

Центральный Научно-Исследовательский Институт  
Автогужевых дорог и дорожных сооружений  
ЦДОРНИИ"

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ГРУНТОВ

В. В. Охотин

Ленинград  
1933 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВ ДОРОЖНОЙ

### ОДЕЖДА.

Качество одежды грунтовой дороги зависит от многих факторов, из которых наиболее важными являются гранулометрический состав и влажность грунта.

Гранулометрическим составом грунтов в значительной степени обуславливаются многие их физико-механические свойства, которые в первую очередь грунты характеризуются как дорожная одежда. Сюда относятся - линкость, пластичность, усадка, сопротивление образованию деформаций, водопроницаемость, водоупорная способность и др.

Грунты по гранулометрическому составу представляют собой сложный комплекс частиц различной величины ее часечки  $>2$  мкм, до 1 микрона (микрои  $\approx 0,001$  мкм.) и даже долей микрона. Однако, в настоящее время все эти частицы можно разбить на пять основных групп, из которых каждая характеризуется физико-механическими свойствами, ей присущими по преимуществу. Эти группы следующие:

гравийные частицы	$>2$ мкм.
щебеночные	от 2 до 0,25 мкм.
пылеватые	" 0,25 - 0,01 мкм.
пильватые (лессовидные)	" 0,01 - 0,005 "
глинистые	$<0,005$ мкм.

ПРИМЕЧАНИЕ: В связи с разделением частиц грунтов на указанные группы, анализ грунтов по Рутковскому должен быть изменен, как предлагаются ниже (см. анализ грунтов по ИСО).

Физико-механические свойства грунтов в целом обусловливаются количественным содержанием этих групп частиц. Чтобы грунт дорожной одежды был устойчив, разной величиной и разные по физико-механическим свойствам частицы должны в нем находиться в определенных отношениях и именно в таких, при которых прочность грунта получается наименьшая или близкая к ней (х).

- х) В. В. Охетин, Классификация частиц грунтов по их физическим свойствам. Обзорник ЦИАТа "Грунты, грунтоизы и гравийные дороги".
- хх) В. В. Охетин. "Лабораторные опыты по составлению дорожных смесей по принципу наименьшей прочности". Изд. Дор. Несл. Бюро ЦДТ 1928 г В. В. Охетин "Гранулометрическая классификация грунтов по их физическим и механическим свойствам". Изд. ЦДОРНИИ 1933 г.

Наилучшее соотношение между отдельными укрупненными группами частиц песчаных, глинистых и иловатых будет тогда, когда коэффициент обогащения (коэффициент обогащения между последующими по величине частичками) равен  $3/7$  или колеблется в пределах от  $1/4$  до  $2/3$ . В этих пределах колебания коэффициента обогащения устойчивость грунта изменяется сравнительно мало.

Учитывая, что содержание глинистых частиц в грунте деревной единицы может колебаться в пределах от 15 до 60, допустимые количества других групп фракций будут такие:

Песчаные частицы (2-0,25 мм) 70-40%  
Иловатые " (0,25-0,01) 30-20%

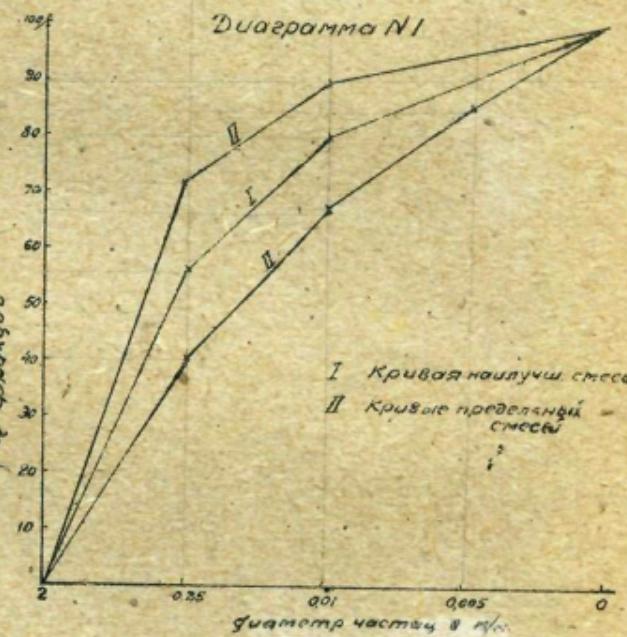
Глинистые "..... (0,01-0,005 мм) 20-5%.

