

Я. В. Дробжева Е. В. Винокурова

О. В. Волобуева

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательско-полиграфическая ассоциация
высших учебных заведений
2022

УДК 551.509.59(075.8)

ББК 26.237

Д75

Р е ц е н з е н т ы:

В. З. Гороховская, кандидат географических наук
(ФГБУ «Башкирское УГМС)

Ю. В. Ефимова, кандидат географических наук
(ФГБОУ ВО «РГГМУ»)

Дробжева Я. В., Винокурова Е. В., Волобуева О. В. Метеорологическое обеспечение отдельных отраслей экономики: Учебное пособие. – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022. – 76 с.

Учебное пособие предназначено для бакалавров, магистров и аспирантов гидрометеорологических специальностей, занимающихся проблемами метеорологического обеспечения отраслей экономики. В пособии представлена общая характеристика метеорологического обеспечения экономики, влияние и учет метеорологических факторов в электроэнергетике, а также специализированное метеорологическое обеспечение автомобильного и железнодорожного транспорта.

Рекомендовано учебно-методическим советом метеорологического факультета РГГМУ от 21.02.2022 № 6

Учебное издание

*ДРОБЖЕВА ЯНА ВИКТОРОВНА
ВИНОКУРОВА ЕКАТЕРИНА ВЛАДИМИРОВНА
ВОЛОБУЕВА ОЛЬГА ВАСИЛЬЕВНА*

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

Подписано в печать 05.03.2022. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,75. Тираж 100. Заказ 33.

Выпущено Издательско-полиграфической ассоциацией
высших учебных заведений
с готового оригинал-макета, предоставленного заказчиком.
194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 24, лит. В, пом. 11-Н
№ 25, 26. Тел.: (812) 987-75-26
mediabooks.print@gmail.com www.mediabooks.ru

© Дробжева Я. В., Винокурова Е. В.,
Волобуева О. В., 2022

© Издательско-полиграфическая ассоциация
высших учебных заведений, 2022

ISBN 978-5-91155-141-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РОСГИДРОМЕТА	7
Глава 2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИКИ	12
Глава 3 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	16
3.1. Влияние гидрометеорологических условий на выработку электроэнергии и используемые прогнозы погоды	18
3.2. Меры защиты при прогнозе опасных явлений ...	20
3.3. Влияние метеорологических факторов на режимы потребления электроэнергии энергосистем	21
3.4. Учет влияния метеофакторов при составлении прогностических режимов электропотребления	22
3.5. Опасные метеорологические явления, оказывающие значительное влияние на изменение объемов электропотребления	28
3.6. Метеорологическая информация, используемая при составлении прогностических режимов электропотребления	29
3.7. Влияние гололедно-ветровых нагрузок и грозовой деятельности на объекты электроэнергетики и связанные с ними опасные метеорологические явления, последствия их воздействия и применяемые меры защиты	29
3.8. Опасные метеорологические явления, вызывающие повышенную гололедно-ветровую нагрузку, и последствия их воздействия на объекты электроэнергетики	30

3.9. Грозовая деятельность как опасное явление, оказывающее влияние на объекты электроэнергетики, и последствия ее воздействия	33
3.10. Применяемые меры защиты от воздействия грозовой деятельности на объекты электроэнергетики ...	35
3.11. Метеорологическая информация, используемая в целях предотвращения воздействия повышенной гололедно-ветровой нагрузки и грозовой деятельности на объекты электроэнергетики	37
ГЛАВА 4 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	39
4.1. Специфика функционирования автомобильного транспорта	40
4.2. Влияние метеорологических условий на работу автомобильного транспорта	41
4.3. Специализированное метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта	44
ГЛАВА 5 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	54
5.1. Специфика функционирования железнодорожного транспорта	56
5.2. Влияние метеорологических условий на работу железнодорожного транспорта	58
5.3. Специализированное метеорологическое обеспечение железнодорожного транспорта	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	69
ПРИЛОЖЕНИЕ А	72

ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие влияние опасных гидрометеорологических явлений погоды на развитие экономики достигло значительных масштабов и вносит заметную неустойчивость в функционирование отдельных региональных отраслей и экономической системы в целом, нарушая нормальное, динамичное развитие и угрожает безопасности жизнедеятельности общества. Однако на экономику воздействуют не только экстремальные условия погоды. Даже небольшие отклонения от ожидаемых условий погоды могут значительно повлиять на результаты деятельности отраслей экономики.

Наряду с климатической информацией метеорологические прогнозы находят все более широкий спектр потребителей. Чтобы метеорологическая информация могла стать составной ресурсной частью того или иного производства, необходимы знания основных характеристик этого производства, его специфики, что позволяет правильно оценивать необходимую потребителю метеорологическую информацию: ее объем, точность, критические границы, частоту передачи, форму представления и другие параметры (Я.В. Дробжева, О.В. Волобуева, 2016).

Для успешной реализации на практике метеорологических сведений недостаточно лишь довести их до потребителя. Возникает необходимость двустороннего обмена информацией между потребителем и метеорологом для принятия оперативного решения о действиях, которые будут экономически наиболее выгодны при ожидаемых условиях погоды или уже известных климатических параметрах.

В настоящее время имеются реальные возможности заблаговременно предупредить о наступлении опасных явлений погоды и предотвратить или уменьшить их пагубное влияние.

Научная основа оценки экономической эффективности

метеорологической информации продолжает развиваться, базируясь, главным образом, на положениях теории вероятностей и математической статистики. Некоторые задачи решаются на основании математико-экономического моделирования, теории оценивания, сетевого планирования и ряда других разделов математики.

Современный потребитель заинтересован в качественной информации об ожидаемой погоде. Поступающая к потребителю метеорологическая информация должна быть грамотно использована, что позволит получить максимальный эффект: наибольшую выгоду или наименьшие потери.

Внедрение эффективных методов использования метеорологической информации и, прежде всего, прогнозов погоды позволяет значительно снизить издержки в экономике страны за счет влияния погодных условий.

Полезность прогнозов выступает как результат целенаправленной совместной научно-производственной деятельности как поставщика, так и потребителя метеорологических прогнозов. Эффективность прогнозов отражает возможность потребителя адаптироваться к ожидаемым условиям погоды.

ГЛАВА 1

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РОСГИДРОМЕТА

Миссия Росгидромета состоит в обеспечении гидрометеорологической безопасности Российской Федерации и предоставлении государственных услуг в области гидрометеорологии, смежных с ней областях и мониторинга загрязнения окружающей среды и направлена на достижение следующих национальных целей:

- повышение качества жизни населения;
- обеспечение высоких темпов устойчивого экономического роста;
- создание потенциала для будущего развития;
- повышение уровня национальной безопасности.

Гидрометеорологическая служба осуществляет свою деятельность на основе следующих принципов:

- глобальность и непрерывность наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением;
- единство и сопоставимость методов наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением, а также методов сбора, обработки, хранения и распространения полученной в результате наблюдений информации;
- безопасность проведения работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы;
- интеграция с внутригосударственными и международными системами мониторинга окружающей среды, ее загрязнения;
- эффективность использования информации о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении;
- обеспечение достоверности информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении, и ее доступности для потребителей;
- соответствие деятельности гидрометеорологической службы задачам охраны здоровья населения, защиты

окружающей среды и обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности.

Стратегические цели Росгидромета

Обеспечение защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от воздействия опасных природных явлений, изменений климата (обеспечение гидрометеорологической безопасности) - первая стратегическая цель Росгидромета.

Деятельность в рамках достижения указанной цели, в первую очередь, направлена на снижение потерь от опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) - природных процессов и явлений, которые по своей интенсивности (силе), масштабу распространения и продолжительности оказывают или могут оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую среду. Эта деятельность осуществляется, прежде всего, путем незамедлительной передачи экстренной информации об опасности возникновения и развития ОЯ в Национальный центр управления в кризисных ситуациях Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также путем передачи штормовых предупреждений и (или) штормовых оповещений населению, государственным органам исполнительной власти и органам местного самоуправления (А.И. Бедрицкий, 2008).

Актуальной остается задача повышения эффективности активного воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления. Это касается мер по защите населения, рекреационных центров и объектов экономики от снежных лавин, активных воздействий с целью улучшения метеоусловий во время проведения массовых мероприятий, спортивных соревнований, а также противоградовой защиты сельскохозяйственных посевов.

Второй стратегической целью Росгидромета является обеспечение потребностей населения, органов государственной власти, секторов экономики, Вооруженных Сил Российской Федерации, Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в гидрометеорологической, гелиогеофизической информации, а также в информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении.

Деятельность по достижению указанной цели включает в себя:

- предоставление информации о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении населению, органам государственной власти, секторам экономики, Вооруженным Силам Российской Федерации, Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- формирование государственных информационных ресурсов в области гидрометеорологии и смежных с ней областях (метеорологии, климатологии, агрометеорологии, гидрологии, океанологии, гелиогеофизики), мониторинга состояния окружающей среды, ее загрязнения.

Третья стратегическая цель Росгидромета - гидрометеорологическое обеспечение деятельности Российской Федерации в Арктике, Антарктике (в районе действия Договора об Антарктике) и Мировом океане.

Деятельность Росгидромета в рамках этой цели направлена, в первую очередь, на развитие сети пунктов сбора гидрометеорологической и гелиогеофизической информации и передаваемой обзорной и прогностической информации о состоянии окружающей среды в регионах Арктики, Антарктики и в акватории Мирового океана. Реализация миссии и достижение стратегических целей осуществляется путем решения следующих основных задач Росгидромета:

- обеспечение органов государственной власти, Вооруженных Сил Российской Федерации, а также населения информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении;

- обеспечение выпуска экстренной информации об опасных природных явлениях, о фактических и прогнозируемых резких изменениях погоды, и загрязнении окружающей среды, которые могут угрожать жизни и здоровью населения и наносить ущерб окружающей среде;

- организация составления прогнозов погоды, водности, урожая СХ культур, глобальных и региональных изменений климата;

- обеспечение работы противолавинной службы;

- участие в установленном порядке в проведении гидрометеорологической экспертизы проектов освоения территорий;

- согласование в установленном порядке условий гидрометеорологического и гелиогеофизического обеспечения плавания судов, полетов летательных аппаратов, работы космонавтов в космосе, проведения спасательных операций;

- проведение исследований гидрометеорологических и гелиогеофизических процессов в атмосфере, на поверхности суши, в мировом океане, Арктике и Антарктике, а также в околоземном космическом пространстве в части изучения и прогнозирования радиационной обстановки, состояния ионосферы и магнитного поля Земли;

- государственный учет в пределах своей компетенции поверхностных вод и ведение государственного водного реестра в части поверхностных водных объектов в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;

- ведение Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении;

- обеспечение функционирования на территории Российской Федерации пунктов гидрометеорологических наблюдений

и системы получения, сбора и распространения гидрометеорологической информации;

- государственный мониторинг атмосферного воздуха;

- государственный мониторинг водных объектов в части поверхностных водных объектов;

- государственный мониторинг континентального шельфа в порядке, определяемом законодательством Российской Федерации;

- руководство и контроль деятельности Российской антарктической экспедиции

(<http://www.meteorf.ru/special/about/service/>).

Контрольные вопросы:

1. Стратегические цели Росгидромета
2. Основные задачи Росгидромета для решения стратегических целей

ГЛАВА 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИКИ

Современное производство немислимо без всестороннего учета текущего и ожидаемого состояния окружающей атмосферы. В раз личных отраслях народного хозяйства решаются такие задачи, как экономия энергоресурсов, сокращение простоя транспорта, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, снижение потерь от опасных условий погоды и многие другие. Чтобы обеспечить успешное решение этих задач, обусловленных погодой и климатом, необходимо прежде всего полное взаимодействие потребителя и поставщика информационной продукции в целях эффективного использования всех видов метеорологической информации и в первую очередь прогнозов погоды. Потребитель — конкретная отрасль хозяйства, вид производства или отдельных работ — в соответствии со спецификой постоянной деятельности устанавливает перечень необходимой для него метеорологической информации. Это могут быть конкретные метеорологические величины, их текущие и прогностические значения, конкретные явления погоды или комплекс метеорологических величин и явлений погоды и т.п.

Потребитель в своей многолетней практике вырабатывает строгую избирательную стратегию, а именно, что ему необходимо от гидрометеорологической службы для успешного функционирования производственного процесса. Выбор необходимой потребителю информации зависит от той целевой задачи, которую он решает в производственных условиях. Различия здесь состоят в том, что потребитель может решать следующие задачи:

1. Ежедневные оперативные работы, выполняемые на открытом воздухе, ориентированные примерно на суточную (или

меньше) периодичность принимаемых хозяйственных решений. Это преимущественно оперативные производственные работы во всех отраслях народного хозяйства.

