

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian journal of transport engineering <http://t-s.today/>

2014, Том 1, №2 / 2014, Vol 1, No 2 <http://t-s.today/issues/vol1-no2.html>

URL статьи: <http://t-s.today/PDF/02TS214.pdf>

DOI: 10.15862/02TS214 (<http://dx.doi.org/10.15862/02TS214>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Юшков Б.С., Жернакова Д.А. Экспериментальные исследования просадочных свойств уплотненного грунтового основания насыпи автомобильной дороги // Транспортные сооружения, Том 1, №2 (2014) <http://t-s.today/PDF/02TS214.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02TS214

For citation:

Yushkov B.S., Zhernakova D.A. [Experimental study of collapsing properties of the compacted soil foundation of auto-road embankment] Russian journal of transport engineering, 2014, Vol. 1, no. 2. Available at: <http://t-s.today/PDF/02TS214.pdf> (In Russ.) DOI: 10.15862/02TS214

Адрес для связи с авторами:

614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29

УДК 624.131.232

Юшков Борис Семенович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь
Зав. кафедры САД
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Zzverdvd@mail.ru

Жернакова Диана Анатольевна

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь
Магистр
E-mail: zhernakova@pc.pstu.ru

**Экспериментальные исследования просадочных свойств уплотненного
грунтового основания насыпи автомобильной дороги**

Аннотация. На территории Пермского края практически повсеместно распространены лесовые просадочные грунты. Они занимают около 30 % площади края, на них ведется массовое строительство зданий и сооружений различного назначения.

Проектирование и возведение автомобильных дорог на просадочных грунтах с обеспечением их прочности и нормальной эксплуатации - одна из наиболее важных и сложных проблем современного строительства.

Рекомендуется устранять просадочные свойства грунтов в пределах всей просадочной толщи - глубинным уплотнением трамбовками, предварительным замачиванием грунтов оснований, в том числе с глубинными взрывами, химическим или термическим закреплением.

Многолетняя практика строительства на просадочных грунтах в регионах нашей страны, показала, что при возведении различных сооружений, устранение просадочности мощных лесовых достигается описанными выше методами, каждый из которых выбирается из условия и возможности применения.

В данной статье рассмотрены следующие задачи:

1. Изучение и обобщение имеющегося опыта строительства дорог на лёссовых грунтах;
2. Районирование и классификация (типизация) лёссовых толщ;
3. Выделение инженерно-геологических факторов, влияющих на выбор метода уплотнения просадочных грунтов;

4. Общие положения при строительстве дорог на просадочных грунтах.

Ключевые слова: просадочные грунты; дороги на просадочных грунтах; расположение лёссов; деформации грунтов; геологические выработки; прочностные свойства грунтов; физико-механические свойства; относительная просадочность

Введение

Строительство автомобильных дорог на просадочных грунтах достаточно сложный и трудоемкий процесс. В данном вопросе необходимо обеспечить безопасность езды и долговечность конструкции, одним из важных критериев которой является несущая способность грунта. На несущую способность в значительной мере влияет состояние верхней увлажненной зоны грунта. В связи с этим в целях увеличения несущей способности грунта, предусматривается предварительное замачивание грунта с пробуриванием скважин под подошвой насыпи и последующей укладкой насыпи земляного полотна. Замачивание является наиболее целесообразным и экономически выгодным.

Согласно геологическому строению (рис.1) Пермском крае, лессовые грунты преобладают в Осинском р-не. Для предотвращения и наблюдения за просадочными деформациями на участках автомобильных дорог в г. Оса Пермского края были выполнены следующие полевые и лабораторные работы: бурение пяти инженерно - геологических скважин глубиной 10 м; проходка шурфа глубиной 6,5 м вне зоны влияния веса насыпи и транспорта; вскрытие вручную из подошвы насыпи шести шурфов на глубину 1 м ниже; отбор монолитов из скважин и шурфов с проведением комплекса лабораторных испытаний по специально составленной методике; испытание грунтов статическими нагрузками на штампы площадью 600 см² в 4 скважинах; испытание грунтов статическим зондированием (СЗ) в 6 точках на глубину до 15 м; камеральная обработка и анализ полученных результатов. Кроме того, разработана программа мониторинга деформаций, установлены осадочные марки и организовано наблюдение за осадками насыпи автодороги.

