

Данный проект частично финансируется ЕС
Европейский фонд регионального развития



ТИМО СААРЕНКЕТО

РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ВОДОТВОДА ДЛЯ
КОНТРАКТОВ ПО
СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА ROADEX III
В ДОРОЖНОМ ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ,
ФИНЛЯНДИЯ

ПЕРЕВОД НА РУССКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ ПРОЕКТА
KOLARSTIC ENPI CBC «УПРАВЛЕНИЕ
ДОРОГАМИ С НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ
ДВИЖЕНИЯ В БАРЕНЦ РЕГИОНЕ»



**РАЗРАБОТКА РУКОВОДСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВОДООТВОДА ДЛЯ КОНТРАКТОВ
ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ -
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА ROADDEX III В ДОРОЖНОМ ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ,
ФИНЛЯНДИЯ**

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОТЧЕТ

НОЯБРЬ 2007

ТИМО СААРЕНКЕТО, доктор философии

Компания Роудсканнерс Ою (Roadscanners Oy)

Перевод на русский язык выполнен НП «Зеленая Волна» по заказу Лидирующего партнера Проекта Kolarctic ENPI CBC «Управление дорогами с низкой интенсивностью движения в Баренц регионе» - ООО «АвтоДорожный Консалтинг».

Контактные данные:

НП «Зеленая Волна»

г. Архангельск,

ул. Смольный Буян, 20

greenwave29@mail.ru

ООО АвтоДорожный Консалтинг»

Г. Архангельск,

пр. Чумбарова-Лучинского, 23-5

adc.ltd@mail.ru

+7 (8182) 655-921

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ПРЕДИСЛОВИЕ</u>	5
<u>КРАТКИЙ ОБЗОР</u>	6
<u>1. ВВЕДЕНИЕ</u>	7
1.1 ПРОЕКТ ROADEX	7
1.2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА – ЗАДАЧА, СТОЯЩАЯ ПЕРЕД ВСЕМИ ДОРОЖНЫМИ АДМИНИСТРАЦИЯМИ СЕВЕРНЫХ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	8
1.3 ЦЕЛИ ПРОЕКТА	8
<u>2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА</u>	9
2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	9
2.2 МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЙ	10
2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМ ВОДООТВОДА – ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ	12
2.5 КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ	16
2.6 АНАЛИЗ ДАННЫХ	17
<u>3. СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА ДОРОГАХ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА ПО СОДЕРЖАНИЮ В РОВАНИЕМИ</u>	19
3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	19
3.2. КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ В РОВАНИЕМИ	19
3.3. ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА ДОРОГАХ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ	21
3.3.1. Главные дороги	21
3.3.2. Прочие дороги	24
3.4. ВОДООТВОД И РАЗВИТИЕ КОЛЕЙНОСТИ	26
3.5. ВОДООТВОД И РОВНОСТЬ ПОКРЫТИЯ	29
3.6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА И РАЗНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ДОРОГ	33
<u>4. СОСТОЯНИЕ ВОДООТВОДА НА ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА НА ДОРОЖНОЕ СОДЕРЖАНИЕ В РОВАНИЕМИ</u>	35
4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	35
4.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО КЛАССАМ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА НА ТЕСТИРУЕМЫХ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ	35
4.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ОТТАИВАНИЯ	38
4.4. ВОДООТВОД И НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ	40
4.5. ВОДООТВОД И РОВНОСТЬ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ	41
4.6. ВОДООТВОД И РАЗНЫЕ ТИПЫ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДОРОГ	42

5. ВОДООТВОД И СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ В ДОРОЖНОМ ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ – РАСЧЕТ ЗАТРАТ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ	43
6. ВЛИЯНИЕ УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА НА ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ – РАСЧЕТ ВЫГОД И ЗАТРАТ	44
7. НОВЫЕ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ВОДООТВОДОМ В РАМКАХ КОНТРАКТА НА СОДЕРЖАНИЕ ДОРОГ В ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ 2007 – 2012	45
7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ – ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА И ЗАКЛЮЧЕНИЕ КОНТРАКТОВ НА ДОРОЖНОЕ СОДЕРЖАНИЕ (ЗАКУПКИ)	45
7.2. ОСОБЫЙ КЛАСС СОДЕРЖАНИЯ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА	46
7.3. РУКОВОДСТВО ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА РОВАНИЕМИ	48
7.4. РУКОВОДСТВО ПО СОДЕРЖАНИЮ ВОДООТВОДА ДЛЯ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ	48
7.5. ОТЗЫВЫ ПОДРЯДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ	49
7.6. ОТЗЫВЫ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ДОРОГ	50
8. РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ	50
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	55

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный документ представляет собой заключительный отчет в рамках Задачи В2 проекта ROADEX III – технического транснационального проекта сотрудничества между Советом Хайланда, Комиссией по лесному хозяйству Шотландии, Советом округа Комхэйрл Нан эйлеан Сиар, Шотландия, Норвежской дорожной администрацией в Северном регионе, Шведской дорожной администрацией в Северном регионе и Шведским лесным агентством, регионом Саво-Каръяла Финской дорожной администрации, дорожной администрации Исландии, а также муниципалитетом Сисимьют, Гренландия.

Лидирующим Партнером проекта является Северный регион Шведской дорожной администрации, консультантом проекта – компания Роудсканнерс Оу (Roadscanners Oy), Финляндия.

Председатель проекта ROADEX III - г-н Пер-Матс Эхберг, Северный регион Шведской дорожной администрации, менеджер проекта – г-н Рон Мунро, компания Roadscanners Oy.

Данный отчет подготовлен г-ном Тимо Сааренкетто, компания Roadscanners Oy. Сбор полевых данных и предварительный анализ выполнен г-ми Сеппо Туиску и Яни Рийхиниеми, компания Roadscanners. Большой вклад в решение технических задач и задач, связанных с программным обеспечением процессов внесла команда ИТ Roadscanners – г-да Пека Майяла, Тимо Саарепя и Тапио Инкерёйнен. Анализ статистических данных по системам водоотвода для данного отчета подготовлен г-жой Паулой Тиайнен. Она также подготовила большинство ГИС-карт для данного обследования и часть материалов для настоящего отчета. Паула, будучи студенткой в области гражданского инжиниринга, продемонстрировала способности к быстрому обучению по рассматриваемой теме и подготовила качественные результаты анализа. Данный отчет отредактирован г-жой Лейлой Ханнула, английский перевод проверен –г-ном Кентом Миддлтоном, графический материал выполнен г-ном Яакко Сааренкетто (Roadscanners). Макет отчета подготовлен г-ном Мика Пюяхухта из Лаборатории Улеборга. Вся работа по проекту осуществлялась в тесном сотрудничестве с представителями Лапландского региона Финской дорожной администрации.

Автор выражает благодарность и признательность начальнику дорожного округа Тапани Пёюрю, начальнику отдела закупок Юкке Яаскё, а также инженерам Кари Парика, Ээро Кенттяля и Калерво Нива, без помощи и поддержки которых завершение данной работы не представлялось бы возможным.

В заключении автор хотел бы поблагодарить Партнеров проекта ROADEX III и Руководящий комитет за руководство и поддержку.

Copyright © 2007 ROADEX III Project

Все права защищены.

Лидирующий партнер проекта ROADEX III: Шведская Дорожная Администрация, Северный регион, А/я 809, S-971 25 Лулео. Координатор проекта: г-н Кристер Пало.

КРАТКИЙ ОБЗОР

Проект Европейского Союза ROADEX 1998 – 2007 является транснациональным дорожным проектом сотрудничества, цель которого заключается в поиске путей интерактивного и инновационного управления дорогами с низкой интенсивностью движения в регионах с холодным климатом Европейской Северной Периферии. Задача проекта - содействие сотрудничеству и проведению исследований по общим проблемам Северной Периферии.

В данном отчете предлагаются новые решения одной из основных проблем, стоящих перед всеми партнерами проекта, а именно – неудовлетворительного функционирования дорожного водоотвода.

Функционированию системы дорожного водоотвода в целом уделялось внимание исследователей, однако данные, демонстрирующие экономический эффект поддержания водоотвода в надлежащем состоянии на срок службы покрытия, еще не были получены. В данной работе представлена классификация состояний водоотвода на дорогах с твердым покрытием в зоне действия подряда на содержание дорог в Рованиеми (далее дорожный округ Рованиеми). Цель данного изучения – оценка статуса существующего состояния системы водоотвода, сравнение показателей колеиности и ровности покрытия в зависимости от состояния водоотвода и, основанный на полученных результатах, расчет влияния неудовлетворительного водоотвода на срок службы покрытия и ежегодные затраты на устройство покрытий.

В данном отчете представлены результаты изучения. Анализ показывает, что развитие колеиности на главных дорогах происходит в 1.52 раза быстрее на участках, где водоотвод функционирует неудовлетворительно (класс 3), по сравнению с участками, где водоотвод работает хорошо (класс 1). На местных дорогах с более «тонкими» дорожными конструкциями коэффициент срока службы покрытия составил 2.32. Неудовлетворительное состояние водоотвода оказывало аналогичный эффект на показатели ровности (IRI). Расчет выгод/затрат показал, что улучшая состояние водоотвода на дорогах с твердым типом покрытия до класса 1, возможно сэкономить практически до 12% ежегодных затрат на переустройство покрытия.

В рамках дорожного округа Рованиеми, где протяженность сети дорог с твердым покрытием составляет 645 км, экономия затрат может достигать 335.000€. Результаты анализа демонстрируют экономические выгоды вложений в повышение качества водоотвода и поддержание его в хорошем состоянии.

Одной из важных целей работы было также определение того, каким образом новая политика повышения качества содержания водоотвода, путем интегрирования ее в тендерный процесс заключения контрактов на содержание дорог в Рованиеми, может быть внедрена в практику.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 ПРОЕКТ ROADEX

Проект ROADEX является проектом технического сотрудничества между дорожными организациями Северной Европы, цель которого – обмен информацией и результатами исследований в области автомобильных дорог между партнерами проекта. Проект стартовал в 1998г. в качестве трехлетнего пилота по сотрудничеству дорожных округов финской Лапландии, норвежской губернии Тромс, Северного региона Швеции и Совета Хайланда в Шотландии, плавно перешедшего во второй проект, ROADEX II 2002-2005, а затем и в третий, ROADEX III 2006-2007.

Партнерами “Реализационного проекта” ROADEX III стали администрации дорог общего пользования и организации лесной отрасли Европейской Северной Периферии, а именно: Совет Хайланда, Комиссия по лесному хозяйству Шотландии, Совет округа Комхэйрл Нан Эйлеан Сиар в Шотландии, Норвежская дорожная администрация в Северном регионе, Шведская дорожная администрация в Северном регионе, Шведское лесное агентство, регион Саво-Каръяла Финской дорожной администрации, Дорожная администрация Исландии, а также муниципалитет Сисимьют, Гренландия.



Северная периферия и партнеры проекта ROADEX III

Приоритет данного проекта заключался в сборе и передаче всех полученных в партнерских регионах знаний ROADEX практикующим инженерам и техническим работникам, что достигалось путем проведения 14 обучающих семинаров на территории стран партнеров с общей аудиторией 800 человек.

Итоговые отчеты были переведены с английского языка на 6 других языков партнеров проекта – датский, исландский, гренландский, норвежский и шведский. Исследования ROADEX продлились в рамках 5 проектов: меры по улучшению функционирования дорожного водоотвода, уменьшению деформаций дорожных покрытий, мероприятий по снижению воздействия неудовлетворительно содержащихся дорог на здоровье человека, политики по управлению состоянием дорог, а также конкретный учебный пример по применению методологий ROADEX на дорогах Гренландии. Все отчеты представлены на Интернет сайте проекта ROADEX www.ROADEX.org.

1.2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА – ЗАДАЧА, СТОЯЩАЯ ПЕРЕД ВСЕМИ ДОРОЖНЫМИ АДМИНИСТРАЦИЯМИ СЕВЕРНЫХ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Общеизвестно, что избыточное количество влаги в дорожных конструкциях и грунтах земляного полотна значительно снижает несущую способность автомобильной дороги. Еще в первом проекте ROADEX проблемы обеспечения водоотвода были признаны наиважнейшими всеми дорожными администрациями Северных периферийных территорий.

Результаты пилотного проекта ROADEX, реализованного в 1998-2001гг., свидетельствуют о том, что обеспечение водоотвода особенно критично для участков дорог, проходящих в полунасыпи-полувыемке (Сааренкето 2001). По итогам проведенного бенчмаркинга проблемы обеспечения водоотвода на дорогах с низкой интенсивностью движения в Шотландии были признаны еще более сложными по причине исторически сложившейся практики укрепления обочин засевом высоких трав.

В рамках проекта ROADEX II по компоненту обеспечения водоотвода (Бернтсен и Сааренкето 2005, а также Ахо и Сааренкето 2006) вначале был сделан обзор имеющейся литературы по сезонным изменениям уровня влажности в материалах дорожной конструкции и грунтах земляного полотна. Кроме этого, было пересмотрено изучение взаимосвязи между влагосодержанием, прочностью и деформационными свойствами несвязных гранулированных материалов и грунтов земляного полотна. Согласно данному обзору повышенное содержание влаги снижает несущую способность, при этом максимальная потеря несущей способности характерна для материалов с высоким содержанием мелких частиц.

Теоретические расчеты Шведского руководства по проектированию показали, что улучшение водоотвода позволяет увеличить срок службы дороги в 2.2-2.6 раза. В отчете также представлена новая система классификации проблем водоотвода на автомобильных дорогах, а также вновь предложенные решения данных проблем.

В рамках проекта ROADEX II были проанализированы норвежские и финские полевые данные, которые подтвердили результаты наблюдений о наличии существенных различий в глубине колеи и показателях ровности в зависимости от того, проходит дорога в выемке или насыпи. На наихудших 20% проанализированных участках дорог глубина колеи на дорогах, проходящих в выемке, в 1,5 раза больше, чем на других. Поскольку в системах PMS (Системы Управления Покрытиями) наихудшие 10-20% показателей ровности и глубины колеи на каждом участке дороги – это те, которые запускают механизм возникновения потребности в устройстве нового покрытия, неудовлетворительный водоотвод становится экономическим аспектом для владельцев дорог, что и было позднее подтверждено авторами в рамках анализа затрат на протяжении всего срока службы дороги.

1.3 ЦЕЛИ ПРОЕКТА

Таким образом, результаты проектов ROADEX I и II подтвердили исключительную важность обеспечения надлежащего функционирования системы водоотвода в управлении состоянием автомобильной дороги. Тем не менее, Руководящий Комитет ROADEX осознавал, что самой сложной задачей станет внедрение этого решения – первоочередного обеспечения водоотвода – в каждодневную практику на дорогах с низкой интенсивностью движения. Существующие политики дорожного содержания не вполне поддерживают реализацию стратегий более качественного обеспечения водоотвода, главным образом, ввиду организационных вопросов. Проблемой также является то, что политики закупок новых административно-производственных

организаций не имеют моделей реализации. По этой причине возникла потребность в разработке и пилотировании новых практик и политик закупок, которые могли бы быть использованы в дальнейшем в новых контрактах по содержанию дорог.

Цель данного пилотного проекта заключалась в анализе статуса состояния системы водоотвода в дорожном округе Рованиеми (Финляндия), который представляет собой типичный участок дорожной сети северной части Северной Периферии Европы. Данная зона была выбрана в качестве пилотной, поскольку период подготовки закупочной документации для контрактов по содержанию 2007-2012 совпал с периодом проведения исследований проекта ROADEX, и новые идеи можно было бы легко протестировать в контрактных документах. Кроме этого, необходимо было определить влияние неудовлетворительного функционирования водоотвода на срок службы покрытия на дорогах с твердым покрытием, а также на общие транспортно-эксплуатационные характеристики гравийных дорог. Результаты данного анализа продемонстрировали бы выгоды капитальных вложений в улучшение состояния системы водоотвода и поддержание ее в надлежащем состоянии. Еще одна цель данного проекта заключалась в тестировании новых идей в отношении процесса закупок с целью повышения качества содержания водоотвода в зоне действия контракта по содержанию в Рованиеми.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА

2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Примененный в настоящем проекте анализ состояния системы водоотвода включал сбор, классификацию и анализ данных о состоянии системы водоотвода в целом как на дорогах с твердым покрытием, так и на гравийных дорогах. Было изучено влияние неудовлетворительного водоотвода на колеиность и ровность дорог с твердым покрытием и на снижение несущей способности гравийных дорог в период весеннего паводка. Кроме того, было изучено состояние водоотвода на участках с различными поперечными профилями дорог.

Методы анализа состояния водоотводной системы как дорог с твердым, так и с гравийным покрытием требовали совершенствования по нескольким причинам. Во-первых, перед тем, как установить новые разумные цели для стандартов водоотвода для контракта по содержанию Рованиеми 2007-2012, необходимо было определить текущее состояние водоотвода на дорожной сети. Систематический анализ водоотводной системы также необходим для выявления критических участков, где неудовлетворительный водоотвод приводил к преждевременному разрушению дороги. Метод анализа должен был быть достаточно простым и ясным, с четкими правилами и определениями для каждого класса водоотвода, как для предварительного анализа еще до подготовки контракта на содержание, так и следующего за контрактом периода в целях определения того, удалось ли подрядчику поддерживать заданный стандарт.

Описание методов проведения полевых обследований, анализа данных и классификаций приведены далее.

2.2 МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Анализ состояния водоотвода в данном проекте был впервые выполнен в 2005г. посредством визуального анализа водоотводной системы по обеим сторонам дороги. Анализ основывался на данных цифровой видеосъемки (камера была установлена на крыше автомобиля) (рис. 1). Камера, объектив которой был нацелен на обочину дороги и боковую канаву, была подсоединена к ноутбуку, на котором техник делал заметки в отношении класса водоотвода и класса дорожного профиля (см. главы 2.3 и 2.4). Автомобиль двигался со скоростью 20-30 км/ч. Также оценивалось состояние водоотводных канав, если таковые имелись. Данные, полученные с использованием дифференциальной системы GPS, были сохранены в базе данных с применением программного обеспечения RoadDoctor Cam Link, разработанного компанией Roadscanners.