2. Оперативные производственные работы, выполнение которых ориентировано на несколько дней, недель или даже на несколько месяцев. Это могут быть специальные производственные операции непрерывного цикла. Например, проводка морских судов по Северному морскому пути (СМП), испытания технологического режима в различных метеорологических условиях, выбор дозы азотной подкормки озимых в Нечерноземной зоне в зависимости от средней суммы осадков за осенне-зимний период и т. п.

3. Разработка технических и технологических проектов, требующих разового стандартного учета метеорологических данных или иных метеорологических сведений. Проектирование современной техники, машин, механизмов и аппаратуры, работающих в условиях постоянного влияния погоды, требует ее нормативной оценки и учета.

4. Планирование и проектирование строительных объектов социального и производственного назначения, промышленных комплексов, морских портов, автотрасс, трубопроводов, воздушных трасс, а кроме того, планирование и застройка новых населенных пунктов.

Для этих целей изучается метеорологический режим данного региона, пункта, определяются характеристики климата, необходимые для решения тех или иных задач. Большое значение при этом придается использованию климатических показателей, помещенных в таких справочных пособиях, как СНиП. Для этого проводится изучение влияния метеорологических условий на производственный (строительный, технический) объект, определяются необходимые специализированные показатели на основе характеристик климата и составляются рекомендации на их внедрение в практику.

Таким образом, территориальные УГМС ведут постоянный сбор и обработку метеорологической информации и обеспечивают народнохозяйственные и другие организации сведениями о текущей и ожидаемой погоде, данными о климате и т.д. Все метеорологические величины, явления погоды и климатические характеристики составляют сложный набор положительных и отрицательных метеорологических факторов. В различных областях человеческой деятельности они проявляются в виде физических процессов воздействия на ту или иную область производства и вызывают как благоприятные, так и неблагоприятные последствия. Вся информация о состоянии окружающей среды, поступающая к потребителям, составляет основу метеорологического обеспечения как постоянного и обязательного процесса функционирования экономики и социальной сферы.

Метеорологическое обеспечение — это многоуровневая научно-производственная форма деятельности гидрометслужбы. На уровне Росгидромета — центрального учреждения гидрометслужбы России — осуществляется взаимодействие с министерствами, ведомствами и другими ведущими организациями, заинтересованными в метеорологической информации. Территориальные управления гидрометслужбы взаимодействуют с теми природно-хозяйственными организациями (в области энергетики, сельского хозяйства, транспорта, строительства и др.), производственная деятельность которых сосредоточена главным образом на территории конкретного управления. Уже отмечено, что наибольшую ценность, судя по спросу и масштабности использования, имеют метеорологические прогнозы.

Все прогностические подразделения, разрабатывающие прогнозы различной продолжительности, осуществляют метеорологическое обеспечение по общей схеме типа „кому, что, сколько, куда и зачем”. Содержание гидрометеорологического обеспечения народнохозяйственной организации оформляется в

виде перечня задач, выполняемых оперативным прогностическим подразделением (исполнителем) по запросу потребителя (заказчика) и согласованию с ним. Они включаются в договор по оказанию информационных (консультационных) услуг (ФЗ РФ «О гидрометеорологической службе» от 19.07.1998). При этом достигается согласие между желанием потребителя и возможностью поставщика в разработке той или иной специализированной продукции.

Гидрометеорологическое обеспечение включает метеорологическое, гидрологическое и агрометеорологическое обеспечение.

Общая схема метеорологического обеспечения, включаемая в договор, содержит: вид информации, передаваемой потребителю, район обеспечения (обслуживания), сроки действия прогнозов (прогностический период), срок представления прогнозов (время передачи), ответственных за составление и доведение прогностической информации до потребителя, а также другие вопросы информационного обеспечения, представляющие интерес для потребителя. В схему включается требование потребителя к „штормовой” информации — разработке предупреждений об ОЯ и НГЯ.

(<http://www.meteorf.ru/upload/iblock/2db/obzor2015small-14-03.pdf>

http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090512.pdf

Контрольные вопросы

1. Определение «потребителя» метеорологической информации.
2. Определение «метеорологического обеспечения».
3. Задачи потребителя, определяющие выбор гидрометеорологической информации.
4. Наиболее востребованные потребителем виды метеорологической информации.

ГЛАВА 3

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В современных условиях нет такой отрасли экономики, которая не испытывала бы потребности в прогнозах погоды или иной метеорологической информации (Грепачевский И.В., 2008; Хандожко Л.А., 2008; Коршунов А.А., 2016). Научно-технический прогресс способствовал не только быстрому развитию гидрометеорологической науки, но и разработке способов экономически выгодного применения гидрометеорологической информации в технологических процессах отраслей экономики.

Энергетика, как одна из ведущих отраслей жизнеобеспечения страны, охватывает все без исключения инфраструктурные составляющие в экономической и социальной сферах страны. Это, в сущности, гигантская работа топливно-энергетического комплекса. Обеспечивающего получение, передачу и преобразование различных видов энергии и энергетических ресурсов в целях устойчивой динамики экономического развития.

Энергетика осуществляет массовое извлечение из природной среды преимущественно не возобновляемых ресурсов. Многообразие видов работ в каждой системе, осуществляемых на открытом воздухе, требует избирательного и обширного метеорологического обеспечения. Это касается проектирования новых энергетических объектов (ЛЭП, ТЭЦ, ГЭС, угольных разрезов, шахт, нефтяных скважин и др.), их строительства и ежедневного функционирования, обеспечивающего энергоснабжение всех отраслей экономики.

Единая энергетическая система России разделена на ряд региональных энергосистем, имеющих свою специфику по энергоисточникам, масштабам обеспечения промышленности и

городов, автономности и другим условиям гидрометеорологического и экономического характера (рис.3.1). Оперативное управление и выработку режима работы Единой энергетической системы страны осуществляет центральное диспетчерское управление.



Рис.3.1. Производство электроэнергии в России

Электроэнергетика — отрасль энергетики, включающая в себя производство, передачу и сбыт электроэнергии. Электроэнергетика является наиболее важной отраслью энергетики, что объясняется такими преимуществами электроэнергии перед энергией других видов, как относительная лёгкость передачи на большие расстояния.

На стадии проектирования и строительства широко используются климатические материалы. Они выбираются или определяются потребителем (по конкретным предприятиям ТЭК) на основании сведений, предоставляемых территориальными управлениями гидрометслужбы. Так, для проектирования и строительства источников электроэнергии (ГЭС, ТЭС и др.) необходимы данные многолетнего метеорологического и гидрологического режимов в пункте строительства, регионе

(водозапасы, расходы воды, экстремальные и расчетные температуры воздуха). Строительство воздушных ЛЭП требует сведений, содержащих данные о максимальных размерах гололедно-изморозевых отложений (вид, масса и продолжительность), а также о максимальной скорости ветра и минимальной температуре воздуха на протяжении маршрута строительства. Метеорологические сведения позволяют рассчитать гололедно-ветровую нагрузку и эквивалентную скорость ветра в заданном пункте, смоделировать распределение механических напряжений и экстремальные условия несущих опор.

3.1 Влияние гидрометеорологических условий на выработку электроэнергии и используемые прогнозы погоды

Выделяют две группы гидрометеорологических параметров во всей совокупности специализированного обеспечения электроэнергетики.

Первая группа параметров, влияющих на выработку электроэнергии.

В нее входят: водозапасы, расходы воды и др. Важной составляющей является информация о средних месячных и экстремальных суммах осадков, о количестве и продолжительности ливневых осадков в суточном режиме гидрологических данных. Выработка электроэнергии на тепловых станциях является относительно стационарной и обусловлена энергетической потребностью города, региона.

Вторая группа параметров, влияющих на потребление электроэнергии. Режим потребителя электроэнергии в значительной мере зависит от температуры воздуха и естественной освещенности, учитываемой по конкретному региону страны, а также от потребностей в этом виде энергоресурсов развивающегося производства.

Так, изменение средней суточной температуры на 1°С приводит к изменению генерирующей мощности по России на сотни тысяч кВт и соответственно к изменению расходов условного топлива (Хандожко Л.А., 2005; Волобуева О.В., 2007).

Степень освещенности в том или ином городе, регионе определяют облачность и суммарная радиация. Например, днем при изменении облачности от небольшой до сплошной (или наоборот) увеличивается (или уменьшается) потребление электроэнергии примерно на 5 %, что эквивалентно 1 млн кВт. Освещенность зависит и от явлений погоды, снижающих видимость.

Это осадки, метели, пыльные бури и другие. Прогноз ясной погоды позволяет уменьшить нагрузку и выработку электроэнергии на электростанциях, а пасмурной — предусмотреть повышенную нагрузку.

Оперативное специализированное метеорологическое обеспечение региональных электроэнергетических систем осуществляют местные гидрометслужбы. Особое внимание уделяется оперативному метеорологическому обеспечению высоковольтной сети данного региона.

В холодный период года необходим прогноз гололедно-ветровых нагрузок, а в летний — грозовых условий погоды.

Отложение на проводах гололеда и изморози, сопровождаемое сильным ветром, может привести к обрыву проводов и поломке опор. Это необходимо учитывать и в случаях выпадения мокрого снега с последующим резким понижением температуры, что может быть связано с прохождением холодного фронта.

К опасным для электроэнергетики явлениям погоды относятся:

- гроза любой интенсивности;
- скорость ветра 30 м/с и более;

отложения гололеда на ЛЭП толщиной 20 мм и более, мокрого снега или сложного отложения льда толщиной 35 мм и более;

дожди интенсивностью 50 мм/12 ч и более, ливни интенсивностью 30 мм/ч;

резкие изменения температуры воздуха (10 °С в сутки и более);

продолжительные морозы (-30 °С и ниже) и продолжительная жара (30 °С и выше).

Для планирования режима потребления электроэнергии необходимы прогнозы среднесуточных значений температуры воздуха и облачности и аналогичные фактические значения за прошедшие сутки по различным районам страны. Это позволяет оперативно рассчитывать режим потребления электроэнергии по отдельным экономическим районам.

Графики работы энергосистемы составляются на год, месяц, декаду и на каждый день.

3.2 Меры защиты при прогнозе опасных явлений

Защитные меры при прогнозе отложения гололеда толщиной более 5 мм включают организацию специальных бригад, оснащенных техникой для предотвращения и быстрой ликвидации аварийных ситуаций. Частью защитного комплекса является подача тока высокого напряжения на участки с наиболее опасным отложением гололеда (плавка льда). Организация и проведение подобных защитных мер являются дорогостоящим мероприятием. С приближением грозы сеть переводится на грозовой режим работ. Это и есть предупредительная мера, которая предусматривает ограничение электронагрузок на подстанции, перевод на более безопасный режим работы ряда приборов и механизмов (<https://sites.google.com/site/ekonomiceskaameteorologia/system/app/pages/recentChanges>).

3.3. Влияние метеорологических факторов на режимы потребления электроэнергии энергосистем

Формирование и планирование режимных параметров и технико-экономических показателей энергосистем (ЭС) и энергокомпаний (ЭК) является одной из важных задач обеспечения функционирования электроэнергетики. Планирование балансов электроэнергии и мощности осуществляется на основе плановых значений (прогнозов) ожидаемого электропотребления (потребления электроэнергии и мощности) в целом по ЭС, ЭК, группам и отдельным потребителям, узлам электрической схемы (Макоклюев Б. И. и др., 2004). Исследование характера колебаний потребления ЭС является необходимым этапом для последующих оценок ожидаемого уровня потребления. Формирование колебаний суточных графиков потребления ЭС происходит под влиянием целого комплекса различных факторов. Длительные многолетние тенденции обуславливаются социальными факторами и экономическим развитием регионов. Устойчивые производственные циклы, астрофизические циклы (смена дня и ночи), сезонные колебания метеофакторов приводят к регулярным колебаниям потребления (цикличности нагрузок – суточной, недельной, сезонной), а также устойчивым многолетним изменениям (тенденциям) потребления (межгодовому приросту/падению, плавному изменению структуры потребления). Резкие изменения погодных условий, общественные явления, аварийные ситуации, внеплановые отключения крупных потребителей и т. п. обуславливают нерегулярные колебания, отклонения нагрузки от цикличности и тенденций. В данной главе рассматривается степень влияния метеофакторов на режимы потребления и их учет при прогнозировании ожидаемого электропотребления. Для анализа использовались архивные данные комплексов ИСП (иерархическая система прогнозирования) и программный

комплекс планирования режимных параметров «Энергостат», эксплуатируемый в филиалах системных операторов (СО) единой энергетической системы (ЕЭС) России и крупных энергосбытовых компаниях (Макоклюев Б. И. и др., 2004; 2015).

