

Мониторинг и прогнозирование гидрометеорологических условий работы высокоскоростного железнодорожного транспорта



В. А. Кузьмин,
доктор техн. наук,
зав. кафедрой гидрогеологии
и геодезии Российского
государственного
гидрометеорологического
университета (РГГМУ)



А. Г. Ушаков,
Центральная дирекция
инфраструктуры — филиал
ОАО «Российские железные
дороги»



Я. С. Ватулин,
канд. техн. наук,
доцент, зав. кафедрой
автоматизированного
проектирования,
Петербургский
государственный
университет путей
сообщения



А. В. Дикинис,
канд. географ. наук, доцент,
зав. кафедрой динамики
атмосферы и космического
землеведения РГГМУ,
директор Института
геоэкологического
инжиниринга РГГМУ



Д. В. Шилов,
инженер лаборатории
водных исследований
РГГМУ, младш. науч.
сотрудник Института
геоэкологического
инжиниринга РГГМУ

Одним из ключевых условий эффективного и безопасного движения скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта является своевременное систематическое предоставление специализированной гидрометеорологической информации профильным подразделениям железной дороги. Изучение гидрометеорологической уязвимости высокоскоростного железнодорожного транспорта, разработка систем и технологий специализированного гидрометеорологического обеспечения — это первостепенные задачи, которые необходимо решать уже сегодня, на стадии планирования высокоскоростных магистралей.

Железнодорожный транспорт имеет особое стратегическое значение для Российской Федерации. Он является связующим звеном единой экономической системы, обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий, своевременный подвоз жизненно важных грузов в отдаленные регионы страны, а также является самым доступным транспортом для миллионов граждан. Наиболее инновационная и перспективная часть этого комплекса — скоростной и высокоскоростной пассажирский транспорт, размеры эксплуатации и роль которого многократно возрастают в связи с интенсификацией перевозок в ходе подготовки к XXII зимним Олимпийским играм 2014 г. и чемпионату мира по футболу 2018 г., а также в условиях интегрирования транспортной сети РФ в европейскую транспортную систему.

Согласно утвержденной в 2008 г. Правительством РФ Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г. повышение уровня безопасности функционирования железнодорожного транспорта является важнейшим государственным приоритетом модернизации отрасли, научных исследований и текущей эксплуатационной работы [1]. При этом особое внимание в стратегии уделено скоростному и высокоскоростному железнодорожному движению, развитие которого должно способствовать:

- улучшению транспортных связей;
- созданию более привлекательных условий для пассажиров;
- повышению комфортности и безопасности пассажирских перевозок;
- сокращению времени в пути;
- сокращению убыточности пассажирских перевозок;
- уменьшению негативного воздействия транспорта на экологию.

Предполагается, что к 2030 г. протяженность скоростных (с максимальной скоростью движения 160–200 км/ч) железных дорог в России составит около 11 тыс. км.

Кроме того, в последнее время Министерство транспорта РФ нацелено на развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта. В частности, к 2018 г. планируется создание высокоскоростной магистрали между Москвой и Санкт-Петербургом. Затем сеть высокоскоростных магистралей расширится — преимущественно в южном и восточном направлениях — и будет функционировать в различных погодных и климатических условиях.

Экстремальные факторы

Важно заметить, что в условиях современных изменений климата отмечаются наводнения различного происхождения, экстремальные температурные условия. Формирование таких экстремальных погодных условий, с одной стороны, проявляется на значительной территории