Рисунок 1 Система RD Cam Link, использованная при сбора данных о состоянии водоотвода, 2005г.

Классифицирование водоотвода в офисе на основе видеосъемки и аудио комментариев, требовало значительных трудозатрат в 2005г. Поэтому в 2006г. был проведен всесторонний анализ с использованием усовершенствованной системы: одновременно со сбором данных техник мог делать предварительную классификацию непосредственно в RD Cam Link с использованием клавиатуры ноутбука. После этого данные можно было перепроверить и исправить в офисе. При диагностике и классификации 2006 система RD Cam Link уже была оснащена двумя видеокамерами, одна из которых фиксировала состояние дорожного покрытия (см. рис. 2).



Рисунок 2 Система RD Sat Link, оснащенная двумя видеокамерами для сбора данных о состоянии водоотвода, 2006г.

2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМ ВОДООТВОДА – ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ

Классификация состояния водоотводных систем осуществлялась по трем основным классам, что соответствовало общепринятой в Финляндии и Швеции практике:

Таблица 1 Классификация состояний дорожного водоотвода для дорог с твердым покрытием

Класс состояния водоотвода	Описание	Иллюстрации
1 Хорошее	Водоотводная система класса 1 функционирует безотказно. Поперечный профиль дороги сохраняет свою форму, поверхностные воды стекают с покрытия в канавы без помех. Вода свободно течет по боковым канавам по заданному уклону.	

2	Адекватное	<p>Имеется ряд видимых изменений поперечного профиля. На обочинах – растительность или другие помехи, препятствующие свободному стоку поверхностных вод в канавы. Наличие растительности в канавах препятствует свободному стеканию воды по уклоны и создает т.н. дамбы. Небольшое количество грунта вместе со стекающими поверхностными водами сходи по откосам в канавы и повышает уровень подошвы канав. Это препятствует свободному течению воды и повышает уровень грунтовых вод.</p>	
3	Неудовлетворительное	<p>Наличие серьезных проблем с водоотведением. На обочинах возможны продольные и поперечные возвышения и/или растительность, препятствующие свободному стоку поверхностных вод. В результате поверхностные воды скапливаются на проезжей части или на обочинах. Растительность в канавах препятствует свободному стеканию воды и формирует т.н. дамбы. Неустойчивые грунты обрушиваются с откосов боковых канав в канавы и блокируют потоки воды. Засоренные кюветы и водоотводные канавы препятствуют свободному стеканию вод. В результате описанных выше ситуаций происходит развитие деформаций и разрушений в поперечном профиле дороги.</p>	

Классификация состояний водоотводных систем гравийных дорог в целом аналогична той, что применяется для дорог с твердым покрытием.

Таблица 2 Классификация состояний дорожного водоотвода для гравийных дорог

Класс состояния водоотвода	Описание	Иллюстрации
1 Хорошее	Водоотводная система класса 1 функционирует безотказно. Поперечный профиль дороги сохраняет свою форму, поверхностные воды стекают с покрытия в канавы без помех. Вода свободно течет по боковым канавам по уклону.	

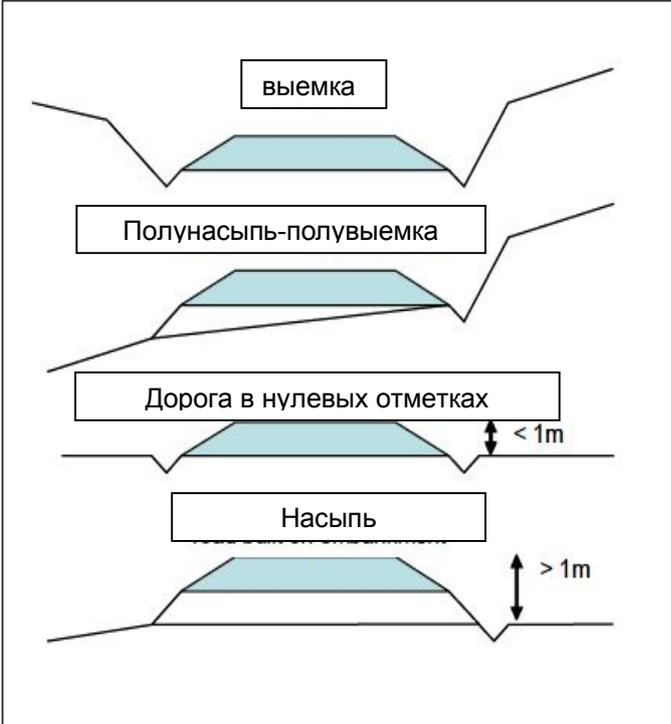
2	Адекватное	<p>Имеется ряд видимых изменений поперечного профиля. На обочинах – растительность или другие помехи, препятствующие свободному стоку поверхностных вод в канавы. Наличие растительности в канавах препятствует свободному стеканию воды по уклоны и создает т.н. дамбы. Небольшое количество грунта вместе со стекающими поверхностными водами сходи по откосам в канавы и повышает уровень подошвы канав. Это препятствует свободному течению воды и повышает уровень грунтовых вод.</p>	
3	Неудовлетворительное	<p>Наличие серьезных проблем с водоотведением. На обочинах возможны продольные и поперечные возвышения и/или растительность, препятствующие свободному стоку поверхностных вод. В результате поверхностные воды скапливаются на проезжей части или на обочинах. Растительность в канавах препятствует свободному стеканию воды и формирует т.н. дамбы. Неустойчивые грунты обрушиваются с откосов боковых канав в канавы и блокируют потоки воды. Засоренные кюветы и водоотводные канавы препятствуют свободному стеканию вод. В результате описанных выше ситуаций происходит развитие деформаций и разрушений в поперечном профиле дороги.</p>	

2.5 КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Классификация поперечных дорожных профилей выполнялась в целях анализа того, не связаны ли проблемы водоотвода и состояния дороги с определенными условиями местности, например, с проложением трассы по косоугру. Классификация поперечных профилей актуальна при анализе состояния водоотводных систем, однако результаты также могут быть использованы и в стратегиях совершенствования проектирования водоотвода, и в требованиях к тому или иному классу содержания дорог. Например, класс состояния водоотвода может быть чуть хуже на дорогах, проходящих в высоких насыпях, по сравнению с теми, что проходят в выемках, но с более плотными грунтами.

В данном изучении дороги классифицированы по четырем различным типам поперечных профилей, описание которых приводится ниже.

Таблица 3 Упрощенная классификация типов поперечных профилей дороги

Упрощенная классификация поперечных профилей автомобильной дороги	Иллюстрация
<p>1 <u>Дорога, проходящая в выемке</u> Дорога проходит в выемке, если подошва основания располагается ниже окружающего грунта. По обе стороны дороги имеются (или должны быть) канавы.</p>	
<p>2 <u>Полунасыпь-полувыемка (дорога, проходящая по склону рельефа/косоугру)</u> Дорога располагается на косоугре, когда грунтовые воды стекают или пытаются стечь вдоль по подошве основания под дорогой. Со стороны полунасыпи имеется боковая канава, со стороны полувыемки – вода свободно стекает по поверхности. В некоторых случаях нижняя часть дороги может быть также оснащена боковой канавой.</p>	
<p>3 <u>Дорога, проходящая в нулевых отметках</u> Дорога проходит в нулевых отметках, если рабочие отметки не превышают 1 м, а уровень подошвы насыпи совпадает с отметками грунта на участке. Канавы обычно расположены по обеим сторонам дороги.</p>	
<p>4 <u>Дорога, проходящая в насыпи</u> Дорога проходит в насыпи, если подошва дорожной конструкции располагается выше отметок грунта (поверхность дороги выше 1 м над уровнем местности). Боковые канавы могут быть как с одной стороны, так и с двух, либо отсутствовать при высоких рабочих отметках.</p>	

2.6 АНАЛИЗ ДАННЫХ

Анализ данных выполнялся с использованием программного обеспечения Road Doctor Designer™, разработанного компанией Roadscanners. Вначале был создан проект по каждому участку дороги, после чего в него были включены данные анализа состояния водоотвода, классы поперечных профилей, данные видеосъемки. Данные профилометра, включая результаты измерения глубины колеи и результаты замера показателей ровности IRI разных лет также были присоединены к проекту.

Далее был выполнен расчет среднегодовой глубины колеи с использованием данных профилометра за последние годы с применением линейной модели. В данном анализе год устройства покрытия и первоначальная глубина колеи использовались только в случае, если в базе данных Finnra имелись глубины колеи только за один или два года. В этом случае линейная регрессия была бы ненадежным методом.

После вычисления ежегодного увеличения показателя колеи, полученные результаты сравнивались с результатами анализа состояния водоотвода (см. рис. 3).

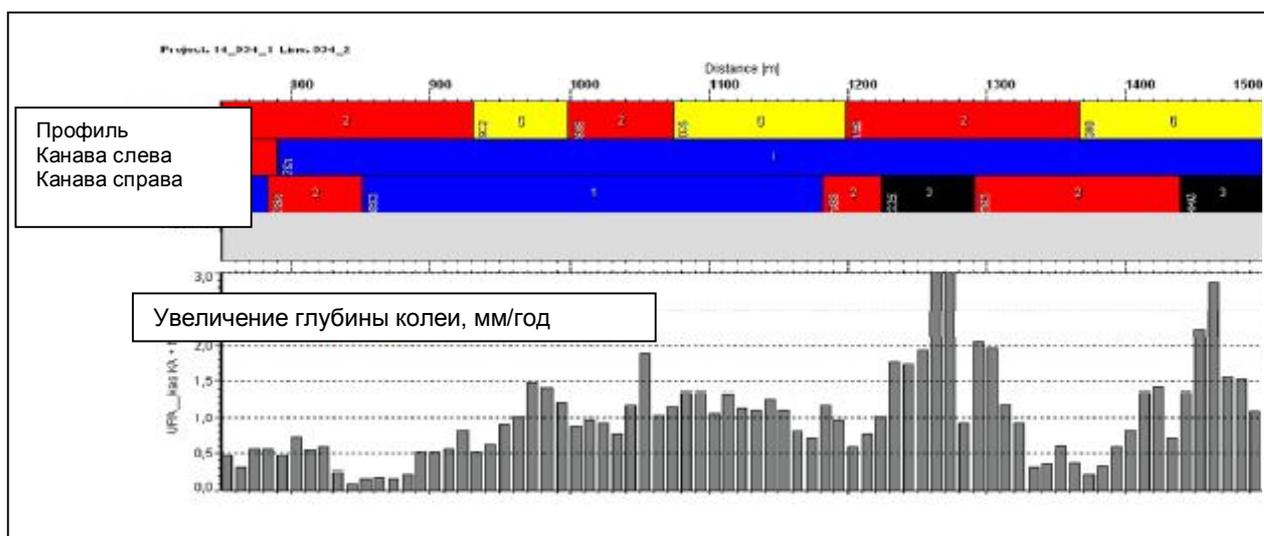


Рисунок 3 Пример анализа данных колеиности, а/д 934, участок 1. В верхней части диаграммы представлены результаты классификации поперечных профилей и состояния водоотвода по обе стороны дороги. В нижней части приведены результаты расчетов ежегодного увеличения глубины колеи.

Уровень колеиности было принято считать нормальным, если показатели увеличения составляли менее 1.0 мм/год. При анализе были составлены карты каждого дорожного участка (рис. 4) для выявления участков, где состояние водоотвода оказывало влияние на остаточные деформации и глубину колеи.

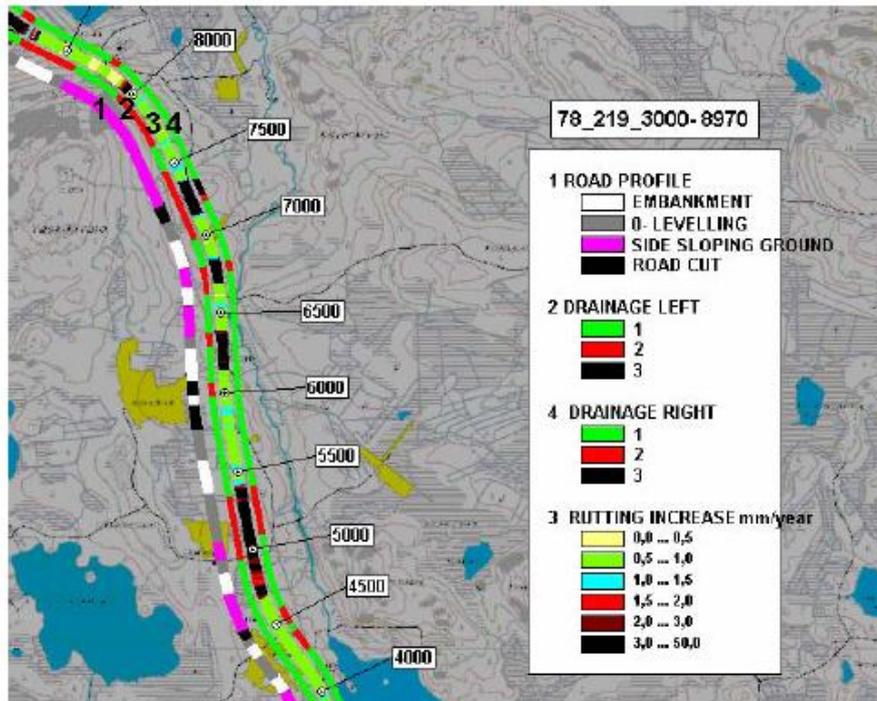


Рисунок 4 Пример выполнения анализа состояния водоотвода, а/д 78, участок 219.

Однако, поскольку достоверные исторические данные по колеяности и устройству покрытий по всей сети дорог с твердым покрытием в Рованиеми отсутствовали, заключительный анализ был проведен с использованием статистического метода, в котором средние глубины колеи рассчитывались для каждого класса состояния водоотвода по каждому участку дороги.

Процедура анализа для гравийных дорог в целом была та же, за исключением того, что вместо расчетов глубины колеи использовались исторические данные о местоположении участков, ослабленных в период весенних паводков. Кроме этого, в проекте Road Doctor были учтены данные FWD (дефлектометра падающего груза – русский аналог УДН) и зимние показатели ровности (IRI) (см. Рисунок 5). Полученные результаты сравнивались с результатами анализа состояния водоотвода.

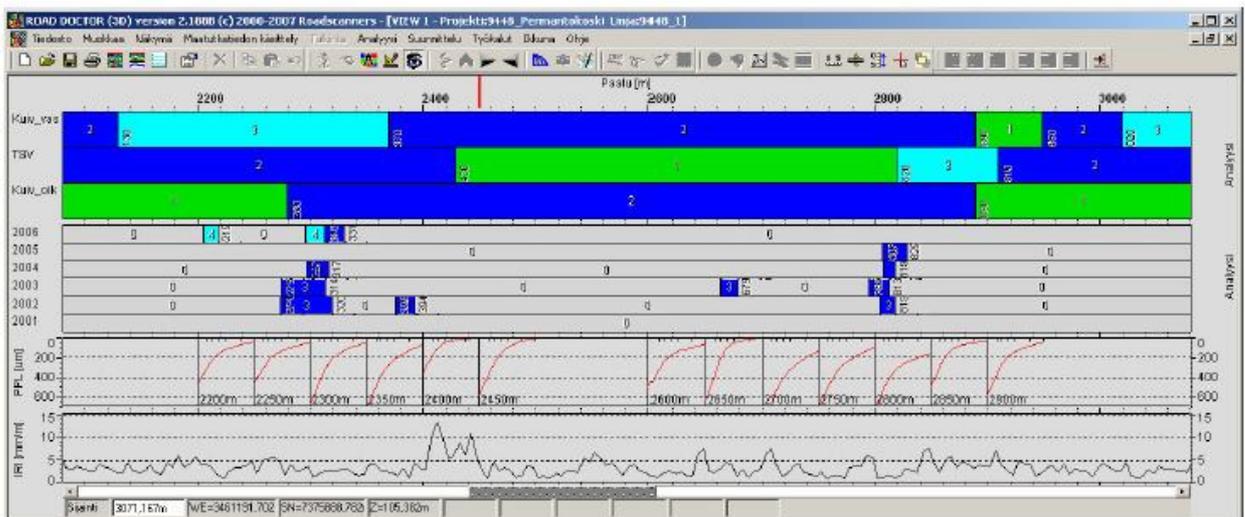


Рисунок 5 Пример выполнения анализа состояния водоотвода на гравийной дороге. В верхней части диаграммы представлена классификация по состоянию водоотвода и классы поперечного профиля (в центре). Ниже приведена история снижения несущей способности в весенний период, данные замеров FWD и показатели ровности IRI.

3. СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА ДОРОГАХ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА ПО СОДЕРЖАНИЮ В РОВАНИЕМИ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В данной Главе представлены результаты анализа состояния водоотвода на дорогах с твердым покрытием в зоне действия подряда по содержанию в Рованиеми. Цель работы – представить данные по состоянию систем водоотвода на сети дорог до начала действия нового контракта по содержанию в 2007г. и продемонстрировать, какое влияние оказывает неудовлетворительный водоотвод на срок службы дорог сети.

3.2. КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ В РОВАНИЕМИ

Зона подряда по дорожному содержанию географически практически совпадает с территорией, занимаемой муниципалитетом Рованиеми (рис. 6). Протяженность сети дорог общего пользования составляет 1060км, в т.ч. 645 км дорог с твердым покрытием и 415 км гравийных дорог. Наиболее важная функция отведена трассе 4 (Е4), которая пересекает зону подряда с юго-запада на северо-восток. Также значительную роль выполняют трассы 79 и 81 в южной половине зоны, а также трассы 79, 82 и 83 в северной части зоны. Автодороги 79 и 81 повторяют очертания рек Оунасыоки и Кемийоки, и в основном проходят в полунасыпи-полувыемке по заиленным грунтам. Там, где дороги проходят вдали от берегов рек, земляное полотно в основном основывается на морене или торфах. На данном участке глубина промерзания составляет порядка 1.4-3 м от поверхности покрытия.