Данная площадка (г. Оса по ул. Свердлова) выбрана в качестве экспериментальной, так как является типичной не только по грунтовым условиям, но и по конструктивным особенностям, действующим нагрузкам на основание, условиям эксплуатации и даже техническому состоянию.

На момент проведения изысканий на площадке, просадочные грунты встречены всеми выработками на глубинах от 1,4 до 7,0 м при мощности слоя 4,2 ÷ 5,3 м. Грунты характеризуются числом пластичности от 9,5% до 20,5 %, В геологическом строении территории принимают участие аллювиальные суглинистые грунты среднечетвертичного (хазарского) возраста, являющиеся верхним горизонтом глинистого (верхнего) яруса III надпойменной террасы Кама

Среднечетвертичные грунты с поверхности перекрыты насыпными отложениями современного возраста. Подстилаются глинами альбкого яруса нижнего отдела меловой системы, залегающими на глубинах более 35 м от поверхности земли. В пределах мощной толщи четвертичных суглинков традиционно выделяют 2 инженерно-геологических элемента (ИГЭ): ИГЭ-2 - суглинки просадочные, находящиеся выше УПВ, и ИГЭ-3 - суглинки непросадочные, расположенные ниже УПВ.

При среднем значении 14,4 %, что позволяет классифицировать их как суглинки. По показателю текучести суглинки относятся к полутвердым, а в условиях полного водонасыщения — к текучим разностям ($J_1 > 1$).

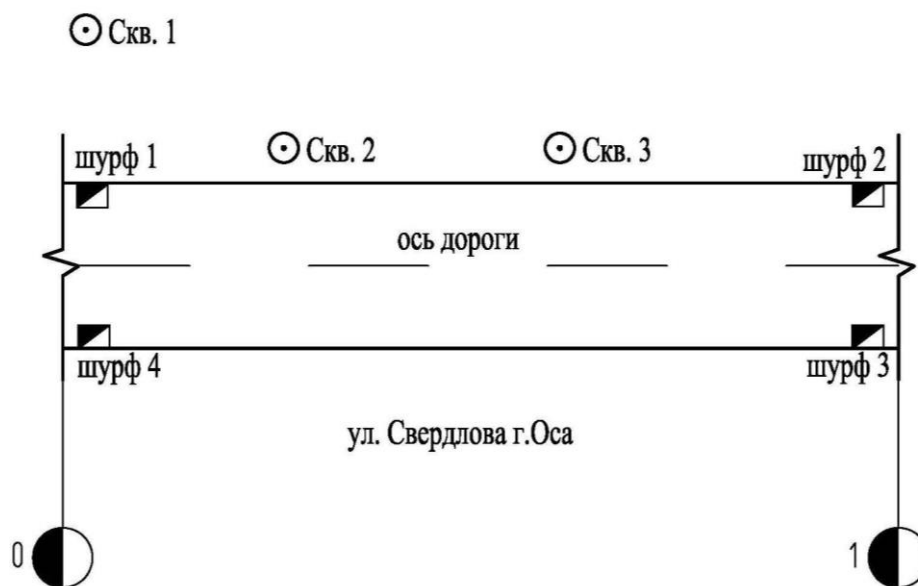


Рис. 2. Схема расположения инженерно-геологических выработок

Непросадочные грунты ИГЭ-3 в зоне влияния подземных вод вскрыты скважинами с глубин 6,3 x 7,0 м. Сезонные колебания грунтовых вод могут достигать 1 - 2 м, поэтому за отметку кровли слоя и установившегося УПВ принята верхняя граница их подъема, совпадающая с глубиной отбора проб грунтов, находящихся в мягко - текучепластичном состоянии. Грунты характеризуются числом пластичности от 13,2% до 20,2%, при среднем значении 16,0%, что позволяет классифицировать их как суглинки.

Подготовка образцов и проведение лабораторных исследований грунтов выполнялись в следующем порядке.

Скважины проходились колонковой трубой диаметром 127 мм конструкции КамТИСИЗ с отбором монолитов минимальной высоты грунтоносами вдавливаемого типа с внутренним диаметром не менее 114 мм.