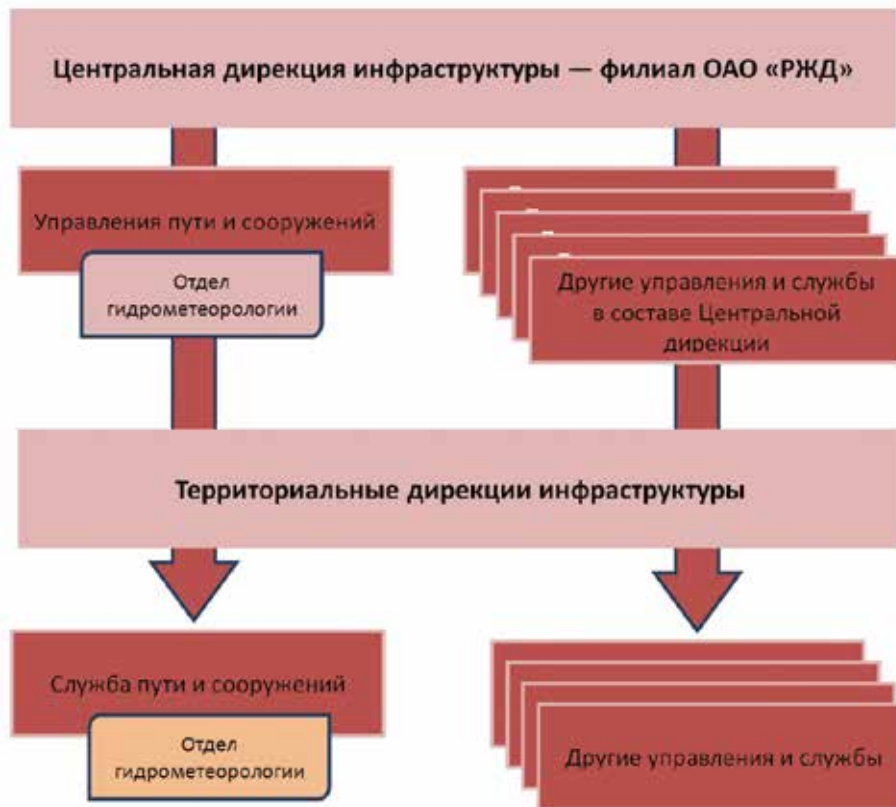


Схема организации системы специализированного гидрометеорологического обеспечения в ОАО «РЖД» (после проведения структурной реформы).

Российской Федерации, а с другой — носит ярко выраженный региональный характер и непосредственно влияет на производственно-транспортную сферу деятельности. Гидрометеорологические факторы — размыв железнодорожного полотна, обледенение проводов контактной сети и рельсов, сильные снегопады, крупный град, ураганный ветер, ограниченная видимость, наводнения и т. д. — могут вызвать крупную аварию на железной дороге, парализовать грузовые и пассажирские перевозки и стать причиной человеческих жертв, поскольку время для возможной реакции машиниста на визуально зафиксированный источник опасности — в частности, гидрометеорологического характера — становится ничтожным. Кроме того, воздействие экстремальных природных факторов на железнодорожную инженерную инфраструктуру ежегодно приводит к перебоям и задержкам в движении поездов.

Таким образом, при планировании дальнейшего развития железнодорожного транспорта (включая скоростной и высокоскоростной) чрезвычайно важно предусмотреть разработку надежной системы специализированного гидрометеорологического обеспечения его безопасности, бесперебойности и эффективно-

сти. При этом должна учитываться реализуемая структурная реформа ОАО «РЖД». Кроме того, необходимо разработать и представить для дальнейшего обсуждения научно обоснованную нормативную документацию, регламентирующую гидрометеорологическую деятельность в ОАО «РЖД».

Отделы гидрометеорологии в ОАО «РЖД»

Основная цель структурной реформы ОАО «РЖД» — создание условий для разделения деятельности по предоставлению услуг инфраструктуры и перевозочной деятельности. Поэтому начиная с 2008 г. структура компании трансформируется в вертикально ориентированный холдинг.

В настоящее время в составе холдинга ОАО «РЖД» в качестве филиала действует Центральная дирекция инфраструктуры — филиал ОАО «РЖД», включающий в себя все инфраструктурные хозяйства:

- управление пути и сооружений;
- управление вагонного хозяйства;
- управления автоматики и телемеханики;
- управление электрификации и энергоснабжения.

Несмотря на то, что потребителем гидрометеорологической информации является не только инфраструктурный блок, но и участники перевозочной деятельности, организационно входящие в холдинг, функции по гидрометеорологическому обеспечению возложены на управление пути и сооружений ОАО «РЖД» и реализуются отделом гидрометеорологии этого управления.

Отделы гидрометеорологии на железных дорогах входят в состав территориальных дирекций инфраструктур (см. рис.).

