



Аэрокосмические методы мониторинга чрезвычайных ситуаций



Максим ЖЕЛЕЗНОВ
Maxim M. ZHELEZNOV

Валентин ПОНОМАРЁВ
Valentine M. PONOMAREV



Aerospace Emergency Monitoring Methods
(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 222)

В статье приводится сравнительный анализ факторов природно-техногенного характера, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Рассматриваются вопросы информационно-технологического обеспечения мониторинга и сбора данных о состоянии потенциально опасных участков железнодорожного пути с использованием аэрокосмических технологий.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, железнодорожный путь, безопасность, чрезвычайные ситуации, технологии контроля.

Железнов Максим Максимович – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника управления научно-исследовательской работы Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.
Пономарёв Валентин Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления безопасностью в техносфере Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Обеспечение устойчивости перевозочного процесса и предотвращение чрезвычайных ситуаций (ЧС) является актуальной задачей для железнодорожного транспорта. Инновационные технические решения, применяемые для задач мониторинга протяжённых участков железнодорожного пути, позволяют достичь максимального интегрированного эффекта для безопасности движения поездов и предупреждения ЧС.

Актуальность мониторинга железнодорожного пути, потенциально опасных объектов и явлений на прилегающих к нему территориях определяется необходимостью реализации повышенных требований к безопасности движения и, в частности, к геометрическим параметрам устройств пути большой протяжённости на строящихся и функционирующих грузонапряжённых магистралях, а также предупреждения техногенных катастроф и масштабных негативных последствий природных явлений [1].

Возникновение природно-техногенных чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте обусловлено рядом

Таблица 1

ЧС по характеру и виду источников возникновения	Количество ЧС			Погибло		Пострадало	
	2016	2015	%	2016	2015	2016	2015
Техногенные	177	179	-1,12 %	708	656	3970	1629
Природные	54	45	20,00 %	3	43	126465	18114
Биолого-социальные	67	33	103,03 %	75	0	503	1041
ИТОГО:	298	257	15,95 %	786	699	130938	20784

Таблица 2

ЧС по характеру и виду источников возникновения	Количество ЧС			Погибло		Пострадало	
	2016	2015	%	2016	2015	2016	2015
Землетрясения, извержение вулканов	0	0	0,00 %	0	0	0	0
Опасные геологические явления	2	0	+ 2	0	0	0	0
Повышение уровня грунтовых вод	0	3	-100,00 %	0	0	0	1742
Бури, ураганы, смерчи, шквалы, сильные метели	6	4	50,00 %	0	1	383	1229
Сильный дождь, сильный снегопад, крупный град	21	11	90,91 %	3	1	78818	8989
Снежные лавины	0	0	0,00 %	0	0	0	0
Заморозки, засуха, суховей, пыльные бури	7	16	-56,25 %	0	0	0	0
Морские опасные гидрологические явления	0	0	0,00 %	0	0	0	0
Отрыв прибрежных льдов	1	0	+ 1	0	0	40	0
Опасные гидрологические явления	15	4	275,00 %	0	0	47224	0
Крупные природные пожары	2	7	-71,43 %	0	41	0	6154

факторов, влияние которых со временем все усиливается. Большая часть наших железных дорог построена и функционирует в сложных природно-климатических условиях (равнинные территории и низменности с преобладанием увлажнённых грунтов). Интенсификация перевозочного процесса и повышение осевых нагрузок приводили и приводят к необратимым физико-химическим процессам в земляном полотне, которые меняют характер поведения железнодорожного пути и расширяют зону риска.

ПОТРЕБНОСТЬ КОНТРОЛИРОВАТЬ РИСКИ

Рассмотрим сравнительную характеристику чрезвычайных ситуаций на территории Российской Федерации в 2015–2016 годах, используя данные официально опубликованных материалов МЧС (таблица 1).

Исходя из приведённых данных, вполне закономерным является определение приоритетного направления научно-технической деятельности МЧС России в 2017 году: «Научное обеспечение развития системы мониторинга

и прогнозирования масштабных чрезвычайных ситуаций и уменьшения опасности бедствий». Согласно официальной статистики (таблица 2) следует вывод, что на территории России преобладает водный фактор риска.

