАС). На железнодорожной инфраструктуре аэросъемка с БАС используется в том числе для оценки состояния селевых логов и участков, подверженных деформации из-за деградации многолетнемерзлых пород. В статье показана эффективность применения БАС для мониторинга потенциально опасных участков с применением результатов аэросъемки: цифровых моделей рельефа и ортофотопланов. Установлено, что традиционные методы обследования инфраструктуры не имеют достаточной эффективности при оценке состояния потенциально опасных объектов. В статье описаны исследования с применением аэросъемки с БАС потенциально опасного селевого лога и участка земляного полотна железной дороги, расположенного в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов. Показана недостаточность информации, получаемой при осмотре селевого лога и защитных сооружений со стороны железнодорожного пути путевыми обходчиками. Продемонстрирована также целесообразность аэросъемки с БАС в тепловом диапазоне для выявления потенциально опасных мест земляного полотна в зонах распространения многолетнемерзлых пород. На основе проведенных

исследований даны рекомендации по совершенствованию системы мониторинга железнодорожной инфраструктуры, включая использование беспилотных летательных аппаратов типа VTOL и проведение дополнительных инженерно-геологических обследований по результатам анализа данных БАС.

## 1 Введение

Сети автомобильных дорог, линий электропередач, продуктопроводов и железных дорог представляют собой сложные пространственно-распределенные инфраструктурные комплексы. Современные методы мониторинга состояния таких комплексов не обходятся без использования геопространственной информации. Она может быть представлена в виде традиционных карт и схем или получивших в последнее время широкое распространение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), к которым относятся данные съемки с космических аппаратов, данные аэросъемки, в том числе с беспилотных авиационных систем (БАС) [1].

Данные ДЗЗ интуитивно понятны и позволяют проводить оценку ситуации и ее динамики как в полосе отвода линейных инфраструктурных объектов, так и в ее окрестностях, особенно в условиях ограниченного доступа (или ограниченного обзора) при осуществлении наземного контроля<sup>1</sup>. Применительно к инфраструктуре железных дорог анализ данных ДЗЗ позволяет получать актуальную, разностороннюю и подробную информацию о застройке и экологической обстановке, о динамике ландшафтных изменений и опасных экзогенных процессах в полосе отвода и на прилегающих территориях. На основании полученных данных могут проводиться учет и контроль объектов железнодорожной инфраструктуры, оценка возможных рисков на потенциально опасных участках и прогнозирование их развития. Использование данных ДЗЗ в комплексе с инженерно-геологическими обследованиями упрощает контроль состояния инженерных сооружений и путей, одновременно улучшая качество проводимых обследований.

В 2009 году была разработана технология мониторинга потенциально опасных воздействий на объекты железнодорожной инфраструктуры, включающая использование данных спутниковой съемки. Эта технология позволила на основе спутниковой съемки и наземных обследований провести ландшафтно-геоморфологическое дешифрирование [2] и выполнить линейное зонирование трассы железной дороги — выделить участки, характеризующиеся различными комплексами экзогенных воздействий (склоновых и русловых) и разной степенью опасности этих воздействий на железнодорожную инфраструктуру.

В начале XXI века ускорение технического прогресса привело к революции в области беспилотных технологий, в том числе в авиационной отрасли [3]. Благодаря активному развитию микроэлектроники, микромеханики, связи и двигателестроения стало возможным появление малоразмерных и высокотехнологичных БАС. Одним из самых востребованных направлений гражданского применения БАС является аэросъемка.

С 2018 года технологии БАС активно внедряются в технологические процессы различных подразделений ОАО «РЖД» [4]. В 2021 году была разработана Концепция применения беспилотных авиационных систем при решении задач железнодорожного транспорта (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 455 от 31 марта 2021 года). В рамках ее дальнейшего развития выполняются работы по созданию нормативно-технической документации для различных подразделений железной дороги.

---

<sup>1</sup> Спутниковая информация для задач транспортной отрасли // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2009. № S4. С. 38–39.

В сентябре 2024 года в рамках создания нормативно-технологической документации для нужд Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры (структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД») (ЦДМ) была проведена тестовая отработка применения БАС для решения некоторых задач по мониторингу опасных процессов, воздействующих на железнодорожную инфраструктуру.

