

Н. К. П. С.

Центральное Управление Местного Транспорта  
(Ц. У. М. Т.)

---

Выпуск 13

отдела шоссейных и грунтовых дорог

# ГРУНТЫ И ПОЧВЫ В ДОРОЖНОМ ДЕЛЕ

---

ПОЛЕВЫЕ и ЛАБОРАТОРНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-Исследовательского Дорожного Бюро  
ЦУМТ'а

---

МОСКВА—1926

## К вопросу о роли гумуса в дорожных грунтах.

В. В. Охотин.

Как известно, изучение дорожных грунтов по отношению к воде, их проницаемость, размокание, капиллярность, липкость при разных степенях увлажнения с точки зрения службы грунтов, в качестве дорожного материала, имеет существенное значение.

Вопрос этот не новый, он давно изучается, между прочим, глиноведами. Производимые с этой целью испытания сводятся к погружению испытуемых образцов, отформованных и высушенных в виде кирпичиков, в воду и наблюдению над продолжительностью их пребывания под водой до полного разрушения.

Специально выработкой методов исследования занимался проф. А. М. Соколов, изложивший результаты своей работы в статье: „Методы лабораторного определения физических свойств глины“. Известия Технологического Института. Том XIX. 1908 г.

Проф. А. М. Соколов указывает, что размокание под водой, является довольно удобным признаком, достаточно точно характеризующим состояние глинистой массы, определяющееся временем, необходимым для размачивания и деформации одной и той же навески или объема пробы. Он говорит: „варьируя степень изменения начальных физических свойств посредством подмешивания разных количеств отошлагающего материала и руководствуясь упомянутым признаком, возможно наблюсти для каждого частного случая закон постепенности этого изменения и даже выразить его графически в виде кривой, служащей характеристикой структуры испытуемой глины“. В другом месте он говорит, что размокание является довольно надежным мерилом пластичности.

Метод А. М. Соколова состоит в следующем: пробы, высушенные на воздухе, истиралась в порошок, просеивалась сквозь тонкое металлическое сито, затем, замачивалась потребным количеством воды и старательно разминалась. Что разумеется под потребным количеством воды в работе, не указывается. Формовка проб производилась или

в-ручную, набивкой латунной формочки, служащей для приготовления Зегеровских больших кеглей, трехгранных пирамидок, либо посредством истечения в небольшом лабораторном прессе с круглым отверстием в 1 см в диаметре; из выдавливаемого штанга нарвались цилиндрики в 3 см длиной. Отформованные и отделанные пробы высушивались сперва на воздухе, затем в бане при 100°, после чего переносились в экскатор. Проба, при производстве опыта, зажималась проволочной подставкой, имеющей на нижней стороне сетку, и ставилась в стакан с дистиллированной водой, суженный в нижней части, на каковое сужение упиралась сетка с образцом. Время размокания считалось от начала погружения в воду пробы до полного ее проваливания через сетку. Потом он перешел к определению размокания в проточной воде. Вода медленным током подавалась из водопроводного крана в нижнюю часть стакана через особое отверстие в нем. Избыток воды стекал в раковину через край стакана.

Видоизменение метода произведено в виду того, что некоторые образцы глины давали настолько сильную муть, что невозможно было заметить окончания размокания.

По исследованиям Коха, на основании размокания, оказалось возможным судить о пригодности того или другого грунта к дорожной службе. Так было замечено, что грунты с хороших участков требуют для размокания более 5 минут. Грунты, размокающие скорее, являются уже ненадежными. Свои опыты Кох производил следующим образом. Грунт смешивался с возможно малым количеством воды, набивался в-ручную в металлический цилиндр, имеющий внутренний диаметр 2,5 см и высоту в 7,5 см и оттуда выталкивался металлическим стержнем, высушивался при 100° и хранился в экскаторе. Для размокания высущенный из грунта цилиндр ставился на дно стакана с водой при 21° С. Затем, замечалось время, по истечении которого цилиндр развалится до угла естественного откоса (частицы с верхней части не будут скатываться вниз).