3.4 Учет влияния метеофакторов при составлении прогностических режимов электропотребления

Главными метеорологическими факторами, оказывающими существенное влияние на электропотребление в первую очередь, являются температура наружного воздуха, освещенность, влажность, скорость ветра. Они в значительной степени определяют глубокие сезонные колебания и суточную неравномерность графиков потребления. Устойчивые сезонные и суточные циклы колебаний метеофакторов и их влияние могут быть представлены в аналитическом виде и использоваться при разработке прогнозов ожидаемых значений потребления на всех циклах планирования и управления режимами.

Наиболее значительное влияние на электропотребление оказывает температура наружного воздуха и освещенность. Влияние температуры определяется расходом электроэнергии на определенные производственные процессы, отопление зданий, вентиляцию, охлаждение в холодильниках, кондиционерах. Для энергосистем, где осветительная нагрузка составляет значительную часть, вариации естественной освещенности оказывают влияние на потребление, особенно на формирование утреннего и вечернего максимумов (Макоклюев Б. И. и др., 2004). Рассмотрим влияние метеофакторов на электропотребление на примерах.

На Рисунке 3.2 представлены электропотребление, температура и облачность в городе Москве за период с 4 мая по 9 мая 2003 года.

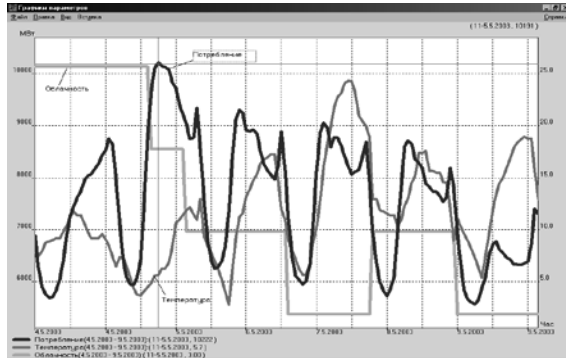


Рис. 3.2. Совмещенные графики потребления, температуры наружного воздуха и количества облачности за период 04.05.2003 – 09.05.2003 в г. Москве (Московская энергосистема)

Из рисунка видно, что в ночь с 4 на 5 мая значительно снизилась температура воздуха при наблюдавшейся очень высокой облачности, дожде и отключенном центральном отоплении, что привело к резкому увеличению электропотребления – в 11 часов утра 5 мая электропотребление составило 10 222 МВт. В последующие дни среднесуточная температура начала повышаться, количество облачности значительно снизилось и, в результате, 6 мая в 11 часов электропотребление составило уже 9 251 МВт, что на 971 МВт меньше, чем в 5 мая. 7 мая электропотребление продолжало снижаться и к 11 часам составило 8 958 МВт (снижение на 1 264 МВт по отношению к 5 мая). Размах колебаний максимума нагрузки в соседние однотипные сутки достиг 12%. Эти колебания определяются резкими изменениями погодных условий при отключенном отоплении.

Взаимосвязь между среднесуточным потреблением мощности и температурой наружного воздуха для Московской энергосистемы в течение 2012 года и Кузбасской энергосистемы в течение 2002 г. представлены на рисунках 3.3 и 3.4.

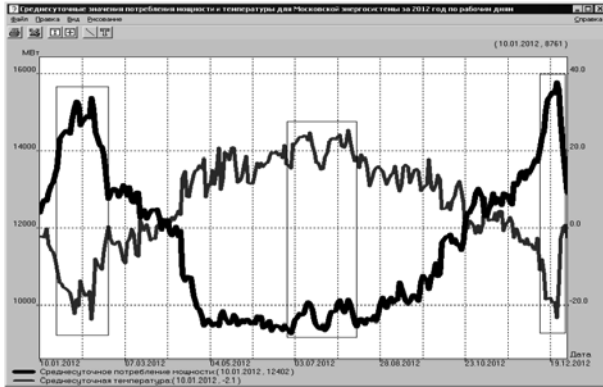


Рис. 3.3. Среднесуточные значения потребления мощности и температуры наружного воздуха для Московской энергосистемы за 2012 год по рабочим дням

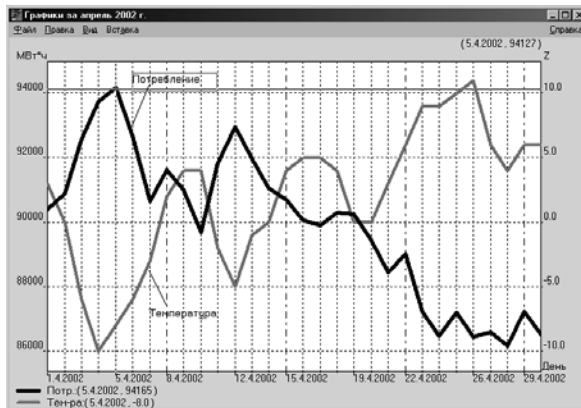


Рис. 3.4 Потребление энергии и температура наружного воздуха для Кузбасской энергосистемы за апрель 2002 года

Из рисунков видно, что при значительном понижении температуры возрастает потребление, а при повышении температуры потребление постепенно снижается.

В августе 2017 года в южном регионе средняя температура воздуха почти на 10 °С превысила норму для этого времени года, что вызвало резкий рост потребления электроэнергии и мощности в объединенной энергосистеме Юга, а также стало причиной снижения пропускной способности электрической сети (www.so-ups.ru). 7 августа в Крымской энергосистеме зафиксированы рекордные значения потребления электрической мощности в летний период. В часы дневного максимума потребление мощности в Крымской энергосистеме достигло 1 249 МВт, что на 70 МВт выше величины летнего максимума, зафиксированного 24 июля 2012 г. В Кубанской энергосистеме в течение трех дней подряд фиксировались рекордные значения потребления мощности за весь период ее существования. 8 августа в 14 часов в Кубанской энергосистеме достигнут очередной исторический максимум потребления мощности, который составил 5 032 МВт, что на 433 МВт выше максимума, зафиксированного в июле 2016 года (рис. 3.4). Кроме того, 8 августа достигнуты новые исторические максимумы потребления в Ставропольской и Астраханской энергосистемах – 1 634 и 710 МВт соответственно. Аномально высокая температура на территории всей объединенной энергосистемы Юга привела к превышению исторического максимума потребления мощности и в целом по энергосистемам. В часы дневного максимума нагрузки 8 августа потребление мощности в объединенной энергосистеме Юга достигло 15 754 МВт, что на 907 МВт выше величины максимума, зафиксированного 18 июля 2016 года. Резкое повышение потребления привело к необходимости ввода ограничений.

Учет влияния метеофакторов весьма важен при формировании краткосрочных прогнозов потребления определенных технологических зон ЕЭС России, контролируемых филиалами СО ЕЭС. Для примера, в табл. 1 и на рис. 3.5 приведены данные точности прогнозов для 1 (первой) синхронной зоны ЕЭС (без Сибири). В таблице и на рисунке:

MPE – математическое ожидание относительной ошибки прогноза, в %; MAPE – средний модуль ошибки прогноза, в %; RMSE – среднеквадратическая ошибка прогноза, в %.

Табл. 1. Точность прогноза, в %, для 1 СЗ ЕЭС России (без ОЭС Сибири) за 01.01.2013 – 31.03.2014.

Упреждение, в сутках	С учетом температуры			Без учета температуры			Разность ср. кв. ошибок
	MP ED ср.	MAP E D ср.	RMSE Ср. кв. ошибка	MPE D ср.	MAP ED ср.	RMSE Ср. кв. ошибка	
1	-0,03	0,62	0,92	-0,04	0,64	0,94	0,02
2	-0,04	0,77	1,11	-0,05	0,89	1,27	0,16
3	-0,06	0,87	1,23	-0,07	1,13	1,55	0,32
4	-0,08	0,94	1,28	-0,09	1,33	1,79	0,51
5	-0,10	0,98	1,33	-0,10	1,50	2,00	0,67
6	-0,12	1,00	1,35	-0,11	1,65	2,17	0,82
7	-0,14	1,03	1,39	-0,12	1,78	2,35	0,96
8	-0,16	1,08	1,43	-0,13	1,89	2,51	1,08
9	-0,17	1,12	1,48	-0,13	1,98	2,67	1,19
10	-0,17	1,15	1,53	-0,14	2,06	2,82	1,29
11	-0,17	1,18	1,60	-0,16	2,15	2,94	1,34
12	-0,17	1,21	1,62	-0,18	2,24	3,06	1,44
13	-0,17	1,22	1,64	-0,19	2,32	3,19	1,55
14	-0,16	1,25	1,69	-0,20	2,41	3,34	1,65
В целом	-0,12	1,03	1,42	-0,12	1,71	2,44	1,02

Отчетливо видно, что учет температуры и облачности позволяет существенно улучшать точность расчетов, особенно для энергосистем со значительной долей коммунально- бытовой нагрузки, таких как Московская энергосистема, где учет метеоданных позволяет улучшать точность почти на 2%. Необходимость учета метеоданных увеличивается по мере увеличения времени упреждения расчетов, что объясняется

увеличением отклонений температуры прогнозных суток от опорных по мере увеличения упреждения (рис. 3.5).

Также учет влияния температуры необходим при расчете потребления для формирования долгосрочных и перспективных балансов электроэнергии и мощности операционных и технологических зон ЕЭС.

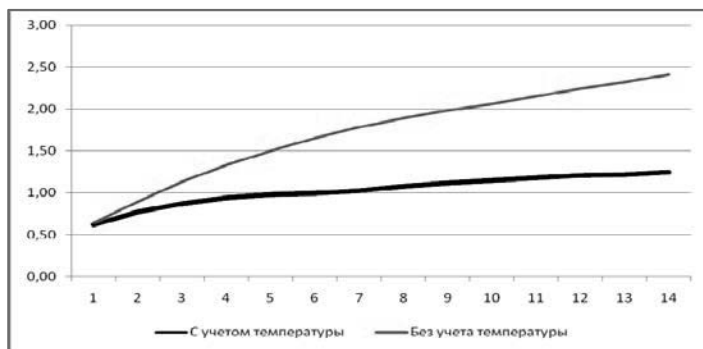


Рис. 3.5. Точность прогноза, в %, с учетом и без учета температуры в зависимости от упреждения прогнозирования в сутках для 1 СЗ ЕЭС России (без ОЭС Сибири)

Точность расчетов потребления в этом случае в значительной мере определяет балансовую надежность энергосистем. Коэффициенты влияния температуры на ожидаемый объем электропотребления также применяются для оценки приростов потребления за различные годы и формирования статистической и отчетной документации. Ранее коэффициент влияния температуры, используемый в практике расчетов, был достаточно стабильным и колебался в диапазоне 0,5 – 0,8 % на 1 градус (°C) (Макоклюев Б. И. и др., 2004; 2015). Вместе с тем, в последние годы возникли два обстоятельства, определяющие необходимость более точного и полного учета влияния метеофакторов при планировании и управлении режимами энергосистем. В первую очередь, это общее изменение структуры

потребления – снижение доли промышленной и увеличение коммунально-бытовой и осветительной нагрузки и, как следствие, увеличение влияния метеофакторов на потребление. Второе – возникновение в последние годы устойчивых аномальных отклонений метеофакторов, особенно температуры наружного воздуха. Аномальными считаются значительные отклонения от устойчивых среднесезонных тенденций. Аномальные колебания особенно сильно сказываются в весенний и осенний периоды, непосредственно примыкающие к отопительному сезону. В эти периоды эпизодические похолодания заставляют население прибегать к альтернативным источникам тепла, которыми, большей частью, становятся всевозможные виды электронагревателей.

3.5 Опасные метеорологические явления, оказывающие значительное влияние на изменение объемов электропотребления

Опасные явления, сопровождающиеся резкими колебаниями (изменениями) рассмотренных выше метеофакторов, оказывают наибольшее влияние на объемы электропотребления. К таким явлениям погоды относятся: резкие изменения температуры наружного воздуха (более 8 °С за сутки), явления, связанные с ухудшением видимости (ливневые осадки, метели, низкая облачность), что приводит к снижению естественной освещенности, а также продолжительные заморозки, морозы, засухи, жара. Воздействие данных явлений погоды вызывает резкие скачки электропотребления, заставляющие срочно вводить дополнительные генерирующие мощности со всеми сопутствующими этой ситуации проблемами – нарушениями диспетчерских графиков, внеплановым расходом топлива, снижением надежности и экономичности режимов энергосистем.