Целью данной работы было установление в подразделениях ЦДМ единого подхода к применению БАС для комплексной диагностики состояния объектов инфраструктуры и прилегающей территории.

## 2 Материалы и методы

При проведении обследований, описанных в статье, применялись БАС мультиторного типа DJI Phantom 4 RTK с интегрированной камерой видимого диапазона и DJI Matrice 300 RTK с блоком полезной нагрузки DJI Zenmuse H20T, включающей камеру видимого и инфракрасного диапазонов. Точность позиционирования беспилотного воздушного судна (БВС) обеспечивалась геодезическим спутниковым приемником DJI D-RTK 2. Обработка полученных материалов проводилась в фотограмметрическом программном обеспечении Agisoft Metashape Professional<sup>2</sup>.

## 3 Результаты и обсуждение

Описанные в статье этапы отработки применения БАС для решения задач ЦДМ проводились на участках Байкало-Амурской магистрали (БАМ).

### 3.1 Обследование селевого лога

#### Рис. 1

Селевой лог на участке Гоуджекит – Дабан Восточно-Сибирской железной дороги (автор фото – М.А. Щеглов)

#### Fig. 1

Torrential flood leader on the Goudzhekit – Daban section of the East-Siberian railway (photo by Mikhail A. Scheglov)



На участке Гоуджекит – Дабан Восточно-Сибирской железной дороги было проведено обследование селевого лога и защитной дамбы. Лог расположен в границах Байкальского хребта и образован временным водотоком. Русло водотока V-образное, с крутыми высокими бортами, каскадное. На всем протяжении русло сложено крупноглыбовым материалом в песчаном и гравийном заполнителе. В русле ручья наблюдаются растущие деревья, густой кустарник, скопления горной породы и поваленных стволов деревьев. По руслу ручья отмечается слабый водоток с дренированием воды по каменной россыпи и под курумом, отмеченным на бортах долины русла. По обеим сторонам долины наблюдаются боковые притоки к ручью (рис. 1).

По данным акта обследования селеопасного участка в 1986 году, по логу произошел сход селя и вынос селевого потока с выходом его к железнодорожному пути. В 1988 году были выполнены

<sup>2</sup> Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 2.1, 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_2\\_1\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_1_ru.pdf) (дата обращения: 02.04.2025).

мероприятия по защите пути от селей: сооружена струенаправляющая дамба объемом 840 м<sup>3</sup>.

Анализ архива космической съемки на данный район показал, что в 2019 году была отсыпана защитная дамба № 7 объемом 153 000 м<sup>3</sup>, площадью по подножию 21 000 м<sup>2</sup>. С 1986 года по логу селевая активность не наблюдалась, и на основании обследования, проведенного в июне 2024 года, данный участок был рекомендован к удалению из Паспорта неустойчивого или деформирующегося земельного полотна (ПУ-9)<sup>3</sup>. Рекомендовано также при ливневых и затяжных дождях устанавливать наблюдения за данным участком силами обходчиков пути.

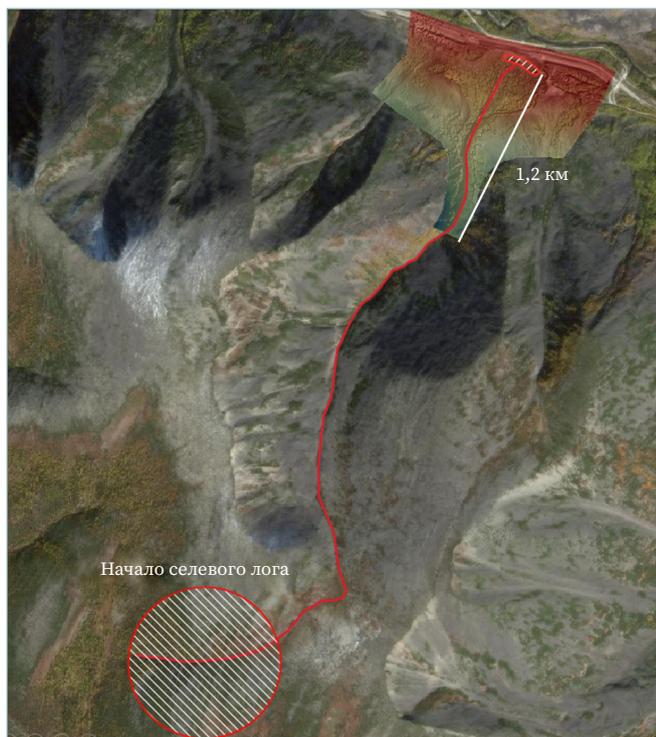
Значительная протяженность селевого лога делает практически невозможным выполнение качественной оценки его состояния, состояния защитной дамбы и селевых накоплений, удаленных от железнодорожного пути, силами обходчиков пути. В связи с этим для мониторинга состояния лога и дамбы целесообразно использовать материалы ДЗЗ, включая аэросъемку с БАС.