Основными производственными функциями отделов гидрометеорологии территориальных дирекций инфраструктур являются:

- непосредственное обеспечение аппарата управления железной дороги — филиала ОАО «РЖД», территориальной дирекции инфраструктуры, всех структурных подразделений железной дороги текущей гидрометеорологической информацией, всеми видами гидрометеорологических прогнозов, штормовыми предупреждениями об опасных для железнодорожного транспорта и неблагоприятных явлениях погоды;

- изыскание и внедрение в практику наиболее надежных и совершенных методов прогнозирования метеорологических условий по территории ответственности;

- согласование работ по гидрометеорологии на железнодорожном транспорте с территориальными управлениями гидрометеорологической службы РФ (Росгидрометом), научно-исследовательскими институтами, другими организациями;

- формирование базы данных специализированной гидрометеорологической информации на подведомственной территории железной дороги;

- изучение гидрометеорологических явлений, оказывающих негативное влияние на эксплуатационную работу железной дороги с выявлением закономерностей и выдачей рекомендаций по борьбе с ними.

Несовершенства системы

Информационной основой оперативной работы по гидрометеорологическому обеспечению транспортных отраслей, других экономических и государственных институтов является доступ к первичной гидрометеорологической информации — периодическим наблю-

дениям за фактической погодой на метеостанциях всего мира.

В настоящее время каждая территориальная дирекция имеет отдельный договор на доступ к первичной метеорологической информации, при этом форма и содержание этой информации в большей степени зависит не от потребностей территориальных дирекций, а от возможности территориальных управлений госметеослужбы. Эта информация на разных дорогах имеет разные формы: от примитивных в виде факсимильных карт погоды до данных фактических наблюдений в форматах, пригодных для использования в современных синоптических автоматизированных рабочих местах (АРМ). По сути, ОАО «РЖД» имеет 17 договоров на доступ к одной и той же информации.

К числу основных недостатков существующей системы специализированного гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта относятся:

- отсутствие единого перечня работ по гидрометеорологическому обеспечению в территориальных дирекциях инфраструктуры;
- нерациональное использование имеющихся ресурсов при доступе к первичной гидрометеорологической информации;
- отсутствие надежного и стабильного доступа к специализированным сайтам погоды в сети Интернет;
- осуществление гидрометеорологического обеспечения с привязкой к территории железных дорог, а не к климатически однородным участкам.

Важно также подчеркнуть, что ныне действующие на железнодорожном транспорте в Российской Федерации системы гидрометеорологического обеспечения осуществляют прогнозирование лишь части специальных параметров по причине отсутствия необходимых методик и технических средств их мониторинга.

Ключевые задачи

Актуальность учета гидрометеорологической информации подтверждается исследованиями Всемирной метеорологической организации (ВМО) при ООН. Развитие технологий специализированного гидрометеорологического обеспечения отдельных отраслей экономики, включая транспортную, ВМО рассматривает в качестве основной стратегии повышения экономической

эффективности национальных гидрометеослужб и частных гидрометеорологических агентств [2].

Эта стратегия гарантирует максимальную экономическую эффективность инвестиций в развитие технологий использования гидрометеорологической информации (в частности, прогнозов). Однако на практике она реализуется лишь в странах с развитой гидрометеорологией: США, Японии, Австралии, Китае, Тайване и в некоторых государствах Евросоюза.

В целом специализированное гидрометеорологическое обеспечение железнодорожного транспорта нацелено на то, чтобы движение поездов осуществлялось с соблюдением требований безопасности, бесперебойно, в том числе в экстремальных погодных условиях, и быстро восстанавливалось после погодных катаклизмов и чрезвычайных ситуаций. Соответственно, в перечень задач в данном случае входят:

- инструментальный мониторинг текущего и прогнозирование будущего состояния окружающей среды;
- накопление, контроль качества, обработка, анализ и архивирование данных о гидрометеорологических переменных;
- картирование и другие виды визуализации опасных природных явлений, которые потенциально могут влиять на железнодорожную инфраструктуру, и мест их возможного воздействия;
- инструментальный мониторинг и документирование состояния объектов железнодорожной инфраструктуры (мостов, дренажных систем, насыпей, земляных сооружений, сигнализации и др.);
- разработка научно обоснованных рекомендаций по принятию эффективных превентивных мер, направленных на защиту подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры от негативного воздействия окружающей среды;
- разработка научно обоснованных рекомендаций по снижению ущерба, наносимого подвижному составу и объектам железнодорожной инфраструктуры природными катастрофами и чрезвычайными ситуациями;
- оценивание уязвимости подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры по отношению к различным гидрометеорологическим факторам;
- оценивание гидрометеорологических рисков и управление ими;

- минимизация негативного воздействия на окружающую среду со стороны подвижного состава и объектов железнодорожной инфраструктуры; экологический контроль железнодорожных перевозок;

- оценивание будущей погоды и опасных природных явлений с помощью региональных моделей климата;

- разработка стратегии в области адаптации железнодорожной инфраструктуры к изменениям климата.

Новая система на стадии разработки

Очевидно, что российский железнодорожный транспорт, переживающий эпоху бурного развития скоростных и высокоскоростных перевозок, в полной мере нуждается в современном специализированном гидрометеорологическом обеспечении.

Для решения этой проблемы специалисты Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) в сотрудничестве с департаментом пути и сооружений ОАО «РЖД» приступили к разработке автоматизированной системы специализированного гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта, включая скоростной и высокоскоростной.

Основная цель проводимых исследований — повышение безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта за счет разработки инновационных технологий мониторинга и прогнозирования гидрометеорологических условий в зоне железнодорожного полотна, а также обеспечение бесперебойного функционирования соответствующих объектов железнодорожной инфраструктуры.

К основным функциям разрабатываемой системы относятся:

- контроль, мониторинг, моделирование и прогнозирование критических метеорологических параметров (града, сильных осадков, сильного ветра, ледяного дождя, обледенения контактной сети, стрелок и рельсов, обмерзания других технологических элементов железнодорожного полотна и т. д.);
- контроль, мониторинг, моделирование и прогнозирование критических гидрологических параметров (уровня воды в зонах мостовых переходов, риска размыва железнодорожного полотна и т. д.);
- контроль, мониторинг, моделирование и прогнозирование специаль-



ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН

ных параметров железнодорожного полотна и железнодорожной инфраструктуры.

Базовые технологии и их элементы

Главными функциональными элементами этой системы являются две инновационные технологии:

- технология мониторинга и прогнозирования гидрометеорологических переменных и расчета специальных параметров железнодорожной инфраструктуры, состояние которых определяется гидрометеорологическими факторами, с различной заблаговременностью, применительно к обеспечению движения на железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург — Хельсинки (в границах Российской Федерации), включающей участки с высокоскоростным режимом движения поездов «Сапсан» и «Аллегро»;
- технология передачи аналитических данных, прогнозов гидрометеорологических переменных и результатов расчетов специальных параметров, состояние которых определяется гидрометеорологическими факторами, в профильные подразделения железной дороги (например, в центральную или территориальную дирекцию инфра-

структуры, дорожные геофизические станции и т. д.).

Эти технологии включают в себя целый ряд передовых методов и подходов (некоторые из них уже используются в других странах, некоторые были созданы в РГТМУ специально для повышения эффективности разрабатываемой автоматизированной системы). В их числе:

- метод автоматической подготовки данных гидрометеорологических наблюдений для дальнейшего использования (включая сбор данных гидрометеорологических наблюдений и алгоритмы контроля их качества, обработки, усвоения и т. д.), учитывающий рекомендации ВМО по обработке данных [2; 3] и мировой опыт практического применения методов получения и передачи гидрометеорологических данных в режиме, близком к реальному времени (NRT);
- метод автоматической параметризации используемых прогностических моделей (в первую очередь гидрологических моделей «Сакраменто» и MLCM) [4; 5];
- метод моделирования и прогнозирования метеорологических переменных в зоне функционирования железнодорожного транспорта (включая ско-

ростной и высокоскоростной) на основе усовершенствованной постобработки выходных данных модели WRF [6];