То же соотношение допустимых количеств основных групп частиц представлены на диаграмме № 1, где по абсциссе нанесены диаметры частиц, а по ординате - суммы фракций в процентах.

В тех случаях, когда по условиям невозможно определить в грунте все группы частиц, глинистые и иловатые об'единяются вместе (эти группы в отношении некоторым физико-механических свойств - водопроницаемость, предельная величина капиллярного поднятия, способность переходить в плавунное состояние и др. - близки). Однако, нужно помнить, что такое упрощение дает более грубую характеристику грунта и меньшее представление о его устойчивости. При об'единении иловатых и глинистых частиц в одну группу допустимые количества основных групп частиц в деревной единице будут такие:

Песчаные частицы (2 - 0,25 мм) - 70-40%  
Иловатые " (0,25-0,005") - 50-25%  
Глинистые " (≤ 0,005 мм) - 15-5%.

В этом случае составы грунтов, допустимые в деревней единице, могут быть изображены четырехугольником, расположенным



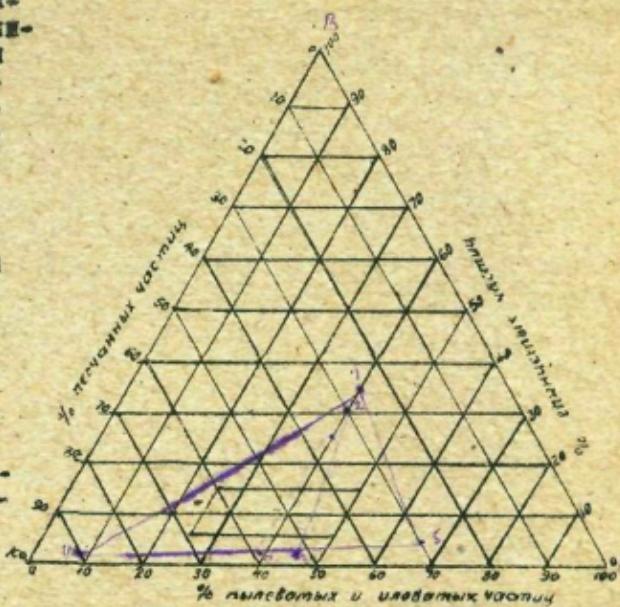
в трехугольнике Ферре, как это видно на диагр. № 2.

Колебания количества глинистых частиц от 15 до 6% в группах дорожной единиц обусловливается климатическими факторами и прежде всего влажностью. В климате сухом, где дорога большее количество времени находится в сухом состоянии и потому вредные свойства глинистых частиц в сыром состоянии - липкость, уменьшение несущей способности грунта и др. - не проявляются или проявляются только в течение короткого периода, - называемое количеством глинистых частиц наибольшее, т.е. приближающееся к 15%. В климате влажном, где дорога большую часть времени находится в сыром состоянии, даются наименьшие допустимые количества глинистых частиц, т.е. количества, приближающиеся к 6%.

Из всех основных групп частиц в отношении влияния на физико-механические свойства грунтов наибольшее влияние имеют глинистые частицы, они, выражаясь образно, играют в группах первую скрипку и потому их свойства и их количества в дорожной единице должны быть учтываться наиболее точно. Поэтому нужно задаваться необходимыми количествами глинистых частиц не только в зависимости от климатических условий, но также и от свойств самих глинистых частиц, так как физико-механические свойства глинистых частиц различных грунтов далеко не одинаковы.

Различие в свойствах глинистых частиц с несомненностью и в большей степени зависит от их степени дисперсности. Так, глинистые частицы размерами 0,005 - 0,001 мм обладают связностью, липкостью, усадкой, пластичностью значительно в меньшей степени, чем частицы  $< 0,001$  мм. Кроме того, на свойства глинистых частиц влияет и их минералогический состав<sup>1)</sup> и их химизм-насыщенность тем или другим основанием<sup>2)</sup>.