Для выполнения эффективного мониторинга селевого лога необходимы результаты обследования территории с БАС, а именно высокоточная цифровая модель рельефа (ЦМР) для анализа общего рельефа местности, конусов выноса селевых потоков и измерения объемов различных объектов, а также ортофотоплан для оцифровки обследуемых объектов, формирования плана местности и плановых измерений (протяженности и площади) [5].

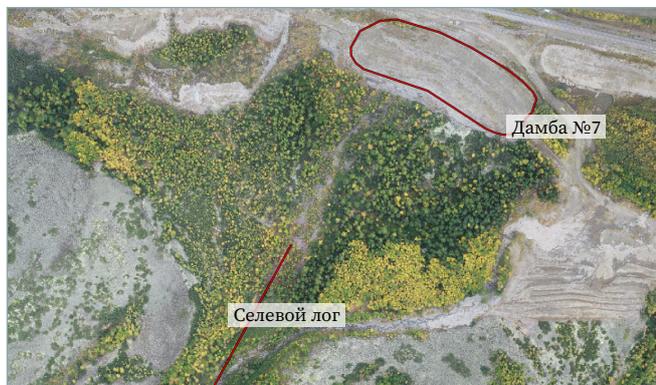
Обследование выполнено БАС DJI Phantom 4 RTK с базовой станцией DJI mobile D-RTK 2, поскольку именно этой системой, отвечающей требованиям Концепции применения беспилотных авиационных систем при решении задач железнодорожного транспорта, на данный момент оснащены подразделения ЦДМ. Для увеличения дальности связи с БВС наземная станция управления (НСУ) и базовая станция были размещены на гребне защитной дамбы № 7 (около 30 м над уровнем железной дороги). Из-за большого перепада высот на полигоне выполнения аэросъемки высота полета БВС была задана 472 м относительно точки взлета. В ходе обследования из-за экранирования сигнала местностью и, как следствие, невозможности передачи корректных поправок между базовой станцией и БВС, а также частичной потери сигнала максимальное удаление БВС от НСУ составило 1,2 км. В связи с этим была обследована только часть лога, тогда как верховья водотока и очаг накопления селевого материала, исходя из анализа данных спутниковой съемки, располагаются существенно дальше по логу на удалении около 4,5 км (рис. 2).

По данным аэросъемки были сформированы ортофотоплан и ЦМР площадью 2 км<sup>2</sup> (рис. 3). Обработка была выполнена в фотограмметрическом программном обеспечении Agisoft Metashape Professional 2.1.1. Пространственное разрешение ортофотоплана и цифровой модели местности составило 12,2 см/пиксель, среднеквадратическое отклонение привязки продуктов — 0,028 м в плане и 0,039 м по высоте.

**Рис. 2**   
Общая схема селевого лога  
**Fig. 2**  
The general scheme  
of the torrential flood leader



**Рис. 3**   
Фрагмент ортофотоплана с отмеченной дамбой № 7  
и селевым логом  
**Fig. 3**  
A fragment of the orthomosaic with a marked dam No. 7  
and the torrential flood leader