При работах в лаборатории Н. И. Дорожного Бюро обнаружились некоторые недостатки метода Коха. В некоторых случаях было очень трудно, даже невозможно, судить, развалился ли образец до угла естественного откоса, или нет, так как некоторые образцы грунтов при размокании образуют не однообразную кучу, а в верхней части остаются комочки, которые дальше не распадаются, образуя выступы на общем фоне кучки, почему и нельзя сказать, что образец уже дошел до угла естественного откоса. С другой стороны, эти комочки, оставаясь в воде неопределенно долгое время, не давали общей картины размокания главной массы. Чтобы избежнуть этого недостатка и иметь возможность более точно замечать окончание процесса, пришлось ставить образцы на сетку, как это указывает проф. Соколов. Вода бралась из водопровода при 10°—12° С.

Пришлось также отказаться от цилиндрической формы исследуемых образцов и заменить их усеченными конусами. Сделана была медная формочка, имеющая вид усеченного конуса (больший диаметр 3,5 см., меньший 2,5 см., высота 4,5 см.). Отформованные в таком виде образцы оказались несравненно устойчивее,—при размокании они разваливались спокойно до конца.

Коническая форма удобна еще и в том отношении, что сформованный грунт легко выдавливается из формы, тогда как из цилиндрической образцы вынимаются, особенно сильно глинистые, только при сильном постукивании, от чего может измениться однородность тела образца.

При производстве опытов обращено было внимание и на самый способ набивки. Прежде (согласно Коху и А. Соколову) набивка производилась вручную, что могло вызвать неоднородность утрамбовки. Поэтому необходимо было выяснить, как отзыается характер утрамбовки на скорость размокания. Поставленные с этой целью опыты показали, что способ утрамбовки оказывает сильное влияние на скорость размокания. Более утрамбованные образцы грунта размокают медленнее, чем мало утрамбованные. Нижеприводимая таблица № 1 показывает время размокания образцов, утрамбованных с нагрузкой в 16 кг/кв. и 64 кг/кв. Образцы были взяты из фракции песка с диаметром в 1—2 м/м и разных количествах Глуховского каолина, одной из самых пластичных глин.

Таблица № 1.

СОСТАВ СМЕСИ.	%	Время размокания при нагрузке в 16 кг/кв.	Время размокания при нагрузке в 64 кг/кв.
Песку Фр. 2—1 м/м . . . . .	80% 20%	20 сек.	30 сек.
Каолина . . . . .	0% 0%		
Песку Фр. 2—1 м/м . . . . .	70% 30%	1 мин. 20 сек.	2 мин. 20 сек.
Каолина . . . . .	0% 0%		
Песку Фр. 2—1 м/м . . . . .	60% 40%	7 мин.	18 мин.
Каолина . . . . .	0% 0%		
Песку Фр. 2—1 м/м . . . . .	50% 50%	17 .	20 .
Каолина . . . . .	0% 0%		

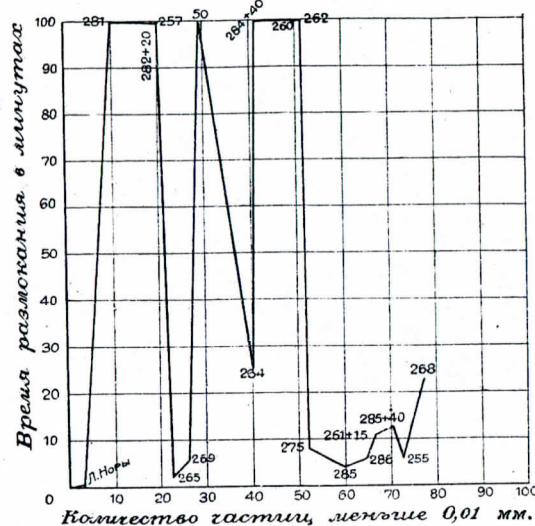
Этим методом были испытаны грунты с дороги Уткина Заводь,—Саратовская Колония, находящейся в окрестностях Ленинграда в долине р. Невы. Ниже в таблице № 2 приводится механический анализ грунтов испытанных на размокание.

Таблица № 2.

