

УДК 502:629

В. А. Шкаликов, А. В. Бышевская

**О ВЛИЯНИИ ЛИТОГЕННЫХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

8

Дана информация о состоянии автодорог на территории Смоленской области. Рассмотрено состояние местных дорог в зависимости от гранулометрического состава поверхностных пород. Проведен анализ эксплуатационных характеристик дорожных одежд в различных природных комплексах. Определены отдельные закономерности появления повреждений дорожного покрытия в зависимости от местных особенностей литогенных условий.

This article offers information on the condition of motorways in the Smolensk region. The condition of local roads is considered in relation to the particle size structure of covering rocks. The authors conducted an analysis of performance characteristics of road surfaces within different natural complexes and identified certain patterns in road damage depending on the local lithogenic conditions.

Ключевые слова: литология, автомобильные дороги, природные комплексы, твердое покрытие, грунты, морозное пучение, эрозия.

Key words: lithology, motorways, natural complexes, hard surface, soils, hillock, erosion.

Территория Смоленской области характеризуется значительным разнообразием четвертичных отложений. На большей части земель преобладают лессовидные суглинки. Отсутствуют они лишь на северо-западе области в пределах зоны последнего оледенения, где наиболее распространены моренные суглинки. Водно-ледниковые отложения, представленные в основном песками и супесями, залегают с поверхности во многих местах территории области, но чаще встречаются на юге и северо-западе.

Природные комплексы, сложенные лессовидными суглинками, не относятся к благоприятным для строительства дорог. Характеризуются они значительной высотой капиллярного поднятия влаги, высокой влагоемкостью, набухаемостью. При высыхании объем данной породы уменьшается. При насыщении влагой заметно ухудшаются прочностные свойства лессовидного суглинка, повышается его липкость. В сухом состоянии они достаточно устойчивы в силу наличия прочных структурных связей, при увлажнении нарушающихся, и под нагрузкой такой грунт проседает, возникают деформации дорожного полотна. В условиях избыточного увлажнения снижается несущая способность этих грунтов.



Моренные суглинки характеризуются теми же неблагоприятными для строительства дорог свойствами, что и лессовидные суглинки, нередко выраженными в большей степени.

Более благоприятными свойствами для строительства дорог, обуславливающими и лучшее их состояние, обладают пески зандровых и озерноледниковых равнин. Для песчаных отложений характерна небольшая высота капиллярного подъема влаги, малая влагоемкость, значительная водопроницаемость. Соответствующий грунт не увеличивается в объеме при увлажнении, быстро высыхает, обладает достаточно высокой несущей способностью, но почти не связывается в сухом состоянии. Поэтому на дорогах, проходящих по сыпучим пескам, передвижение колесных машин затруднено из-за образования глубоких колеи и значительного сопротивления движению. На территории области участки дорог с песками в таком состоянии встречаются нечасто. Обычны они на склонах песчаных грив, гряд в пределах краевых образований ледника, реже приурочены к террасам и высоким поймам. Проходимость подобных участков заметно ухудшается лишь в засушливые периоды летнего сезона.

Супесчаные грунты содержат песчаные и глинистые частицы в таком соотношении, что потеря связности глиной при увлажнении в известной мере компенсируется происходящим одновременно повышением связности песчаных грунтов. Поэтому супесчаные грунты при повышении влажности дольше, чем другие виды, сохраняют устойчивость. В сухое время соответствующие грунтовые дороги имеют ровную поверхность. Пыли на них относительно немного, грязь малолипкая. Образующиеся во влажную погоду при кратковременных дождях неглубокие колеи быстро закатываются движением, когда грунт начинает подсыхать.

Супесчаные пылеватые грунты имеют малую связность. При водонасыщении легко приходят в пльвунное состояние и почти полностью теряют способность сопротивляться нагрузкам. В сухом состоянии сильно пылят. Склонны эти грунты и к образованию пучин.

На территории области состояние дорог, не имеющих твердого покрытия, особенно сильно зависит от гранулометрического состава поверхностных пород. Дороги в хорошо дренированных зандровых равнинах, сложенных песчаными породами, при глубине залегания грунтовых вод более 2 м способны длительное время находиться в хорошем состоянии. После проведенного в середине или в конце весеннего периода грейдерования при относительно невысокой интенсивности движения транспорта они хорошо проходимы в засушливые и нормального увлажнения годы в течение практически всего летнего периода. И лишь во влажные годы требуется дополнительно одно, реже два грейдерования. Устойчивость дорог повышается при создании насыпи из песка и организации поверхностного стока, исключая скопление и застой воды на полотне и возле него.