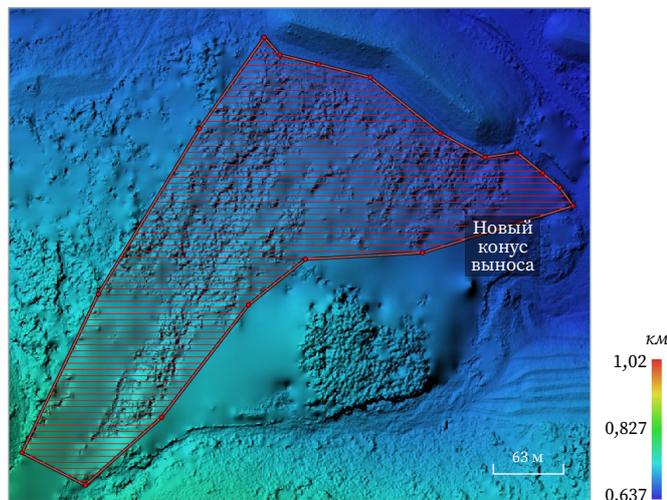
<sup>3</sup> Согласно Памятке по ведению первичной документации в ПЧ (ИЧ) № ЦДИ-2999, утвержденной 17 мая 2021 года главным инженером Управления пути и сооружений ОАО «РЖД» Д.Н. Бурковым.

**Рис. 4** 

Фрагмент ЦМР с конусом выноса последнего селя

**Fig. 4**

A fragment of DEM with the cone of removal of the last mudflow

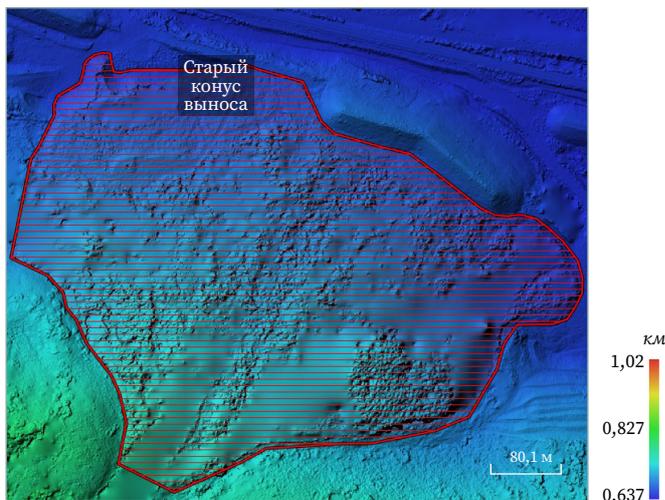


**Рис. 5** 

Фрагмент ЦМР с конусом выноса более старых селей

**Fig. 5**

A fragment of DEM with a cone of removal of older mudflow



**Рис. 6** 

Конус выноса селевого лога, покрытый растительностью (автор фото — М.А. Щеглов)

**Fig. 6**

A cone of torrential flood leader, covered with vegetation (photo by Mikhail A. Scheglov)



Перед началом формирования ЦМР была выполнена классификация и фильтрация плотного облака точек. Построение ЦМР производилось по классу «земля» [6]. Анализ ЦМР показал, что на конусе выноса селевого лога можно выделить отложения последнего сошедшего селя (рис. 4) площадью 66 275 м<sup>2</sup> и объемом 141 859 м<sup>3</sup>, лежащие поверх отложений ранних событий (рис. 5) площадью 181 648 м<sup>2</sup> и объемом 2 104 161 м<sup>3</sup> [7].

При наземном осмотре селеопасного участка границы конуса выноса плохо различимы из-за сложного рельефа местности и древесно-кустарниковой растительности (рис. 6). В то же время на изображениях ЦМР видно, что дамба № 7 защищает железнодорожный путь только на направлении последнего селевого выброса. Если произойдет более мощный вынос селевого материала (подобный более ранним селям), то дамбы № 7 окажется недостаточно, и есть риск выхода селевых масс на железнодорожные пути.

Исходя из выводов, сделанных в результате обследования селевого лога с БАС, целесообразно проведение дополнительного наземного обследования участка специалистами ОАО «РЖД» для оценки рисков и возможного принятия решения о возведении дополнительной защитной дамбы. Чтобы оценить накопление селевых масс и провести мониторинг селевого лога на всем его протяжении, рекомендуется использовать БАС самолетного типа, а в условиях ограниченного пространства для взлета и посадки — БАС самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой (англ. Vertical Take-Off and Landing, VTOL [8]).

### 3.2 Обследование железнодорожной инфраструктуры на территории распространения многолетнемерзлых пород

В рамках тестовой отработки применения БАС для решения задач ЦДМ также было выполнено обследование земляного полотна железной дороги

с применением аэросъемки с БАС в тепловом диапазоне длин волн на участке Тында — Кувыкта.