3.6 Метеорологическая информация, используемая при составлении прогностических режимов электропотребления

В качестве метеорологической информации при составлении прогностических режимов электропотребления используются прогнозы температуры воздуха, характеристик облачности и описанных выше явлений погоды. Причем, сбор и обработка метеорологической информации должна производиться на уровне энергообъединений с дискретностью фиксации, соответствующей дискретности диспетчерских графиков и суточной ведомости (получасовые или часовые значения). Поскольку важно знать в какой именно период времени будет наблюдаться повышенный уровень электропотребления. Учет совокупности метеорологических факторов необходим для точного анализа и прогнозирования электропотребления. Введение данных факторов в математические модели, используемые при прогнозировании, позволит существенно повысить точность прогнозов режимных параметров энергообъединений и соответственно повысить эффективность планирования и управления режимами.

3.7 Влияние гололедно – ветровых нагрузок и грозовой деятельности на объекты электроэнергетики и связанные с ними опасные метеорологические явления, последствия их воздействия и применяемые меры защиты

Помимо формирования и планирования режимных параметров и технико-экономических показателей энергосистем с учетом влияния метеофакторов, другой важной особенностью метеообеспечения электроэнергетики является заблаговременное предупреждение о возможном превышении гололедно-ветровых нагрузок высоковольтных воздушных линий электропередач (ЛЭП), а также о грозовой деятельности вдоль трасс их расположения.

3.8 Опасные метеорологические явления, вызывающие повышенную гололедно – ветровую нагрузку, и последствия их воздействия на объекты электроэнергетики

Несмотря на многолетние усилия энергоэнергетиков гололедные аварии в электрических сетях многих энергосистем по – прежнему относятся к наиболее тяжелым и периодически дезорганизуют электроснабжение регионов. Вызываются они природными явлениями – отложениями гололеда, изморози, мокрого снега на проводах и тросах воздушных ЛЭП в сочетании с ветровыми нагрузками, которые могут вызвать (Ахмедова О. О., Сошинов А. Г., 2014):

разрегулировку проводов и тросов и их сближение между собой на недопустимое расстояние;

сближение проводов и тросов при их подскоке вследствие неодновременного сброса гололеда;

«пляску» проводов и грозозащитных тросов;

обрыв проводов и грозозащитных тросов;

механическое повреждение опор воздушных линий электропередач.

Появление гололедно-изморозевых отложений возможно в весенний и осенний периоды, а в зимний период – во времена кратковременных оттепелей. Обледенение проводов, тросов ЛЭП происходит под влиянием влажных воздушных масс при температуре от $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Виды гололедно-изморозевых отложений различаются по объемному весу (удельной плотности вещества, выраженной в $\text{г}/\text{см}^3$) (Ахмедова О. О., Сошинов А. Г., 2014).

Гололед (объемный вес $0,7 - 0,9\text{ г}/\text{см}^3$) – образуется при выпадении переохлажденного дождя, мороси и наличии ветра. Это матовый или прозрачный лед.

Иней (изморозь), (объемный вес $0,2 - 0,3\text{ г}/\text{см}^3$) – образуется при тумане в безветренную погоду. Это рыхлая, непрочная, мелкокристаллическая масса.

Мокрый снег, (объемный вес 0,5 г/см³) – образуется при отложениях снега на проводах, чаще в безветренную погоду, при температурах около 0 °С. При понижении температуры ниже 0 °С образуются замерзшие отложения мокрого снега.

Применяемые меры защиты от воздействия гололедно-ветровых нагрузок на объекты электроэнергетики

Учитывая чрезвычайно тяжелые последствия гололедных аварий, необходимо принимать решительные меры по их предотвращению путем:

Внедрения при строительстве или реконструкции воздушных линий электропередач новых технологий и конструктивных решений, предотвращающих образование опасных ГИО;

Своевременного выполнения режимных мероприятий, позволяющих поддерживать температуру проводов на уровне, не допускающем налипания гололеда;

Строительства ЛЭП с механической прочностью, выдерживающей возможные гололедно-ветровые нагрузки с повторяемостью один раз в 50 лет для воздушных ЛЭП 330 кВ и выше, 30 лет для остальных воздушных ЛЭП;

Своевременного обнаружения характера гололедообразования и направления его распространения для организации работ по его механической обивке или плавке электрическим током (постоянным или переменным).

При неблагоприятных погодных условиях проведение плавок является действенным способом борьбы с образованием гололеда на воздушных ЛЭП. Для этого на объектах энергосистем используют инновационные разработки – телеметрический комплекс, который позволяет своевременно обнаружить участки с наледью и налипшим снегом.

Система мониторинга воздушных линий предназначена для сбора данных о гололедных и ветровых нагрузках на ЛЭП. А также о погодных условиях в районе постов. Телеметрическая

система построена в виде сети с одним терминальным узлом, подключенным к ПК и удаленными узлами сбора данных с датчиков. В качестве средства передачи данных используется сотовая связь. Каждый удаленный узел с заданным периодом выходит в сеть GSM и передает данные, собранные с датчиков. Терминальный узел постоянно находится в режиме приема и регистрирует данные по мере прихода их с удаленных объектов.

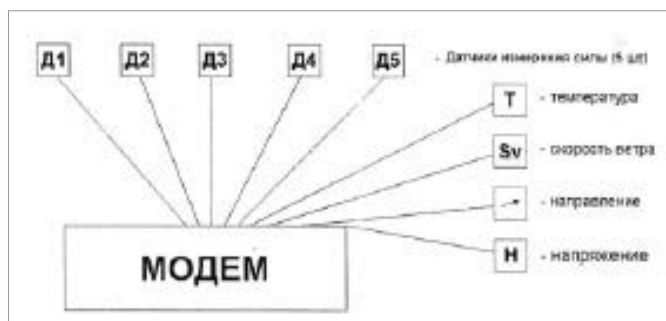


Рис. 6. Схема поста (Д1, Д2, Д3, Д4, Д5 – силоизмерительные датчики, для взвешивания провода; Т, Sv – погодные датчики; Н – напряжение аккумулятора силоизмерительных датчиков на опоре может отличаться)

Для каждого удалённого объекта подбирается оптимальный вариант. Терминальный узел (сервер) представляет собой компьютер с одним или несколькими GSM – модемами. Специальное программное обеспечение, установленное на сервере, обеспечивает управление модемами, приём данных, расшифровку и сохранение в архив. Для диспетчера приходящие данные представляются в наиболее удобной форме – графики и данные с привязкой к местности.

Основное предназначение системы – отслеживание изменение погодной обстановки в режиме реального времени. Это необходимо для своевременного реагирования на эти изменения, а также для проведения плавки. Зимой быстро

осмотреть линию практически невозможно из – за занесённых дорог. В этом случае плавки производятся по системе мониторинга. Наличие архива позволяет производить анализ собранной информации, выявлять самые неблагоприятные погодные условия, делать выводы по проделанной работе, исправлять ошибки, развивать систему. Архив доступен диспетчеру и другому персоналу в графической форме.

3.9 Грозовая деятельность как опасное явление, оказывающее влияние на объекты электроэнергетики, и последствия ее воздействия

Грозовая деятельность относится к опасным явлениям погоды и, как правило, сопровождается комплексом сопутствующих опасных явлений погоды (ОЯП). Грозу зачастую сопровождает штормовой и ураганный ветер – шквал, катастрофические ливневые осадки, град, смерчи. Все эти явления в сочетании с молниями вызывают серьезные нарушения в работе электроэнергетики, массовые аварии и повреждения системы линий электропередач, что приводит к многомиллионным убыткам. Опасность молниевых разрядов для объектов электроэнергетики выражается в следующем:

Токи молнии, при прохождении через предметы, оказывают на них электромагнитные, тепловые и механические воздействия. При соприкосновении канала молнии с металлом он может выплавляться на глубину 3 – 4 мм. Наблюдающиеся в эксплуатации случаи обрывов отдельных проволок у грозозащитных тросов на воздушных линиях электропередачи могут происходить от пережога их молнией в месте соприкосновения ее канала с тросом (Лукин А., 2013).

При соприкосновении канала молнии с деревом, сухой почвой, покрытой растительностью, газообразной или жидкой горючей средой они могут воспламениться и вызывать пожары.

Механические воздействия тока молнии проявляются в расщеплениях деревьев, в разрушении каменных и кирпичных строений и пр. Расщепление деревянных опор воздушных линий электропередачи происходит вследствие того, что ток молнии, проходя по волокнам древесины, вызывает в ней интенсивное выделение водяного пара и газа за счет возникновения очага высоких температур, которое создает высокое давление внутри древесины и разрывает ее. При дожде расщепление древесины слабее, а без дождя сильнее. Это объясняется тем, что смоченная поверхность древесины имеет большую проводимость, и ток молнии проходит преимущественно по поверхности и меньше повреждает древесину.

После прохождения токов молнии в диэлектриках (каменные, кирпичные постройки) между остающимися зарядами возникают электростатические силы, имеющие ударный характер, которые приводят к разрушению каменных и кирпичных построек. Так же в некоторых случаях наблюдается разрушение железобетонных опор.

Особая опасность молний для электроэнергетики состоит в том, что от канала молнии распространяется импульсное электромагнитное поле. В стадии разряда ток молнии посредством возникшего электромагнитного поля индуцирует напряжение на проводах и проводящих конструкциях электроустановок вблизи места удара (Лукин А., 2013). При этом во всех проводящих элементах, которые попали в это поле, возникают импульсы напряжения, а в замкнутых контурах протекают импульсные токи. Такой эффект возникает на воздушных линиях электропередачи, при этом возникшие наведенные токи могут вызвать перегрузку на линиях, что в некоторых случаях приводит к отключениям и возникновению аварийных ситуаций.

3.10 Применяемые меры защиты от воздействия грозовой деятельности на объекты электроэнергетики

Во многих развитых странах мира мониторинг гроз занимает одну из важнейших позиций при проектировании инженерных сооружений и обеспечении безопасности от поражения разрядами молний.

В нашей стране мониторингом грозовой активности на основе современных средств измерения в серьез стали заниматься совсем недавно, хотя изучение разрядных явлений в облаках интенсивно проводится в течение длительного времени. Сегодня накоплен большой объем данных об электрических явлениях в облаках, в частности, о процессах, обуславливающих начало, интенсивность и продолжительность гроз. Однако удовлетворительного соответствия между экспериментальными и теоретическими результатами не достигнуто, особенно для процессов разделения электрических зарядов и разрядных явлений.

Повышение эффективности обнаружения и распознавания гроз возможно с помощью пассивных средств регистрации электромагнитного излучения (ЭМИ) грозовых разрядов. К таким средствам относятся однопунктовые и многопунктовые системы определения места грозовых очагов и разрядов. В большинстве из них (исключение составляют многопунктовые разностно-дальномерные системы) используются радиопеленгаторы и дальномеры, технические основы которых были заложены еще в 20–е годы прошлого века.

В 60-е – 80-е годы использовались узкополосные методы пеленгации гроз, а в конце 20 – го века нашел свое применение, в основном за рубежом, широкополосный метод. В отечественной практике во второй половине 20-го века использовались преимущественно узкополосные грозопеленгаторы с амплитудным и амплитудно-фазовым преобразованием узкополосных сигналов. Узкополосные амплитудные, фазовые и

широкополосный импульсный грозодалномеры (пеленгаторы МАРП СДВ, ПАГ – 1, однопунктовые грозопеленгаторы – дальномеры (ОГПД) «ШТОРМ», «ОЧАГ – 2П», «ФАГ – 1», «Пеленг») (Лукин А., 2013).

В начале 90 – х годов появились проекты «Апельсин», «Веря» и «Алвес» по разработке широкополосных модификаций приемников для грозопеленгаторов, пеленгационных и разностно-дальномерных систем, предназначенных для определения места грозовых очагов и разрядов. Грозопеленгаторы, объединенные в сети или совмещенные с однопунктовыми грозодалномерами, позволяют решать задачи штормового оповещения как самостоятельно, так и в составе комплексов мониторинга контроля окружающей среды, в частности, с метеорологическими радиолокаторами (МРЛ) (Лукин А., 2013).

В наибольшей степени современным требованиям в исследовании грозового электричества облаков удовлетворяют данные, получаемые методами активной и пассивной радиолокации грозовых очагов в СВ и УКВ – диапазонах радиоволн в сочетании с обычными наблюдениями за облаками с помощью метеорологических радиолокаторов (МРЛ).

Приведем пример из практики. ОАО «НПО «Стример» совместно с ОАО «ФСК ЕЭС» осуществили крупный проект, используя систему грозомониторинга НАМОС. Он расширяет возможности грозозащиты линии электропередачи 220 кВ Цимлянская ГЭС – Шахты – 30 в Ростовской области. Эти линии обеспечивают электроснабжение многих крупных промышленных предприятий региона.