Рисунок 6 Зона действия подряда по дорожному содержанию в Рованиеми

3.3. ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА ДОРОГАХ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ

На рис. 7 представлено распределение дорог с твердым покрытием по состоянию водоотводных систем. В целом, большинство дорог с твердым покрытием в Рованиеми обеспечены хорошим водоотводом: 62.6% дорог присвоен класс состояния водоотвода 1 и только 2.9% отнесены к классу 3. На рисунке также продемонстрированы некоторые различия в классах дорог. Региональные дороги отличаются от главных дорог лишь чуть большим количеством дорог с неудовлетворительным состоянием водоотвода. Состояние водоотвода местных дорог гораздо хуже, и только 46.9% из них обеспечены хорошим водоотводом.

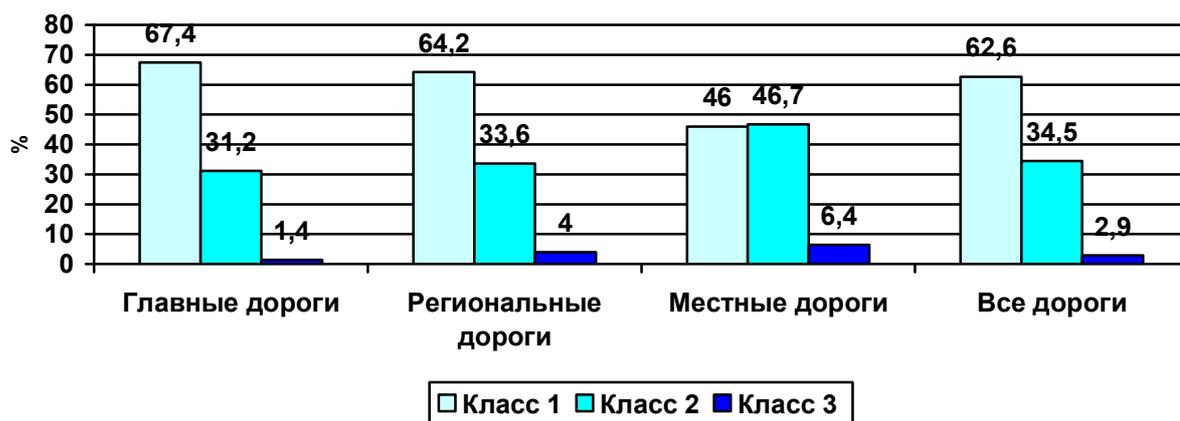


Рисунок 7 Распределение дорог с твердым покрытием по классам (1,2,3) состояния водоотвода в зоне действия подряда по дорожному содержанию в Рованиеми

3.3.1. Главные дороги

Главные дороги включают участки класса 1 главной дороги 4 и класса 2 главных дорог 78, 79, 81, 82 и 83. Состояние водоотводных систем на данных дорогах лучше, чем в среднем, благодаря применению более высоких стандартов содержания (см. рис. 8). Лишь 1.4% главных дорог имеют неудовлетворительный водоотвод.

Доля проблемных участков с классом водоотвода 2 и 3 на каждом участке дороги приведены на ГИС-карте (см. рис.9). На карте четко прослеживаются участки с серьезными проблемами водоотвода. Наихудшее состояние водоотвода отмечается в северо-восточной части региона на дорогах 4 и 82. Кроме того, участки 7 и 9 дороги 81 также находятся в неудовлетворительном состоянии. Автодорога 81 расположена в пойме реки Кемийоки и построена в основном в полунасыпи-полувыемке на заиленном основании при высоком уровне залегания грунтовых вод. Также имеются участки с хорошо функционирующим водоотводом, при этом они расположены на участках песчаных и гравийных оснований (см. рис.10).

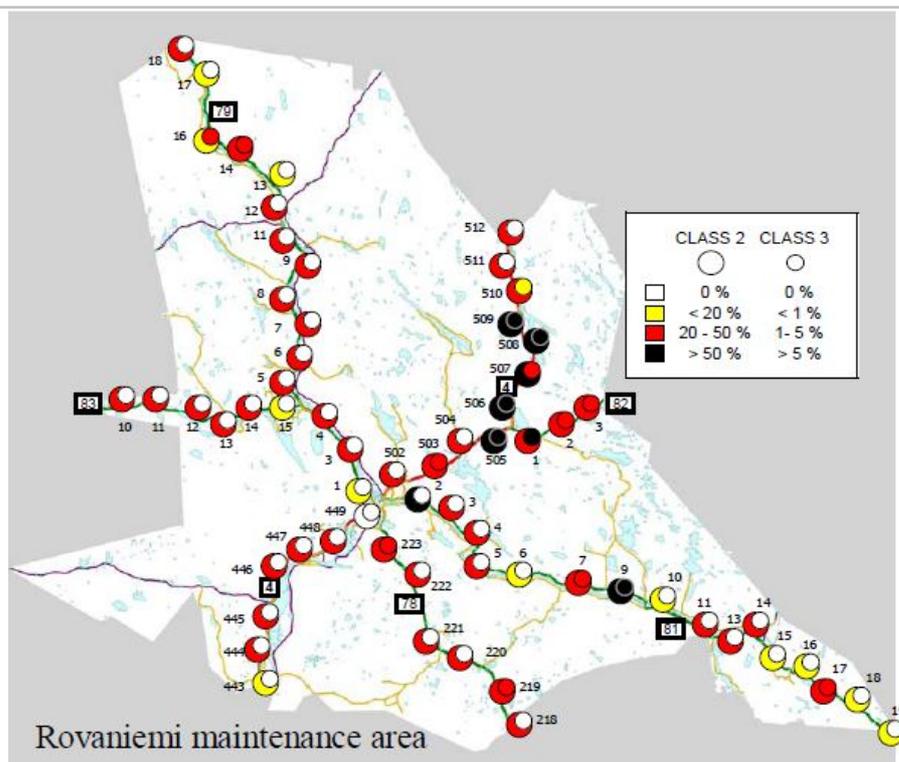


Рисунок 8. Распределение дорог по классу водоотвода и доля каждого класса на каждом участке дороги. Большой круг иллюстрирует класс 2, малый – класс 3 состояния водоотвода.



Рисунок 9 Наличие высокой травы на обочинах препятствует свободному стеканию поверхностных вод с покрытия в канаву, дорога 81.



Рисунок 10 Пример класса состояния водоотвода 1 на участке с песчаным грунтом земляного полотна, дорога 81

3.3.2. Прочие дороги

На рисунках 11 и 12 представлено распределение участков дорог с классом состояния водоотвода 2 и 3 на региональных и местных дорогах Рованиеми. Согласно карте ГИС и рисунку 7 состояние водоотвода на региональных и, особенно, местных дорогах значительно хуже, чем на сети главных дорог. Для объяснения этого факта можно привести множество причин. Наиболее очевидной является объем выполняемых работ по содержанию: дороги с более высокой интенсивностью движения требуют больше ухода, и по причине недостатка ресурсов состояние водоотводных систем дорог с низкой интенсивностью движения просто игнорируется. Региональные и местные дороги также характеризуются меньшим количеством участков, построенных в насыпи, и это также частично служит причиной неудовлетворительного водоотвода.

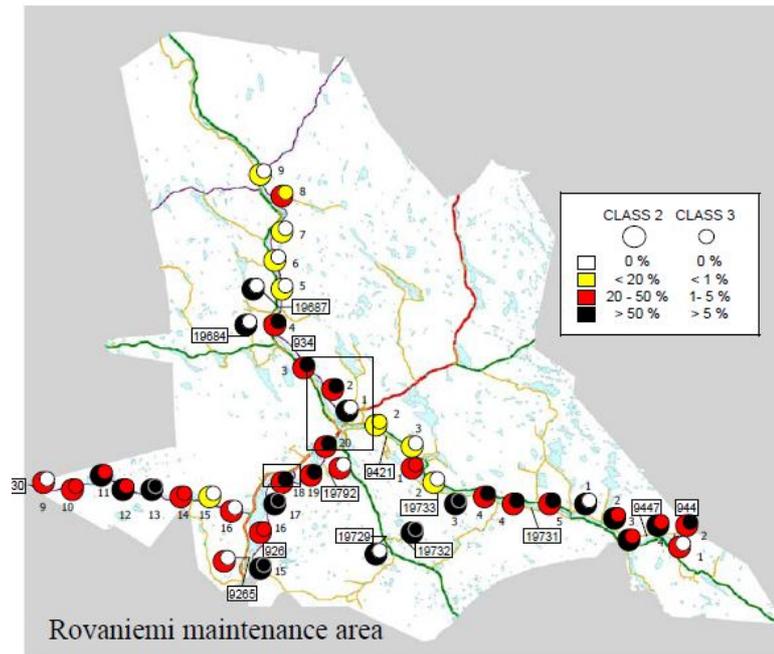


Рисунок 11 Распределение других (региональных и местных) дорог по классам состояния водоотвода 2 и 3. Большой круг – класс 2, малый – класс 3

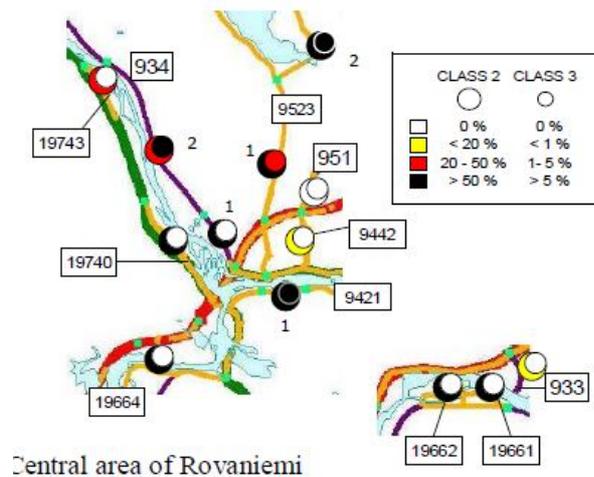


Рисунок 12 Распределение по классам состояния водоотвода в зоне вокруг Рованиеми и в нижней части поймы реки Кемийоки

Как и в случае с главными дорогами, участки региональных и местных дорог с наихудшим состоянием водоотвода также проходят по пойменным участкам. В качестве грунта земляного полотна здесь использован заиленный песок или илстые наносы, которые свободно проникают в канавы и создают проблемы для отвода воды, а в результате приводят к возникновению остаточных деформаций (рис. 13). В дополнение к этому содержание водоотводных канав зачастую игнорируется, и их профиль чаще всего неудовлетворительный (рис. 14.).



Рисунок 13 Деформации, вызванные морозным пучением, на дороге 19731. Боковые канавы на данном участке почти полностью заполнены водой



Рисунок 14 Засоренная водоотводная канава, создающая проблемы отвода воды из боковых канав, дорога 19731

3.4. ВОДООТВОД И РАЗВИТИЕ КОЛЕЙНОСТИ

В одном из исследований, в котором скорость колееобразования сравнивалась с состоянием системы водоотвода, были использованы самые последние показатели колеи, измеренные при помощи профилометра, а также наихудшие классы состояния водоотвода на рассматриваемом участке дороги. В ходе анализа возникла проблема с предоставлением достоверных показателей увеличения глубин колеи (мм/год) по всем дорогам, поэтому для сравнения влияния состояния водоотвода на колееобразование были использованы абсолютные показатели. В связи с тем, что год устройства покрытия на том или ином участке дороги весьма различался, исследователям пришлось применить относительные показатели развития колеи, когда средние глубины колеи на участках с состоянием водоотвода класса 2 и 3 сравнивались со средними глубинами колеи на участках с классом состояния водоотвода 1.

На Рисунке 15 проиллюстрирована взаимосвязь глубины колеи на различных типах дорог и классами состояния водоотводных систем. Удивительно, но наименьший средний показатель колеиности был измерен на региональной дороге с классом состояния водоотвода 1. Большие значения средних показателей колеиности, зафиксированные на главных дорогах, можно объяснить более интенсивным воздействием на дорогу шипованных шин. Средняя величина глубины колеи тем выше для каждого класса дороги, чем хуже класс состояния водоотвода, что подтверждает более ранние результаты исследований, согласно которым существует прямая связь между неудовлетворительным состоянием системы водоотвода и колеиностью. Данная проблема была выявлена на всех участках дорог, следовательно теория о том, что наихудшее состояние водоотвода характерно только для дорог со старым покрытием, была отклонена. Еще один интересный результат заключался в том, что степень колеиности на главных дорогах с классом состояния водоотвода 1 и 2 была выше, чем на региональных дорогах. Этот факт может объясняться более высокой интенсивностью движения грузового транспорта по главным дорогам, что ускоряет развитие остаточных деформаций в период весеннего оттаивания на участках дорог с неудовлетворительным состоянием водоотвода, а, следовательно, и более подверженному морозному пучению.

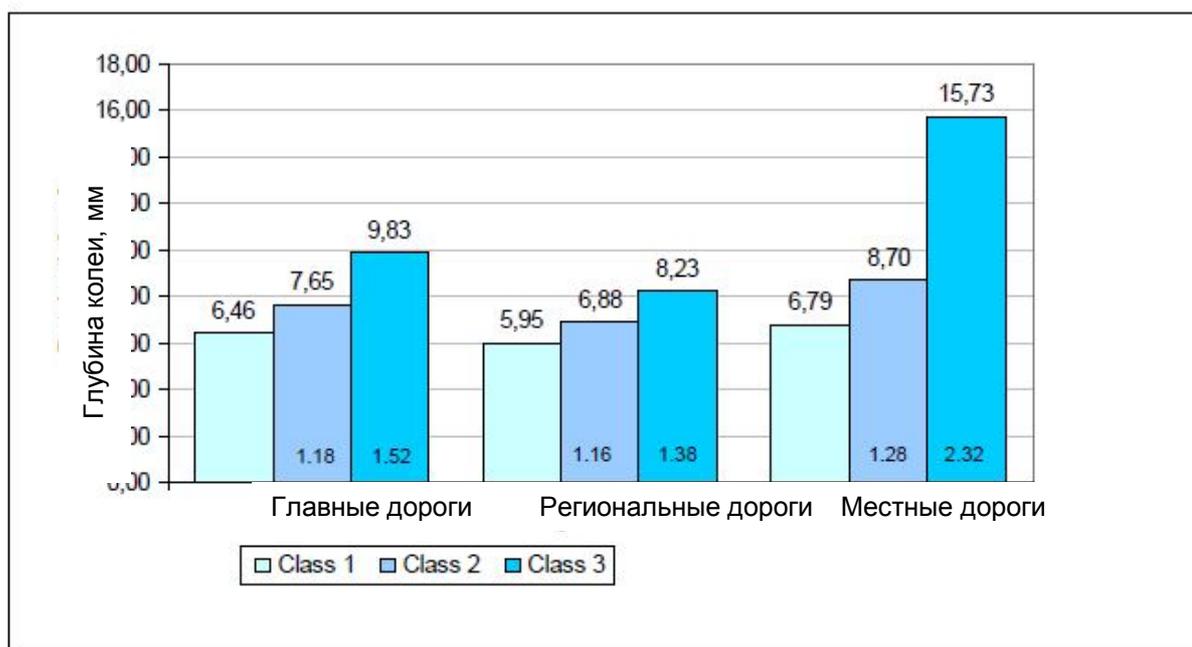


Рисунок 15 Средние показатели глубины колеи на каждом типе дорог для каждого класса состояния водоотвода. Над столбцами указаны абсолютные величины показателей, в середине показатели относительно класса 1.

Как и можно было прогнозировать, наихудшие как абсолютные, так и относительные показатели колеи характерны для местных дорог. Средняя глубина колеи на участках с классом состояния водоотвода 3 в 2.32 раза выше, чем на участках с классом 1. Причиной тому служит то, что для местных дорог характерны дорожные структуры наименьшей толщины и наихудшее состояние водоотводных систем, что в комбинации создает серьезнейшие проблемы, связанные с водоотводом, несмотря на низкую интенсивность движения.

Тем не менее, данные показатели – это лишь индикатор важности обеспечения качественного водоотвода для срока службы покрытия, а также рисков, связанных с игнорированием надлежащего содержания системы водоотвода. С позиции срока службы покрытия, количество участков дороги с неудовлетворительным состоянием водоотвода должно быть относительно высоким, чтобы запустить механизм возникновения потребности в устройстве нового покрытия / сократить срок его службы (хотя небольшое количество участков в плохом состоянии создают риск аварийности). Поэтому для описания влияния неудовлетворительного водоотвода на срок службы покрытия на каждом участке дороги был введен специальный параметр «коэффициент срока службы покрытия». Коэффициент был определен как среднее для наихудших 10% показателей глубины колеи. Показатель – это соотношение 3 и/или 2 класса состояния водоотвода к 1 классу. Если доля участков с классом состояния водоотвода 3 составляет 10% и более, то применяется прямое соотношение средней глубины колеи участков с классом состояния водоотвода 3 и 1. Если участков 3 класса нет (0%), то аналогичным образом применяется класс 2. В случае, если участков с неудовлетворительным состоянием водоотвода (класс 3) менее 10%, например, 8%, то эти 8% будут представлять собой 80% от этих 10%, а оставшиеся 20% будут представлены классом 2 (или, при необходимости классом 1). Таким образом, 10% коэффициента срока службы покрытия компилируются соотношениями, начиная от наихудшего с позиции водоотвода класса с использованием взвешенных усредненных показателей, которые зависят от величины каждого класса состояния водоотвода.

Результаты обследования главных дорог представлены на Рисунке 16, по остальным дорогам на Рисунках 17 и 18.