Диаграмма № 2



1) Аттерберг. Пластичность составных частей глии. *Intern. Mittid für Bodenrunde*. 1913.

2) Академик К. К. Гедвойц. "Ученое о подготев. способности почв".

К сожалению, в настоящее время не имеется данных, позволяющих выявить количественное влияние каждого из указанных факторов на свойства грунта в целом? Мы не можем сказать, как и сколько физико-механические свойства грунта, если глинистые частицы будут в главной массе относиться к фракции 0,005 - 0,001 ми или к фракции 0,001 ми, или какое количественное выражение они будут иметь, когда глинистые частицы в одном случае будут определяться, а в другом случае подвергнуты и т.д.

Ввиду того, что глинистые частицы, частицы  $< 0,005$  ми, рассматриваются суммарно как одно целое, гранулометрический анализ в том виде, как он применяется в дорожном деле, не дает и не может дать достаточного представления о физико-механических свойствах дорожных грунтов. Поэтому грунтоведам X) Сенза, как корректорам к гранулометрическому анализу, производят определение физико-механических свойств грунтов, а американские исследователи XX) при характеристике грунтов, как дорожных оснований, изучение физико-механических свойств ставят во главу угла, отодвигая значение гранулометрического состава на второе место.

Работниками ЦДОРНИИ для хороних и удовлетворительных участков устанавливаются следующие показатели отдельных физических и механических свойств:

1)	число пластичности по Аттербергу -	6 - 0,6,
2)	указатель пластичности по методу нарез-	3-2,
3)	пластичность по толщине превелески-	7-2 ми
4)	максимальное прилипание в гр.на 1 см. но более .....	80 гр.
5)	сопротивление вдавливанию штампа (по методу, изложенному в Мет. указ. по изб. исследование грунтов в дер. целлях) при погружении его на 2,5 ми, но менее .....	22 кгр.
6)	сопротивление раздавливанию .....	20-40 кгр/см <sup>2</sup>

- 1) Методы и указания по лабораторному изучению грунтов в дорожном деле. Изд. Инж. Дор. Биро ЦУМТ'я.  
В.В. Окетки. Сопротивление грунтов вдавливанию в зависи-  
мости от механического состава. Сборя.  
В.В. Окетки. Гранулометрическая классификация грунтов на осно-  
ве их физич. и механ. свойств. Изд. ЦДОРНИИ 1933г.  
Н.Н. Капов - грунтовые дороги.  
Лабор. показатели физико-механ. свойства грунтов различных дор.-  
участков. Отчет Укррдорники за 1932 г.  
Физико-механ. и дорож. свойства грунтов. Отчет НИИ Лади. 1932г.  
2) Константы грунтов. оснований. Винтермюлер и др.

УКРГДОРНИИ для хороших и удовлетворительных участков дают следующие показатели:

Для хороших участков:

1. Прилипание в рабочем состоянии	40-70 гр. на 1 см <sup>2</sup>
2. Динейная усадка	1-2%
3. Сопротивление раздавливанию цилиндром (диам. 5 см. и высотой 5 см.) .....	24-32 кгр. на 1 "
4. Разрыв на восьмерках Никаэлиса в сухом состоянии .....	4-6 кгр. на 1 "
5. Разрывание на восьмерках Волкова .....	2-9 мин.
6. Число пластичности .....	0-9

Для удовлетворительных участков:

1. Прилипание в рабочем состоянии	60-90 гр. на 1 см <sup>2</sup>
2. Динейная усадка .....	3-4%
3. Сопротивление раздавливанию .....	24-32 кгр. на 1 "
4. Разрыв на восьмерках Никаэлиса .....	7-10 " " 1 "
5. Разрывание на восьмерках Волкова .....	2-9 мин.

К хорошей дороге исследователями Укргдорнии относится такая дорога, которая проезжая во все времена года. На таких дорогах поверхность очень плотная или плотная без трещин, щебень или не более 1 см., а часто совсем нет. Колеса либо нет либо они однажды частично. В сухое время дорога расстрекивается мало, но дает вязкой липкой грязь. В пешеходной и черноводной зоне таких дорогами бывает сущесчание или легко сгущение, при глубоком стоянии грунтовых вод.