МЕСТО ВЗЯТИЯ ОБРАЗЦА.	Д и а м е т р	Ч а с т и п.	Время размокания.	Аналитик.				
1. Лисы Норы карьер . . . . .	>1 м/м. % ry	0,18 0,68 1,90	20,50 7,55 47,92	70,03 55,86 11,93	4,88 23,89 19,51	3,97 10,08	4 сек.	3. В. Алексеева.
2. Пикет 281 полотно дор. Глуб. 0—10 см.	—	0,38	—	—	—	—	больше 2 суток.	А. А. Охотина.
3. Пикет 282- 20 саж. Подзолистая почва гор. А. Глуб. 5—15 см.	0,83	1,62	1,71	9,37	55,86	21,03	" 2 "	"
4. Пикет 257. Полотно дор. Гл. 0—10 см.	2,58	1,67	1,25	7,85	41,10	27,05	" 2 "	"
5. Пикет 265. Глуб. 23—30 см. . . . .	—	0,90	0,45	5,15	45,43	25,54	22,53	1 мин. 30 сек.
6. Пикет 269. Глуб. до 2 метр. . . . .	—	1,56	0,21	1,10	50,98	22,97	24,06	4 " 45 "
7. С поверхности дороги около прогона скота . . . . .	2,23	2,54	1,27	7,55	46,60	13,29	28,75	больше 2 суток.
8. Пикет 264. Полотно дор. Гл. 0—10 см.	0,53	10,47	2,84	13,52	26,42	7,39	39,36	25 мин.
9. Пикет 284—40 саж. Глахоное поле. Глуб. 0—10 см. . . . .	—	2,93	1,47	0,75	3,19	21,45	33,07	40,07
10. Пикет 260. Полотно дор. Гл. 0—10 см.	5,21	1,34	1,14	7,02	19,78	19,95	50,77	больше 2 суток.
11. Пикет 262. Полотно дор. Гл. 0—10 см.	3,89	1,92	1,33	12,50	17,93	15,34	50,98	" 2 "
12. Пикет 275. Глуб. 30—40 см. . . . .	—	3,92	0,62	2,14	9,84	32,10	51,42	больше суток.
13. Пикет 275. Глуб. 0—25 см. . . . .	—	7,91	2,24	6,90	12,89	10,09	59,97	8 мин. 30 сек.
14. Пикет 286. В поле. Подзолистая почва гор. В. Глуб. 75—78 см. . . . .	—	2,20	0,71	2,77	11,84	16,70	65,78	4 мин.
15. Пикет 261—15 саж. в 3 саж. от дороги. Глуб. 15—20 см. . . . .	—	4,49	1,29	7,92	10,03	10,13	66,04	6 "
16. Пикет 285—40 саж. в 3 метр. от дороги. Глуб. 1 метр. . . . .	—	0,67	0,58	2,31	7,26	18,43	70,73	11 "
17. Пикет 255. Глуб. 50—60 см. . . . .	—	3,09	0,44	2,22	21,56	1,01	71,68	13 "
18. Пикет 268. Дорога. Глуб. 26—36 см. —	—	3,66	1,32	5,66	5,70	6,46	77,2	23 "

Если результаты размокания изобразить в виде кривой, в которой по абсциссе отложены % % частиц меньше одной сотой, а по ординате, время размокания в минутах, то получим диаграмму № 1. Время размокания образцов, находящихся в вершинах кривой (№№ 281, 282—20, 257, 50 прогон скота, 284—40, 260,262) изображено условно, так как они не размокли в течение двух суток.

ДИАГРАММА № 1.



Цифры у отдельных точек кривой показывают номера пикетов.

Если не принимать во внимание эти образцы, то в общем можно сказать, что, с **увеличением глинистых частиц, время размокания тоже увеличивается**, исключение составляют образцы №№ 285 и 255. Это, вероятно, стоит в связи с тем, что в них сравнительно с другими меньше частиц близких к коллоидальным ( $< 0,001 \text{ м.м.}$ ), сильно влияющих как на время размокания, так и на другие физические свойства. В то же время кривая показывает, что, несмотря на большее увеличение частиц  $< 0,01$ , время размокания в общем увеличивается незначительно, что указывает на малое количество коллоидальных частиц в грунтах данной дороги. Это подтверждается и непосредственным наблюдением над грунтами в сухом виде: они приближаются по свойствам к мельчайшим пескам.

Как указано выше, выходят из схемы правильности образцы 281, 282—20, 257 и др., лежащие на вершинах кривой. Просматривая условия их залегания, видно, что все они взяты с поверхности, и все они

содержат значительное количество гумуса. Отсюда, естественно, возникает мысль о роли органического вещества в физических свойствах грунтов.