На карте ГИС Рисунка 16 наибольшее количество участков дорог, на которых неудовлетворительное состояние водоотвода оказывает наибольшее влияние на срок службы покрытия, расположены на а/д 81 и в северной части а/д 4. Эти участки также характеризуются наибольшим количеством участков с классом состояния водоотвода 3, а срок службы покрытия снижен на 5 – 20% по причине именно неудовлетворительного водоотвода. Еще одна трасса со сниженным сроком службы покрытия, вызванным неудовлетворительным водоотводом, является а/д 78, к юго-востоку от Рованиеми. Карта также отражает корреляцию между хорошим водоотводом и минимальной колеиностью.

Рисунки 17 и 18 иллюстрируют эквивалентную информацию о сроках службы покрытий на региональных и местных дорогах. Участки с наихудшими показателями расположены в пойме реки Кемийоки, где дорога в основном проходит в полунасыпи-полувыемке, земляное полотно представлено мореной и илистыми грунтами. На этих дорогах наихудшие 10% средних показателей класса состояния водоотвода выше 2.5, что оказывает значительное влияние на срок службы покрытия, который в этом случае снижен на 30, а иногда и на 50%.

Очевидно, что те же участки, что были подвержены критике по поводу состояния водоотвода, характеризуются также и высокими показателями колеиности. Участки 3-4 а/д 19733, участки 4-5 а/д 19731, а также участки дороги 926 стали лидерами в списке с наихудшими показателями состояния водоотводной системы.

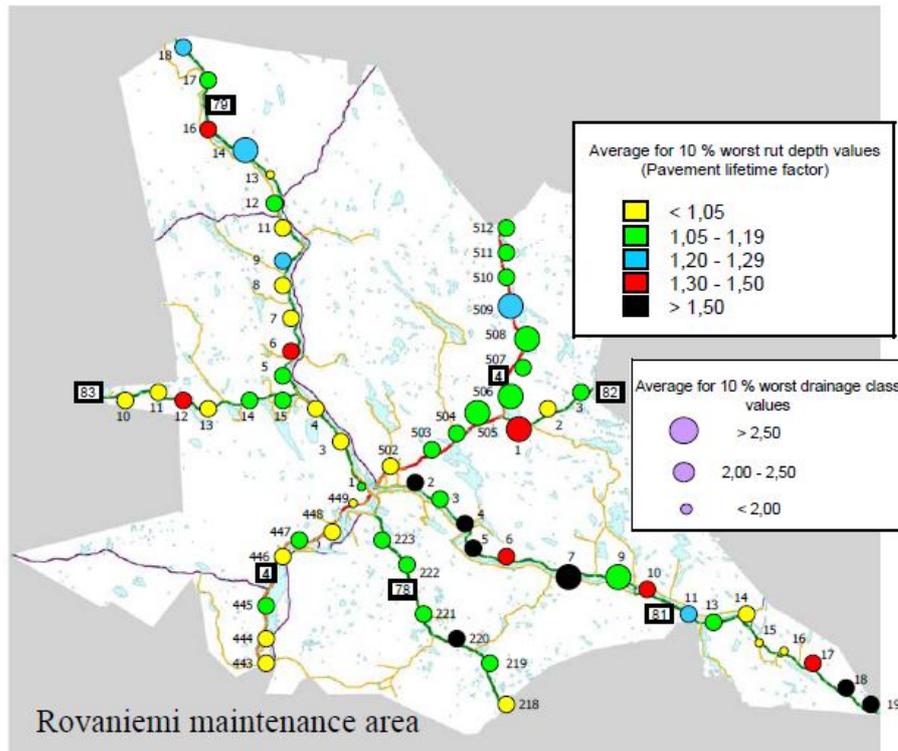


Рисунок 16 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей глубины колеи и класса состояния водоотвода) для главных дорог. Показатели глубины колеи представлены в цвете, а классы состояния водоотвода отображены кружками.

Несмотря на большое количество проблем, связанных с обеспечением водоотвода и колеи, на региональных и местных дорогах имеются также и участки, находящиеся в хорошем транспортно-эксплуатационном состоянии. Например, в середине между участками с наихудшими показателями на а/д 19733 имеется участок 2, для которого нехарактерны проблемы водоотвод/колеи. А/д 944 также находится в хорошем состоянии, как и большинство поселковых дорог, например, а/д 19661 с наилучшим 10% показателем колеиности среди всех дорог рассматриваемой зоны действия подряда по содержанию в Рованиеми. Лучшие 10 участков дорог имеют нечто общее: земляное полотно возведено либо из песчаного, либо из гравийного материала.

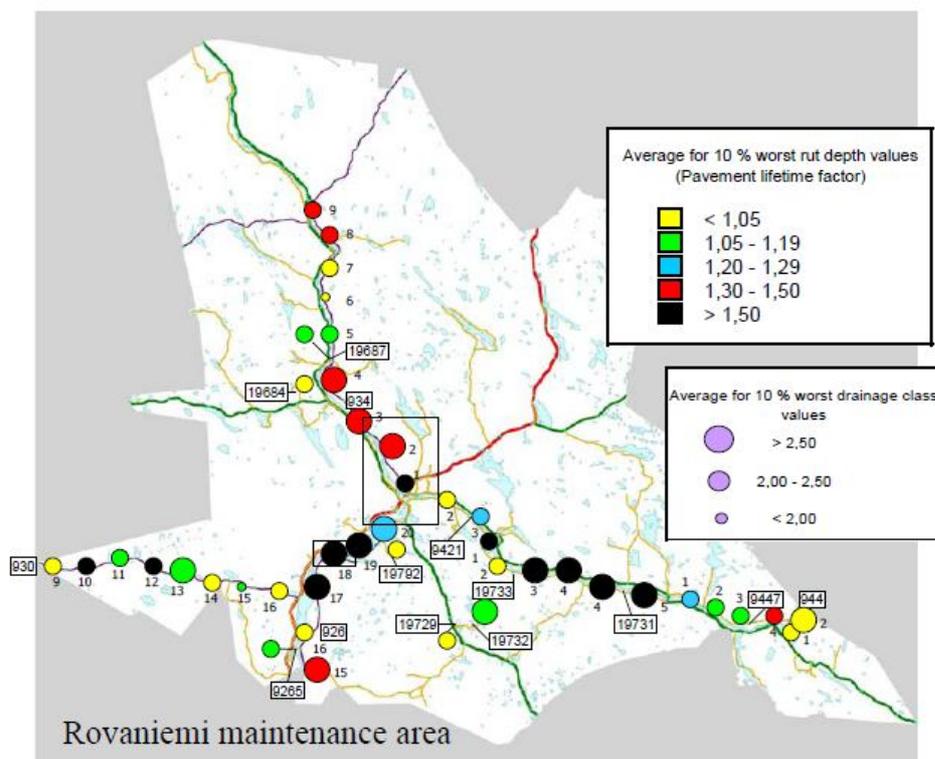


Рисунок 17 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей глубины колеи и класса состояния водоотвода) для региональных и местных дорог. Показатели глубины колеи представлены в цвете, а классы состояния водоотвода отображены кружками.

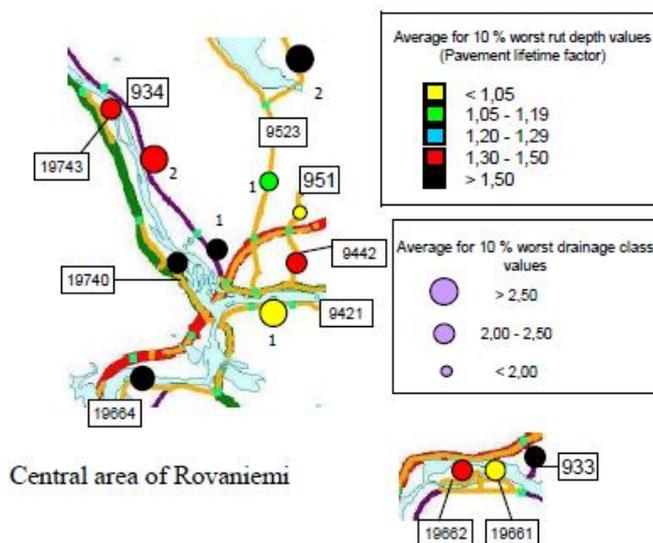


Рисунок 18 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей глубины колеи и класса состояния водоотвода) в районе вокруг Рованиеми и вблизи реки Кемийоки.

3.5. ВОДООТВОД И РОВНОСТЬ ПОКРЫТИЯ

Влияние состояния водоотвода на показатели ровности покрытия определялось с использованием тех же принципов, что и в анализе развития колеи. Полученные результаты схожи, несмотря на то, что источник возникновения проблемы иной. В Рованиеми высокие показатели международного показателя ровности (IRI) в основном

вызваны проблемами дифференциального морозного пучения. Неудовлетворительный водоотвод способствует увеличению влажности в грунтах земляного полотна, чувствительных к морозному пучению, их сегрегационный потенциал увеличивается, в результате чего повышаются и показатели морозного пучения.

Согласно Рисунку 19 взаимосвязь между ровностью покрытия и состоянием водоотвода очевидна. Очевидно влияние большей толщины дорожной конструкции на дорогах более высоких категорий, с меньшими показателями морозного пучения, а, следовательно, меньшими международными показателями ровности IRI. Различия в средних показателях ровности становятся очевиднее на дорогах низшего класса с меньшей толщиной дорожной конструкции: на главных дорогах соотношение между показателями классов состояния водоотвода 3 и 1 составляет 1,28, на региональных дорогах - 1,42, а на местных дорогах - 1,85. Средний показатель IRI для участков с неудовлетворительным состоянием водоотвода (класс 3) на дорогах вне населенных пунктов настолько высоки, что согласно стандартам уже требуют проведения работ по ремонту покрытия.

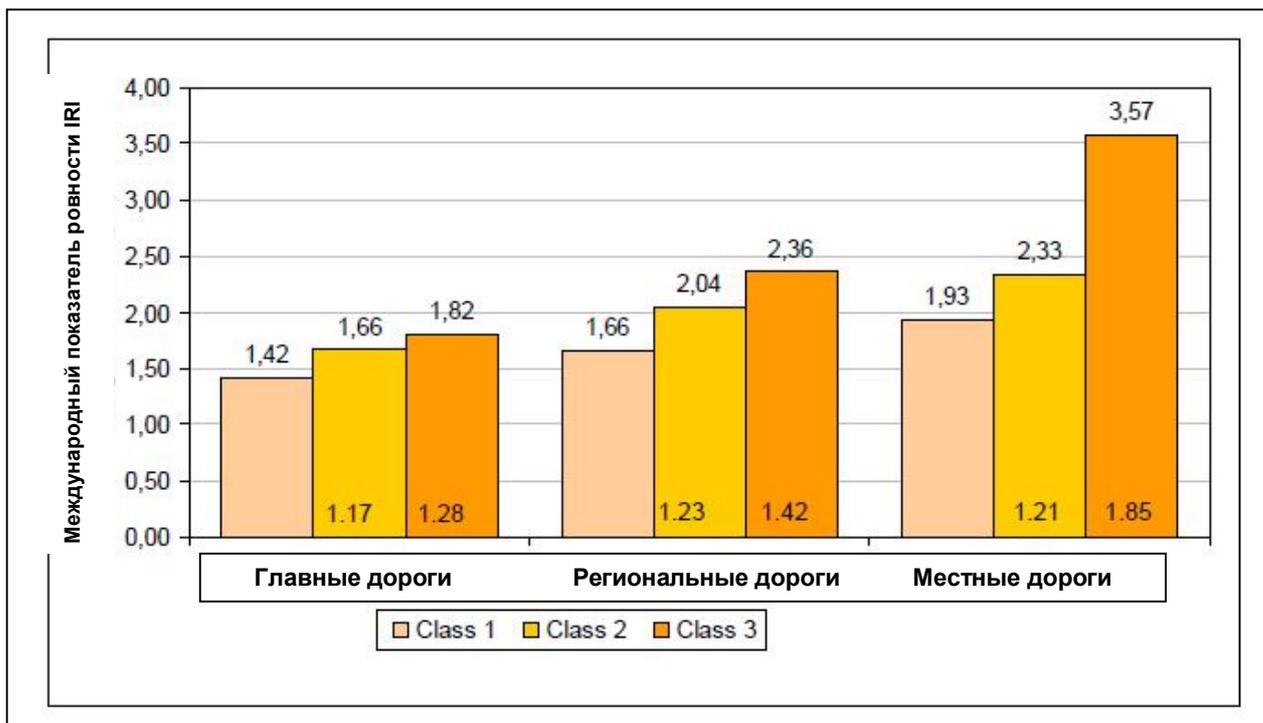


Рисунок 19 Международные показатели ровности (IRI) для каждого типа дорог и класса состояния водоотвода. Величины, указанные над столбцами являются абсолютными показателями, внизу столбца – относительными к классу 1.

Результаты отслеживания проблемных участков на главных дорогах приведены на Рисунке 20. Как и в случае с колеиностью, 10% средний показатель используется и в расчетах ровности покрытия. По сравнению с показателями колеиности, показатели ровности более умеренные, кроме того, имеются участки с наихудшими 10% средними показателями.

Интересный факт обнаружен при сравнении карт с показателями ровности и колеиности: на дорогах 78, 83 и северной части а/д 4 степень ровности IRI выше, чем степень колеиности. Все вышеупомянутые дороги расположены вдали от реки Кемийоки и в основном построены на мореновых грунтах. Это означает, что в зонах с залеганием морены воздействие морозного пучения под влиянием неудовлетворительного состояния водоотвода может оказаться еще более критичным для срока службы покрытия, чем для величины остаточных деформаций. В целом, разрушение дороги в такой зоне происходит под комбинированным воздействием этих двух проблем.

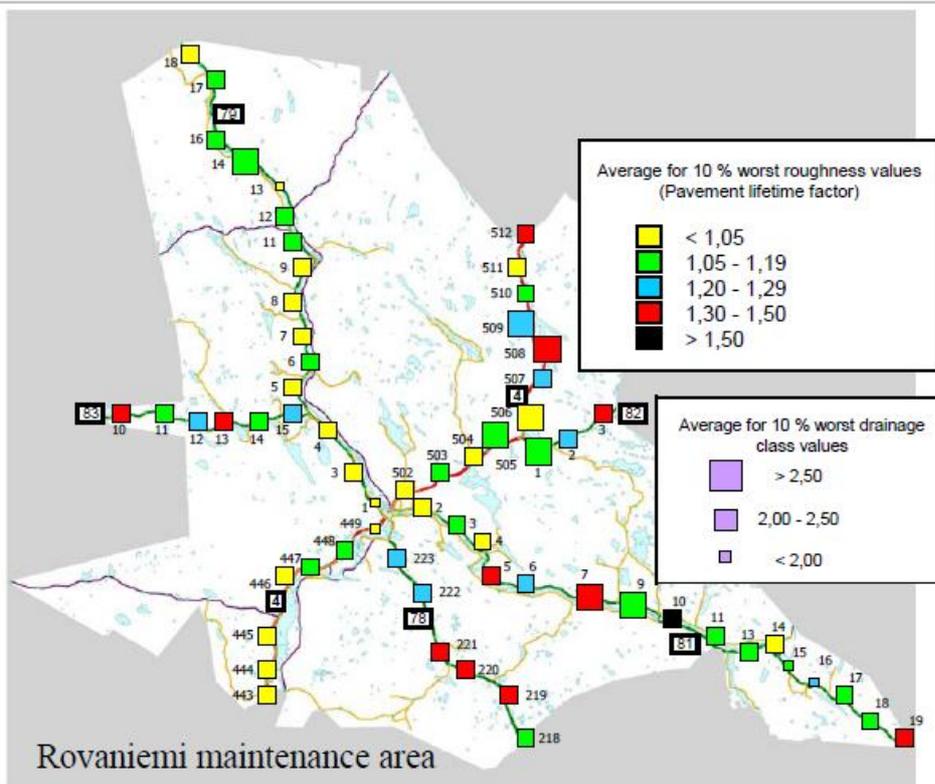


Рисунок 20 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей ровности и класса состояния водоотвода) для главных дорог. Показатели ровности представлены в цвете, а классы состояния водоотвода отображены квадратиками.

На Рисунках 21 и 22 представлены аналогичные результаты по региональным и местным дорогам. Очевидно, что 10% наихудшие соотношения ровности намного выше на региональных и местных дорогах, чем соотношения колеиности. Практически все дороги данных категорий характеризуются высокими показателями, указывая на корреляцию между неудовлетворительным состоянием водоотвода и морозным пучением. Участки с наихудшими показателями выявлены на а/д 19731, 934 (см. Рисунок 22), 944 и 926. Для всех этих дорог характерна высокая доля участков с классом состояния водоотвода 3. В действительности, средняя доля класса состояния водоотвода 3 на 10 участках с наихудшими показателями ровности составила 7.9 %. Чем хуже состояние водоотвода, тем больше выявлено проблем с ровностью покрытия. Участки дорог с высокими показателями ровности также характеризовались наличием проблем ускоренного трещинообразования (Рисунок 23).

Участки дорог с наименьшими показателями ровности редко попадают в рассматриваемой зоне действия подряда на содержание, и при этом они рассредоточены. В непосредственной близости от г.Рованиеми имеется участок с высокой интенсивностью дорожного движения, однако международные показатели ровности на нем минимальны. Также хорошими показателями отличается большинство поселковых дорог.