В пределах пониженных зандровых равнин с глубиной залегания грунтовых вод менее 1 м при отсутствии песчаной насыпи состояние дорог во влажные периоды заметно ухудшается. В разной степени выраженные колеи здесь обычны. Появление их особенно характерно для понижений рельефа и выровненных участков, где затруднен отток поверхностных и грунтовых вод.



На склонах озовых гряд, песчаных холмов в засушливые периоды песок теряет связность, легко смещается, что значительно усложняет движение транспорта. На отдельных, хорошо выраженных склонах такое состояние дорог можно наблюдать ежегодно, нередко в течение длительного периода. Например, на дороге пос. Пржевальское — дер. Рибшево (национальный парк «Смоленское Поозерье») в 2010 г. на склоне западной экспозиции возле дер. Петраково из-за наличия небольших песчаных гребней, бугров был весьма затруднен въезд в гору даже тяжелой техники. Такое состояние дороги на склоне сохранялось в течение более двух месяцев жаркой и сухой погоды летнего периода и на указанном и других участках отмечается ежегодно в засушливые периоды летнего сезона.

Наблюдения показывают, что на ровной поверхности вершин озовых гряд дороги в хорошем состоянии при любой погоде.

Плохим состоянием отличаются дороги в пределах моренных равнин, особенно в условиях слабой дренированности. В весеннюю распутицу и при выпадении осадков на низких участках этих равнин, где происходит скопление поверхностных вод или выходят на поверхность грунтовые воды, дороги становятся непроезжими. Насыщенные влагой суглинки легко выдавливаются колесами автомобилей, в результате чего в таких местах образуются колеи и ямы. В течение длительного времени они остаются заполненными водой, а грунт в них — полностью насыщенным влагой.

Высокая влагоемкость суглинков, низкая их водопроницаемость являются причиной плохого состояния дорог не только в понижениях рельефа, но и на относительно выровненных повышенных участках, где затруднен отток поверхностных вод. И лишь на склонах, где нет застоя воды и грунт при отсутствии дождей быстро высыхает, состояние дороги может быть удовлетворительным.

При проектировании дорожных одежд на территории области наряду с учетом общих нормативных положений следует руководствоваться местными особенностями литогенной основы. Свойства пород, такие, как просадочность, удельное сопротивление, влагонасыщаемость, могут негативно влиять на дорожное покрытие, провоцировать образование продольных и поперечных трещин и пучения. Состав подстилающей поверхности влияет на все элементы дороги. Однако сильнее всего это сказывается на откосах земляного полотна автомобильных дорог. На территории Смоленской области преобладают песчаные и песчано-гравийные откосы. Нередко в разной степени они подвержены деформациям. Под воздействием снегопадов, метелей, ливней на данных откосах в отдельных местах заметны следы эрозии, оплывины, а иногда и оползни.

Опытным путем в дорожном научно-исследовательском институте ОАО «СоюздорНИИ» были выявлены оптимальные характеристики для песка, используемого для сооружения откоса в центральной части европейской территории РФ. Установлено, что оптимальная плотность песка должна составлять $1,89 \text{ г/см}^3$, оптимальная влажность — 10,9%. Анализ проб грунта на откосах автотрассы Москва — Минск показали, что плотность его во всех случаях в целом соответствует норме, влажность во всех точках превышает оптимальный показатель (табл. 1).



**Плотность и влажность грунта откоса насыпи автодороги Москва – Минск
(измерения проведены 10 июня 2008 г.)**

Глубина измерения, м	Плотность грунта, г/см ³	Влажность грунта, %
10	1,89	17,3
10	1,76	12,8
10	1,83	15,7

От пород, слагающих земляное полотно и его основание, зависит во многом устойчивость автодороги к негативным влияниям окружающей среды. В дорожной конструкции происходят сложные процессы: нагревание, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация. Протекают эти процессы неодинаково в разных грунтах, определяя во многом интенсивность такого весьма распространенного негативного явления на дорогах, как пучение. В общих чертах механизм пучения дорожного полотна сводится к тому, что неблагоприятные грунты за теплое время года набирают влагу, которая в зимнее время замерзает, превращаясь в лед, и увеличивается в объеме в среднем на 9%. При этом происходит расширение грунта по пути наименьшего сопротивления – в сторону дорожного покрытия [1].