#### Влияние перегнойных веществ на физико-механические свойства грунтов.

Ввиду того, что для Северо-Западной области скопления торфа представляют обычное явление, изучение влияния его, в случае смесей, имеет немалый практический интерес для дорожного строительства.

Для исследования взята была торфянистая масса, не содержащая каких-либо фирменных остатков, она давала 85% потери от прокаливания.

Масса тонко растиралась в ступке в порошок и смешивалась с песком, взятым (с упомянутой выше дороги Уткина-Заводь—Ново-Саратовская Колония) из карьера Лисы Норы (см. табл. № 2) в разных количествах. Смесь испытывалась по указанному выше методу. Результаты получились следующие:

Таблица № 3.

Количество в % торфа . . . . .	1,6	2	3	6
Время размокания . . . . .	2 мин.	13 мин.	Через сутки отвалилась верх- няя часть.	Через 2 суток остался в перво- начальном состояниии.

Из этих опытов видно, что уже 3% торфа дают значительное увеличение времени размокания.

Для изучения степени влияния почвенного перегноя на физические свойства смесей—взят грунт с Волховстроем с пикета 257, содержащий в себе гумуса 2,58%. При размокании в течение двух суток он остался в первоначальном виде, и вода за это время проникла в него на глубину, равную 1 м./м. Этот грунт смешивался с разным количеством песка карьера Лисы Норы (см. табл. № 2) и испытывался на размокание. Результаты опытов приводятся в таблице № 4.

Таблица № 4.

№№ по порядку.	Состав смеси.	Время размокания.
1	Песку 10%, грунта с гумусом 90%.	В течение 1 суток совершенно не изменился.
2	Песку 25%, грунта с гумусом 75%.	В течение 1 суток обвалилась только верхняя часть.
3	Песку 50%, грунта с гумусом 50%.	Через сутки осталась только маленькая кучка.
4	Песку 75%, грунта с гумусом 25%.	В течение 1 часа 7 мин. развалился весь.

Нельзя думать, что время размокания зависит здесь от тонких минеральных частиц, внесенных с песком, так как, с одной стороны, этот песок сам по себе размокает очень быстро,—см. диаграмму № 1, с другой—из той же диаграммы видно, что увеличение частиц  $< 0,01$  на 20% в грунтах этого района дает очень маленькое увеличение времени размокания.

Если считать, что гумус распределился равномерно в смеси, то в смеси 4-й его будет содержаться 0,63%, и такое минимальное количество еще не оказывается на времени размокания, содержание же гумуса 1,29% в смеси уже оказывает громадное значение.

Результаты этих опытов стоят в полном согласии с результатами размокания естественных грунтов. По диаграмме № 1 все образцы с гумусом размокали больше суток, только один образец с пикета 264 размок в течение 25 мин. Гумуса в нем 0,53%. Следовательно, содержание 1% гумуса в грунте уже очень сильно оказывается на размокании.

Если присутствие гумуса так сильно влияет на размокание, то интересно было проследить, какое он действие оказывает на другие водные свойства—проницаемость воды и смачивание грунта водой в сухом состоянии.

Работы на проницаемость производились с прибором А. М. Соколова.

В виду того, что Соколовым изучалось просачивание образцов обожженых, сохранивших форму как в сухом, так и во влажном состоянии, нам же приходится иметь дело с естественными грунтами, сильно размокающими при насыщении водой, то пришлось заключать образец в медный цилиндр, в нижнюю часть которого вделана частая медная сетка. Высота этого цилиндра равна 1 см и диаметр 2,5 см. Образец грунта сначала намачивался водой, доводя его до так называемого рабочего состояния, при котором образец способен формироваться, но не пристает к рукам. Затем грунт набивается в медный цилиндр с сеткой и утрамбовывается с силой 80 клер, и тогда испытывается на проницаемость. При этом отсчет ведется, начиная с того момента, когда снизу появится капля воды, т. е. весь образец уже напитается водой до полной влагоемкости и начинает пропускать воду. На проницаемость были испытаны смеси песка Лисьи Норы с разными добавками торфянистой почвы. Результаты опытов даются в таблице № 5.