Анализ факторов природно-техногенного характера, приводящих к возникновению ЧС на железнодорожном транспорте, заставляет вместе с тем утверждать, что серьёзным фактором риска возникновения чрезвычайной ситуации является и сам железнодорожный путь — как отторгаемая антропогенная часть экосистемы [2]. И чем сложнее климатические условия, тем сильнее природа борется с «вирусом» и проявляет свой «иммунитет». Возникновение этого эффекта объясняется просто: при строительстве и эксплуатации пути возникает нарушение естественной среды [3], способное провоцировать и усугублять природные ЧС (рис. 1).

Согласно классификации [3], предложенной Ф. П. Саваренским (1941) и И. В. Поповым (1951), можно сгруппировать и связать ряд геологических про-



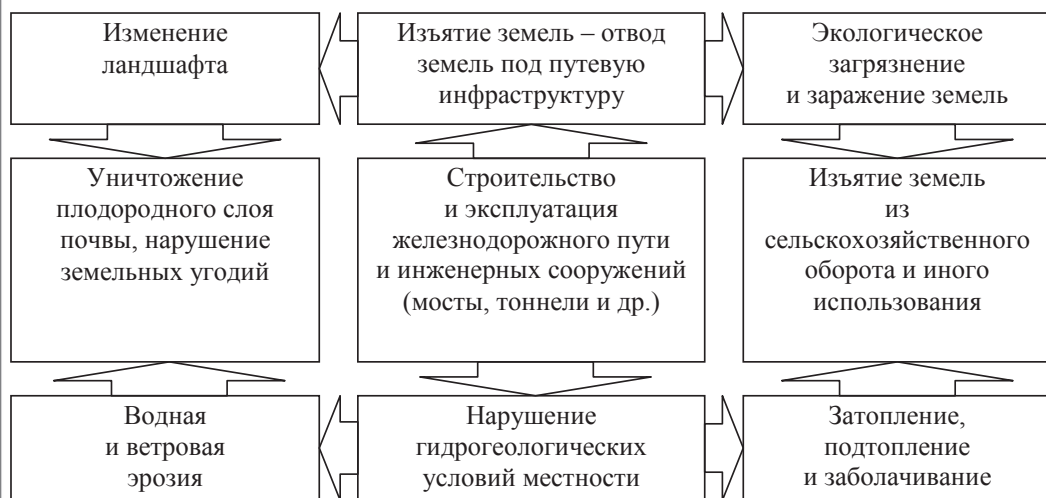


Рис. 1. Негативные экологические последствия строительства и эксплуатации железнодорожного пути.



Рис. 2. Основные природные факторы зарождения ЧС на железнодорожном транспорте.



Рис. 3. Информационная система аэрокосмического мониторинга.

цессов и физико-геологических явлений, дающих повод считать их основными причинами природно-техногенных ЧС на железнодорожном транспорте (рис. 2).

Очевидно, что территория пролегания железнодорожного пути подвержена негативному воздействию всего известного спектра физико-геологических явлений, провоцирующих возникновение чрезвычайных ситуаций. При этом следует отметить превалирующее значение водного фактора воздействия на железнодорожную инфраструктуру, в частности, участвовавшие на территории России наводнения, сопряжённые с серьёзными материальными потерями и человеческими жертвами.

Особую опасность среди быстроразвивающихся ЧС для железнодорожной инфраструктуры представляют сезонные и ливневые воды.

Для борьбы с возможными негативными последствиями привлекаются колоссальные материальные, технические и человеческие ресурсы. Рациональное планирование, распределение и эффективное использование имеющегося потенциала позволяет снизить ущерб, причиняемый железнодорожной инфраструктуре, минимизировать опасность для людей и повысить экономическую

эффективность проводимых мероприятий.

Следовательно, системы оперативно-го мониторинга должны обеспечивать региональные дирекции инфраструктуры и линейные предприятия необходимой информацией о состоянии железнодорожного пути и прилегающей территории, а также объектов, представляющих опасность вне зависимости от степени их удаления от полосы отвода.

СОВМЕЩЁННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Система мониторинга на всех этапах должна обеспечивать информационную поддержку принимаемых решений и предоставлять данные об изменениях состояния объектов инфраструктуры и потенциально опасных объектов. В первую очередь о тех значениях, которые являются критическими для безопасности функционирования железнодорожного транспорта.

То есть речь идёт о том, чтобы система мониторинга оценивала отклонения от неких эталонных значений по ряду определённых критериев. При наличии аэрокосмического контроля в роли эталонных значений выступают снимки железнодорожного пути (рис. 3).

Причём при построении мониторинга на основе таких технологических инстру-



Таблица 3

Ключевые технологические проблемы мониторинга железнодорожного пути	Основные причины недостаточной эффективности мониторинга потенциально опасных участков и реализации возможных мер по безопасности движения
Отсутствие в масштабах сети интеграции показаний путеизмерительных и диагностических средств в единой системе координат	• Невозможность выявления целого ряда геометрических параметров рельсовой колеи. • Высокая погрешность координатной привязки дефектов пути в пикетажной системе координат. • Невозможность ведения непрерывной «истории состояния (болезни)» каждого километра железнодорожного пути с непрерывной актуализацией информации в единой глобальной системе координат.
Отсутствие единой системы контроля соответствия проектным и паспортным данным железнодорожного пути (в том числе на больших протяжённых участках)	• Невозможность определения и контроля с необходимой точностью проектных параметров пути на больших протяжённых участках, в первую очередь высокоскоростных магистралей. • Невозможность отслеживания взаимного влияния при изменении состояния железнодорожного пути на другие объекты железнодорожного транспорта и искусственные сооружения (в первую очередь габаритные параметры).
Отсутствие технологий комплексного мониторинга железнодорожного пути для отслеживания опасных природно-техногенных явлений и ЧС	• Невозможность контроля событий на протяжённых территориях, прилегающих к железнодорожному пути (до десятков километров удаления) и оказывающих на него непосредственное влияние (оползни, лавины, шторма и т.д.). • Мониторинг потенциально опасных участков железнодорожного пути носит локальный характер, результаты не интегрируются в комплексную систему.