- методика комплексного использования разнородных данных, полученных из различных источников [7];
- методика структурной организации специализированного гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта, описывающая необходимые программно-аппаратные средства, порядок их функционирования и взаимодействия между собой и с другими элементами разрабатываемой системы, а также порядок использования получаемой информации профильными подразделениями железной дороги;
- методика графического отображения и визуализации результатов мониторинга и прогнозирования гидрометеорологических переменных и расчета специальных параметров, максимально упрощающая использование получаемых данных профильными подразделениями железной дороги;
- методика автоматизированного формирования предупреждений о гидрометеорологических явлениях и процессах, особо неблагоприятных и опасных для функционирования железнодорож-

ного транспорта и объектов железнодорожной инфраструктуры;

- методика диссеминации результатов прогнозирования гидрометеорологических переменных и расчетов специальных параметров;
- способ оценивания пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических переменных, а также специальных параметров железнодорожной инфраструктуры, состояние которых определяется гидрометеорологическими факторами;
- программно-реализованная база данных гидрометеорологических переменных, оказывающих влияние на безопасность и эффективность функционирования железнодорожного транспорта (включая скоростной и высокоскоростной).

Другие составляющие исследований

Помимо вышеназванных, важными направлениями проводимых исследований являются:

- разработка моделей, алгоритмов и методик мониторинга, моделирования и прогнозирования гидрометеорологических переменных, а также специальных геофизических параметров;
- оценивание пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических переменных и специальных геофизических параметров, обусловленной изменением климата

и переменной антропогенной нагрузкой;

- создание баз данных наблюдений за гидрометеорологическими полями, процессами, явлениями, переменными и специальными геофизическими параметрами;
- разработка моделей различных процессов и явлений в атмосфере и гидросфере, предназначенных для прогнозирования гидрометеорологических переменных; разработка специальных геофизических параметров, необходимых для обеспечения безопасного и эффективного функционирования потребителей специализированной гидрометеорологической информации, а также для точного и своевременного предсказания природных катастроф и чрезвычайных ситуаций;
- разработка прототипов и экспериментальных образцов технических средств гидрометеорологического наземного и дистанционного мониторинга, обработка получаемых данных, оперативного прогнозирования и диссеминации специализированной гидрометеорологической информации;
- разработка рекомендаций по повышению эффективности гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта;
- подготовка технологического регламента на разрабатываемые технологии и их составные части;
- разработка проекта концепции национальной системы обеспечения

гидрометеорологической безопасности на железнодорожном транспорте, включая скоростной и высокоскоростной.

Очевидно, что все исследования и разработки, о которых здесь идет речь, требуют привлечения значительных ресурсов — в первую очередь интеллектуальных и технологических. Поэтому разработчики предлагаемой системы специализированного гидрометеорологического обеспечения железнодорожного транспорта будут благодарны за любые критические замечания и пожелания, а также предложения о возможном сотрудничестве в данной области. **□**

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках мероприятия 1.5 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.» (государственный контракт № 16.515.12.5011 от 11 октября 2011 г.).

Литература

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ № 877-р от 17 июня 2008 г.)
2. Guide to Hydrological Practices, Volume I, Hydrology – From Measurement to Hydrological Information. WMO No. 16. Sixth edition. 2008.
3. Кузьмин В. А., Сурков А. Г., Шеманев К. В. Принципы автоматической обработки данных в автоматизированных системах прогнозирования стока // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 21.
4. Kuzmin, V., Seo D.-J., Koren V. Fast and efficient optimization of hydrologic model parameters using a priori estimates and stepwise line search // Journal of Hydrology. Vol. 353. Iss. 1–2. 2008.
5. Кузьмин В. А., Коротыгина У. Е., Макин И. С., Сергеев С. Ю., Румянцев Д. Ю. Фоновое прогнозирование стока в режиме, близком к реальному времени // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 21.
6. <http://www.wrf-model.org/index.php>.
7. Кузьмин В. А., Дикинис А. В. Комплексное использование данных дистанционного зондирования, наземных наблюдений и численных прогнозов погоды при автоматизированном прогнозировании стока // Ученые записки РГГМУ. 2012. № 21.



ФОТО: СЕРГЕЙ ТЮРИН