Обследуемый участок БАМ Дальневосточной железной дороги располагается на территории распространения многолетнемерзлых пород, проходит по долинам рек и пересекается большим количеством водотоков, текущих с нагорной стороны к руслам реки, и, как следствие, подвержен деформациям из-за деградации многолетнемерзлых пород под земляным полотном [9]. В связи с этим он требует постоянного мониторинга для оценки состояния пути.

Из-за значительной протяженности железнодорожного пути на территории распространения многолетнемерзлых пород целесообразно использовать данные аэросъемки, а именно тепловые ортофотопланы, т. к. существующие методы мониторинга состояния железнодорожных путей в условиях вечной мерзлоты носят локальный характер и не позволяют провести оценку их состояния на всей протяженности.

Для выявления повышенного температурного градиента грунта была использована БАС DJI Matrice 300 RTK с тепловизионной камерой Zenmuse H20T и базовой станцией DJI mobile D-RTK 2. В целях исключения теплового фона от поверхностей, нагретых солнечным излучением, аэросъемка выполнялась после их остывания, через два часа после захода солнца. Это позволило отобразить нагретые не за счет инсоляции области более контрастно. Аэросъемка выполнялась вдоль железнодорожного пути в полосе шириной 70 м и протяженностью 1,85 км с высоты 80 м.

В связи с тем, что тепловизионная камера, установленная на БВС, имеет погрешности и не выдает абсолютные значения температуры, был проведен контрольный замер температуры на поверхности земли в точке старта БВС. Замер производился специализированным оборудованием — термометрической косой МЦДТ 0922 (рис. 7<sup>а</sup>).

Затем с высоты выполнения полетного задания над точкой старта был произведен замер температуры с тепловизионной камеры. Полученное расхождение температурных значений между контрольным замером термометрической косой и замером с тепловизионной камеры ( $\Delta t$ ) вводился в качестве поправки при фотограмметрической обработке. В результате сравнения значений замеров  $\Delta t$  составила 9,9 °С.

Обработка была выполнена в фотограмметрическом программном обеспечении Agisoft Metashape Professional 2.1.1. В результате обработки исходных кадров в формате \*.R-JPEG (данный формат фото, содержащий радиометрическую информацию, используется для тепловых камер, т. к. позволяет в процессе постобработки корректировать радиометрические параметры) был получен тепловой ортофотоплан с пространственным разрешением 7 см/пиксель на площадь 0,124 км<sup>2</sup>. Среднеквадратическое отклонение привязки ортофотоплана составило 0,027 м в плане и 0,036 м по высоте (рис. 8).

На тепловом ортофотоплане сильно выделяются две крупные зоны с положительным градиентом температуры около 4,5 °С (рис. 9) относительно окружающего температурного поля.

Расхождение температурных значений между тепловым ортофотопланом и контрольным замером термометрической косой ( $\Delta t_{\text{орто}}$ ) составило 0,4 °С в месте замера, а среднее значение температурного поля на участке съемки — 7,1 °С.