Удовлетворительной дорогой считается такая, которая проезжая во всякое время года, кроме сильной распутицы. К этой категории относится два типа дорог: одни дороги имеют избыток глинистых частиц, они в сухое время дают грязь, которая прилипает к колесам, колеса в это время на 6-10 см. В сухое время колеса 4-8 см., ухабы единичны. Такие дороги сравнительно быстро изнашиваются, в очень сильную распутицу непроходимы. Другой тип дорог имеет недостаток глинистых частиц, эти дороги в сухое время года дают рыхлую колеса до 5 см.

Оценка дорог в подовых условиях Укргдорнии основывается не на систематических наблюдениях, а на спорадических, причем не учитывается движение - количество проходящих пешеходов и нагрузка на поверхность, что, конечно, значительно снижает ценность определений качества дороги.

НИИ ДАДИ проведена работа на грунтах опытной деревни и отчасти на грунтах натуральных дорог. Исследования были как подземные, так и лабораторные. На основании исследований были выделены 8 групп дорог (Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub> и т.д.). Всю дорогу разбивается на 5 классов по надежности: I-й класс - бледумпажные дороги без колес, II-й класс - хорошие проездные дороги, средний колеса < 2 см., III-й класс - удовлетворительная проходимость, колеса 2-4 см., IV-й класс - плохая

проеходимость, кедр 4-7 см., у-й класс - непроходимая, кедр более 7 см.

Указанная глубина кедра есть глубина от первого прохода телеги, а не является консой средней от массового прохода.

В коле эти дороги характеризовались следующим образом:

Группа грунта	Ном. грунта	Время года	Класс дороги	Глубина кедра		Сопротивление срезанию	Погруженность в землю	Устойчивость при разности влажности
				Учебные	Минимальные			
K <sub>1</sub>	Оптим. смесь с крупн. скелет	Весна Лето Осень	II удобр. II кор. II хор.	< 3 см. 1-2 "	12% 10%	< 3 см < 3 "	< 10 30-40	устойчива при разности влажности.
K <sub>2</sub>	Оптим. смесь 6/крупн. скел.	Весна Лето Осень	IV из. II кор. II удобр.	5-6 1,6-1,8 3,2-3,9	11-17% 11-12% 15-11%	4-5,5 см 2,7-4,3 3,3-3,9	< 20 30-40	Более влаж. кор. раздр. обладают ямы, быстро просыхают. Осенью уделяется

В лаборатории дорогами подобного рода дается последовательными НИИ АДИ характеристика, приведенная ниже (см. гл. стр.).

При сравнении, какие физические свойства определяются различными исследовательскими организациями для дополнительной характеристики к гранулометрическому анализу дорожных грунтов, можно видеть, что общими являются:

1. Пластичность по Аттербергу.
2. Прилипание.
3. Сопротивление раздавливанию.
4. Усадка (в лабор. ЦДОРНИИ до наст. времени не применяется).
5. Удельное давление (Укргорник не применяется).

Из этих свойств пластичность, прилипание и усадка в первую очередь обуславливаются глинистыми частицами. На этом основании по величине показателей этих свойств можно уточнять содержание глинистых частиц в дорожной смеси, доведя их до таких количеств, при которых эти показатели будут находиться в пределах, установленных для грунтов, характеризующихся в дорожной смеси как хорошие и удовлетворительные.

Сопротивление раздавливанию и удельное давление в значительной степени зависят от состава скелетной части, поэтому изменение этих показателей может быть достигнуто не только изменением количественного содержания глинистых частиц, но и изменением соотношений между частицами разной крупности скелета.

Группа грунта	Гранулометрическая характеристика.			Название грунта	Номера границы текучести	Число погрешности по Герберту	Коэффициент набухания	Предел текучести	Объемная ёмкость	Влагоемкость	Перегородка			
	Песок $> 0,25\text{мм}$	Пыль $0,25-0,005$	Глина $< 0,005$								Среднее в куб. см. ( $\bar{V}_{\text{св}} = 2,27 \text{ см}^3$ )	Линейность в гр./см	Скорость разрушения в часах	
K <sub>1</sub>	$> 45$	$< 55$	5-10	Оптим. смесь с круп. скел.	12-18	$< 8$	0,4-0,9	$< 20$	$< 15$	12-20	$< 50$	$< 50$	$< 80$	1-200
F <sub>2</sub>	$> 30$	$< 70$	$< 15$	Оптим. смесь с/круп. скелета	14-28	$< 10$	0,4-0,8	$< 20$	$< 20$	12-30	$< 50$	$< 60$	$< 90$	1-200