Организация шурфа №1 размерами 1,0x2,0 м осуществлялась путем бурения шурфобуром диаметром 900 мм конструкции ПНИПУ на глубину 6,5 м за две проходки с разработкой перемычки между выработками вручную и одновременным отбором монолитов грунта природного сложения.

Прочностные свойства грунтов определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 12248-2010 по двум схемам: консолидированно-дренированный одноплоскостной срез в условиях полного водонасыщения (в дальнейшем - КВ); неконсолидированно-недренированный одноплоскостной срез в условиях полного водонасыщения (в дальнейшем - НВ).

При обработке результатов дополнительно привлекались материалы испытаний монолитов аналогичных грунтов, отобранных из шурфов на 2 соседних площадках.

Сравнивая значения плотностей при природной влажности и сухого грунта ИГЭ-2, полученные по монолитам, отобранным грунтоносом из скважин, и монолитам, вырезанным вручную из шурфов, можно заметить, что первые значения существенно выше.

Следовательно, при отборе грунтоносом происходит уплотнение грунта. Значения плотности сухого грунта по скважинам равны 147 г/см^3 , по шурфам - $1,26 \text{ г/см}^3$, плотности

грунта природной влажности, соответственно, 1,82 и 1,56 г/см³. Поэтому, при расчете оснований, к частным значениям плотностей грунта необходимо применять корректировочный коэффициент 0,86. Соответствующим образом изменятся и все вычисляемые характеристики (например, уменьшатся пористость и коэффициент пористости, увеличится степень влажности и т.д.).

Выполненные эксперименты в компрессионном приборе показали, что увеличение плотности грунта естественной влажности на 15% соответствует уплотнению нагрузками 0,15 ÷ 0,25 МПа.

При определении просадочных свойств по монолитам, отобранным из скважин, уплотнение приводит к занижению расчетных значений характеристик просадочности и даже отнесению этих грунтов к непросадочным. Кроме того, занижение коэффициента пористости приводит к завышению вычисляемой влажности (на данной площадке - с 0,56 до 0,79), что также вводит в заблуждение при оценке наличия у грунтов просадочных свойств.

Просадочные свойства грунтов изучались в компрессионных приборах по ГОСТ 23161-2012 методом «одной кривой» по трем кольцам с замачиванием при нагрузках 0,1; 0,2; 0,3 МПа.

По данным компрессионных испытаний монолитов, отобранных из шурфов, суглинки ИГЭ-2 вне сферы воздействия существующего здания обладают следующими просадочными свойствами: средние величины относительной просадочности при давлениях 0,1 МПа - 0,014 д.е., 0,2 МПа - 0,022 д.е., 0,3 МПа - 0,027 д.е.; начальное давление просадочности - 0,06 МПа

Грунтовые условия площадки - I типа по просадочности.

Следует отметить значительный разброс параметров просадочности по простирацию и глубине слоя, в т.ч. в сторону роста. Например, для грунта природного сложения в районе шурфа №4 зафиксировано самое высокое значение относительной просадочности $\varepsilon_{sl} = 0,048$ при давлении $P = 0,3$ МПа.

Формирование уплотненных зон под подошвами насыпи автодорог в просадочных грунтах носит долговременный характер и связано с геологическими особенностями конкретных площадок. При высокой структурной прочности (более 0,4 МПа) исходных твердых суглинков их уплотнение с давлениями до 0,4 МПа происходило только при снижении прочности структурных связей вследствие увлажнения основания. Источники увлажнения, как правило, достаточно ограничены по месту и времени воздействия и, в сочетании с индивидуальными конструктивными решениями и различными нагрузками, служат лишь кратковременным фактором формирования локальных уплотненных зон грунтов, частично лишившихся своих просадочных свойств.

Однако, в процессе длительной эксплуатации, происходит накопление таких локальных воздействий на основание, что приводит в итоге к формированию под каждым километром дороги индивидуальных грунтовых массивов с уникальными характеристиками, которые продолжают непрерывно изменяться.

Произошедшие изменения физико-механических свойств и характеристик просадочности, наличие и границы зон уплотнения несущего слоя грунта на данной площадке изучались путем отбора и последующего лабораторного испытания монолитов грунта из-под насыпей земляного полотна из шурфов №№ 2-7 на глубину, равную ширине их подошв а также контрольных монолитов природного сложения, отобранных из противоположной стенки тех же шурфов с аналогичной глубины. Монолиты из всех шурфов вырезались вручную размером не менее 20x20x20 см.