**Рис. 7**   
Портативный контроллер ПКЦД-1/100 от термометрической косы МЦДТ 0922

**Fig. 7**  
Portable controller ПКЦД-1/100 from the thermometer scythe МЦДТ 0922



**Рис. 8**   
Ортофотоплан в тепловом диапазоне, совмещенный со спутниковой съемкой

**Fig. 8**  
Orthomosaic in the thermal range combined with satellite image



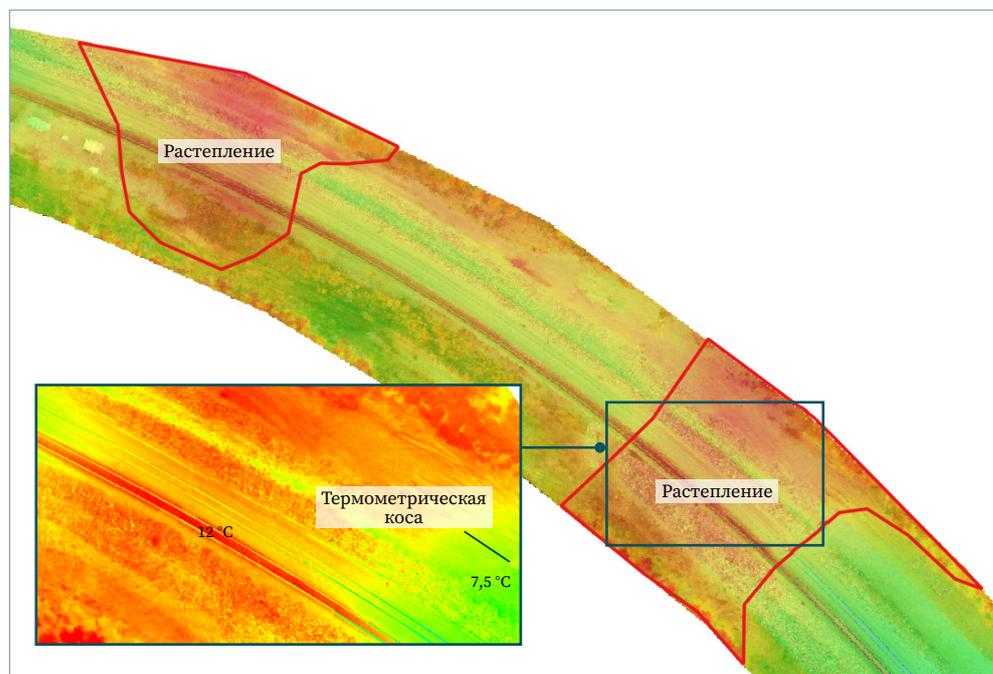
4 ПКЦД-1/100 // Научно-производственное предприятие «Эталон»: официальный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://omsketalon.ru/kontrollery-cifrovyyh-datchikov-portativnye-pkcd-1100> (дата обращения: 02.04.2025).

**Рис. 9** ➔

Температурный градиент  
в районе зоны контрольного  
замера

**Fig. 9**

Temperature gradient in the area  
of the control measurement zone



Таким образом, формирование теплового ортофотоплана в результате аэро­съемки в инфракрасном диапазоне позволяет локализовать места с повышен­ным температурным градиентом и на основании полученных данных сделать вывод о том, что происходит процесс деградации многолетнемерзлых грунтов, их растепление [10] в связи с транзитом влаги под насыпью земляного полотна. Это обусловлено большим количеством водотоков, текущих с нагорной стороны к руслам реки в данной местности. В связи с этим рекомендуется проведение дополнительного наземного инженерно-геологического обследования на выяв­ленных проблемных участках железнодорожного пути.

## 4 Выводы

Таким образом, было установлено следующее:

1. Выполнение аэро­съемки с БАС является эффективным методом реше­ния различных задач подразделений ОАО «РЖД», в том числе в части мониторинга.
2. Проведения осмотра путевыми обходчиками селевого лога и защит­ных сооружений со стороны железнодорожного пути недостаточно для оценки состояния потенциально опасного объекта вблизи желе­знодорожной инфраструктуры.
3. Целесообразно применять материалы аэро­съемки с БАС для обследо­вания селевых логов. Материалы имеют высокую точность (позволяют выделять конусы выноса и определять их объем), дают возможность оценивать достаточность защитных сооружений.
4. Дальность действия связи между БАС мультироторного типа и НСУ недо­статочна для оценки состояния очага накопления селевого материала.
5. Целесообразно применять данные аэро­съемки с БАС в тепловом диа­пазоне для выявления потенциально опасных мест земляного полотна в зонах распространения многолетнемерзлых пород.

Исходя из сделанных выводов, можно рекомендовать:

- для обследования селевых логов применять БАС самолетного типа или типа VTOL (в зависимости от окружающих условий, влияющих

на процесс взлета и посадки БВС), имеющие большой радиус действия связи между БВС и НСУ;

- по результатам анализа данных БАС о территории обследуемых селевых логов проводить дополнительный осмотр участка для оценки рисков и принятия решения о возведении еще одной защитной дамбы;
- по результатам анализа данных БАС об участках, расположенных в зонах распространения многолетнемерзлых пород, проводить адресные подробные наземные инженерно-геологические обследования выявленных проблемных мест.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