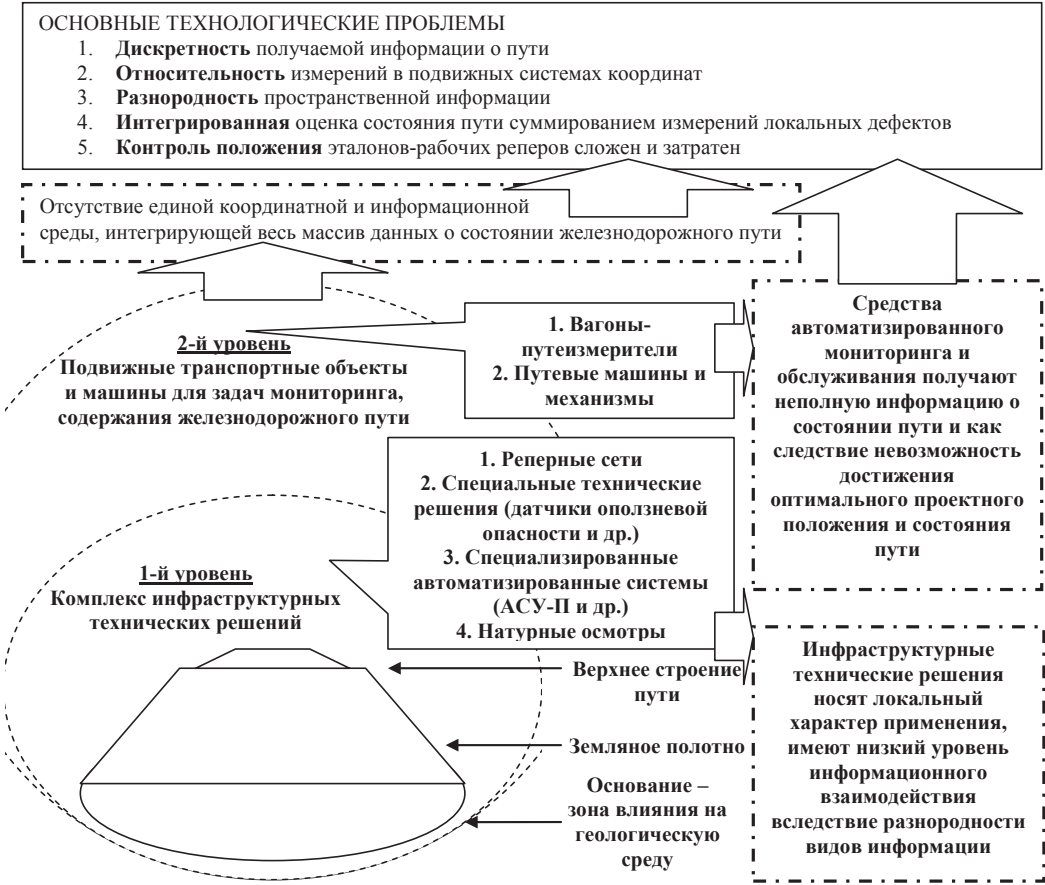


Рис. 4. Основные технологические проблемы мониторинга пути и предупреждения ЧС.



Рис. 5. Модернизированная система мониторинга пути и предупреждения ЧС.

ментов, как спутниковые системы дистанционного зондирования, возникает необходимость запуска законченного технологического цикла, с заданными параметрами измерений, цикличности и частоты получения информации, схемами коммуникационного взаимодействия.

Космические технологии зарекомендовали себя эффективным инструментом мониторинга, в первую очередь для крупных территориальных объектов и явлений, а также их комплексного взаимодействия с окружающей средой на больших пространствах. Исходя из этого, следует отметить, что космические системы не могут столь же эффективно решить всех задач мониторинга объектов инфраструктуры при оценке ситуации на локальном объекте. Их применение целесообразно

в рамках масштабного и комплексного мониторинга.

Представленная картина подтверждает тезис о необходимости создания глобальной системы предупреждения и предотвращения ЧС с помощью средств аэрокосмического мониторинга железнодорожного пути и прилегающих территорий для отслеживания факторов возникновения природно-техногенных чрезвычайных ситуаций [4, 5].

Такая постановка задачи требует единого научно-технологического подхода (задача интероперабельности) к вопросам мониторинга потенциально опасных участков железнодорожного пути [6–10] и прежде всего к ключевым технологическим проблемам: унификации методов измерений, формам предоставления информации, нормативным требованиям к полноте и точности данных (таблица 3).





Рис. 6. Иерархическая структура решаемых задач и перспективной технологии мониторинга ЧС.

Существующая система информационно-технологического обеспечения мониторинга пути и предупреждения ЧС включает два уровня: комплекс локальных инфраструктурных технических решений (реперные сети, путевые шаблоны, геодезическая аппаратура и др.) и так называемые средства сплошного контроля (из которых вагон-путеизмеритель является наиболее ярким представителем и осуществляет периодические измере-

ния геометрических параметров рельсовой колеи) [11, 12]. При этом все упоминаемые средства дают дискретную и разнородную картину, не позволяющую в принципе выстраивать адекватную пространственную модель состояния железнодорожного пути (рис. 4).

Для решения представленных технологических проблем желательно применение средств глобального контроля — космических, авиационных и наземных дистанци-

онного зондирования с высокоточной привязкой аппаратурой ГЛОНАСС/GPS [12, 13]. Интегрируя результаты исследований, мы предложили модернизированную структурную схему системы мониторинга протяжённых деформаций железнодорожного пути, предусматривающую четыре основных уровня (рис. 5).

С опорой на основные методы оценки оперативной обстановки при ЧС построена иерархическая структура решаемых задач и перспективной технологии мониторинга ЧС (рис. 6).