Если сравнивать показатели, которыми характеризуются хорошие дорожные участки, то видно, что эти показатели, даваемые различными научными учреждениями, неодинаковы. Исключение предсталяет лишь линкость, цифры которой, даваемые всеми учреждениями, одинаковы. Цифры же пластичности по Аттербергу несколько расходятся, еще значительное расхождение в цифрах усадки и сопротивления раздавливанию. При изучении усадки Укргдернин определяет линейную усадку, а НИИ ЛАДИ суб'ективную. При перечислении суб'ективной усадки на линейную оказывается, что цифры, даваемые НИИ ЛАДИ, значительно больше. Так, для дорог II класса даются цифры суб'ективной усадки - 15%, что соответствует 5,3% линейной, и для дорог III класса - 20%, что соответствует 7,2% линейной. Укргдернин для хороших участков определяет не более 2% линейную усадку для хороших участков и не более 4% для удовлетворительных. Что касается удельного давления методика испытания, применяемой НИИ ЛАДИ и ПДОРНИИ, различия в каких либо исходных коэффициентах в настоящее время не имеется.

На основании вышеприведенного в настоящее время дополниительных испытаний к гранулометрическому анализу грунтов в пределах единичном масштабе могут быть предложены: испытание на прилипание и пластичность. Показатели эти в грунтах, являющихся в дорожном полете как вполне допустимые, должны быть таковы:

число пластичности по Аттербергу - 0-7,  
максимальное прилипание не более 80 гр. на 1 см<sup>2</sup>.

Что касается других определений, то они по данным, имеющимся в настоящее время, настолько различны, что предлагать их в широком масштабе производству как стандартные не представляется возможным.

В чем же лежит причина того, что различные исследовательские учреждения для грунтов, вполне допустимых для дорожной одежды, дают разные показатели физико-механических свойств.

Основных причин нам кажется - две: во-первых, неодинаковая оценка дороги я, во-вторых, различие в лабораторной методике, ее несовершенство и большая суб'ективность при определении физико-механических свойств.

В настоящее время мы не имеем об'ективных количественных показаний, с помощью которых можно бы выразить и оценить эксплуатационные качества дороги. Так, составляя оценку дороги, даваемую Укргдернин и НИИ ЛАДИ, можно видеть, что она далеко не однакова, основываясь на различных признаках, а если и берутся одинаковые признаки, то оцениваются не разному. Вследствие этого, например, часть дорог, оцениваемых Укргдернин, как хорошие, по оценке НИИ ЛАДИ будет отнесена к III-му классу, а часть к IV-му классу.

Что касается методики определения физико-механических свойств, то, как указывалось выше, она не одинакова у разных исследовательских учреждений. Так например, при характери-

стике грунтов на сопротивление раздавливанию. Укргидравиц испытывает цилиндры, имеющие диаметр и высоту 5 см., Цдерники (до последнего времени) и Ники Бади - кубики 2 x 2 x 2 см. При всех других разных усадках, очевидно, испытания одного и того же грунта в таких различных образцах дадут цифры различие. Точно также далеко не единаковые цифры получатся при определении усадки, если производить определение линейной усадки или об'емной и т.д.

В настоящего время, когда дорожное строительство развернулось в широких размерах по всему СССР и лаборатории исследований грунтов в дорожных целях ведутся многими учреждениями, установление единой и в то же время, во возможности, точной и об'ективной методики выступает со всей очевидностью.