1. Брынъ М.Я., Баширова Д.Р., Багишян А.Г. Сравнительная оценка мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъемки с беспилотной авиационной системы и съемки с комплексной дорожной лаборатории при выполнении диагностики автомобильных дорог // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2021. Т. 18, № 2. С. 211–221. DOI:10.20295/1815-588X-2021-2-211-221.
2. Полякова О.А., Проскурня Н.В. Дешифрирование и его назначение // Colloquium-Journal. 2019. № 3-2(27). С. 64–65.
3. Marshall J.A., L'afflito A., Sun W. A survey of guidance, navigation, and control systems for autonomous multi-rotor small unmanned aerial systems // Annual Reviews in Control. 2021. Vol. 52. P. 390–427. DOI:10.1016/j.arcontrol.2021.10.013.
4. Сацок А.В., Воробьев А.А. Особенности разработки беспилотных летательных аппаратов для отрасли железнодорожного транспорта // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2023. № 68. С. 13–21.
5. Aldabergen U., Blagoveshchensky V., Ranova S., et al. Application of unmanned aerial vehicles to obtain morphometric characteristics of landslides // Reliability: Theory & Applications. 2023. No. SI5(75). P. 656–662. DOI:10.24412/1932-2321-2023-575-656-662.
6. Хмельнов А.Е., Гатченко А.С. Разработка цифровых моделей рельефа для мелководных зон и прибрежных территорий озера Байкал, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС // География и природные ресурсы. 2022. № 5S. С. 187–195. DOI:10.15372/GIPR20220520.
7. Filkin T., Sliusar N., Huber-Humer M., et al. Estimation of dump and landfill waste volumes using unmanned aerial systems // Waste Management. 2022. Vol. 139. P. 301–308. DOI:10.1016/j.wasman.2021.12.029.
8. Zong J., Zhu B., Hou Zh., et al. Evaluation and Comparison of Hybrid Wing VTOL UAV with Four Different Electric Propulsion Systems // Aerospace. 2021. Vol. 8. P. 256. DOI:10.3390/aerospace8090256.
9. Богданов А.И., Квашук С.В. Динамика изменения геокриологических условий восточного подхода Северомуйского тоннеля // Известия Транссиба. 2024. № 2(58). С. 89–100.
10. Смирнов В.В., Земенков Ю.Д. Проблемы обеспечения надежности эксплуатации сооружений в криолитозоне // Инновации в науке. 2013. № 25. С. 57–65.

#### АВТОРЫ **Щеглов Михаил Александрович**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, Россия  
отдел спутникового мониторинга  
 0009-0000-2212-5793

#### **Павловский Андрей Александрович**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, Россия  
канд. техн. наук  
 0009-0005-5666-7538

**Карелов Алексей Игоревич**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, Россия

Центр внедрения космических технологий

 0009-0005-9533-6483

**Мильштейн Станислав Ильич**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, Россия

отдел спутникового мониторинга

 0009-0007-7217-7824

Поступила 08.04.2025. Принята к публикации 22.08.2025. Опубликовано 29.08.2025.



# Identification of a number of hazardous processes threatening railway infrastructure on the Baikal-Amur Mainline based on data from unmanned aerial systems

**Mikhail A. Scheglov<sup>1</sup> ✉, Andrey A. Pavlovsky<sup>1</sup>,  
Alexey I. Karelov<sup>1</sup>, Stanislav I. Milstein<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Moscow, Russia

✉ mihail\_sheglov@mail.ru

**CITATION** Scheglov MA, Pavlovsky AA, Karelov AI, Milstein SI. Identification of a number of hazardous processes threatening railway infrastructure on the Baikal-Amur Mainline based on data from unmanned aerial systems. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(4): 59–69. DOI:10.30533/GiA-2025-042.

**KEYWORDS** unmanned aerial systems, railway, permafrost, digital elevation model, orthomosaic

**ABSTRACT** Currently, remote sensing data, including aerial survey data from unmanned aerial systems (UAS), is actively utilized across various industries. In railway infrastructure, UAS-based aerial surveys are employed, among other applications, to assess the condition of debris flow channels and areas prone to deformation due to permafrost degradation. The article demonstrates the effectiveness of UAS for monitoring potentially hazardous sites using aerial survey results: digital elevation models and orthomosaics. It has been established that traditional infrastructure inspection methods lack sufficient efficiency in evaluating the state of potentially hazardous objects. The article describes studies using aerial photography from UAS of a potentially dangerous mudflow and a section of the railway roadbed located in the permafrost zone. The lack of information obtained during the inspection of the mudflow log and protective structures from the railway track by track detourers is shown. The expediency of conducting aerial surveys with UAS in the thermal range to identify potentially dangerous areas of the earthbed in permafrost zones has also been demonstrated. Based on the conducted research, recommendations are provided for improving the railway infrastructure monitoring system, including the use of VTOL (Vertical Take-Off and Landing) unmanned aerial vehicles and additional engineering-geological surveys based on UAS data analysis.