Возникают и другие технологические возможности для оценки состояния пути и предупреждения ЧС в комплексе с объектами инфраструктуры [14, 15]:

1. Оценка пространственного положения и геометрических параметров железнодорожного пути в комплексе с искусственными сооружениями в макротерриториальном масштабе (смещение насыпей, приближение/удаление ИССО и т.д.).

2. Адаптивное управление мониторингом и текущим обслуживанием пути (управление частотой контроля при мониторинге, меньшее время для устранения дефектов за счёт прямой передачи средств контроля на путевые машины информации, управление скоростью работы путевых машин во время ремонтов и т.д.).

3. Выявление эпицентров потенциально опасных явлений на больших площадях, прилегающих к железнодорожному пути (образование водоёмов, скорость роста оврагов в сторону трассы, обводнение и заболачивание почв и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарёв В. М. Методы и средства повышения безопасности и устойчивости функционирования железнодорожного транспорта в чрезвычайных ситуациях / Дис...док. техн. наук. — М., 2011. — 416 с.

2. Пономарёв В. М. Повышение безопасности и устойчивости функционирования железнодорожного транспорта в чрезвычайных ситуациях: Монография. — М.: МИИТ, 2001. — 174 с.

3. Шульгин Д. И., Гладков В. Г., Никулин А. Н., Подвербный В. А. Инженерная геология для строителей железных дорог: Монография. — М.: Желдориздат, 2002. — 514 с.

4. Пономарёв В. М., Шевченко А. И. Совершенствование системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта. — 2005. — № 3. — С. 8–15.

5. Железнов М. М. Основные направления исследований в области мониторинга и технического обслуживания железнодорожного пути на основе спутниковых технологий // Вестник транспорта Поволжья. — 2011. — № 6. — С. 59–64.

6. Wang M. L., Lynch J. P., Sohn H. Sensor Technologies for Civil Infrastructures // Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials. 2014. Vol. 55. Pp. 159–178.

7. Shariff F., Rahim N. A., Hew W. P. Zigbee-based data acquisition system for online monitoring of grid-connected photovoltaic system // Expert System with Application. 2015. Vol. 42. № 3. Pp. 1730–1742.

8. Roghaei M., Zabiollah A. An efficient and reliable structural health monitoring system for buildings after earthquake // APCBEE Procedia, 2014, Vol. 9, Pp. 309–316.

9. Samadi A., Amiri-Tolkadany E., Davoudi M. H., Darby S. E. Experimental and numerical investigation of stability of overhanging riverbanks // Geomorphology. 2013. Vol. 184. Pp. 1–19.

10. Shen H., Klapperich H., Abbas S. M., Ibrahim A. Slope stability analysis based on the integration of GIS and numerical simulation // Automation in Construction. 2012. Vol. 26. Pp. 46–53.

11. Железнов М. М., Певзнер В. О., Василевский А. С. и др. Концепция мониторинга макротерриториальных деформаций железнодорожного пути с использованием космических технологий // Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: Коллективная монография / Под. ред. Б. М. Лапидуса. — М.: Mittel Press, 2014. — С. 97–111.

12. Zheleznov M. M. Aerospace remote sensing based determination of track geometry characteristics. Vniizht Bulletin. 2012. № 5. Pp. 1–7.

13. Василевский А. С., Железнов М. М., Макаров А. Ю. Мониторинг потенциально опасных воздействий на железнодорожную инфраструктуру с использованием космических систем ДЗЗ // Вестник ВНИИЖТ. — 2010. — № 6. — С. 16–19.

14. Железнов М. М. О концепции информационно-технологического совершенствования системы ведения путевого хозяйства на основе инновационных технологий, в том числе спутниковых // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». — 2012. — № 5. — С. 1–7.

15. Zheleznov M. M. Developing innovative technologies to be implemented with the track maintenance IT system. Vniizht Bulletin. 2013. № 1. Pp. 15–18. ●

Координаты авторов: **Железнов М. М.** — m.zheleznov@mail.ru,
Пономарёв В. М. — ponomarev.valentin@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 26.06.2017, принята к публикации 18.07.2017.

Работа выполнена в рамках гранта ОАО «РЖД» на развитие научно-педагогических школ в сфере железнодорожного транспорта.