Вследствие этого в грунтовой лаборатории ЦДОРИИ в 1932 году Вами, совместно с Г.Ф. Богдановым, была проведена работа по установлению методики определения нижней границы текучести, сопротивления раздавливанию и об'емной усадки. На основании этих исследований мы пришли к выводу, что наиболее целесообразно определение вышеуказанных свойств нужно проводить следующим образом:

Метод определения нижней границы текучести. Нижняя граница текучести определяется на приборе ОХОТИНА (см. рис. 1),

состоящем из 4 штампов (а), укрепленных втулку на металлической подставке (б), покрытой сверху резиновыми кружками толщиной в 4 мм (в), сверху штанги скреплены крестовинами (г). По штангам движется на роликах металлическая круглая плита (д) весом 1025 гр., имеющая посередине круглое углубление, в которое во время определения ставится никелированная чашка (е) с грунтом. На этой же планке имеются 3 захима (ж), которые удерживают чашку (е) в определенном положении. В двух штангах имеются крючки (з) с зубцами, при помощи которых плита с чашкой удерживается на вы-

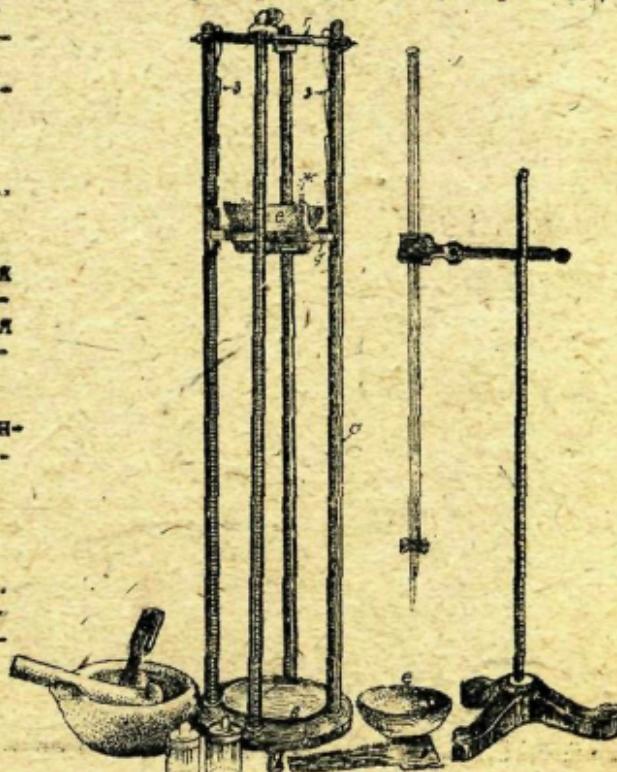


Рис. 1

к) В. ОХОТИН и  
Г. Ф. БОГДАНОВ. О мето-  
дах определения нижней границы текучести, сопротивления раз-  
давливанию и об'емной усадки. Бюллетень ЦДОРИИ 1933 г.

бюте 40 см. от подставки. Чашка (с) представляет собой скакур тара, имеющий диаметр 10 см. и глубину 3 см. Внутри чашки на высоте 1 см. нарисован горизонтальный круг и вертикально перекладулярно друг другу два черт., на которых как-для делит сектор пополам. Для разрезания грунта в чашке применяется лом, изображенный на рисунке (2).

Определение единой границы текучести производится так.

Грунт, пропущенный через сито в 2 мм. в фарфоровой чашке, смешивается с такой количеством воды, чтобы ее количество было меньше, чем при наилучшей границе текучести, но вес же массы быть бы в рабочем состоянии, и ставится на сутки в экскаватор, в котором чашку наливают водой. Если грунт представляет собой глину, то чашка с грунтом в экскаваторе держится 2 суток. Грунта для определения берется 25-30 гр.

Из фарфоровой чашки при определении грунта перекладывается в металлическую чашку (с) в такое количество, чтобы его поверхность совпадала с горизонтальным кругом, нарисованным на чашке, и эта поверхность должна быть ровная и гладкая. В этом случае толщина слоя в ередии будет равна 1 см. При этом нужно наблюдать, чтобы грунт пристал ко всему дну чашки, в чтобы внизу его не было краев. Это обстоятельство сильно влияет на точность определения.

Затем грунт ломом делится на две равные части по одной из вертикальных линий (нарисованных на чашке) так, чтобы по всей длине две чашки было видно и одна часть грунта от другой внизу отстояла на 2 мм. Чашка вставляется в пинту под зажимы, поднимается в приборе вместе с пинтой на высоту 40 см., где она удерживается зубцами пружины. Затем чашка вместе с пинтой дает свободные падать, вдавливая пружину в ячейки.