Начальное давление просадочности грунтов под дорогами составляет 0,18 МПа, величина относительной просадочности при давлении 0,2 МПа - 0,011 д.е., при давлении 0,3 МПа - 0,017 д.е.

Характеристики просадочности грунтов природного сложения и уплотненных в процессе эксплуатации дороги приведены на рис.3.

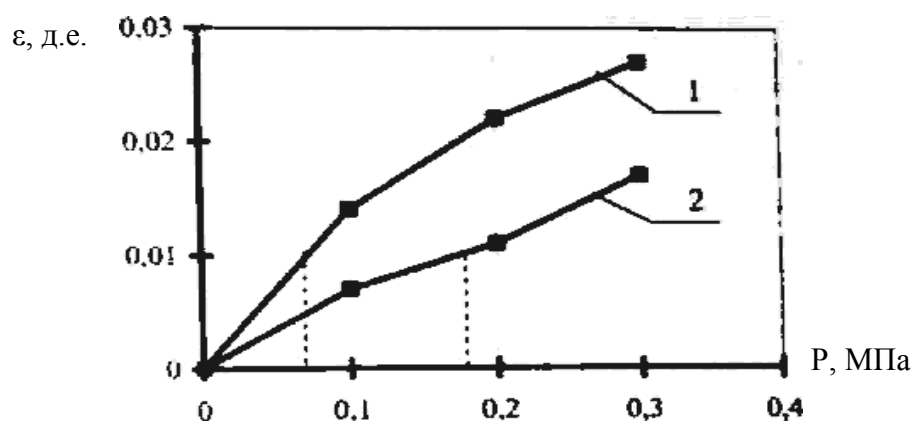


Рис. 3. Графики зависимости значений относительной просадочности ϵ_{sl} от вертикального давления P ;

1 - для грунтов природного сложения;

2 - для уплотненных грунтов под дорогой.

Таким образом, по результатам выполненных экспериментальных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. При отборе монолитов стандартным грунтоносом конструкции КамТИСИЗ происходит значительное уплотнение грунта. Поэтому к частным значениям плотности грунта и плотности сухого грунта необходимо применять корректировочный коэффициент 0,86. Соответствующим образом изменятся и все вычисляемые характеристики (уменьшатся пористость и коэффициент пористости, увеличится степень влажности и т.д.).
2. Увеличение плотности грунта естественной влажности на 15% соответствует его уплотнению в компрессионном приборе нагрузками 0,15 ÷ 0,25 МПа.
3. При определении просадочных свойств по монолитам, отобранным из скважин, уплотнение приводит к занижению экспериментальных значений характеристик просадочности и даже отнесению этих грунтов к непросадочным. Кроме того, занижение экспериментальной величины коэффициента пористости вызывает завышение вычисляемой степени влажности (на данной площадке с 0,56 до 0,79), что также вводит в заблуждение при оценке наличия у грунтов просадочных свойств.
4. Для каждого типа грунтоносов, применяемых различными изыскательскими организациями, должны быть получены коэффициенты уплотнения, используемые при корректировке лабораторных значений физических характеристик грунтов.
5. Просадочные свойства частично утрачиваются в процессе уплотнения грунтов под дорогами при воздействии нагрузок от идущего транспорта и локальных

замачивания основания. В данных экспериментальных исследованиях наличие уплотненных зон под подошвой насыпи с давлением по подошве 0,36- 0,41 МПа зафиксировано лишь до глубины 0,4 ÷ 0,7.

- б. Формирование уплотненных зон с пониженными характеристиками просадочности непосредственно под дорогами не может существенно уменьшить общую величину просадки основания, реализуемую за счет замачивания снизу при общем подъеме УПВ.