**REFERENCES** 1. Bryn MY, Basharova DR, Bagishyan AG. Comparative assessment of mobile laser scanning, aerial photography with unmanned aerial systems, and surveying with a comprehensive road laboratory for road diagnostics. *Proceedings of Petersburg*

- Transport University*. 2021;18(2): 211–221. (In Russian). DOI:10.20295/1815-588X-2021-2-211-221.
2. Polyakova OA, Proskurnya NV. Deshifirovanie i ego naznachenie [Deciphering and its purpose]. *Colloquium-Journal*. 2019;3-2(27): 64–65. (In Russian).
  3. Marshall JA, L'afflitto A, Sun W. A survey of guidance, navigation, and control systems for autonomous multi-rotor small unmanned aerial systems. *Annual Reviews in Control*. 2021;52: 390–427. DOI:10.1016/j.arcontrol.2021.10.013.
  4. Satcyuk AV, Vorobyov AA. Osobennosti razrabotki bespilotnykh letatelnykh apparatov dlja otrasli zheleznodorozhnogo transporta [Features of development of unmanned aerial vehicles for the railway industry]. *The collection of scientific papers of the Donetsk Railway Transport Institute*. 2023;68: 13–21. (In Russian).
  5. Aldabergen U, Blagoveshchensky V, Ranova S, et al. Application of unmanned aerial vehicles to obtain morphometric characteristics of landslides. *Reliability: Theory & Applications*. 2023;S5(75): 656–662. DOI:10.24412/1932-2321-2023-575-656-662.
  6. Khmel'nov AE, Gatchenko AS. Razrabotka tsifrovyykh modelej relefa dlja melkovodnykh zon i pribrezhnykh territorij ozera Bajkal, Irkutskogo vodohranilischa i nizhnego befa Irkutskoj GES [Development of digital terrain models for shallow water zones and coastal areas of Lake Baikal, Irkutsk Reservoir, and the lower pool of the Irkutsk HPP]. *Geography and Natural Resources*. 2022;5S: 187–195. (In Russian). DOI:10.15372/GIPR20220520.
  7. Filkin T, Sliusar N, Huber-Humer M, et al. Estimation of dump and landfill waste volumes using unmanned aerial systems. *Waste Management*. 2022;139: 301–308. DOI:10.1016/j.wasman.2021.12.029.
  8. Zong J, Zhu B, Hou Zh, et al. Evaluation and Comparison of Hybrid Wing VTOL UAV with Four Different Electric Propulsion Systems. *Aerospace*. 2021;8: 256. DOI:10.3390/aerospace8090256.
  9. Bogdanov AI, Kvashuk SV. Dinamika izmeneniya geokriologicheskikh uslovij vostochnogo podhoda Severomujskogo tonnelja [Dynamics of geocryological conditions changes at the eastern approach to Severomuysky Tunnel]. *Journal of Transsib Railway Studies*. 2024;2(58): 89–100. (In Russian).
  10. Smirnov VV, Zemenkov YD. Problemy obespecheniya nadezhnosti ekspluatatsii sooruzhenij v kriolitozone [Problems of ensuring the reliability of structures operation in the cryolithozone]. *Innovations in Science*. 2013;2: 57–65. (In Russian).

**AUTHORS Mikhail A. Scheglov**

Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Moscow, Russia  
Satellite Monitoring Department

 0009-0000-2212-5793

**Andrey A. Pavlovsky**

Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Moscow, Russia  
PhD in Engineering

 0009-0005-5666-7538

**Alexey I. Karel'ov**

Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Moscow, Russia  
Space Technology Implementation Center

 0009-0005-9533-6483

**Stanislav I. Milstein**

Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Moscow, Russia  
Satellite Monitoring Department

 0009-0007-7217-7824

Submitted: April 08, 2025. Accepted: August 22, 2025. Published: August 29, 2025.