Из этой таблицы видно, что с увеличением количества торфа скорость просачивания уменьшается. Но нужно отметить, что время просачивания не стоит в соответствии с временем размокания. Смесь с 6% торфа на размокание в течение суток осталась в неизменном состоянии, тогда как проницаемость ее оказалась очень большою. На размокание смеси с 6% и 20% торфа тождественны, на проса-

чивание они дают громадную разницу. Следовательно, размокание гумусовых грунтов не дает указаний на их проницаемость. Чтобы видеть, какое действие оказывает гумус подзолистых почв на просачивание, были поставлены опыты с двумя грунтами Волховстроя, взятыми с пикета 265, глуб. 20—30 см, и пикета 257, глуб. 0—10 см; первый не содержит гумуса, во втором его 2,58%. По механическому составу оба образца одинаковы, что видно из таблицы № 6.

Таблица № 5.

Наименование образца.	Время просачивания 10 к см воды при первоначальном столбе воды над почвой в 70 см.	Время просачивания 10 к см воды при первоначальной высоте столба воды над почвой в 20 см.
Лисьи Норы карьер . . . . .	7 сек.	15 сек.
Лисьи Норы + 2% торф. почвы . . . . .	1 мин. 7 сек.	—
Лисьи Норы + 6% торф. почвы . . . . .	2 мин. 18 сек.	13 мин.
Лисьи Норы + 20% торфа . . . . .	—	3 ч. 42 мин.

Таблица № 6.

Наименование образца.	Время размокания.	Содержание гумуса.	Диаметр частиц.						Время просачивания 10 к. см при первоначальной высоте столба воды в 20 см.
			> 1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	< 0,01	
Пикет 257 глуб. 0—10	больше 2 суток.	2,58	1,69	1,25	7,85	41,1	27,05	21,03	5 час. 15 м.
Пикет 265 глуб. 20—30	1 м. 30 сек.	отсут.	0,9	0,45	5,15	45,43	25,54	22,53	3 час. 57 м.

Можно думать, что разница в просачивании будет зависеть от присутствия гумуса. Время просачивания при высоте столба в 20 см для пикета 257 равно 5 час. 15 мин., для пикета 265—3 час. 57 мин., т. е. время просачивания для образца с гумусом превышает на 33%.

Таким образом, как торфянистый гумус, так и гумус подзолистых почв оказывают значительное сопротивление просачиванию. Но это уменьшение, по крайней мере, для торфа несравненно меньше, чем какое дают мельчайшие глинистые частицы. Так проницаемость смеси песка Лисьи Норы 80% с Глуховским каолином (20%) равняется 10 куб. см

при высоте столба в 20 см в 5 сут., т. е. скорость просачивания этой смеси почти в 34 раза меньше, чем для смеси песка с 20% торфа.

При смачивании сухой смеси из песка и торфа было замечено, что **вода очень трудно впитывается этой смесью**, поэтому интересно было проследить, как относятся смеси песка с разными количествами торфа и грунты, содержащие гумус, к смачиванию. Для этой цели воспользовались прибором, сконструированным инж. К. И. Лубны-Герцык. Были сформированы из грунта цилиндрики (при трамбовке нагрузка равнялась 80 кг) высотой в 3 см и диаметром в 2 см, имеющие на одной стороне полукруглое углубление, емкостью на 0,5 куб. см. Эти цилиндрики сначала были просушенены на воздухе, затем в сушильном шкафу и потом снова в течение суток держались на воздухе, так что они при определении находились в воздушно-сухом состоянии.

Опыты ставились так: в углубление из бюретки наливалось 0,5 куб. см воды и замечалось по секундомеру время, в которое она скроется с поверхности грунта. Смеси песка Лисьи Норы с разными количествами торфа дали результаты, приводимые в таблице 7.

Таблица 7.

Наименование грунта.	Время смачивания.
Песок Лисьи Норы . . . . .	Моментально.
Песок Лисьи Норы + 3% торфа . . . . .	7 секунд.
Лисьи Норы + 20% торфа . . . . .	8 мин. 45 сек.