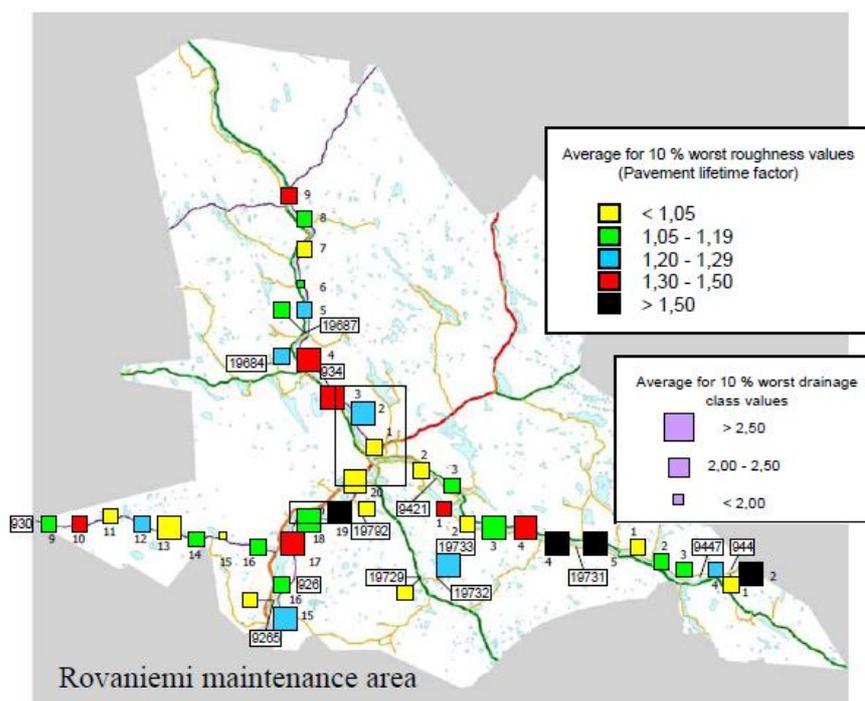


Рисунок 21 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей ровности и класса состояния водоотвода) для региональных и местных дорог. Показатели ровности представлены в цвете, а классы состояния водоотвода отображены квадратиками.

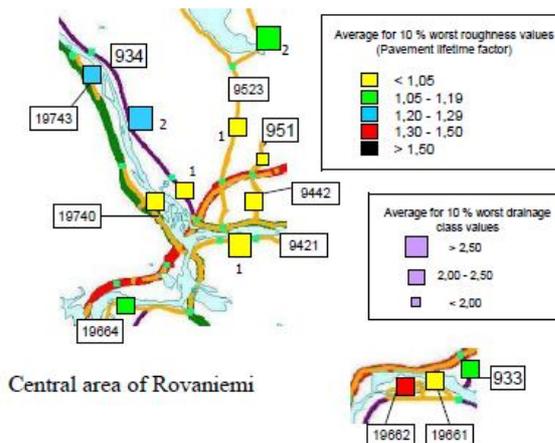


Рисунок 22 Коэффициент срока службы покрытия (известный также как средний показатель из 10% наихудших показателей ровности и класса состояния водоотвода) в зоне вокруг Рованиеми и вдоль реки Кемийоки.



Рисунок 23 Неудовлетворительное состояние водоотвода, приведшее к дифференциальному морозному пучению, повреждениям покрытия по правой обочине и повышению международных показателей ровности IRI, а/д 934, участок 4. Фото слева снято летом 2005г., справа – весной 2006г.

3.6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА И РАЗНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ПРОФИЛИ ДОРОГ

У исследователей возник вопрос: оказывает ли влияние состояние водоотвода тип поперечного профиля и класс дороги? Рисунок 24 демонстрирует средние показатели состояния водоотвода в зоне действия подряда на содержание в Рованиеми, при этом наилучшие показатели характерны для насыпей. На главных дорогах отсутствуют различия между состоянием водоотвода на дорогах, проходящих в нулевых отметках, в полунасыпи-полувыемке и в выемке.

На региональных дорогах состояние водоотвода неудовлетворительно на участках, проходящих в нулевых отметках и, что удивительно, показатели для участков, проходящих в выемках, даже лучше, чем на главных дорогах. На местных дорогах большинство проблем связано с прохождением участков в полунасыпи-полувыемке. Также на местных дорогах водоотвод в выемках обеспечивается хуже, чем на дорогах других классов.

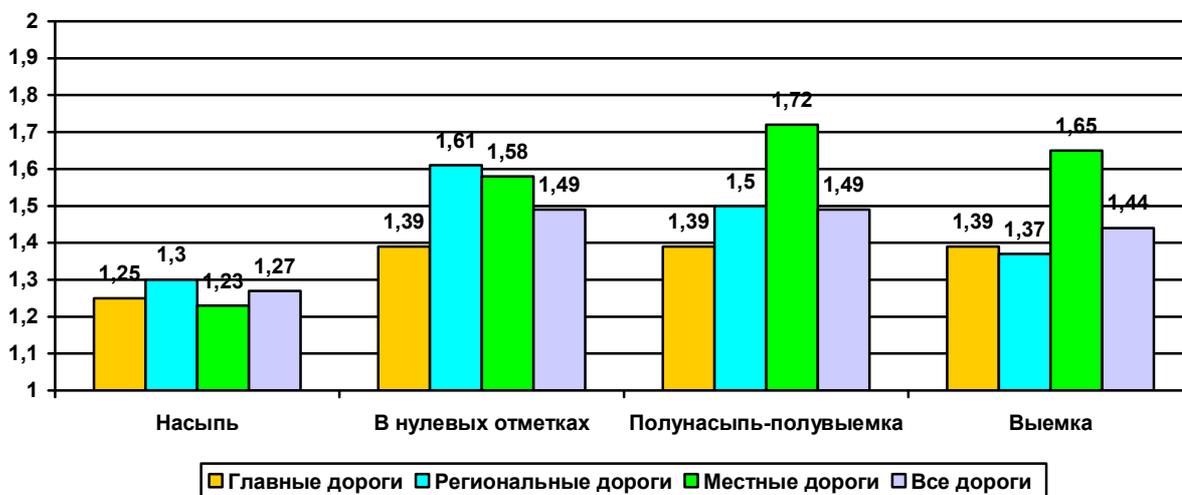


Рисунок 24 Усредненный класс состояния водоотвода при различных типах поперечных профилей и классах дорог в зоне действия подряда на содержание в Рованиеми.

На Рисунке 25 представлена относительная доля различных поперечных профилей дорог с твердым покрытием. Свыше 35% дорог с твердым покрытием проходят в насыпи. Второй по численности группой дорог (почти треть от общего количества) являются дороги, проходящие в полунасыпи-полувыемке с усредненным классом состояния водоотвода 1.49, которые наряду с участками, проходящими в нулевых отметках, относятся к наиболее проблематичным с позиции состояния водоотвода.

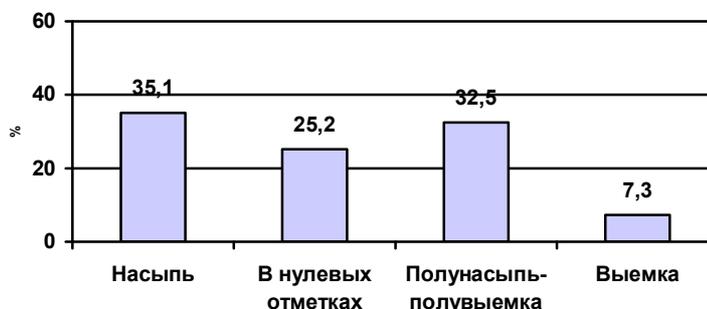


Рисунок 25 Доля каждого типа поперечных профилей дорог с твердым покрытием в зоне действия подряда на дорожное содержание в Рованиеми.

Рисунок 26 выявляет явные различия в показателях колеиности покрытия в зависимости от типа поперечного профиля дороги. На главных дорогах различия незначительные, а на местных дорогах эта разница особенно очевидна, и колеиность значительно меньше на участках, проходящих в насыпи. На региональных дорогах глубина колеи максимальна на участках, проходящих в нулевых отметках, однако в выемке и в выемке-полунасыпи эти показатели также высоки.

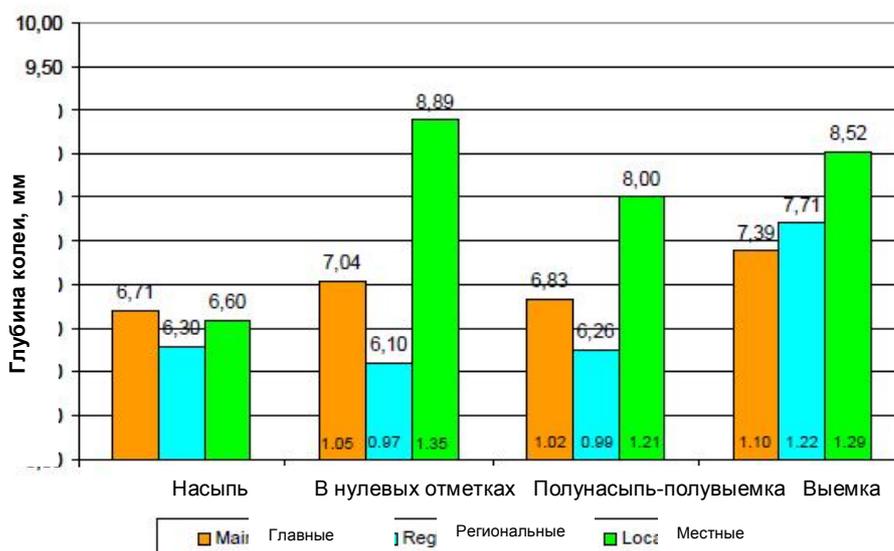


Рисунок 26 Средняя глубина колеи на участках с различными поперечными профилями дорог с твердым покрытием в Рованиеми

При сравнении показателей ровности покрытия для различных поперечных профилей оказалось, что какие-либо значительные отличия в средних международных показателях ровности IRI, даже на местных дорогах, отсутствуют (Рисунок 27). Наилучшие средние показатели IRI были зафиксированы на участках, проходящих в выемках, что можно объяснить тем, что они являются наилучшими конструкциями, построенными на местных дорогах.

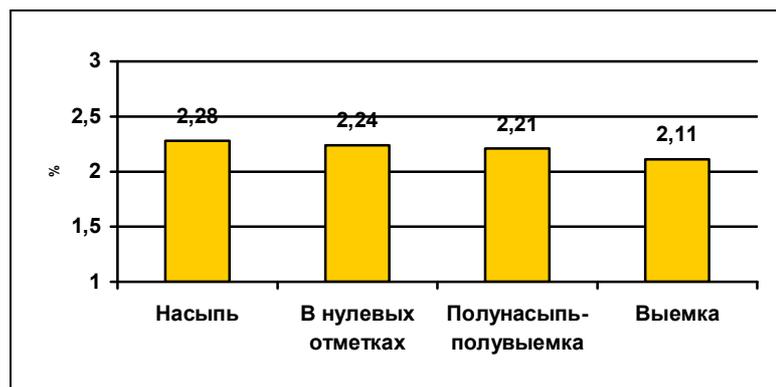


Рисунок 27 Средние международные показатели ровности (IRI) для различных типов поперечных профилей на местных дорогах

4. СОСТОЯНИЕ ВОДООТВОДА НА ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРЯДА НА ДОРОЖНОЕ СОДЕРЖАНИЕ В РОВАНИЕМИ

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Состояние водоотвода на всей сети дорог с гравийным покрытием в Рованиеми не обследовалось. Для изучения были отобраны только те участки сети, по которым имелись исторические данные о проблемах снижения несущей способности в весенний период. Выборка гравийных дорог носила репрезентативный характер, поскольку включила как региональные, так и местные дороги с целью охвата большей части зоны действия подряда на дорожное содержание. А/д 952, расположенная в северной части зоны, является региональной трассой, участки 1-4 которой были выбраны для проведения данного изучения. Остальные гравийные дороги относились к местным (а/д 9448, 19658, 19686, участки 2 и 3 а/д 19688, 19742 и 19745).

Далее приводится характеристика состояния водоотвода на гравийных дорогах и его влияние на снижение несущей способности в период весеннего оттаивания и ровность. Кроме этого, для гравийных дорог были проведены тесты на предмет, имеются ли различия между классами состояния водоотвода в зависимости от типа поперечного профиля.

4.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО КЛАССАМ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА НА ТЕСТИРУЕМЫХ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ

Несмотря на то, что при распределении по классам состояния водоотвода на дорогах с твердым покрытием участки в основном относились к классу 1, то на гравийных дорогах состояние водоотвода было в худшем состоянии (Рисунок 28). В среднем, доля участков гравийных дорог с хорошим состоянием водоотвода составляла около трети (32.41%).

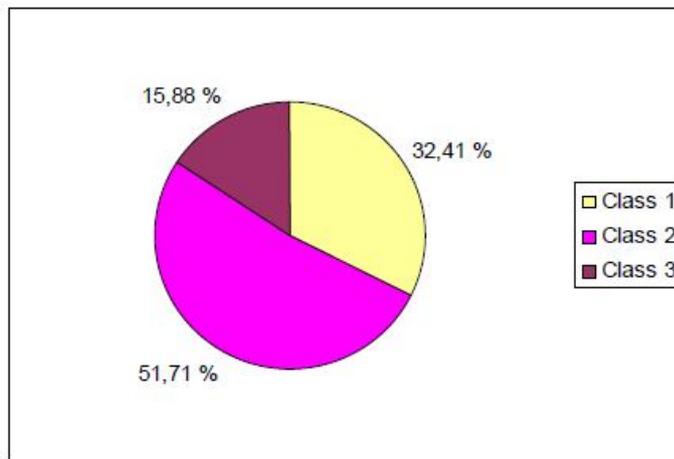


Рисунок 28 Распределение участков гравийных дорог по классам состояния водоотвода

Усредненный класс состояния водоотвода на гравийных дорогах - 1.83 (Рисунок 29). Наихудшее состояние водоотводной системы зафиксировано на участке 3 а/д 19688 с усредненным показателем 2.31. Всего на 5 дорогах/участках усредненный класс состояния водоотвода превышает 2. С другой стороны, лишь на двух участках усредненный показатель меньше 1.5: А/д 952, участок 2 (1.49) и а/д 19745, участок 2 (1.36).

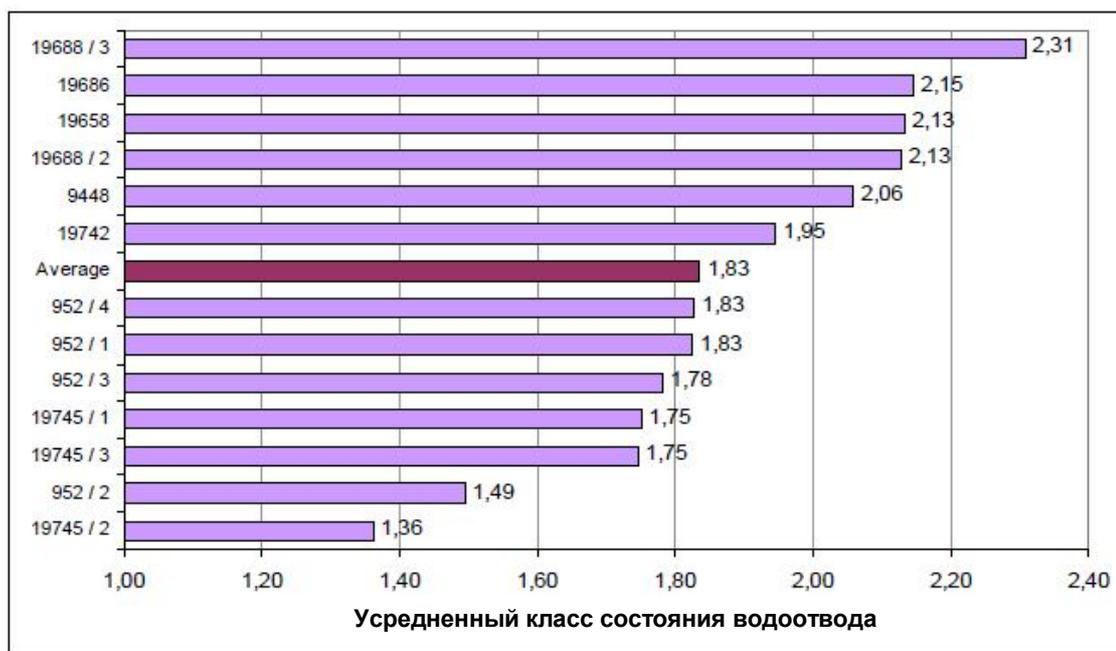


Рисунок 29 Усредненные показатели класса состояния водоотвода на гравийных дорогах

Пример неудовлетворительного состояния водоотвода приведен на Рисунке 30. Фото снято из боковой канавы на участке 1 а/д 19742. Канавы частично блокированы грунтом, сползающим по внутреннему и внешнему откосу канавы. Для решения этой проблемы может потребоваться очистка канавы раз в два года, если не будет предложено решение по укреплению канавы специальными материалами.

Местоположение и состояние водоотвода протестированных участков гравийных дорог представлены на карте Рисунка 31. Примечательно, что в отличие от дорог с твердым типом покрытия на гравийных дорогах имеются участки, на которых комбинация класса 2 и 3 водоотвода превышает 80% общей протяженности дороги: такова ситуация на

трассах 19658, 19686 и 19688. Доля участков с хорошим состоянием водоотвода на а/д 19686 составляет всего 7.34%.



Рисунок 30 Проблемы водоотвода на участке 1 а/д 19742. На данном участке, проходящем в полунасыпи-полувыемке, ежегодно, начиная с 2001г. возникают проблемы устойчивости откосов и снижения несущей способности грунтов земляного полотна.