Пучение грунта зависит от содержания в нем влаги, наличие которой определяется не только условиями, обуславливающими поступление ее в грунт под дорожное покрытие, но и от гранулометрического состава пород. В современной практике проектирования автодорог принято разделять грунты по степени пучинистости на пять категорий (табл. 2).

Таблица 2

**Классификация грунтов по степени пучинистости
(согласно СНиП 2.05.02-85)**

Группа грунтов	Степень пучинистости	Грунт	Относительное морозное пучение образца, %
I	Непучинистый	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	1 и менее
II	Слабопучинистый	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %; супесь легкая крупная	От 1 до 4
III	Пучинистый	Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый; глины	От 4 до 7
IV	Сильно пучинистый	Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	От 7 до 10
V	Чрезмерно пучинистый	Супесь тяжелая пылеватая; суглинок легкий пылеватый	Более 10



По степени пучинистости территории области относятся в основном к III–V категориям, в связи с чем нередко возникают сложности при строительстве и эксплуатации дорог. Наиболее пучиноопасными являются насыпи и выемки в пылеватых грунтах.

В зависимости от глубины промерзания величина пучения грунтов в пределах Смоленской области колеблется в пределах 3–15 см. При пучении грунта на покрытии образуются трещины, которые, постепенно увеличиваясь, приводят к разрушению дороги. По данным статистики, покрытие дорог, расположенных в зоне пучинистых грунтов, служит в 3–4 раза меньше, чем построенное на грунтах непучинистых.

Территория Смоленской области относится ко II дорожно-климатической зоне, в которой высок риск возникновения дорожного пучения, продольных и поперечных трещин [2, с. 34]. В условиях этой климатической зоны к автодорогам предъявляются более высокие требования к морозостойкости, прочности и трещиностойкости дорожного покрытия.

Защита дорожного полотна от воздействия сил морозного пучения — актуальный вопрос для автодорожных служб, работающих в области строительства и ремонта автомобильных дорог. В настоящее время созданы комплексные методы, рекомендуемые для указанной дорожно-климатической зоны и предполагающие введение в грунт подстилающей поверхности битумных эмульсий и паст, жидких битумов, сырой нефти и др. Продлить срок службы дорожной конструкции могут правильно подобранные теплоизоляционные материалы. Принимая во внимание значительное разнообразие природных условий, действия по повышению прочности дорожного покрытия нужно разрабатывать индивидуально для каждого участка дороги, в том числе и с обязательным учетом местных пород.

Другая причина, приводящая к деформации дорожного полотна, — набухание грунта. Степень набухания чаще всего определяют по приросту объема грунта в процессе насыщения его водой. Способность грунта к влагонасыщению является в связи с этим весьма важной характеристикой при проектировании и строительстве дорог. Очевидно, что наиболее устойчивы к воздействию влаги песчаные грунты с крупностью частиц выше средней. Они обладают небольшой водоудерживающей способностью, при увлажнении малосжимаемы и могут служить устойчивым основанием для возведения дорожных конструкций.

Неблагоприятные изменения в состоянии дорожного полотна возникают нередко также и в результате просадок грунта. К просадочным грунтам относятся лессы, лессовидные супеси, суглинки и глины, некоторые виды покровных суглинков и супесей, а также в отдельных случаях мелкие и пылеватые пески с повышенной структурной прочностью.

Рассмотренные свойства грунтов весьма важно учитывать при строительстве дорог, которое в пределах моренных равнин, особенно сложенных пылеватыми породами, более затратно, чем в зандровых равнинах. Уменьшение строительной стоимости в моренных равнинах за счет применения местных материалов и снижения капитальности конструкции приводит к снижению эксплуатационной надежности и, следовательно, к более быстрому накоплению повреждений и росту эксплуатационных затрат.



Деформации твердого покрытия, связанные с рассмотренными выше свойствами грунтов, весьма распространены на дорогах области. Во многом это обусловлено тем, что долгое время для возведения насыпей дорог на ее территории в целях снижения денежных затрат на строительство использовался местный грунт. Поэтому на многих участках, особенно сложенных суглинками, обычны множественные дефекты: пучины, трещины, разломы.