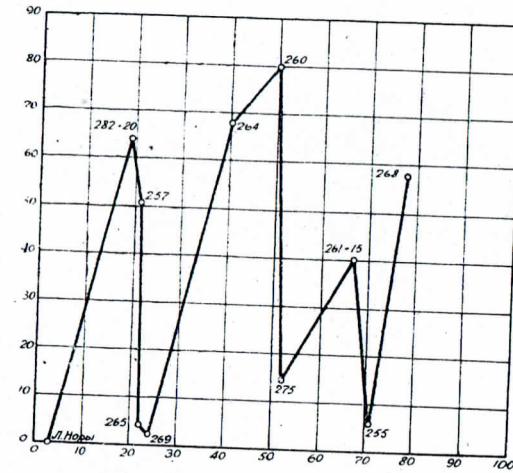
Таблица показывает, что с **увеличением количества торфа смачиваемость смеси сильно уменьшается**. На-ряду с искусственными смесями были произведены опыты и над естественными грунтами с дороги Волховстроя. Результаты представлены кривой на диаграмме № 2. Грунты испытывались те же, какие брались и на размокание.

Кривая диаграммы № 2 имеет тот же вид, что и кривая диаграммы № 1 т. е. в вершинах ее расположены грунты, содержащие гумус. Следовательно, присутствие органического вещества в виде гумуса в грунте оказывает одно и то же действие, как на его размокание, так и смачивание.

Гумус, изменяя сильно водные свойства грунта, вызывает изменения и других его физических свойств. **Связность песчанистых грун-**

тов увеличивается от прибавки торфа очень значительно. Для выяснения этого свойства были приготовлены кубики с площадью в 4 кв. см. из песка Лисьи Норы (механический анализ грунта см. табл. № 2) с разными добавками торфа и испытаны на раздавливание. Эти кубики

ДИАГРАММА № 2.



Цифры на кривой обозначают номера пикетов с дор. Уткина Заводь—Ново-Саратовская колония. По оси абсцисс отложены  $\%/\%$  содержания в образцах частиц  $> 0,01$  м.м.; по оси ординат время смачивания в секундах.

были высушены на воздухе в течение 1 суток, затем, в сушильном шкафу и потом оставлены были на воздухе на 1 сутки. Результаты раздавливания приводятся в таблице 8.

Таблица 8.

Наименование смеси.	Нагрузка, при которой кубик раздавился.
Песок Лисьи Норы . . . . .	Не имеет никакой связности.
Песок Лисьи Норы + 5% торфа . . . . .	0,22 килогр.
Песок Лисьи Норы + 10% торфа . . . . .	5,4 килогр.
Песок Лисьи Норы + 20% торфа . . . . .	9,75 килогр.
Песок Лисьи Норы + 40% торфа . . . . .	17,5 килогр.

Опыты на раздавливание были произведены и с грунтами Волховстроя. Грунты с пикетов 257 и 265 механический состав которых очень однороден (см. табл. 6) на раздавливание дали следующие результаты: пикет 257—45 кггр. (среднее из 4-х определений), пикет 265—29,5 кггр. (среднее из 3-х определений).

Так как торф и гумус—

1) сильно увеличивают время размокания грунта,

2) уменьшают проницаемость воды,

3) сильно замедляют смачиваемость грунта и

4) увеличивают связность песков,—то они могут оказаться полезными в одежде грунтовых дорог. Дорожное полотно, содержащее гумус, несравненно медленнее будет подвергаться размыванию дождями и талыми водами. Если дорога имеет выпуклый профиль, то прибавка торфа или почвенного горизонта, содержащего гумус, будет предохранять ее от промачивания, давая время стечь воде в канавы.

В сухое время, когда особенно плохи песчаные, грунтовые дороги, прибавка гумуса увеличит их связность и тем улучшит их свойства. При внесении в грунт органического вещества сильно увеличится развитие травянистой растительности, которая корневой системой будет связывать рыхлые грунты.

О благоприятном значении гумуса в дорожных грунтах имеются указания и в литературе. Инженер Некрасов, Н. П., в своем труде „Обыкновенные дороги“, стр. 68—69, как способ улучшения песчаных дорог среднезернистых и мелкосыпучих рекомендует укрепление их дорожным бетоном, состоящим из 1-й части растительной земли и 2-х частей щебня. Под растительной землей нужно очевидно понимать гумусовые горизонты почвы.

Практика также указывает благоприятное значение гумуса. Начальник Волжского ОМЕСа, инженер Самойлов, в своем докладе в Научно-Иследовательском Дорожном Бюро о постройке машинным способом Нижегородско-Казанского тракта—указал, что гумусовый горизонт не сбрасывался с полотна, а только перемешивался; такие участки оказались удобопроеездами во всякое время года.