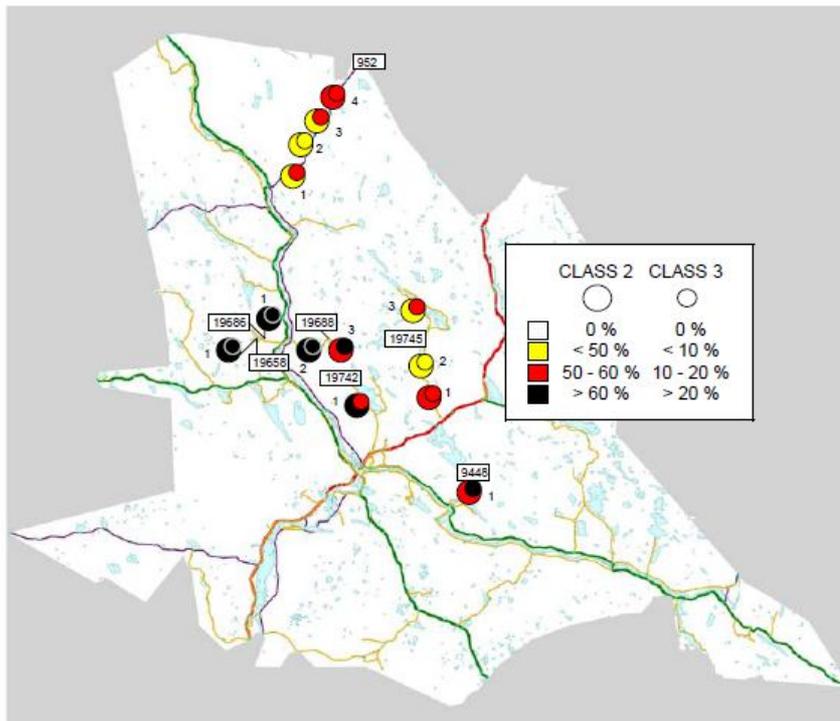


Рисунок 31 Доля участков гравийных дорог с классом состояния водоотвода 2 и 3. Кружками обозначены классы состояния водоотвода, цветом – их доля.

4.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ОТТАИВАНИЯ

Классификация проблем снижения несущей способности дорог в период весеннего оттаивания грунтов, использованная в данном отчете, несколько отличается от классификации, применяемой в Finnra (Финской национальной дорожной администрации). Категориям присвоены обратные порядковые номера, кроме того, не используется нововведенный Finnra класс 4 «незначительные проблемы», поскольку обследования дорог проводились еще до введения этого класса. Эквивалентность этих двух классификационных систем представлена в Таблице 4.

Таблица 4 Эквивалентность классификационных систем ROADEX и Финской национальной дорожной администрации (Finnra) по проблемам снижения несущей способности дорог в период весеннего оттаивания

Классификация	ROADEX	Finnra
Экстремально сложные проблемы	Класс 3	Класс 1
Сложные проблемы	Класс 2	Класс 2
Проблемы средней степени сложности	Класс 1	Класс 3
Незначительные проблемы	-	Класс 4
Проблемы отсутствуют	Класс 0	

Согласно результатам полевых исследований 92.6% протестированных гравийных дорог не подвержены снижению несущей способности в весенний период. Проблемы средней сложности имеются на 6.3% дорог, и лишь на 1.1% имеет место значительное снижение несущей способности в период весеннего оттаивания (см. Рисунок 32).

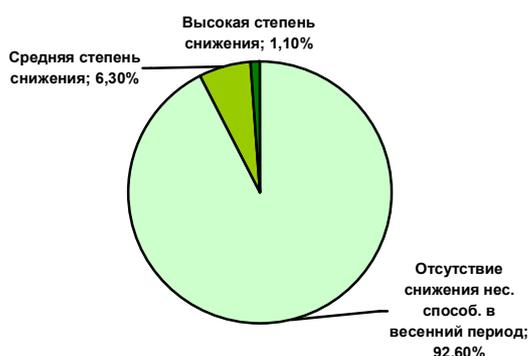


Рисунок 32 Распределение участков гравийных дорог по подверженности снижению несущей способности в период весеннего оттаивания грунтов, дорожный округ Рованиemi. Классификация соответствует применяемой в более ранних проектах ROADEX.

Местоположение дорожных участков с наиболее серьезными проблемами снижения несущей способности весьма схоже с тем, что и с неудовлетворительным водоотводом. (см. Рисунок 31). Рисунок 33 показывает, что участки с наибольшими проблемами снижения несущей способности расположены на а/д 19658, 19686 и участке 3 а/д 19688. При сравнении их с участками, характеризующимися неудовлетворительным состоянием водоотвода, очевидно, что это те же самые участки. Следовательно имеется корреляция между неудовлетворительным состоянием водоотвода и снижением несущей способности

дорог в весенний период на гравийных дорогах. Участки с наилучшими показателями расположены на а/д 952, 9448 и 19745 (участок 2).

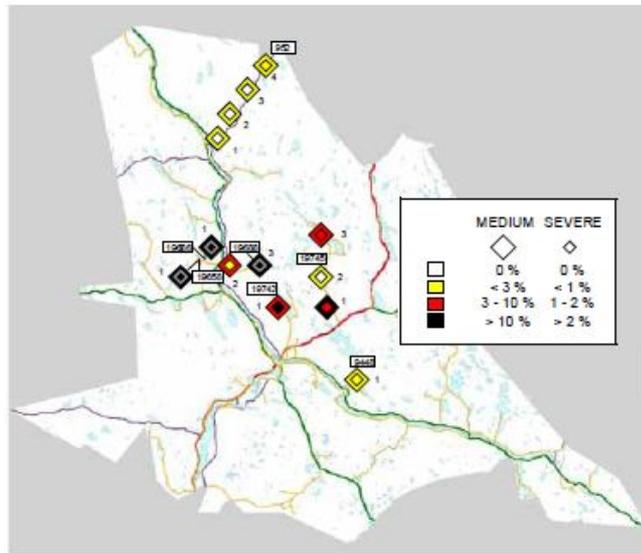


Рисунок 33 Доля участков гравийных дорог с наличием проблем снижения несущей способности в весенний период (среднее и значительное снижение несущей способности)

Зависимость между состоянием водоотвода и несущей способностью в весенний период также прослеживается на рисунке 34, где представлен участок 3 а/д 19688. Значительное снижение несущей способности происходит на тех участках, где водоотвод находится в неудовлетворительном состоянии (Рисунок 35). Также, снижение несущей способности незначительно на участках с хорошим водоотводом в сравнении с участками с классами 2 и 3 состояния водоотвода.

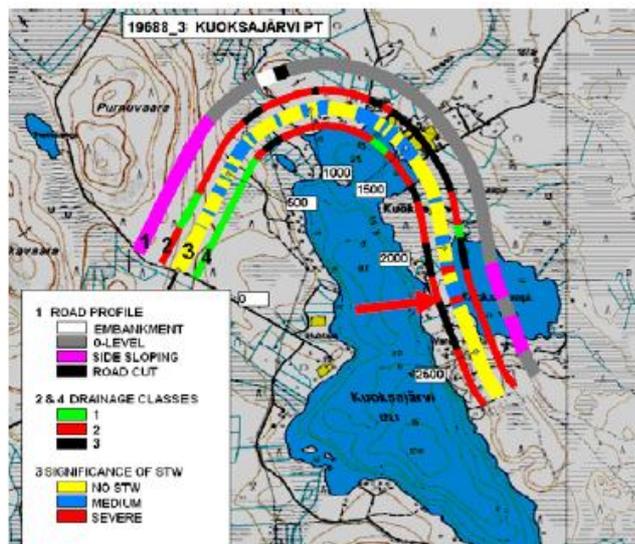


Рисунок 34 Снижение несущей способности (STW), классы состояния водоотвода и типы поперечных профилей на участке 3 а/д 19688 в Куоксяярви, Рованиemi. Красной стрелкой показан участок, где была сделана фотография (Рисунок 35)



Рисунок 35 Неудовлетворительное состояние водоотвода на участке с проблемами снижения несущей способности дороги в весенний период

4.4. ВОДООТВОД И НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ

В части работы над проектом капитального ремонта осенью 2005г. на всех участках секции 2 а/д 952 были выполнены измерения несущей способности с использованием дефлектометра падающего груза (FWD, российский аналог – установка УДН). Поскольку всего на каждом участке дороги было по 5-70 измерительных точек, результате не всегда показывают реальное распределение показателей несущей способности всей дороги. Тем не менее, результаты измерений – хорошая база данных для оценки зависимости между несущей способностью и состоянием водоотвода. Фактические результаты FWD были рассчитаны в виде индексов изгиба покрытия (Surface Curvature Indexes (SCI)) и индексов изгиба основания (Base Curvature Indexes (BCI)). SCI описывает прочность/жесткость верхней части дорожной конструкции, а BCI показывает то, как дорога распределяет нагрузку по слабому земляному полотну.

На Рисунке 36 приведены усредненные показатели BCI и SCI для различных классов состояния водоотвода на тестируемых дорогах. Удивительно, однако, не было выявлено значительных отклонений в показателях SCI при различных классах состояния водоотвода. Это означает, что прочность верхнего слоя дороги не столь явно зависит от состояния водоотвода, по крайней мере ранней осенью (сентябрь), когда осуществлялся сбор данных. При этом значительная разница была получена в показателях BCI (для основания дороги). Основываясь на опыте прошлых проектов, реализованных компанией Roadscanners, риск режима 2 остаточных деформаций возникает при показателе BCI более 40 μm , и проблемы становятся еще более очевидными при показателе BCI свыше 60 μm . В этом случае средний показатель BCI для класса состояния водоотвода 3 составляет 89 μm , что означает высокий риск остаточных деформаций в дорожной конструкции.

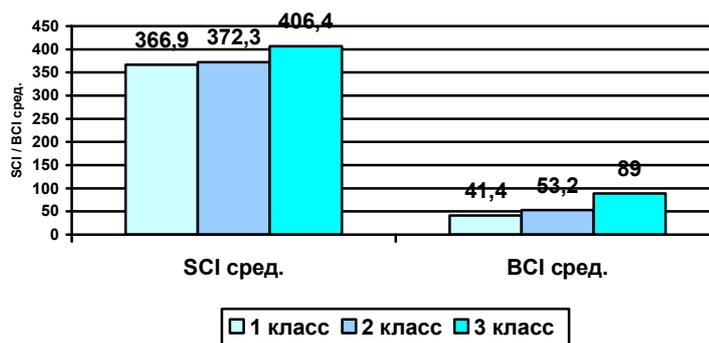


Рисунок 36 Показатели SCI and BCI для каждого класса состояния водоотвода на тестируемых участках гравийных дорог

Статистический анализ также показал, что четкая корреляция между несущей способностью и влиянием весенней распутицы отсутствует. Это зависит от типов участков: существуют разные типы проблемных участков, на состояние которых влияет весенняя распутица: например, некоторые проходят по горному склону или по заболоченной местности (торфы).

4.5. ВОДООТВОД И РОВНОСТЬ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ

Поскольку согласно результатам, полученным при обследовании дорог с твердым покрытием, имеется корреляция между ровностью покрытия и состоянием водоотвода, было сделано предположение о том, что подобная корреляция будет наблюдаться и для гравийных дорог. Однако, согласно Рисунку 37 показатели ровности лишь немного хуже на участках с неудовлетворительным водоотводом; соотношение показателей ровности для участков с классом состояния водоотвода 3 и 1 составляет 1.10. Одной из причин этого может быть то, что измерения на гравийных дорогах проводились в зимний период, и снег на покрытии, выровненный грейдером, смягчил неровности, и только участки с морозным пучением были очевидны. Из этого следует вывод о том, что неудовлетворительный водоотвод не является основной причиной плохих показателей ровности гравийных дорог, по крайней мере – не на каждом участке.

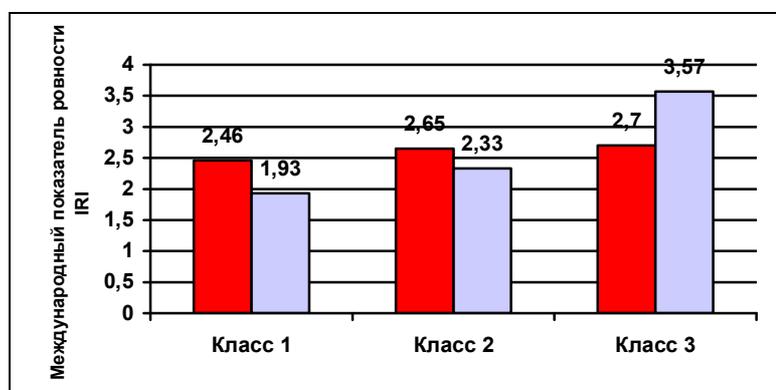


Рисунок 37 Международные показатели ровности (IRI) при разных классах состояния водоотвода на участках гравийных дорог в зимний период в сравнении с показателями IRI для дорог с твердым покрытием

4.6. ВОДООТВОД И РАЗНЫЕ ТИПЫ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДОРОГ

Согласно Рисунку 38 на гравийных дорогах в округе Рованиеми наилучшими типами поперечных профилей с позиции обеспечения водоотвода являются насыпи и выемки. Для насыпей усредненный класс состояния водоотвода составляет 1.54, в то время как если дорога проходит в нулевых отметках этот показатель ухудшается до 2.00. Это означает, что на участках, проходящих в нулевых отметках, наблюдается примерно равное количество классов 1 и 3 состояния водоотвода. Хорошие показатели для выемок объясняются дорожной конструкцией. Дорога на таких участках возводилась более тщательно и качественно, поскольку сам тип поперечного профиля таких хороших показателей не гарантирует. Из истории содержания дорог также известно, что в случае возникновения проблем участки, проходящие в выемке, являются первыми в очереди на производство работ по капитальному ремонту. Поэтому для разрушения конструкций имеется не столь много времени, как в случае с другими типами поперечных профилей.



Рисунок 38 Усредненные классы состояния водоотвода для различных типов поперечных профилей

На Рисунке 39 представлена доля участков гравийных дорог с разными типами поперечных профилей. Рисунки 38 и 39 демонстрируют факт, что наиболее неблагоприятные с позиции водоотвода типы поперечных профилей в то же время являются и наиболее распространенными. Доля насыпей составляет лишь 4.2%, в то время как 36.0% участков дорог проходят в нулевых отметках. Наиболее часто встречающимся типом поперечного профиля является полунасыпь-полувыемка (участки, расположенные на косогорах) - 49.7%.

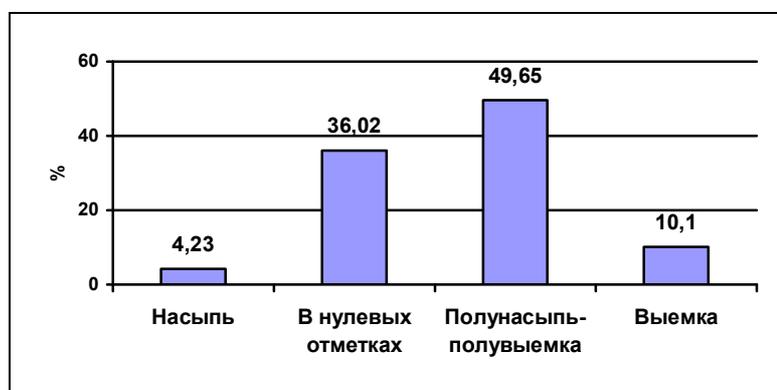


Рисунок 39 Доля каждого типа поперечных профилей на гравийных дорогах, дорожный округ Рованиеми

Что касается состояния водоотвода на участках с различными типами поперечных профилей и разной степенью воздействием весеннего оттаивания, то согласно Рисунку 40

распределение это схоже с распределением по классам состояния водоотвода. Около 8.9% участков дорог, построенных в нулевых отметках, характеризуются типом 1 или 2 снижения несущей способности в весенний период. Тип 2 встречается менее чем на 2% каждого типа поперечного профиля, при этом в выемках он отсутствует вообще. Удивителен тот факт, что насыпь отнюдь не является наилучшим типом поперечного профиля с позиции ослабления конструкции в период весеннего оттаивания грунтов. Это может объясняться тем, что при строительстве насыпи на некоторых участках были использованы некачественные материалы.

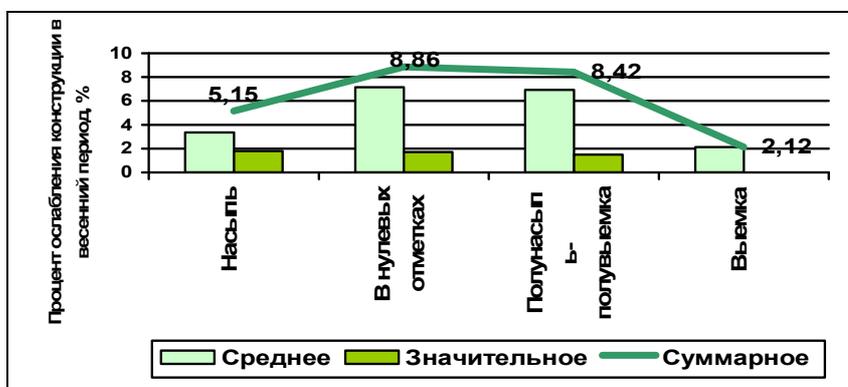


Рисунок 40 Доля участков со средним и значительным влиянием весеннего ослабления конструкций для различных типов поперечных профилей. Линией показано суммарное количество всех видов влияния.

Исходя из данных по дорожным профилям и Рисунков 38, 39 и 40 можно сделать вывод о том, что в среднем состояние водоотвода хуже на участках дорог, проходящих в нулевых отметках, и полунасыпях-полувыемках (косогор), доля которых в общей протяженности участков сети составляет примерно 85%. Для этих же типов поперечных профилей наиболее характерно влияние ослабления дорожных конструкций в период весеннего оттаивания.

5. ВОДООТВОД И СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ В ДОРОЖНОМ ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ – РАСЧЕТ ЗАТРАТ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ

Результаты предыдущих исследований ROADEX, подтвержденные также и настоящими изучениями, однозначно свидетельствуют о том, что снижение качества дорожного водоотвода означает также и меньшие сроки службы дорожных конструкций, а, следовательно, и более высокие затраты владельца сети дорог. Тем не менее, остается еще ряд вопросов о конкретных выгодах владельцев дорог в результате повышения качества дорожного водоотвода и поддержания его в лучшем состоянии.