Современные методы мониторинга грозовой активности позволяют получать возможность раннего предупреждения о грозовой опасности в интересующем его районе. Система грозомониторинга НАМОС, которая использована в данном проекте, построена с использованием надёжного и высокоточного оборудования Vaisala. Современная

автоматизированная система этой фирмы предоставляет в реальном времени точную информацию о месте и времени грозового разряда в двухмерном отображении, что в свою очередь позволит сократить до минимума имущественные потери и, что не менее важно, предотвратить человеческие жертвы.

Система грозомониторинга НАМОС предназначена для получения оперативной и аналитической информации о грозовой активности.

Использование системы грозомониторинга НАМОС позволяет:

- выбрать правильные средства молниезащиты;
- значительно снизить риски поражения молниевыми разрядами линейного и полевого персонала;
- учитывать грозовую активность в регионах при проектировании протяжённых объектов-трубопроводов, ЛЭП, ЖД магистралей и т. д.

3.11 Метеорологическая информация, используемая в целях предотвращения воздействия повышенной гололедно-ветровой нагрузки и грозовой деятельности на объекты электроэнергетики

Последствия воздействия данных явлений погоды очень масштабны и, как правило, требуют оперативных мер по устранению возникших обрывов проводов ЛЭП и других повреждений. Данные операции связаны с большими трудовыми и экономическими затратами поскольку необходимо в кратчайшие сроки восстановить электропитание важных социально-экономических учреждений. Специализированная заблаговременная метеорологическая информация позволяет вовремя принять меры для подготовки трудового персонала к возможному устранению аварийных ситуации на объектах электроэнергетики и ввести на них соответствующий режим эксплуатации. К данной метеорологической информации

относится: прогнозирование отложений гололеда, изморози, мокрого снега на проводах воздушных линий электропередач; прогнозирование порывов ветра скоростью более 25 м/с; прогнозирование грозовой деятельности вдоль трасс воздушных линий электропередач.

Контрольные вопросы

1. Гидрометеорологические условия, влияющие на выработку электроэнергии.
2. Прогнозы погоды, используемые в электроэнергетике
3. Меры защиты при прогнозе опасных явлений.
4. Метеорологические факторы, влияющие на режимы потребления электроэнергии энергосистем.
5. Последствия грозовой деятельности на объекты электроэнергетики и меры защиты.
6. Метеорологическая информация, используемая для предотвращения воздействия повышенной гололедно-ветровой нагрузки и грозовой деятельности на объекты электроэнергетики.

ГЛАВА 4

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Транспорт – особая сфера в материальном производстве, является самостоятельной отраслью экономики, связывает в единое целое различные отрасли хозяйства.

Его основная функция и главная особенность состоит в том, что он продолжает производственный процесс в пределах процесса обращения, товарооборота. Транспорт связан со всеми предприятиями и является поставщиком сырья, топлива, промышленной и пищевой продукции.

Вторая производственная особенность транспорта заключается в том, что стоимость полезного эффекта переносится на перевозимый груз, увеличивая его стоимость. В этом и состоит материализация грузоперевозок, которые сами по себе не обладают материальной субстанцией. Все виды транспорта образуют единую транспортную систему независимо от формы собственности и отраслевой принадлежности. Это естественный процесс в любых производственных условиях.

Российская транспортная система является одной из самых развитых в мире. По протяженности железных дорог страна находится на третьем месте в мире после США и Китая, автомобильных — на пятом. Роль транспортно-логистического комплекса в российской экономике весьма велика: в 2018 году сектор обеспечил 7,0% валовой добавленной стоимости.

В 2018 году объем грузоперевозок (тоннаж перевезенных грузов) в России составил 8,3 млрд т. Наибольшая доля традиционно приходится на автомобильный транспорт (67,1% в 2018 году) (<https://ac.gov.ru/files/publication/a/24196.pdf>).

В экономике страны автомобильный транспорт является главным связующим звеном трех транспортных систем: железнодорожной, морской и речной. Широко используются

различного типа пассажирские и грузовые автомобили. Однако перевозке грузов принадлежит основная роль в экономическом значении автомобильного транспорта. Основными факторами, определяющими его эффективное функционирование, являются: состояние дорог как федерального, так и местного значения; техническое оснащение дорог; уровень организации безопасности движения. Особое место занимает специализированное метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта в городах.

От эффективности работы автомобильного транспорта во многом зависит освоение природных ресурсов, особенно в восточных и северных регионах страны. Значительный удельный вес занимает автомобильный транспорт в сельскохозяйственном производстве.

4.1 Специфика функционирования автомобильного транспорта

Особенности функционирования автомобильного транспорта определяются рядом факторов, которые можно разделить на две основные группы: внешние и внутренние.

Внешние факторы характеризуют состояние среды, в которой функционирует система автомобильного транспорта. К их числу относятся природно-климатические и экономико-географические условия. Данные факторы с трудом поддаются воздействию и в основном рассматриваются как заданные.

Природно-климатические условия являются объективными факторами, влияющими на организацию работы автомобильного транспорта, выбор типа подвижного состава, проведение технического обслуживания и ремонта, маршрутизацию, организацию труда и отдыха водителей и другого персонала АТП.

Экономико-географические условия влияют на расстояния и себестоимость перевозок, степень загрузки подвижного состава,

следующего в прямом и обратном направлениях, характер перевозимых грузов, взаимодействие автомобильного и других видов транспорта, выбор подвижного состава и др.

Подвижной состав автомобильного транспорта обслуживает десятки тысяч предприятий и организаций, территориально разбросанных между собой. В осуществлении автомобильных перевозок задействовано значительное количество работающих. Для каждого водителя (или единицы подвижного состава) в течение рабочего дня меняются производственные ситуации, связанные с организацией перевозок грузов, времени их погрузки у грузоотправителей и разгрузки у грузополучателей. Кроме этого, постоянно меняются условия движения (наличие осадков, распутицы, тумана, гололеда, пониженные или повышенные температуры окружающего воздуха, состояние дорог и др.).

Внутренние факторы в основном характеризуют особенности отдельных подсистем и элементов автомобильного транспорта. Они в большей степени поддаются видоизменениям и потому имеют важное значение при выработке способов активного воздействия на управляемый объект.

4.2 Влияние метеорологических условий на работу автомобильного транспорта

Метеорологические условия оказывают влияние не только на процесс транспортировки грузов, но и на все дорожно-строительные и ремонтные работы. Современная эксплуатация дорог характеризуется большими нагрузками на дорожное покрытие. Изменения температуры, скорости и направления ветра и количества осадков оказывают существенное влияние на состояние дорог. Дорожно-строительные работы, как правило, осуществляются в период года, когда температурный режим отвечает нормативам использования строительного материала и технологии работ, включая применение дорожных машин. Однако в течение теплого сезона года сказываются следующие

неблагоприятные условия погоды: длительные обложные осадки, ливневые дожди и сильные ветры.

Состояние и проезжаемость дорог существенно меняются в течение года.

Зимой опасными являются метель, снегозаносы, возможное образование длительной ледяной корки на протяженных участках дороги.

В переходные сезоны нередко образование гололеда на открытых участках дороги и значительное снижение видимости (туман, снегопад, снежные заряды).

Весной проезжаемость грунтовых дорог существенно ухудшается, а в период дождей вовсе исключается. В этот период с повышением температуры быстро возрастает глубина оттаивания грунта.

Для любых дорог к неблагоприятным условиям погоды относятся длительные дожди и ливни, особенно на дорогах в сельской местности. Особые условия работы автотранспорта складываются на Крайнем Севере и на Дальнем Востоке в условиях слаборазвитой дорожной сети надежных конструкций. Значительно затрудняется работа автотранспорта в горных районах, где возможны сходы снежных лавин, оползневые явления и селевые потоки.

Прямой угрозой для автотранспорта является гололедица, с которой связано более 50% дорожно-транспортных происшествий. Гололедица снижает сцепные качества дорожного покрытия по сравнению с сухим в 5-10 раз. При ней значительно возрастает тормозной путь, что нередко является причиной дорожных происшествий и аварий. Небольшой снег, выпавший на обледенелое покрытие, еще больше ухудшает условия движения. Увлажненное покрытие увеличивает вероятность заноса автомобиля в 7 раз, а обледенение — в 10 раз (ОДМ 218.8.001-2009; ОДМ 218.8.002-2010; ОДМ 218.2.003-2009).

Опасными явлениями зимой являются метель, поземка при средней скорости ветра 15 м/с и более, а также снегопад с

количеством осадков 7 мм и более за 12 ч и менее. При длительном отсутствии снегоочистительной техники дороги могут стать не проезжаемыми. Интенсивные циклоны с обильными снегопадами и штормовыми ветрами могут полностью парализовать движение на значительном расстоянии. В Таблице 4.1 представлены критерии опасных явлений (ОЯ) для автомобильного транспорта.

Таблица 4.1
Критерии ОЯ для автотранспорта

Явление	Критерии ОЯ	Вид ущерба и защитные меры
Метель (пыльная буря)	Скорость ветра ≥ 15 м/с, видимость ≤ 200 м, продолжительность ≥ 3 ч	Простой автотранспорта. Закрытие трасс
Туман	Видимость ≤ 200 м, продолжительность ≥ 3 ч	Задержка рейсов. Закрытие трасс
Осадки (снегопады)	Количество осадков ≥ 30 мм, продолжительность ≤ 3 ч	Ухудшение видимости, задержка рейсов, расчистка трасс
Гололедные явления (гололедица)	Продолжительность ≥ 3 ч	Задержка рейсов. Посыпка дорог

В холодную половину года при температурах -25 °С и ниже осложняется работа механизмов автотранспортных средств.

В теплую половину года обильные дожди создают неблагоприятные условия для работы автомобильного транспорта, особенно в сельской местности на грунтовых дорогах. Ливневые дожди с количеством осадков 7 мм и более за

12 ч и менее представляют собой опасные явления. Такие осадки могут привести к изменению уровня рек и водоемов, к затоплению низких (пойменных) участков дороги или к непосредственному размыву дороги.

При повышении температуры до +30 °С и выше асфальтовое полотно автодорог становится мягкопластичным и может повреждаться движущимся автотранспортом. При сухой и жаркой погоде на грунтовых дорогах образуется пыль, которая поднимается движущимся транспортом и резко ухудшает видимость, особенно при слабом ветре.

Во все сезоны года опасным является ветер средней скоростью 15 м/с и более.

Видимость — одно из важнейших условий, определяющих безопасность движения. Понижение видимости до 50 м и менее представляет опасность для движения автотранспорта. К явлениям, понижающим видимость, относятся туман, ливневой дождь, снегопад, снежные заряды, морось, пыльная (песчаная) буря.

4.3 Специализированное метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта

Заблаговременные предупреждения о снегопадах, метелях и гололедице в городах позволяют своевременно включить в защитные мероприятия специализированную технику Спецтранса города.

В метеорологическом обеспечении автотранспорта особое внимание уделяется перевозкам грузов по международным трассам, транспортировке руды и пород в открытых карьерах, перевозке грузов по зимникам и др. В каждом отдельном случае разрабатывается специальная программа метеорологического обеспечения, которая включается в договорные соглашения. При этом устанавливается заблаговременность прогнозируемых

явлений погоды и частота прогнозирования выбранных метеорологических величин.

Метеорологическое обеспечение автомобильного транспорта осуществляется в самых разных физико-географических и производственных условиях, на трассах различной протяженности, сложности, в городах, на промышленных предприятиях и т. д. Разнообразие задач автомобильного транспорта обуславливает все более избирательное его специализированное обеспечение.

В повседневных оперативных условиях автомобильному транспорту необходима следующая информация:

1) фактические данные о текущей погоде в целях осведомленности о зависимости автотранспортных работ на данный момент;

2) суточные и полусуточные прогнозы как по пунктам базирования автомобильного транспорта, так и по автотрассам, по которым устанавливается специализированное обеспечение;

3) предупреждения об опасных явлениях (ОЯ) и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях (НГЯ);

4) предупреждения о возникновении опасных и стихийных явлений погоды, их интенсивности и продолжительности - штормовые предупреждения.

5) консультации и уточнения информации.

Штормовые предупреждения охватывают район или территорию, по которым составляется прогноз для конкретной организации. При выборе метода для прогнозов руководствуются классификацией погодообразующих процессов трех различных масштабов и учитывают область их действия.

Пространственно-временные масштабы погодообразующих процессов для решения задач содержания автомобильных дорог приведены на рис. 4.1.

В области макромасштаба распределение метеорологических элементов определяется общей циркуляцией атмосферы, в мезомасштабной области на характер распределения метеорологических параметров оказывают влияние признаки

местного характера, к которым относятся рельеф местности, наличие водоемов и т.д. В области микромасштаба распределение метеорологических величин определяется факторами, действующими в непосредственной близости от поверхности обмена, и зависит от физических свойств этой поверхности.