Если после двух ударов не получилось отхожания грунта в его нижней части, то к грунту прибавляют воду 5-6 капель из бюретки, тщательно перемешивают, разрывают и снова поднимают на стояние. Когда отхожание наступит после 2-го удара, то из грунта берут пробу 1-5 гр., в зависимости от гранулометрического состава грунта (чем в грунте больше крупнокомовых частиц, тем берут большие проба), кладут ее в стананчик с критерий пробкой, предварительно взвешенный, взвешивают на точных весах (с точностью до 0,001 мгр.)

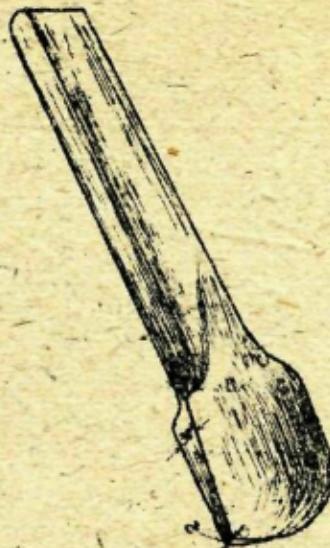


Рис. 2

и высушивают при  $105^{\circ}$  С до постоянного веса. Потерю в весе от высушивания делят на вес сухого грунта и множат на 100. Полученный результат соответствует нижней границе текучести.

### Методика определения временного сопротивления раздавливанию.

Берется средняя проба грунта воздушно-сухого в количестве около 1 кг. в нем определяется гигроскопическая вода и нижняя граница текучести. Для определения временного сопротивления раздавливанию грунт удаляется до нижней границы текучести, учитывая уже имеющуюся в нем гигроскопическую воду. Расчет прибавляемой воды можно вести по формуле:

$$A (C - a) \\ B = \frac{-----}{100 + a}.$$

где - В - количество воды в гр. или см.<sup>3</sup>, которое нужно прибавить,

А - вес воздушно-сухого грунта, взятого для симма в гр.,  
а - проц. гигроскопической воды на абсолютно сухое вещество.

С - процент воды при нижней границе текучести на абсолютно сухое вещество.

Смоченный материал тщательно перемешивается винтиком пневмом, а затем руками. Когда масса получится во виду равномерно смоченной, то она еще пробивается. Пробивка состоит в том, что масса брасается на стеклянную доску (дерево имеет в себе воду и тем самым уменьшает вязкость материала, а потому на дереве пропадает пробивку не следует), наконечно, в течение 10-15 мин., побоя чеса разбросастся в виде ложной и если она не имеет недреватости и равномерно компактна, то на этой пробивке и заканчивают, в противном случае пробивка повторяется и вновь определяется ее готовность для формовки.

После пробивки масса помещается в винтикор, на дне которого имеется вода, или в крайнем случае обертывается мокрой тряпкой и остается на ночь, а в случае глинистых грунтов на 2 суток. Из пробивки массы затем берется проба для определения содержания в ней воды. Если при этом окажется, что количество воды меньше, чем при нижней границе текучести, то она добавляется в массу снова пробивается. Откладывая вязкости массы при формовке образцов от нижней границы текучести в 1,5-2% допустим.

Перед формовкой грунт вновь пробивается киферд 2-3 мм. и ему придается форма цилиндра с диаметром, различным, примерно, 7 см. Сформованный цилиндр вводится в форму (а) (см. рис. 5) и новомодная часть брасается. Срезанная поверхность также зарябливается и скручивается пока так, чтобы ее новомодность и по углам не было раковий и пустот. После этого к зарябленной поверхности осторожно прикладывается уплотнитель (б), в кото-