Легче всего продемонстрировать выгоды – определить, как предлагаемые улучшения влияют на ежегодные затраты по устройству новых слоев покрытий. Для этого вся сеть дорог с покрытием, как и в предыдущих анализах, была разбита на главные, региональные и местные дороги, и усредненный 10% коэффициент срока службы покрытия был рассчитан для каждой из этих групп (см. Главу 3.4). Для расчета также было необходимо получить информацию о средней ширине проезжей части каждого класса, а также среднего срока службы покрытия для каждого класса. Данная информация была предоставлена исследователям специалистами Дорожного округа Лапландии, которые, в свою очередь, получили ее из финской базы данных PMS (Система управления покрытиями). Затраты на устройство нового слоя покрытия в данных расчетах составляли 5 €/м² для дорог всех классов при коэффициенте дисконтирования 4%.

В Таблице 5 представлены исходные данные, использованные в расчетах затрат всего срока службы покрытий.

Таблица 5 Исходные данные для расчета затрат в течение всего срока службы покрытий

Параметр	Главные дороги (м)	Региональные дороги (м)	Местные дороги (м)	Всего (м)
Протяженность (м)	382361	146719	115930	645010
Ширина проезжей части (м)	7,2	6,2	5,7	
Затраты по устройству нового слоя покрытия €/м	36	31	27,5	
Средний срок службы (лет)	10	13	11	
Коэффициент срока службы водоотвода	1,16	1,19	1,24	
Увеличение срока службы покрытия (лет)	11,6	15,5	13,6	

После определения исходных параметров был выполнен расчет затрат за весь срок службы с целью ответить на вопрос: каковы будут экономические выгоды владельцев дорог, если класс состояния водоотвода будет повышен на один для всех дорожных участков.

В Таблице 6 представлены результаты этого расчета, согласно которым экономия по каждому классу дороги составляла от 10.8% для региональных дорог до 14.5% для местных дорог. При пересчете в Евро суммарная теоретическая экономия средств составила бы 335.000€ в год, т.е. весьма значительная сумма, которая могла бы быть инвестирована в улучшение системы водоотвода.

Таблица 6 Результаты расчета затрат в течение всего срока службы покрытий в дорожном округе Рованиеми

Параметр	Главные дороги	Региональные дороги	Местные дороги	Всего
Ежегодные затраты на устройство слоя покрытия, €	1 917 000	517 000	415 000	2 849 000
Затраты в случае улучшения качества водоотвода, €	1 698 000	461 000	355 000	2 514 000
Экономия, €	219 000	56 000	60 000	335 000
Экономия, %	11,4	10,8	14,5	11,8

6. ВЛИЯНИЕ УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДООТВОДА НА ГРАВИЙНЫХ ДОРОГАХ – РАСЧЕТ ВЫГОД И ЗАТРАТ

Выполнить расчеты затрат за весь срок службы покрытий оказалось сложной задачей, поскольку отсутствовали параметры, которые имелись для дорог с твердым покрытием, например, колейность, и которые могли бы быть напрямую отнесены к сроку службы покрытий. Однако, некоторые непрямым вычислением произвести удалось. Например, при

повышении качества состояния водоотвода с класса 3 до класса 1 на местных дорогах с твердым покрытием в Рованиеми позволяло сэкономить около 15% ежегодных затрат на устройство нового слоя покрытия, следовательно, для гравийных дорог, которые имели более тонкую и менее качественную дорожную конструкцию, экономия ежегодных затрат на содержание по причине конструкционных проблем составила бы 20% и более. Согласно Главе 4.4 прочность земляного полотна значительно ухудшается на участках с неудовлетворительным водоотводом, это приводит к «запуску режима 2» по уровню колеяности на дороге, что в свою очередь требует от системы добавления гравийного материала для ремонта покрытия.

В Скандинавии максимальная выгода, полученная в результате улучшения водоотвода, заключалась в уменьшении проблем весеннего ослабления грунтов. В дорожном округе Рованиеми порядка 850 000 € будет вложено в ремонт участков, пострадавших в результате весеннего паводка в 2008, 2010 и 2011 годах. Поддержание водоотвода в надлежащем состоянии позволяет увеличить срок службы данного участка по меньшей мере в 2 раза, что означает, что ежегодные затраты на ремонт участка будут сокращены примерно с 5500 €/км до 3800 – 4000 €/км (см. Сааренкето и Ахо, 2005). В рамках контракта на содержание дорог в Рованиеми эта ежегодная экономия составит порядка 30.000 €, с учетом только повышенного срока службы отремонтированных дорожных участков. Финская национальная дорожная администрация ежегодно инвестирует 10 млн. € на укрепление участков, подверженных ослаблению грунтов в весенний период и 3 млн. € на срочный ремонт. Эти суммы возможно значительно сократить путем улучшения управления дорожным водоотводом.

7. НОВЫЕ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ВОДООТВОДОМ В РАМКАХ КОНТРАКТА НА СОДЕРЖАНИЕ ДОРОГ В ОКРУГЕ РОВАНИЕМИ 2007 – 2012

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ – ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДООТВОДА И ЗАКЛЮЧЕНИЕ КОНТРАКТОВ НА ДОРОЖНОЕ СОДЕРЖАНИЕ (ЗАКУПКИ)

За последние 10 лет в дорожных администрациях Северной периферии произошел ряд глобальных организационных изменений, и сегодня дорожное содержание повсеместно осуществляется силами подрядных организаций, выигравших тендер. Жесткая конкуренция означает, что подрядчики по содержанию будут выполнять только те меры, которые четко прописаны в закупочной документации. Однако результат данной работы свидетельствует о том, что возникает потребность в изменении политик содержания дорожного водоотвода. Традиционно работы по улучшению системы водоотвода проводятся с определенным интервалом, например, каждые 8-12 лет. Это означает, что в случае дорог с твердым покрытием это происходит одновременно с устройством нового слоя – зачастую тогда, когда для старого покрытия это уже поздно, а иногда и поздно для того момента, когда укладывается новый слой. Работы выполняются подрядчиком по дорожному содержанию или оплачиваются отдельно и выполняются в рамках контракта на устройство нового слоя покрытия. После реализации данных мер работы по содержанию водоотвода главным образом сосредотачиваются на поддержании формы боковых канав срезке растительности на их откосах. Содержание водоотводных канав зачастую вовсе игнорируется. Проблема такого подхода в том, что он не фокусируется на критических точках, и запрограммированные дорожными округами действия выполняются слишком поздно.

Еще одним трендом политик дорожных закупок является смещение в сторону контрактов, основанных на достижении заданных транспортно-эксплуатационных характеристик, когда дорожные администрации устанавливают требуемый уровень сервиса или дорожный

стандарт качества. Такая политика могла бы более эффективно применяться и при содержании водоотвода, и при установлении стандартов состояния водоотвода в рамках контрактов по дорожному содержанию, поскольку потребность в срочных мерах возникает когда водоотводная система уже начала разрушаться, но еще не оказала значительное влияние на сокращение срока службы дорожной конструкции.

Вышеизложенные идеи были опробованы в рамках пилотного проекта в контракте на дорожное содержание в Рованиеми 2007-2012 и в закупочной документации. Далее приводится начальный опыт применения предлагаемых решений.

7.2. ОСОБЫЙ КЛАСС СОДЕРЖАНИЯ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

В отчете уже приводились данные о том, сколь большой потенциал экономии затрат на переустройстве покрытий содержится в улучшении содержания водоотвода дорожной сети. Тем не менее, опыт показал, что состояние дорожного водоотвода на критических участках дорог, влияющее на срок службы покрытия, может значительно ухудшиться через 1-3 года сразу после его улучшения. Поэтому для таких критических участков требуется специальная классификация – «особый класс дорожного водоотвода» - и постоянный мониторинг на всем протяжении контрактного периода. Затем, когда потребуются, в случае возникновения каких-либо дефектов, необходимо срочное проведение работ по улучшению состояния водоотвода. Аналогичные принципы могут применяться и к гравийным дорогам.

В рамках контракта на дорожное содержание в Рованиеми было решено в сотрудничестве с проектом ROADEX протестировать на части сети дорог с твердым покрытием концепцию применения особого класса содержания и установить особые стандарты этого содержания. Для проведения тестирования были отобраны 9.65 км дорог 78, 926 и 934 (см. Таблицу 7), на которых неудовлетворительное состояние водоотвода вызывало либо повышенную колеиность или способствовало трещинообразованию и деформации обочин, и было учтено в программе капитального ремонта на 2006г. Выбор участков был основан на результатах анализа водоотвода. Очевидным являлось то, что 8-12 летнего интервала содержания водоотвода было недостаточно для поддержания водоотвод в орошем состоянии. Для особого класса содержания выбиралась лишь наиболее критическая сторона дороги.

Затем на выбранных участках летом 2006г. класс состояния водоотвода был повышен на 1 (в ходе работ по устройству нового слоя покрытия). Вновь была выполнена оценка состояния этих участков, чтобы продемонстрировать требуемый стандарт водоотвода для этих классов и задокументировать их состояние в контракте 2007г. На Рисунках 41 и 42 приведены примеры состояния участков дорог с особыми классами содержания. Все данные обследования, включая анализ состояния водоотвода, были переданы подрядчикам, когда они готовили заявки на тендер.

Таблица 7 Перечень участков дорог с твердым покрытием, выбранных для присвоения особого класса содержания водоотвода в дорожном округе Рованиеми

ROAD	SECTION	DIRECTION	START	END	LENGTH (m)
834	3	Right ditch	1700	1950	250
		Right ditch	2450	2950	500
		Right ditch	3800	4200	400
		Right ditch	5800	7000	1200
road section (m)					2350
834	4	Right ditch	200	450	250
		Right ditch	750	1250	500
		Right ditch	4800	5550	750
		Right ditch	5750	6000	250
road section (m)					1750
828	17	Left ditch	4300	4750	450
		Left ditch	4950	5350	400
		Right ditch	5700	6100	400
		Left ditch	5500	6100	600
road section (m)					1850
828	19	Right ditch	0	800	800
		Right ditch	1500	1700	200
road section (m)					1000
78	219	Left ditch	6250	6450	200
		Left ditch	6650	6950	300
		Right ditch	7000	7350	350
		Left ditch	7000	7350	350
road section (m)					1700
78	222	Left ditch	4300	4600	300
		Right ditch	5150	5850	700
road section (m)					1000
All together (m)					9850

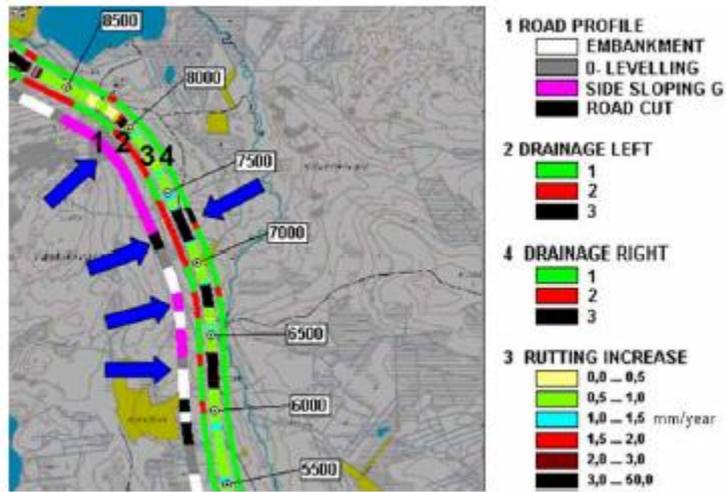


Рисунок 41 Пример выборочных критериев для особого класса содержания водоотвода, а/д 78, участок 219. В этом случае дорожные участки с показателем колеиности свыше 3 мм/год и классом состояния водоотвода не лучше класса 2 (синие стрелки) были выбраны для присвоения им особого класса содержания водоотвода



Рисунок 42 Пример участка дороги, выбранного для присвоения особого класса содержания водоотвода, а/д 78, участок 222, 4505м

7.3. РУКОВОДСТВО ПО СОДЕРЖАНИЮ ДОРОГ С ТВЕРДЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА РОВАНИЕМИ

На дорогах с твердым покрытием в зоне действия подряда на содержание дорог в Рованиеми стандарт водоотвода, основанный на эксплуатационных показателях, применялся только для специально отобранных участков с особым классом содержания водоотвода (см. Главу 7.2). На остальных участках улучшение водоотвода осуществлялось на основе отдельно плана, сформированного дорожным округом.

Согласно закупочной документации стандарт водоотвода на выбранных участках должен всегда быть 1 на всем протяжении контрактного периода. Работы по содержанию водоотвода на этих участках являются частью общей деятельности по дорожному содержанию, что означает отсутствие каких-либо дополнительных выплат со стороны дорожной администрации. Для обеспечения гарантии того, что водоотвод будет поддерживаться в надлежащем состоянии, подрядчик должен осуществлять мониторинг водоотвода ежегодно, в конце мая - начале июня до того момента, когда растительность будет препятствовать достоверной оценке и классификации. Затем подрядчик готовит для владельца дороги отчет с результатами мониторинга состояния водоотвода и, при необходимости, предпринимает необходимые действия по улучшению. Меры по улучшению должны быть реализованы не позднее конца сентября того же года, в котором владелец дороги осуществляет проверку состояния дорожного водоотвода.

В случае, если класс водоотвода, подтвержденный владельцем дороги, осенью был превышен на 5% и более протяженности участка, к подрядчику применялись следующие штрафные санкции:

Требуемый класс состояния водоотвода	Фактический класс состояния водоотвода, подтвержденный владельцем дороги	Штраф (€/м)
1	2	6 €/м (минимум 1000 €/участок)
1	3	12 €/м (минимум 1000 €/участок)

7.4. РУКОВОДСТВО ПО СОДЕРЖАНИЮ ВОДООТВОДА ДЛЯ ГРАВИЙНЫХ ДОРОГ

На гравийных дорогах пилотный проект Рованиеми затрагивал все участки, которые были обследованы для планирования работ по капитальному ремонту дорог после весеннего оттаивания грунтов (см. Рисунок 28). На этих дорогах особый класс водоотвода отсутствовал, однако дорожный профиль определял требуемый класс водоотвода. На дорогах, проходящих в полунасыпи-полувыемке класс состояния водоотвода всегда должен был поддерживаться на уровне класса 1, на остальных участках – на уровне класса 2. Начиная с летнего периода 2008г. класс 3 на гравийных дорогах не допускался вообще. В период действия контракта все участки с состоянием водоотвода класса 3 должны были быть улучшены до требуемых показателей.

На гравийных дорогах подрядчик также обязан был осуществлять мониторинг класса состояния водоотвода в конце мая – начале июня. При обнаружении недостатков, водоотвод следовало улучшить как минимум на 1 класс до сентября этого же года, когда владелец дороги проводил проверки состояния водоотводных систем.

В случае, если класс водоотвода, подтвержденный владельцем дороги, осенью был превышен на 5% и более протяженности участка, к подрядчику применялись следующие штрафные санкции:

Требуемый класс состояния водоотвода	Фактический класс состояния водоотвода, подтвержденный владельцем дороги	Штраф (€/м)
1	2	4 €/м (минимум 500 €/участок)
1	3	8 €/м (минимум 1000 €/участок)
2	3	6 €/м (минимум 800 €/участок)

7.5. ОТЗЫВЫ ПОДРЯДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

В рамках конкурса на заключение договора подряда на содержание дорог в дорожном округе Рованиеми дорожный округ Лапландии провел ряд интервью с заявителями в целях оценки их мнений по поводу новых руководств по содержанию дорожного водоотвода как части новой политики Finra "На пути к контракту по дорожному содержанию на основе эксплуатационных показателей".

Ответы были собраны г-ном Ээро Кенттяля, округ Лапландия, который свел результаты в резюме, приведенное ниже.

В целом, некоторые подрядчики считали такое решение правильным, однако также были и те подрядные организации, которым совершенно не нравилась новая система, основанная на достижении заданных эксплуатационных характеристик, и которые предпочли бы работать «по старинке», на основе единичных затрат. Такие затраты легко было рассчитать, к тому же в старой системе не было никаких «котлов в мешке», которые могли бы создать непредвиденные риски в расчетах.

По мнению подрядчиков новые контракты на основе эксплуатационных показателей состояния водоотвода могли бы стать более затратными для подрядчиков, поскольку в работе им пришлось бы давать некоторые «гарантии», что на практике потребовало бы большего объема работ. С другой стороны, были также высказывания о том, что улучшения водоотвода, основанные на единичных затратах, являются скорее «косметическими мерами», чем действительными решениями проблем. Идея отдельного класса содержания водоотвода на критических участках дорожной сети с твердым покрытием была в целом одобрена, особенно, если к остальным участкам возможно было применять старый, основанный на единичных затратах, подход.

В расчетах по контракту возникли проблемы с оценкой того, как быстро засоряются боковые каналы и как часто их необходимо чистить, поэтому было предложено вести на участках записи о мероприятиях по содержанию. В противном случае, только текущий подрядчик имел бы представление о масштабе существующей проблемы. Было установлено, что транспортные затраты дорожной техники, задействованной на очистке канав, могут составлять значительную часть суммарных затрат. Самой большой проблемой здесь считалась очистка водоотводных канав, для чего требовалось найти владельцев прилегающих территорий, на которых они расположены, и получить от них разрешения на производство работ, что потребовало много времени. Именно в этой части работ подрядчики попросили дорожный округ разделить с ними риски.

Отвечая на вопросы о данных полевых обследований и тендерной документации, подрядчики сошлись во мнении, что ознакомиться и проанализировать данные обследований в короткие сроки подготовки заявки было сложно. Кроме того, им требовалось дополнительное обучение для того, чтобы проанализировать весь новый материал.