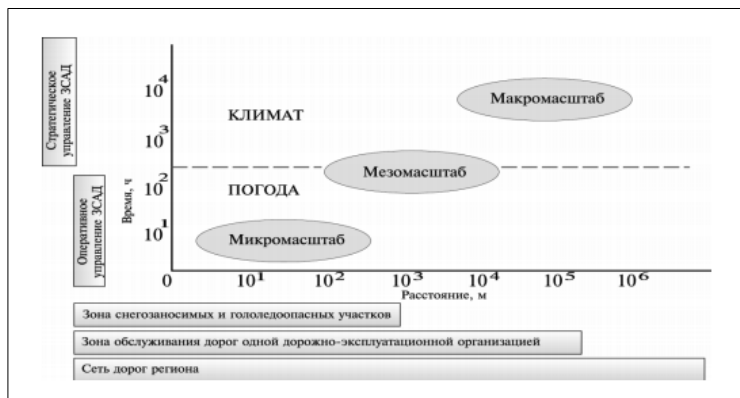


Рис. 4.1. Пространственно-временные масштабы погодообразующих процессов и задач содержания автомобильных дорог: ЗСАД – зимнее содержание автомобильных дорог

Оперативное управление работами по зимнему содержанию автомобильных дорог осуществляется в области мезо- и микромасштаба. В таких пространственно-временных рамках организуются технологические процессы снегоочистки, ликвидации и профилактики образования зимней скользкости на временных интервалах, соответствующих требованиям к уровню содержания автомобильных дорог. Гидрометеорологическая информация общего назначения и специализированная информация, поступающая от Росгидромета и других организаций, является информационным ресурсом, с помощью которого решаются основные задачи управления автомобильными дорогами. Рекомендуемый перечень

информации, включенной в метеорологический прогноз для нужд органов управления дорожным хозяйством и подрядных организаций:

- предупреждения о возможном времени начала и окончания осадков, их виде и интенсивности;
- предупреждения о гололедных явлениях;
- тенденции изменения температуры, относительной влажности воздуха, точки росы и по возможности атмосферного давления;
- данных о направлении и скорости ветра;
- данных радиолокаторов об интенсивности и количестве осадков с представлением информации в картографическом и табличном виде с ее расшифровкой в виде текста по основным направлениям дорог;
- прогнозов погоды на 12 часов (с 9 ч до 21 ч и с 21 ч до 9 ч) по районам, по которым проходит автомобильная дорога;
- прогнозов погоды на 4 часа с перекрытием на 1 час (до 8 раз в сутки) – температура воздуха, скорость и направление ветра, вероятность образования гололеда, зоны осадков с указанием интенсивности;
- штормовых предупреждений с указанием времени начала и окончания (затухания) явления, с заблаговременным оповещением за 4 часа и обязательной отменой таких предупреждений.

Для получения оперативной информации об осадках следует использовать данные метеорологических радиолокаторов наблюдательной сети Росгидромета. Информация от метеорологических локаторов (МРЛ) круглосуточно поступает в автоматическом режиме. Информация достоверна в «эффективном радиусе обнаружения», где с вероятностью до 90% обнаруживаются осадки, грозы, град. Величина этого радиуса, а также набор получаемых информационных продуктов в значительной степени зависит от используемой системы радиолокационных наблюдений. Сигнал радиозеха МРЛ

расшифровывается и полученные данные отображаются на экране монитора компьютера и включают в себя следующее:

- изображение распределения радиолокационной отражаемости облаков и осадков по зоне обзора радиолокатора радиусом 200 км, совмещенное с картографической информацией и позволяющее отчетливо видеть перемещение зон осадков относительно автомобильной дороги;
- эволюцию (ослабление, усиление) и перемещение зоны осадков;
- карта высоты верхней границы облаков (км);
- карту опасных явлений, связанных с облачностью и осадками; количество и интенсивность осадков (мм/ч);
- количество выпавших осадков (мм) за определенный период, в режиме оперативной работы - за период от начала метеорологических полусуток до текущего времени наблюдения;
- вектор переноса зон осадков относительно установки станции, определяемый автоматически, позволяющий в конкретном районе прогнозировать выпадение осадков, грозовые и другие опасные явления.

В настоящее время на сети Росгидромета в основном эксплуатируются две системы радиолокационных метеорологических наблюдений – АКСОПРИ (автоматизированный комплекс сбора, обработки и представления радиолокационной информации) и МЕТЕОЯЧЕЙКА. Комплекс АКСОПРИ обеспечивает получение всего набора данных, перечисленных выше. Период обновления данных - 10 мин. Эффективный радиус измерения осадков на комплексе АКСОПРИ составляет 120 км в зимний и переходные периоды, а измерения осадков и обнаружения опасных явлений в летний период - 200 км.

Комплексы МЕТЕОЯЧЕЙКА на сети Росгидромета работают в штатном режиме с периодом 60-180 мин. и при наличии гроз – 30 мин. Параметры по количеству и интенсивности осадков, количеству выпавших осадков и вектору переноса зон осадков на

комплексах МЕТЕОЯЧЕЙКА в настоящее время не определяются. В ближайшие годы предполагается расширение сети радиолокационных наблюдений на базе радиолокаторов нового поколения, обеспечивающих получение возможной метеорологической информации в полном объеме.

Типичный вид отображения информации, поступающей от МРЛ в системе АКСОПРИ, проиллюстрирован на рис. 4.2. Представлена карта распределения интенсивности осадков по зоне обзора радиусом 200 км. В центре карты в графическом виде показан вектор перемещения зон осадков. Сверху в правой и левой колонках представлена информация для расшифровки данных и управления изображением. Пункты дорожного метеоконтроля (ДМК) оборудуются автоматическими дорожными метеорологическими станциями (АДМС), которые контролируют параметры атмосферы и состояния дорожного покрытия:

- температуру воздуха;
- относительную влажность воздуха;
- температуру точки росы;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- наличие, интенсивность, сумму осадков;
- метеорологическую дальность видимости;
- состояние дорожного покрытия (сухое; влажное; наличие льда, снега, инея – полнота данных зависит от типа и фирмы-производителя датчика);
 - толщину отложений на покрытии (возможность получения информации зависит от типа и фирмы-производителя датчика);
 - температуру в дорожной конструкции и дорожного покрытия, наличие на нем противогололедных реагентов, температуру замерзания отложений;
 - степень скользкости дорожного покрытия.

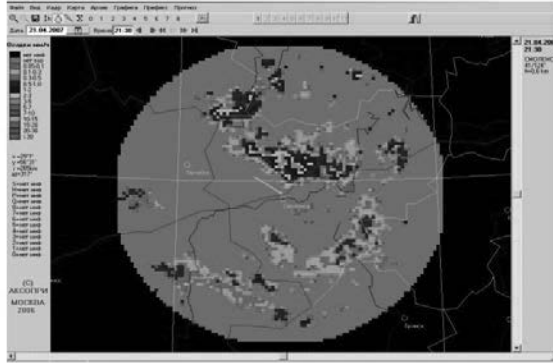


Рис. 4.2. Пример отображения информации об осадках, полученной с метеорологического радиолокационного комплекса

Набор датчиков определяется конкретно для каждого пункта и может меняться в зависимости от общих требований, состояния дорожной метеорологической системы в целом и накопленной базы данных параметров окружающей среды, дополнительных потребностей дорожных подразделений, возникших в процессе эксплуатации системы. Пункт ДМК рекомендуется оборудовать видеокамерами, которые предоставляют информацию о фактическом состоянии погоды и дорожного покрытия в видимом и инфракрасном диапазонах спектра электромагнитного излучения. Периодичность поступления информации с пунктов ДМК определяется погодными условиями. Сбор данных с сети пунктов ДМК осуществляется с периодичностью, равной 1 ч.

Гидрометеорологические прогнозы погоды поступают в дорожные организации в соответствии с запросом от территориальных управлений и областных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по любым доступным каналам связи (электронная почта, факсимильные сообщения, телефонная связь). Тексты прогнозов для дорожных организаций рекомендуется структурировать, детализировать по районам, за которыми закреплены

определенные дорожные подрядные организации и участки автомобильных дорог. В тексте прогноза рекомендуется указывать следующее:

- район прогноза;
- время прогноза;
- адрес автомобильной дороги (участка дороги);
- вид осадков;
- скорость и направление ветра;
- характеристику осадков по продолжительности (в часах);
- характеристику интенсивности осадков (мм/ч);
- атмосферные явления;
- тенденции изменения атмосферного давления;
- прогноз температуры воздуха и тенденция ее изменения;
- прогноз температуры дорожного покрытия;
- прогноз общего количества облачности;
- прогноз состояния дорожных покрытий (гололедица, снежные заносы по автомобильным дорогам или ее участкам).

Пример формы представления прогноза метеорологических параметров приведен на рис. 4.3.

Перечень задач обмена гидрометеорологической информацией в системе оперативного управления работами по содержанию автомобильных дорог приведен в табл. 4.1.

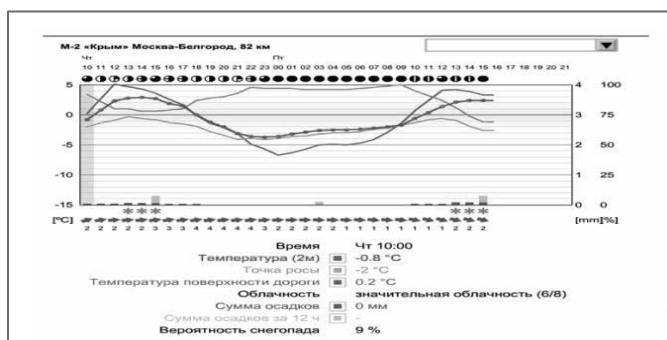


Рис. 4.3. Пример формы представления прогноза метеорологических параметров

Таблица 4.1

Задачи обмена гидрометеорологической информацией в системе оперативного управления работами по содержанию автомобильных дорог

Решаемая задача	Состав информации
Сеанс связи с измерительными системами и АДМС, расположенными вдоль дороги	<ul style="list-style-type: none"> • показания датчиков
Сеанс связи с подразделениями Росгидромета	<ul style="list-style-type: none"> • прогнозы погоды (общего назначения и специализированные) • штормовые предупреждения • информация мрл, исз
Сеанс связи с Росавтодором	<ul style="list-style-type: none"> • данные о состоянии проезда по дорогам, ДТП, выполненных работах
Первичная обработка данных АДМС	<ul style="list-style-type: none"> • информация датчиков в цифровом, табличном, графическом видах
Обработка информации по специальным алгоритмам	<ul style="list-style-type: none"> • прогнозы состояния дорожного покрытия • рекомендации по технологиям проведения работ
Обращение к архиву и оперативной базе данных	<ul style="list-style-type: none"> • архивная и оперативная информация о погодных условиях, состоянии покрытия, выполненных работах
Обращение к банку дорожных данных	<ul style="list-style-type: none"> • уровень содержания участков дорог • геометрические параметры участков дорог • инженерное благоустройство

	<ul style="list-style-type: none"> • особенности отдельных участков дорог по условиям снеготранспорта и образования скользкости • степень опасности участков • очередность проведения работ
Обращение к базе данных, описывающей ресурсы на зимнее содержание	<ul style="list-style-type: none"> • данные о противогололедных материалах, дорожной технике, производственных базах
Формирование информации для оперативного управления	<ul style="list-style-type: none"> • прогноз состояния дорожного покрытия для отдельных участков • рекомендации по технологиям проведения работ

Контрольные вопросы

1. Специфика функционирования автомобильного транспорта.

2. Метеорологическая информация для повседневных оперативных условий функционирования автомобильного транспорта.

3. Системы радиолокационных метеорологических наблюдений.

4. Рекомендуемый перечень информации, включенной в метеорологический прогноз для нужд органов управления дорожным хозяйством и подрядных организаций.

ГЛАВА 5

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

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.

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 (Концепция..., 1999). 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 комфорта 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, который будет функционировать в различных погодных и климатических условиях.

Термин «железнодорожный транспорт» нормативно закреплён – это составная часть единой транспортной системы Российской Федерации, призванная во взаимодействии с организациями других видов транспорта своевременно и качественно обеспечивать потребности физических лиц, юридических лиц и государства в перевозках железнодорожным транспортом, способствовать созданию условий для развития экономики и обеспечения единства экономического пространства на территории Российской Федерации. При этом грузооборот железнодорожного транспорта является одним из важнейших оперативных индикаторов экономической активности в реальном секторе, в частности экспортной активности. Внешние и внутренние факторы оказывают существенное влияние на динамику и структуру грузооборота железнодорожного транспорта. Например, в марте 2020 г. цены на российскую нефть упали почти в четыре раза (30 марта партии Urals уходили по рекордно низкой цене 13 долл. за баррель), а распространение коронавирусной инфекции вынудило власти вводить жесткие ограничительные меры (по существу, карантин во многих регионах). Тем не менее железнодорожные грузоперевозки не останавливались. Железнодорожный транспорт в условиях действия запретительных мер стал одним из основных, продолжающих доставлять грузы по назначению.