Повреждения твердого покрытия дорог возникают чаще в результате пучения грунта, реже – набухания и просадочности пород. Типичны повреждения, вызванные некачественным строительством, недостаточным учетом особенностей природных комплексов, существующих между ними связей. Но выявить участки дороги с твердым покрытием, в разной степени подверженные появлению тех или иных повреждений, не всегда представляется возможным, так как ремонтные работы по их устранению проводятся в отдельных местах в разные сроки. Поэтому на участках дорог, больше подверженных разрушению, твердое покрытие после ремонта бывает нередко в лучшем состоянии, чем на участках, испытывающих меньшее воздействие негативных факторов.

Многолетние исследования позволили нам обнаружить некоторые закономерности в образовании отдельных повреждений дорожного покрытия в зависимости от литогенных условий местности. Лучшим объектом исследований по определению воздействия различных факторов природной среды, в том числе и литогенных, на состояние дорог оказывается автотрасса Москва – Минск, для которой характерны интенсивное движение транспорта, в том числе и большегрузного, постоянные ремонтные работы на участках появления повреждений дорожного покрытия. Проведенные в весенние периоды нескольких лет обследования этой трассы позволили установить хорошо выраженную зависимость приуроченности разрушений ее дорожного покрытия к моренным равнинам. Такие участки обычны в пределах Вяземской, Смоленско-Краснинской возвышенностей. В лучшем состоянии покрытие дороги от г. Ярцево до Сафоново, где поверхностные породы представлены в основном песками и супесями.

Такая закономерность существует и на других дорогах области. На дороге Смоленск – Рославль в лучшем состоянии участки в пределах зандровой равнины (к северу и югу от дер. Плоское). На участках пересечения зандровых равнин меньше повреждений дорожного покрытия и на дороге Смоленск – Витебск. Различия в состоянии асфальтового покрытия в пределах зандровой и моренной равнин особенно хорошо выражены на дорогах местного значения, где ремонтные работы не проводили в течение многих десятилетий. Наглядный пример этому – дорога от дер. Волоковая до пос. Гранки, где ремонтные работы не проводили более 20 лет. На участке Лелеквинской зандровой равнины (от дер. Волоковая до дер. Замошье) на данной дороге много трещин, но количество выбоин невелико. В пределах же моренной равнины (от дер. Замошье до пос. Гранки) дорога сильно разбита с множеством разных размеров ям.

Локальные места с более заметными повреждениями дорожного покрытия нередко можно наблюдать на хорошо выраженных участках вогнутого рельефа, где нагрузка на полотно дороги, особенно при вы-



сокой скорости движения, существенно возрастает. Обычно это участки дорог на пересечениях балок, оврагов, маленьких, но глубоких долин рек. На трассе Москва — Минск таких участков больше в пределах Смоленской и Вяземской возвышенностей (возле дер. Смогири в пределах пойм рек Вязьма, Новоселки и др.). В подобных местах песчано-гравийная отсыпка и слой асфальтобетонного покрытия должны иметь значительную мощность.

Как правило, больше повреждений дорожного полотна (в основном маленьких выбоин) к середине дороги, что обусловлено худшими условиями дренажа полотна по центру дороги, и в связи с этим более сильным в данной ее части пучением грунта. Такие повреждения лучше выражены на дорогах значительной ширины, особенно на отдельных участках автотрассы Москва — Минск, приуроченных преимущественно к моренным равнинам, и характерны для многих других дорог (Смоленск — Рославль, Смоленск — Витебск, Вязьма — Сычевка, Красный — Гусино и др.).

Разрушения твердого покрытия дороги приурочены нередко к участкам выемки грунта на положительных формах рельефа. Чаще их появление отмечается в пределах крупных форм рельефа на участках значительной протяженности и большой глубины вреза дорог. В таких местах кюветы должны быть глубже и иметь уклоны, не допускающие застой в них поверхностных или грунтовых вод.

Нередки повреждения твердого покрытия дорог на длинных склонах с выходом на них (обычно в средней или нижней частях) грунтовых вод. Чаще это можно наблюдать на коренных склонах долин рек, склонах положительных форм рельефа с большой площадью местного водораздела. Повреждения выражены в таких местах преимущественно на участках с невысокой насыпью полотна дороги. К подобным местам можно отнести участки автомагистрали Москва — Минск по левому склону долины р. Вязьма, по склону долины ручья возле дер. Коробово, а также участки на крутом склоне Таборной горы возле г. Смоленска (дорога Смоленск — Кардымово).