Принципы строительства автомобильных дорог на просадочных грунтах

Строительство автомобильных дорог на просадочных грунтах достаточно сложный и трудоемкий процесс. В данном вопросе необходимо обеспечить безопасность езды и долговечность конструкции, одним из важных критериев которой является несущая способность грунта. На несущую способность в значительной мере влияет состояние верхней увлажненной зоны грунта. В связи с этим в целях увеличения несущей способности грунта, предусматривается предварительное замачивание грунта с пробуриванием скважин под подошвой насыпи и последующей укладкой насыпи земляного полотна. Замачивание является наиболее целесообразным и экономически выгодным

На основании выполненного анализа нормативной литературы и источников, проведенных мною экспериментальных исследований (лабораторных и в натуральную величину), расчетов оснований на просадочных грунтах по деформациям, я делаю выводы, что при проектировании автомобильных дорог на просадочных грунтах необходимо предусмотреть ряд мер:

- определить тип грунта по просадочности (I, II типы путем устройства опытного котлована);
- изучить особенности грунтов и учесть их при проектировании дорог (в период геологических изысканий);
- предварительно произвести замачивание грунта;
- проводить мониторинг за просадочными деформациями дорог;

Все выше перечисленные методы позволяют сохранить долговечность конструкции дорожной одежды, обеспечить безопасную и беспрепятственную езду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абелев Ю. М. Монография "Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах". 1968.
2. Денисов Н Я., О природе просадочных явлений в лессовидных суглинках. 1946. 175 с.
3. Денисов Н Я., О природе деформаций глинистых пород. 1946. 175 с.
4. Кригер Н.И., Лёсс, его свойства и связь с географической средой. 1965. 296 с.
5. Ларионов А. С., Приклонский В. А., Ананьев В. П. Лессовые породы СССР и их строительные свойства. М.: Госгеолтехиздат, 1959.—363с
6. Мустафаев А.А, Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах. 1978. 361 с.
7. СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений.: Стройиздат, 1975. - 46 с.
8. СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги.: Стройиздат, 1985. -50 с.
9. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории пермского края копылов и.с. 2, Коноплев А. В. , Ибламинов Р.Г. , Осовецкий Б.М.

Yushkov Boris Semenovich

Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm
E-mail: Zzverdvd@mail.ru

Zhernakova Diana Anatolyevna

Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm
E-mail: zhernakova@pc.pstu.ru

Experimental study of collapsing properties of the compacted soil foundation of auto-road embankment

Abstract. The loess collapsing soils are practically ubiquitously distributed in the Perm region. They occupy about 30% of the region area. The mass construction of buildings and structures of different purposes is conducted there.

Design and construction of auto-roads on the collapsing soils by ensuring their strength and normal operation is one of the most important and difficult problems of the modern construction.

It is recommended to eliminate collapsing properties of soils within the entire collapsing strata with the use of deep compaction by rammers and presoaking of foundation soils, including that with deepwater explosions, chemical or thermal fixing.

Multi-year practice of construction on the collapsing soils in the regions of our country showed that during erection of the various structures the removal of the powerful loess soil collapsibility is achieved with the help of methods described above, each of which is selected on the basis of the conditions and possibilities of application.

This article describes the following tasks:

1. Study and generalization of the available experience of road construction on the loess soils;
2. Zoning and classification (typing) of the loess strata;
3. Selection of the engineering-geological factors influencing the choice of method for compacting collapsing soils;
4. General provisions for road construction on the collapsing soils.

Keywords: collapsing soils; roads on the collapsing soils; loess location; soil deformation; geological workings; strength properties of soils; physical and mechanical properties; relative collapsibility

REFERENCES

1. Abelev of Yu. M. Monogarfiya "Bases of design and construction on collapsible macroporous soil". 1968.
2. Denisov N I., About the nature of the collapsible phenomena in the lessovidnykh loams. 1946. 175 pages.
3. Denisov N I., About the nature of deformations of clay breeds. 1946. 175 pages.
4. Krieger N. I., Loess, its properties and communication with the geographical environment. 1965. 296 pages.
5. Larionov A. S., Priklonsky V. A., Ananyev V. P. Loessial breeds of the USSR and their construction properties. M.: Gosgeoltekhizdat, 1959. — 363s
6. Mustafayev A.A, Calculation of the bases and bases on collapsible soil. 1978. 361 pages.
7. Construction Norms and Regulations 2.02.01-83 * Foundations of buildings and constructions.: Stroyizdat, 1975. - 46 pages.
8. Construction Norms and Regulations 2.05.02-85 * Highways.: Stroyizdat, 1985.-50 pages.
9. Engineering-geological studying, mapping, division into districts of the territory of Perm Krai of kopyl и.с. 2, Konoplev A. V., Iblaminov R. G., Osovetsky B. M.