В 2019 г. по сравнению с 2010 г. объём перевезенных железнодорожным транспортом грузов увеличился на 33,62 %, а грузооборот железнодорожного транспорта вырос на 89,51 % (Ворона А.А., 2020). В целом прослеживается постоянное увеличение показателей, за исключением 2009 г. (Рис.5.1).

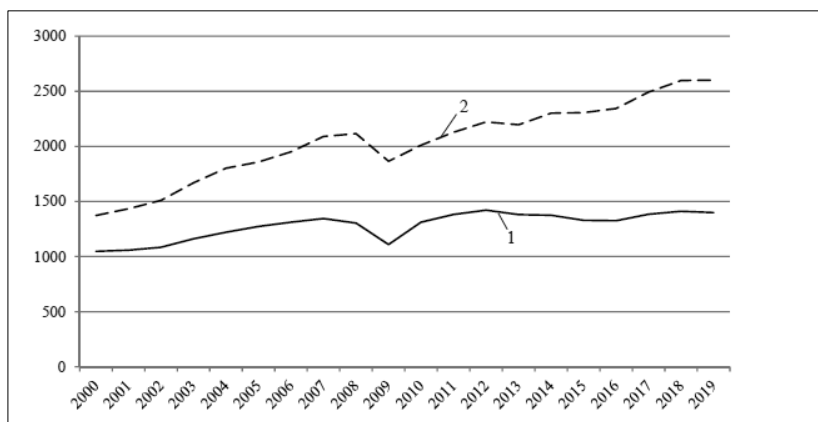


Рис. 5.1 Динамика грузооборота железнодорожного транспорта России за 2010–2019 гг.: 1 – перевезено грузов, млн т; 2 – грузооборот, млрд т·км

5.1 Специфика функционирования железнодорожного транспорта

Железнодорожный транспорт — это чрезвычайно разветвленная сложная отрасль экономики, которая постоянно зависит от условий погоды, несмотря на введение в практику электронных автоматов и других современных механизмов. В связи с относительно большими скоростями движения составы поездов в течение суток могут подвергаться резким изменениям погоды. Такого рода транспорт не имеет необходимой „погодной” маневренности, он „привязан” к железнодорожным путям и крупным железнодорожным станциям.

Основными службами являются:

- служба движения (осуществляет перевозку пассажиров и грузов);
- служба пути и сооружений (обеспечивает рабочее и надежное состояние путей и инженерных сооружений);

- служба сигнализации и связи (обеспечивает бесперебойную телефонную связь и радиосвязь на дороге, работу автоблокировки и диспетчерской централизации);
- служба электрификации (обеспечивает движение поездов на электрической тяге);
- локомотивная служба (обеспечивает перевозку с помощью электровозов и тепловозов);
- вагонная служба (обеспечивает работу вагонного парка);
- грузовая служба (обеспечивает погрузо-разгрузочные работы).

Работа всех служб проходит на открытом воздухе, и выполнение этих специфических задач возможно только при оптимальном учете и использовании гидрометинформации. Внедрение в практику железнодорожного транспорта элементов автоматического и электронного оборудования увеличивает его зависимость от состояния погоды, поскольку повышается чувствительность технических систем к изменениям метеорологических величин. А в связи с относительно небольшими скоростями движения, составы могут подвергаться резким изменениям погоды, пересекая разные климатические зоны по пути следования.

Особая специфика работы железнодорожного транспорта складывается на крупных станциях и узлах. Так, например, на станции Сортировочная (Санкт-Петербург) Московской Октябрьской железной дороги в централизованное управление включено более 300 стрелочных переводов, что усложняет работу особенно зимой. Влияние метеорологических условий на работу железнодорожного транспорта постоянно учитывается, что позволяет более полно оценить возможность применения защитных мер.

Отделы гидрометеорологии на железных дорогах входят в состав территориальных дирекций инфраструктур.

Основными производственными функциями отделов гидрометеорологии территориальных дирекций инфраструктур являются:

непосредственное обеспечение аппарата управления железной дороги, 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 (Кузьмин В.А. и др., 2012).

5.2 Влияние метеорологических условий на работу железнодорожного транспорта

В условиях современных изменений климата отмечаются наводнения различного происхождения, экстремальные температурные условия. Формирование таких экстремальных погодных условий, с одной стороны, проявляется на значительной территории 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, основной задачей отделов гидрометеорологии является своевременное предупреждение причастных служб об ожидаемых опасных явлениях погоды.

Наиболее сложные условия работы всех служб имеют место в холодный период и особенно зимой.

Перечень опасных явлений, их количественная характеристика и принимаемые меры представлены в Табл.5.1., а перечень в соответствии с сезоном в Приложении А (Инструкция..., 2013).

Таблица 5.1

Перечень опасных метеорологических явлений для железнодорожного транспорта

Наименование опасного явления	Количественная характеристика метеорологического явления	Меры, принимаемые в соответствии с оперативными планами снегоборьбы
Снегопад умеренный	Выпавший снег, ливневый снег с	Задействуются стационарные устройства

	количеством 5 - 8 см за период времени 24 ч.	для очистки стрелочных переводов и рабочая сила 1 очереди, при необходимости снегоуборочная техника.
Снегопад значительный	Выпавший снег, ливневый снег с количеством 10 - 19 см за период времени 24 ч.	Необходимо задействовать снегоочистительную и снегоуборочную технику, стационарные устройства для очистки стрелок. Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди на очистку стрелочных переводов.
Снегопад сильный	Выпавший снег, ливневый снег с количеством не менее 20 см за период времени не более 12 ч.	Необходимо задействовать всю снегоочистительную и снегоуборочную технику. Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди, а при необходимости и 3 очереди на очистку стрелочных переводов.
Снегопад с мокрым снегом умеренный	Выпавший снег, ливневый снег с количеством 3 - 7 см за период времени 24 ч.	Задействуются стационарные устройства для очистки стрелочных переводов и рабочая сила 1 очереди, при необходимости снегоуборочная техника.
Снегопад с мокрым снегом значительный	Выпавший снег, ливневый снег с количеством 7 - 14 см за период времени 24 ч.	Необходимо задействовать снегоочистители, снегоуборочные поезда, все стационарные устройства для очистки стрелок. Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди на очистку стрелочных переводов, внеочередные осмотры устройств контактной сети

		и воздушных линий. Организуется очистка проводов воздушных линий от снега.
Снегопад с мокрым снегом сильный	Выпавший снег, ливневый снег с количеством 15 см и более за период времени 24 ч.	Необходимо задействовать всю снегоочистительную и снегоуборочную технику. Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди, а при необходимости и 3 очереди на очистку стрелочных переводов, внеочередные осмотры устройств контактной сети и воздушных линий. Организуется очистка проводов воздушных линий от снега.
Метель умеренная	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) со средней скоростью ветра до 10 м/с. Продолжительность менее 3 ч.	Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди на очистку стрелочных переводов.
Метель значительная	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) со средней скоростью ветра до 10 - 14 м/с. Продолжительность от 3 до 12 ч.	Необходимо задействовать снегоочистители, снегоуборочные поезда, все стационарные устройства для очистки стрелок. Привлекается рабочая сила 1 и 2 очереди, а при необходимости и 3 очереди на очистку стрелочных переводов.

Метель сильная	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) со средней скоростью ветра не менее 15 м/с и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м, продолжительность ю не менее 12 ч.	Требуется принятие экстренных мер по обеспечению снегоуборочных работ. Привлекается рабочая сила 1, 2 и 3 очереди на очистку стрелочных переводов.
Гололед и изморозь	Диаметр отложения на проводах: гололеда - диаметром не менее 5 мм; изморози - диаметр отложения до 20 мм.	Назначаются осмотры воздушных линий и контактной сети, при необходимости задействуются электровозы с вибропантографами, установки механической очистки гололеда, включаются схемы профилактического подогрева контактной сети.
	Диаметр отложения на проводах: гололеда - диаметром 6 - 9 мм; изморози - диаметр отложения 20 - 49 мм.	Назначаются осмотры воздушных линий и контактной сети, задействуются электровозы с вибропантографами, установки механической очистки гололеда, включаются схемы профилактического подогрева контактной сети. Организуются дополнительные проверки контактной сети ВИКС.

	Диаметр отложения на проводах: гололеда - диаметром не менее 20 мм; сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега - диаметром не менее 35 мм; изморози - диаметр отложения не менее 50 мм.	Назначаются осмотры воздушных линий, на линиях связи организуется обивка наледи с проводов, задействуются электровозы с вибропантографами, установки механической очистки гололеда, включаются схемы профилактического подогрева контактной сети. Организуются дополнительные проверки контактной сети ВИКС.
Низкая температура нар. воздуха	В период с ноября по март значение минимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или ниже его.	Организуются дополнительные обходы и объезды, задействуются мобильные средства контроля состояния рельсов, линий связи, контактной сети. Возможно ограничение весовой нормы грузовых поездов.
Сильный ветер	Ветер при достижении скорости при порывах не менее 25 м/с или средней скорости не менее 20 м/с; на побережьях морей и в горных районах 35 м/с или средней скорости не менее 30 м/с.	Прекращаются погрузо-разгрузочные работы. Ограничивается скорость движения электроподвижного состава при автоколебаниях проводов контактной сети.

Снегопады и метели на железнодорожных путях вынуждают снижать скорость движения, а на крупных узловых станциях препятствуют нормальному ритму формирования составов.

Рыхлый снег высотой до 30 см на путях следования не столь опасен. Однако возможны более опасные ситуации. Снег в сугробах может оказаться спрессованным и закрывать путь на значительном протяжении. Возникает необходимость применения мощной снегоочистительной техники, на что тратятся значительные денежные средства. Общая метель (метель с выпадением снега) приводит к сбоям в работе станций и узлов. Ожидаемая по прогнозу общая метель той или иной продолжительности требует соответствующих защитных мероприятий.

Кроме метели особую опасность вызывает выпадение мокрого снега с последующим понижением температуры воздуха, что может полностью парализовать работу на станциях и узлах. Большое влияние на работу железных дорог, особенно на бесстыковой путь, оказывает температура воздуха. Выделены пороговые значения температуры воздуха: опасные высокие $t > 25$ °С, опасные низкие $t < -25$ °С. При высоких температурах может произойти выброс рельсов, а при низких — разрыв стыков и излом рельсов. При производстве путевых работ и регулировке зазоров необходимо знать температуру рельсов. Установлена зависимость температурного режима рельсов от температуры воздуха.

Температура рельсов зимой определяется исходя из следующих условий: при безоблачном небе и слабом ветре она ниже минимальной температуры воздуха на 3 °С, а в штилевую погоду в центральной части антициклона поправка достигает 5 °С. При облачной погоде, тумане или сильном ветре $t_p = t_v$.

Низкие температуры и резкие перепады температур усложняют работу локомотивов, требуют применения специальных инструкций по уходу и эксплуатации. К неблагоприятным, а нередко и опасным условиям погоды относятся гололедные и изморозевые отложения, вызывающие вместе с тем и гололедно-ветровые нагрузки; туманы, а также осадки, ухудшающие видимость и вынуждающие снижать

скорость поездов. Продолжительные дожди и ливни образуют оползни на откосах земляного полотна, создают опасность его размыва.

Сильный ветер (15 м/с и более) также существенно влияет на работу железнодорожного транспорта и, в частности, на состояние контактной сети: приводит к ее деформации, вызывает боковые смещения проводов, повышает риск схода и поломки пантографа. Встречный ветер заметно снижает скорость движения поездов.

При ухудшении видимости из-за осадков, тумана, метели до менее 1000 м снижается скорость поездов, что также приводит к нарушению графика движения.

Сильные ливни, продолжительные обложные дожди влияют на проведение ремонтных дорог, вызывают оползни на откосах в слабоустойчивых грунтах, ливни могут привести к размыву земляного полотна.

Очень осложняется работа железнодорожного транспорта в горных районах, где более опасны снегозаносы, обледенение дорог, 78 дождевые оползни и обвалы, сходы снежных лавин и сели. Все это требует специального гидрометеорологического обеспечения.

(<http://tksapsanltd.ru/novosti/151-znachenie-transportnoj-sistemy-dlya-rossii.html>;

<http://lokomotiv-rostov.ru/passengers/harakteristika-zheleznodorozhnogo-transporta/>;

http://russiantourism.ru/experts-rt/experts-rt_21468.html).