Повреждения дорожного покрытия, вызванные пучением, обусловлены нередко недостаточной высотой насыпи. Наиболее заметно это проявляется в пределах моренных равнин на участках с застоем поверхностных вод или близким к поверхности залеганием грунтовых вод. Но и на повышенных участках моренных равнин, где нет избыточного увлажнения почв, обычны повреждения полотна дороги при небольшой высоте насыпи. Это особенно характерно для выположенных участков местных водоразделов. В таких местах необходимо не только регулировать поверхностный сток вод, глубже оканавливать дороги, но и предусматривать отсыпку насыпи обломочными породами крупного гранулометрического состава.

Одни из наиболее частых причин значительных различий в состоянии дорожного покрытия расположенных рядом участков — разные сроки укладки асфальтобетона, проведение ремонтных работ в периоды, существенно отличающиеся по погодным условиям, использование в качестве дорожного покрытия неодинакового качества материалов.



Просадки грунта встречаются обычно на участках дорог в низинах, долинах рек, особенно там, где укладывались трубы, в большей степени характерны для мест устройства насыпи из местных, обладающих высокой просадочностью грунтов. Из-за просадки грунта нередко «по-роги» — маленькие перепады высот на стыках бетонных плит мостовых сооружений с примыкающими к ним насыпями дорог.

На дорогах местного значения иногда можно наблюдать провалы насыпи. Обычно они возникают там, где в результате некачественного строительства грунт вымывается водой возле уложенных под дорогами труб. Иногда промывы или размывы дорог появляются из-за того, что трубы оказываются полностью забиты мусором и приносимыми водой твердыми частицами.

Часты на дорогах области размывы откосов насыпи, сплывы грунта, реже встречаются его обрушения. Размывы откосов возникают в основном в нижней части длинных и крутых склонов при концентрации потока воды со всего проходящего по склону полотна дороги или с большей его части. Поперечный профиль дороги на склоне в таких случаях недостаточно выпуклый, в результате чего не происходит сброс воды в кюветы. Обычны на некоторых дорогах из-за размыва, сплыва грунта деформации бетонных плит, уложенных на откосах возле водопропускных сооружений, смещение бетонных колец.

Нередки случаи размыва на склонах придорожных кюветов и характерны больше для дорог местного значения, при строительстве которых не всегда уделяется должное внимание противоэрозионным мероприятиям. Типичны такие размывы в период строительства дорог.

Эрозия и сплывы встречаются на придорожных склонах, образовавшихся в результате выемки грунта. В отдельных местах их можно наблюдать ежегодно, например в пределах краевых образований ледника на дороге Смоленск — Самолюбово. Периодически эти процессы проявляются на придорожных склонах дороги Москва — Минск, на окружной дороге к юго-востоку от Смоленска, на старой Смоленской дороге вблизи Смоленска и на некоторых участках других дорог.

Обычны на дорогах, имеющих твердое покрытие, трещины. Чаще, особенно на дорогах местного значения, образуются поперечные трещины. Они содействуют постепенному разрушению покрытия вплоть до образования ям разных размеров и глубины. Приуроченность трещин к определенным элементам рельефа, природным комплексам не прослеживается. Способствуют их образованию неровности дорожного покрытия, различия в его толщине, в нагрузке на разные участки поперечного профиля дороги. Причинами возникновения могут быть различия в свойствах песчано-гравийной отсыпки, мощности, плотности ее слоя.

Проведенные исследования показывают, что многие свойства грунтов территории области в недостаточной степени учитываются при строительстве и реконструкции дорог. Появление пучения и иных деформаций дорожного покрытия обусловлено чаще недостаточной высотой дорожной насыпи, малой мощностью слоя песчано-гравийной отсыпки. Дороги местного значения построены нередко с заметными нарушениями технологии и качества строительства.



Список литературы

1. *Экструдированный* пенополистирол термоплэкс. URL: www.termoplex.ru
2. *Автомобильные* дороги : СНиП 2.05.02-85. М., 1986.

Об авторах

Виктор Андреевич Шкаликов — д-р геогр. наук, проф., Смоленский государственный университет.

E-mail: Skalikov@rbcmail.ru

Анастасия Владимировна Бышевская — специалист отдела экологического контроля, Федеральное управление по надзору в сфере природопользования по Смоленской области.

E-mail: Nastyaslasya@mail.ru

About authors

Prof. Viktor Shkalikov, Smolensk State University.

E-mail: Skalikov@rbcmail.ru

Anastasia Byshevskaya, Department of Ecological Monitoring, Smolensk Office of the Federal Nature Management Supervision Service.

E-mail: Nastyaslasya@mail.ru