В октябре, спустя две недели после заключения контракта, было проведено телефонное интервью с местным лидером проекта, который выиграл тендер. В тот момент подрядчик согласился с тем, что новая система в целом хороша, однако риск, возложенный на него,

был слишком велик, поскольку он не имел четкого представления о том, какой объем работ предстоит выполнить. Вопрос состоял также в том, какова фактическая потребность в улучшении боковых канав, до какой степени должна быть выполнена очистка водоотводных канав и насколько легко получить разрешения на выполнение этих работ от владельцев прилегающих к дороге земель. В своих заявках на тендер подрядчик использовал при расчетах средние затраты на содержание водоотвода. Планы подрядчика на первые годы были сфокусированы, в целом, на очистке боковых канав и только затем на содержание водоотвода в надлежащем состоянии на критических участках. Подрядчик также посчитал, что управление водоотводом на дорогах с твердым покрытием будет осуществиться легче, чем на гравийных дорогах.

7.6. ОТЗЫВЫ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ДОРОГ

В октябре 2007 с вступлением контрактов в действие в результате интервью были собраны отзывы и мнения персонала, ответственного за заключение контрактов на содержание в Дорожном Округе Лапландия. Резюме результатов интервью представлено ниже.

В целом, новый подход на основе эксплуатационных показателей содержания водоотвода воспринимался как правильный шаг в правильном направлении. В настоящее время Дорожный округ определяет целевые и предельные показатели для классов состояния водоотвода, а подрядчик отвечает за надлежащее функционирование водоотводной системы. Таким образом, сокращается объем программируемых работ по содержанию водоотвода дорожных округов. В фазе перехода на новую систему требуется 2-3 года, чтобы подрядчик смог довести водоотводную систему до оптимального стандарта, а затем только поддерживать ее на требуемом уровне.

Ответы на вопрос о результатах анализа состояния водоотвода были частично удивительными, частично прогнозируемыми. Главная озабоченность состояла в том, полностью ли поняли подрядчики свою задачу и смогли ли они оценить объем мер, которые им предстояло осуществить. В будущем определение критических показателей класса водоотвода в полевых условиях может вызвать некоторые дискуссии.

Дорожный мастер дорожного округа – это ключевая персона, отслеживающая качество работ, выполняемых подрядчиком. Гарантийные сроки и применяемые санкции были расценены как корректные, и потому должны были гарантировать хорошую работу подрядчика.

Самые значительные выгоды от внедрения новой системы заключались в увеличении межремонтных сроков (сроков укладки нового слоя покрытия), поскольку состояние критических участков, обычно требующих ремонта, улучшилось. На гравийных дорогах объем проблем снижения несущей способности в весенний период скорее всего уменьшится.

Основной риск нового подхода – затраты на выполнение работ в течение первых двух-трех лет. Некоторую озабоченность вызывал вопрос о том, правильную ли технику подберет подрядчик для выполнения работ по улучшению водоотвода и не азрушит ли она покрытие.

8. РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В системе управления покрытия срок службы дороги обычно зависит от 10% наихудших показателей колеиности, ровности и прочности дорожной конструкции на участках дорог, которые могут запустить механизм возникновения потребности в ремонте покрытия в компьютерной программе. Одной из общих для всех дорог Северной периферии характеристик является то, что водоотвод на них в основном находится в неудовлетворительном состоянии. Улучшая водоотвод, возможно значительно увеличить

срок службы дорог с твердым покрытием. Та же политика применима и к гравийным дорогам.

В данном отчете дано описание и резюме процессов и действий, которые необходимы для того, чтобы наилучшим образом управлять состоянием водоотвода на дорогах с твердым и гравийным покрытием в Северной периферии. Отчет предоставляет информацию о технологии обследований, примененной для определения и классификации состояния водоотвода, анализа данных при оценке срока службы покрытий, местоположении критических участков на дорожной сети. Также в отчете представлен пример, в котором данная информация была использована для совершенствования процесса заключения контрактов на дорожное содержание.

Неудовлетворительный водоотвод определенно влияет на показатели колейности. На местных дорогах показатели колейности в 2.3 раза хуже на участках с неудовлетворительным водоотводом (класс 3) по сравнению с участками класса 1. Подобный же эффект наблюдался на главных дорогах, что свидетельствует о том, что предлагаемая политика улучшения водоотвода актуальна не только для дорог с низкой интенсивностью движения, но и для всей сети в целом. Колейность на главных дорогах большей частью связана с морозным пучением и периодом снижения несущей способности в период весеннего оттаивания: например, на главной дороге 4 в Рованиеми при классической толщине дорожной конструкции 1.2м морозное пучение на заиленных грунтах составляет 190мм при неудовлетворительном состоянии водоотвода. Этот показатель мог бы быть уменьшен до 110мм, если бы при этих же грунтах был бы обеспечен лучший водоотвод. Кроме колеобразования, неудовлетворительный водоотвод является одной из причин повышенных показателей ровности. Особенно четко это влияние прослеживается на участках дорог, проходящих по мореновым отложениям и морозочувствительным ледниковым наносам. На участках с неудовлетворительным состоянием водоотвода можно обнаружить множество различных конструктивных проблем: деформации обочин, продольные трещины, растрескивание обочин, т.д. При сравнении показателей колейности на участках с разными типами поперечных профилей, наихудшие показатели на региональных и главных дорогах были выявлены только на участках, проходящих в выемках. В случае дорог с низкой интенсивностью движения проблемы с колеобразованием чаще встречались на всех типах поперечных профилей, кроме насыпей.

Расчеты выгод и затрат выявили значительный потенциал экономии затрат на устройство новых слоев покрытия в Рованиеми: свыше 330.000 € ежегодно. Этот объем средств разумнее всего было бы направить на улучшение и поддержание водоотвода на сети дорог в хорошем состоянии. Предполагая, что распределение классов водоотвода по сети дорог с твердым покрытием по всей Финляндии примерно одинаково, можно подсчитать, что в масштабе всей Финляндии экономия от улучшения водоотвода составила бы порядка 30 – 40 млн. €. Эта сумма превышает годовой бюджет на ремонт покрытий во многих дорожных округах.

Полученные результаты применимы для других территорий Северной периферии. На Рисунке 43 показано сравнение средних глубин колеи и соотношения в округе Рованиеми (Финляндия) и Шеллефтео (Швеция), где реализовывались схожие пилотные проекты в 2006г. Дороги Шеллефтео в основном подпадали в ту же категорию, что и соединяющие дороги Рованиеми, и Рисунок показывает, что отношения глубин колеи для каждого класса водоотвода в Рованиеми примерно одного уровня, хотя абсолютные уровни колейности в Шеллефтео ниже. Эти соотношения также идентичны в губернии Тромс, проект Roadex II (Бернтсен и Сааренкетто 2005).

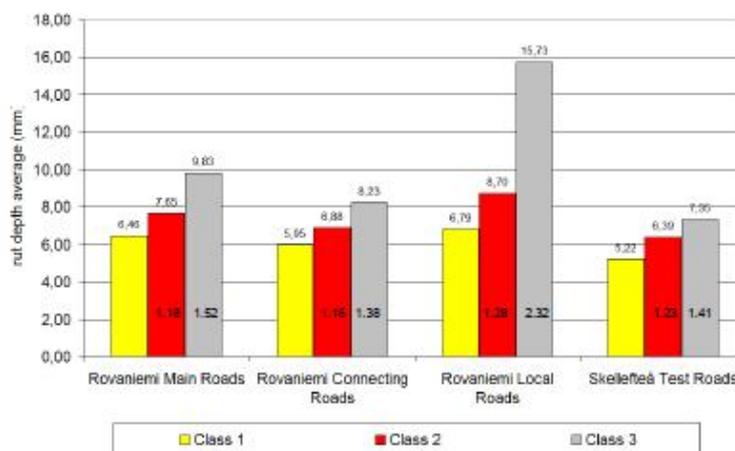


Рисунок 43 Сравнение средних глубин колеи по каждому классу дороги в Рованиеми с данными дорожного округа Шеллефтео, Швеция. Тестируемые дороги Шеллефтео относятся к тому же стандарту, что и соединяющие (региональные) трассы Финляндии

Результаты данной работы также показывают, что неудовлетворительный водоотвод может быть связан с особыми проблемами гравийных дорог. В зоне действия контракта на содержание дорог Рованиеми участки, характеризовавшиеся неудовлетворительными условиями водоотвода, также испытывали снижение несущей способности в весенний период. Например, расчеты величины морозного пучения показали, что на гравийных дорогах, проходящих по морозочувствительным грунтам в Рованиеми, с толщиной дорожной конструкции 300мм морозное пучение возможно было снизить примерно с 360 до 200мм в случае улучшения функционирования водоотводной системы. Неудовлетворительный водоотвод вызывает не только проблемы морозного пучения. В более теплых климатических зонах на гравийных дорогах ухудшается прочность нижней части дорожной конструкции и верхней части земляного полотна, что в результате приводит к возникновению остаточных деформаций и колеиности второй степени.

Несмотря на то, что известно о негативном влиянии плохо функционирующего водоотвода на состояние и стоимость дорожных активов, вопрос о более качественном и педантичном содержании водоотводных систем в основном игнорируется. Одной из причин тому служит то, что не существует никаких описаний того, как классифицировать состояние водоотвода и указать местоположение проблемных участков. Один из примеров, успешно реализованных в данном пилотном проекте, проиллюстрирован Рисунок 44. Используя этот образец, можно выявить проблемные участки и определить особые стандарты их содержания. Эти стандарты должны быть разработаны с учетом того, что водоотвод на этих особых участках должен поддерживаться в хорошем состоянии постоянно, даже если для этого потребуется ежегодно реализовывать меры по улучшению.

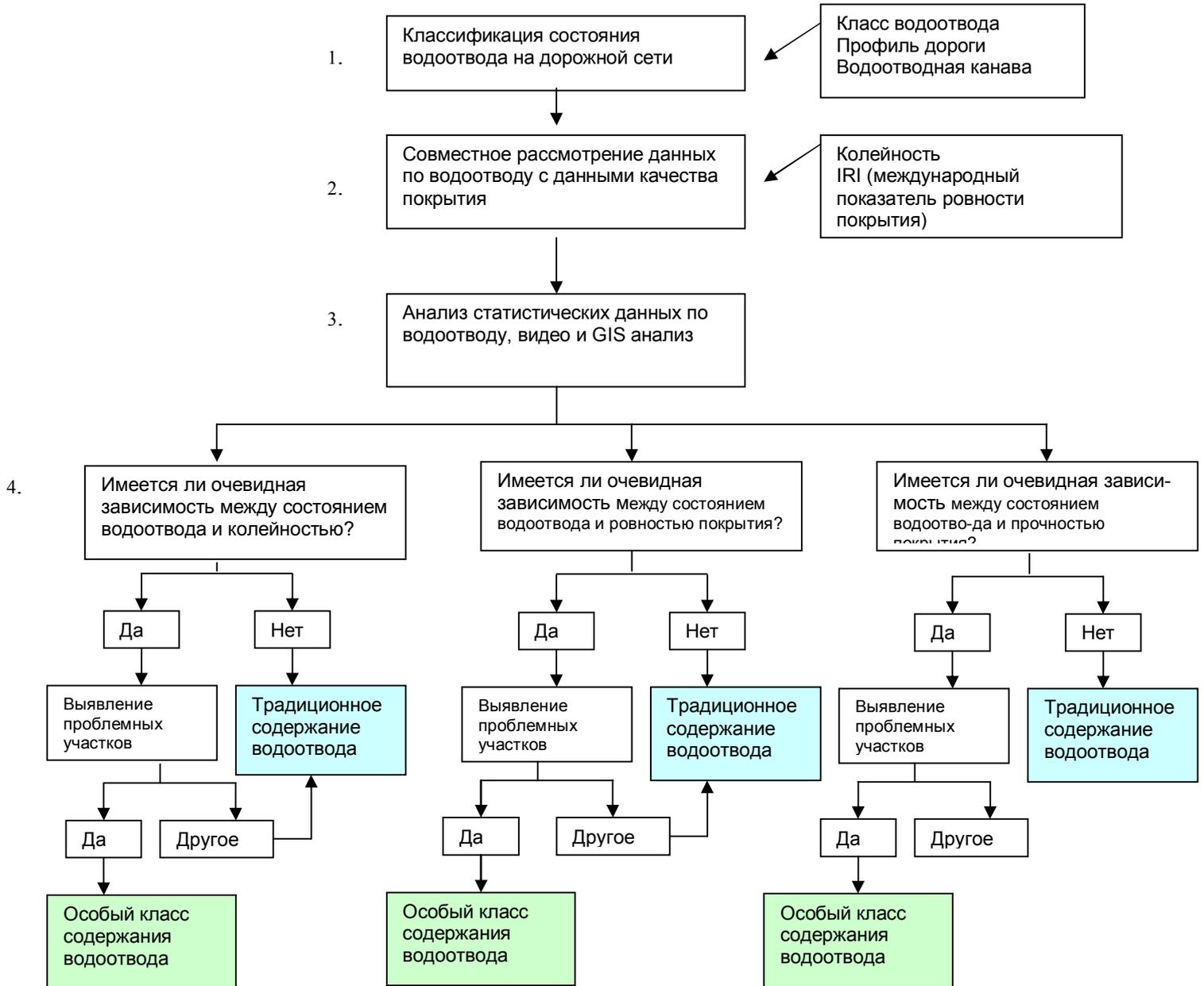


Рисунок 44 Процесс определения особых классов содержания водоотвода для контрактов по содержанию дорог с твердым типом покрытия

Несмотря на то, что на данный момент опыта применения стандартов водоотвода в контрактах по дорожному содержанию нет, уже можно сделать ряд предположений. Участки с особым классом содержания водоотвода должны всегда поддерживаться на уровне класса 1, и в случае появления дефектов, характерных для класса 2, они должны быть исправлены тем же годом. На других участках класс 3 содержания водоотвода допускается только на участках насыпей, и лишь небольшой процент класса 2 допускается для участков выемок и в верхней боковой канаве на участках, проходящих в полунасыпи-полувыемке. В целом, для дорог с твердым покрытием допускается доля участков с классом водоотвода 2 – не более 20%, классам 3 - не более 1% протяженности каждого участка.

В случае гравийных дорог первая цель заключается в допущении не более 10% участков с классом водоотвода 3 и не более 50% - с классом водоотвода 2. На следующем этапе наличие класса содержания водоотвода 3 не допускается, класса 2 – не более 20% от общей протяженности участков.

Особая проблема реализации политики улучшения дорожного водоотвода в дорожных округах связана с дорожными организациями и тем, как они управляют проектами по текущему содержанию, капитальному ремонту, устройству новых слоев покрытия. В большинстве случаев в подчинении дорожных округов имеются разные подразделения, отвечающие за текущее дорожное содержание и капитальный ремонт и восстановление, и эти работы выполняются также разными подрядчиками. В связи с этим возникает вопрос: почему подразделения и подрядчики по дорожному содержанию должны испытывать трудности с нововведениями по содержанию водоотвода, в то время как подразделение и подрядчики, занимающиеся укладкой новых слоев покрытия, лишь получают выгоды? Кроме того, обследование состояния водоотвода и анализ составляют значительную часть средств контрактов на содержание. Однако на этот процесс следует смотреть с позиции всех дорожных округов, тогда станет очевидно: почему бы не инвестировать в одно обследование 40 – 50.000€, если полученные результаты позволят сэкономить до 300.000 € в год для всего региона.

В будущем контракты на устройство новых слоев покрытия также будут совершенствоваться в направлении соответствия требованиям долгосрочных транспортно-эксплуатационных характеристик. В этой игре плохой подрядчик по содержанию может испортить все то, чего добился подрядчик по устройству покрытий, только лишь проигнорировав необходимость качественного содержания водоотвода. Если эта дилемма не будет решена, она станет основным вопросом будущих споров, если к подрядчикам по устройству покрытий будут применяться штрафные санкции. Именно поэтому необходимо создать простые и четкие правила в отношении стандартов и ответственности за содержание дорожного водоотвода. В результате, подрядчик по содержанию, ответственный за свою часть работы, должен не только наказываться за плохо выполненную работу, но и поощряться за хорошую, что в итоге будет экономически выгодно для всех. Качественная система дорожного водоотвода – это большой шаг в направлении экологически устойчивого управления состоянием дорог, поскольку экономит невозобновляемые ресурсы, например, такие как битум.

Таким образом, дорожные регионы не должны полагаться только на подрядчиков по дорожному содержанию в вопросах надлежащего содержания водоотвода. Округа должны также сберегать средства для более дорогостоящих и капитальных улучшений на наиболее проблематичных участках с неудовлетворительным водоотводом. Такие улучшения (конструкции) столь затратны, что период окупаемости вложенных в них средств может превышать период заключения контракта на содержание, поэтому подрядчики не будут реализовывать такие меры при отсутствии субсидий со стороны дорожных округов. На Рисунке 45 приведены примеры из Швеции с долгосрочными решениями по усовершенствованию системы дорожного водоотвода.



Рисунок 45 Примеры защиты откосов в целях улучшения дорожного водоотвода, Северный регион, Швеция

Использованные источники

1. Ахо С. и Сааренкето, Т., 2006, Управление системой дорожного водоотвода на дорогах с низкой интенсивностью движения. Итоговый отчет, 37 стр.
www.roadex.org
2. Бернтсен, Г. и Сааренкето Т., 2005. Водоотвод на дорогах с низкой интенсивностью движения. Отчет проекта Roadex, www.roadex.org
3. Сааренкето, Т., 2001. Управление состоянием дорог с низкой интенсивностью движения в Северной Периферии. Под-проект Roadex. Отчет по современному изучению, 70 стр.



ПУБЛИКАЦИИ ROADEX III

- Разработка руководств для контрактов по дорожному содержанию
- Контроль давления в шинах для лесовозов
- Понимание механизмов влияния тяжелого грузового транспорта на конструкции дорог с низкой интенсивностью движения
- Вопросы здравоохранения, связанные с неудовлетворительным содержанием сетей дорог
- Политики управления состоянием дорог с низкой интенсивностью движения – эксперименты и предложения
- Политики для лесных дорог – ряд предложений по улучшению
- Строительство дорог в Гренландии – Учебный пример из Гренландии