5.3 Специализированное метеорологическое обеспечение железнодорожного транспорта

Метеорологическое обеспечение железнодорожного транспорта осуществляется дорожными геофизическими станциями и метеостанциями, относящимися к региональным

управлениям дорог. Особая роль отводится прогнозам погоды и штормовым предупреждениям.

Необходимая гидрометеорологическая информация поступает на геофизическую станцию, где она обрабатывается, анализируется и преобразуется в прогностическую информацию, которая выдается затем на различные участки дорог (рис.5.2).

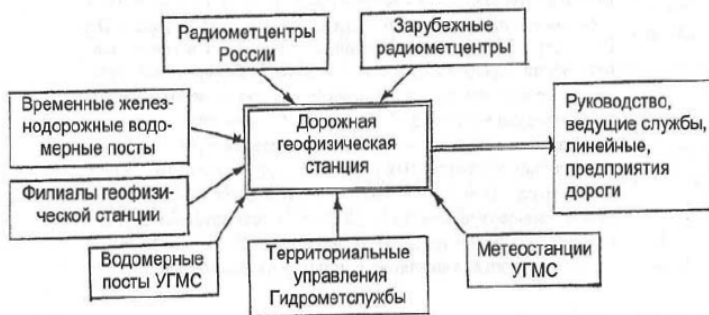


Рис. 5.2 Схема получения и передачи гидрометеорологической информации на железной дороге

В итоге разрабатывается следующая специализированная информация:

- полусуточный и суточный прогнозы погоды по территории, по отдельным районам (участкам) и пунктам дороги с указанием количественных характеристик метеовеличин (такие прогнозы являются составной частью оперативных производственных работ);

- штормовые предупреждения для линейных подразделений и руководства дороги с заблаговременностью не менее 4-6 ч; в штормовом предупреждении обязательно указывается район ожидаемого явления, время его начала и интенсивность;

- прогноз погоды на 3 и 7 суток, месяц, сезон (такие прогнозы позволяют руководству служб и предприятиям дороги планировать характер будущей работы, с заблаговременно готовить хозяйство к ожидаемым условиям погоды) (рис. 5.3).

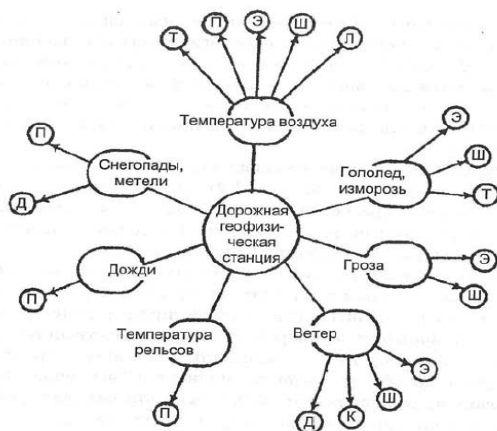


Рис.5.3 Схема штормового предупреждения об опасных явлениях погоды ведущих Служб дороги геофизической станцией

Где П - служба пути, предупреждается о снегопадах при количестве снега 1—3 см и более до 12 ч и метелях всех видов и любой интенсивности; о температуре воздуха $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $< -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и переходе температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; о дождях интенсивностью $> 20\text{ мм}$ и более за 12 ч;

Д - служба движения, предупреждается о снегопадах интенсивностью $\geq 5\text{ см}$ за 12 ч и метелях всех видов и любой интенсивности; о скорости ветра $> 15\text{ м/с}$;

Э и Ш - службы электроснабжения, сигнализации и связи соответственно, предупреждаются о гололедно-изморозевых отложениях с момента их возникновения и скорости ветра $> 15\text{ м/с}$, о температуре воздуха $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $< -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и переходе температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, о грозах с момента их возникновения;

К - служба контейнерных перевозок, предупреждается о скорости ветра $> 15\text{ м/с}$;

Т - пассажирская служба, предупреждается о температуре воздуха $< -25\text{ }^{\circ}\text{C}$;

T - локомотивная служба, предупреждается о температуре воздуха < -25 °С, о гололедно-изморозевых отложениях с момента их возникновения.

Детализация прогнозов по отдельным участкам железной дороги позволяет рационально использовать рабочую силу, механизмы и транспортные средства для борьбы с опасными явлениями, особенно со снежными заносами. Снижение потерь может быть обеспечено не только достаточной заблаговременностью предупреждений о снегопадах и метелях, но и действиями потребителя — постоянной готовностью рабочей силы и техники и заблаговременным включением их в защитные мероприятия.

Большое значение для железнодорожного транспорта имеет метеорологическая информация, которая используется для проектирования и планирования, при решении технологических и хозяйственных задач.

Климатическая информация широко используется для общей характеристики климата дороги (или отдельных ее районов), при составлении прогнозов погоды на длительные сроки, в целях планирования работ и расходования материальных ресурсов, для проектных работ, в частности при проектировании сортировочных горок, а также при проектировании мостов и мостовых переходов. Климатическая информация играет важную роль и при решении проблемы борьбы со снежными заносами на железных дорогах, и при определении пунктов размещения снегоочистительной техники.

Контрольные вопросы:

1. Специфика функционирования железнодорожного транспорта.
2. Опасные явления, их количественная характеристика и принимаемые меры борьбы с ними в холодное время года.
3. Специализированная метеорологическая информация для железнодорожного транспорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

• Ахмедова О. О., Сошинов А. Г. Анализ системы мониторинга воздушных линий электропередачи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11–4. – с. 533–536.

• А.И. Бедрицкий. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России, Международная конференция «Измерение и содействие прогрессу: новый подход для стран СНГ и Восточной Европы» Москва, 29-30 сентября 2008.

• Ворона А.А. Тенденции и перспективы грузооборота железнодорожного транспорта в России. Таможенная политика России на дальнем Востоке, 2020. - №3(92). – с.93-99.

• Гречачевский И.В. Об экономическом ценности гидрометинформации для ее потребителей [Текст] / И.В. Гречачевский., Е.А.Ерома // Метеоспектр. – 2008. – №1. – С. 89–93.

• Инструкция по подготовке к работе в зимний период организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО “РЖД”, а также его дочерних и зависимых обществах, 2013 г.

• Коршунов А.А. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие экономики России для обслуживания потребителей: результаты статистического анализа опасных условий погоды [Текст] / А.А. Коршунов, М.З.Шаймарданов, И.Л.Шаймарданова. – Методический кабинет Гидрометцентра России, 2016. URL: [www.method.meteorf.ru]

• Кузьмин В.А., Ушаков А.Г., Ватулин Я.С., Дикинис А.В., Шилов Д.В. Мониторинг и прогнозирование гидрометеорологических условий работы высокоскоростного железнодорожного транспорта/ Транспорт Российской Федерации, 2012. - №5(42). - с.35-39

• Концепция метеорологического обеспечения дорожного хозяйства Российской Федерации (утв. 06.08.99 ФДС), М., 1999. – 11 с.

• Лукин А. Грозная активность и ее мониторинг для нужд электроэнергетики. Воздушные линии №1(10). - 2013 г.

• Макоклюев Б. И., Павликов В. С., Владимиров А. И., Фелелова Г. И. Учет влияния метеорологических факторов при прогнозировании электропотребления энергообъединений. – Энергетик, №6, 2004 г.

• Макоклюев Б. И., Антонов А. В., Полижаров А. С., Тупицин И. В., Гилева С. С. Влияние метеофакторов на режимы потребления электроэнергии энергосистем // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 65. Надежность либерализованных систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы, ИСЭМ СО РАН, 2015 г.

• О.В. Волобуева Экономический эффект и экономическая эффективность использования метеорологических прогнозов в агропромышленном и теплоэнергетическом секторе экономики Республики Башкортостан: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / О.В. Волобуева – Москва: ФГБУ «Гидрометцентр России». - 2007. – 137 с.

• ОДМ 218.8.001-2009. Об издании и применении «Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства» (Распоряжение Росавтодора от 26.11.2009 N 499-р). 122 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075941>

• ОДМ 218.2.003-2009. Методические рекомендации по специализированному прогнозу состояния дорожного покрытия / Федер. дор. агентство (Росавтодор). - М., 2010. - 40 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075940>

• ОДМ 218.8.002-2010 Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог с использованием

специализированной гидрометеорологической информации (для опытного применения). / Федер. дор. агентство (Росавтодор). - М., 2010. - 51 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080547>

- Федеральный закон РФ «О гидрометеорологической службе» от 19.07. 1998 № 111 – ФЗ.

- Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: – Гидрометеоздат, 2005. – 490 с.

- Хандожко Л.А. Современные проблемы и перспективы развития экономической метеорологии [Текст] / Л.А. Хандожко // Метеоспектр. – 2008. – № 3. – С. 10–13.

- Я.В. Дробжева, О.В. Волобуева. Метеорологические прогнозы и их экономическая полезность. – Учебное пособие, 2016, с. 115.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица опасных явлений			
ОЯ и НЯ	Последствия	Меры защиты	Прогноз (информация)
Зима			
Снегопад на железнодорожных путях	Снижают скорость движения на крупных узловых станциях препятствуют нормальному ритму формирования составов	Использование снегоуборочных поездов, ручная очистка	<ul style="list-style-type: none"> • Оперативные прогнозы о снегопадах • штормовые предупреждения; • прогнозы оптимального маршрута; • прогнозы по территории; • прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Снег в сугробах, который может оказаться спрессованным	Закрытие путей на значительном протяжении	Необходимо применение мощной снегоочистительной техники (тратятся значительные деньги)	
Общая метель длительностью 3 часа и скорость ветра равная 10 м/с:	Опасна для больших станций и узлов ночью	Требуется дополнительное количество рабочих для очистки стрелочных переводов	Оперативные прогнозы о метелях; штормовые предупреждения; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории;
h=1-3 см			
h до 5 см			

	особенно ночью		прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
h=6-10 см	Опасна всем станциям в любое время суток		
h>10 см	Значительная опасность всем станциям	Требуется ввод в действие снегоуборочной техники	
Длительность от 4 до 12 ч:	Особо опасна всем станциям в любое время суток	Требуется дополнительное количество рабочих для очистки стрелочных переводов	
h до 5 см			
h=6-10 см		Требуется ввод в действие снегоуборочной техники	
h≥10 см		Тоже самое и 2-3 смены рабочих	
Длительность <12 ч при v≤15 м/с	Особо опасна всем станциям в любое время суток	Требуется значительное дополнительное количество рабочих для очистки стрелочных переводов; возможен ввод в действие снегоуборочной техники	
h до 5 см			

h=6-10 см		Требуется ввод в действие снегоуборочной техники и 2-3 смены рабочих	
h≥10 см	Равносильно стихийному бедствию	Тоже самое и привлечение рабочей силы с предприятий города и т. п.	
Понижение t ≤ -25 °С	Разрыв стыков и излом рельсов	При производстве работ и регулировке зазоров необходимо знать температуру рельсов	прогноз минимальной температуры воздуха; прогноз температуры рельсов; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории; прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Гололёдно-изморозевые отложения вызывают гололёдно-ветровые нагрузки:	Вынужденно снижается скорость поездов	Изначально проектируется ветроустойчивость, использование гололёдно-очистительных установок, химические способы	прогноз осадков; прогноз усиления ветра; прогноз туманов; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории;
Туманы; осадки,			

ухудшающие видимость			прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Осень – весна			
Мокрый снег с последующим понижением воздуха	Парализует работу на станциях и узлах	Необходимо применение мощной снегоочистительной техники (тратятся значительные деньги)	прогноз температуры воздуха; прогноз температуры рельсов; прогноз осадков; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории; прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Лето			
Повышение $t \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	Выброс рельсов (искривление)	При производстве работ необходимо знать температуру рельсов (контроль зазоров с учётом местных климатических условий)	прогноз максимальной температуры воздуха; прогноз температуры рельсов; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории;

			прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Дожди и ливни	Оползни на откосах земляного полотна создают опасность его размыва	Создание дренажной системы (водоотводы)	прогноз осадков; прогнозы оптимального маршрута; прогнозы по территории; прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)
Всегда			
Сильный ветер ≤ 15 м/с	Приводит к деформации контактной сети, вызывает боковые смещения проводов. Повышает риск схода и поломки пантографа. Встречный ветер заметно снижает скорость движения поездов	Усиление проводов с учетом ветровых нагрузок	<ul style="list-style-type: none"> • прогноз максимального ветра; • прогнозы оптимального маршрута; • прогнозы по территории; • прогнозы по конкретному пункту (в пределах обслуживания)