рий вложена вставка - задерживатель (в) и наимен руки сюда вводится в форму, которая затем и герметизируется на прессе. Прессовка проиходит на обычном ручном прессе нагрузкой 7 кгс, на 1 см. Грунты пластичные при этой нагрузке вы挤ают из формы. В этом случае нужно дать уплотнителю углубиться в форму до соприкосновения с ней вставки-задерживателя. В грунтах не-пластичных нагрузка выдерживается 2-5 секунд. При этом нужно стремиться, чтобы воды выжималось при формовке как можно меньше. После этого форма вынимается из-под пресса и при формировании грунтов пластичных, в которых весь избыток материала выдавливается во время формовки, нижняя поверхность кубика выравнивается юком. При формировке грунтов не-пластичных, когда вставка-задерживатель не соприкасается при формовке с верхним краем формы, она ставится на кольцо и под давлением руки или пресса на уплотнитель последний выдавливается в форму до соприкосновения вставки-задерживателя с верхним краем формы. Выдавленный при этом избыток грунта сбоку можно бровдить ножом и поверхность кубика отшлифовать. Затем вставка-задерживатель вынимается и кубик выдавливается из формы. На нижней поверхности кубика дается отметка. Сформованные кубики (5 x 5 x 5 см.) высушиваются сначала при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния (примерно, 5 дней), затем их верхняя и нижняя поверхности промягшаются и сия сушатся в сушильной машине при 100-105° С до постоянного веса. Использование образца для остигания помощником в эксикатор. Затем они заносятся в стальную циркуль для определения плоскостей, на которые будет дана нагрузка, т.е. верх иниз, согласно формовке, и покрываются на временное сокротыивание раздавливанием на гидравлическом прессе. При раздавливании кубик ставится наружу стороной, на которой имеется сделана отметка, т.е. стороной, на которую проинжималась нагрузка при уплотнении. Между кубиком и прессом сверху и снизу кладется прокладка из тонкой мягкой кожи для более равномерной передачи давления на эти площади.

Изучение корреляции давления на все плечо.

Исследование производится 3-х образцов и временно сокращенное скатие выражается в кгс. На 1 см. Из полученных результатов вычисляется квадратная скобка в процентах. Результаты

х) Средняя квадратичная ошибка в процентах вычисляется следующим образом: определяется арифметическая срединка ( $x_0$ ) из всех трех отдельных определений ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ), для чего сумма определений делится на три

$$x_c = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} . \quad \text{Затем каждое из}$$

тати являются приемлемыми, если квадратичная ошибка не превосходит 5%, если же она больше, то делается новое определение временного сопротивления раздавливания на 3-х образцах.

Методика определения об'емной усадки. При сравнивании результатов, получаемых при определении линейной и об'емной усадки, оказывается, что результаты при определении об'емной усадки получаются более точные, поэтому лаборатории рекомендуют в лабораторных условиях делать определение об'емной усадки; определение же линейной усадки проводить только в полевых условиях.

Определение об'емной усадки проводится на приборе БОГДАНОВА, изображенном на рис.4. Прибор состоит из цилиндра (1), ёмкостью 150 см<sup>3</sup>, сверху он имеет крышку (2), хорове-

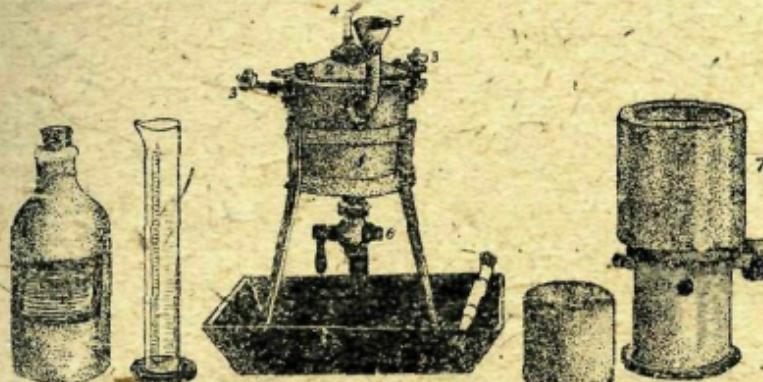


Рис.4

зенных определений вычитается из арифметической средней, полученная разность возведется в квадрат, сумма делится на три и из частного находится квадратный корень, который и будет являться средней квадратичной ошибкой ( $\delta_c$ )

$$\delta_c = \sqrt{\frac{(x_c - x_1)^2 + (x_c - x_2)^2 + (x_c - x_3)^2}{3}}$$

Чтобы среднюю квадратичную ошибку выразить в процентах ( $A$ ), величину  $\delta_c$  умножают на 100 и делят на арифм. средину  $A = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$ .

прилипованную к цилиндру и имеющую коническую форму. Крышка удерживается за цилиндре двумя барашками (3). Наверху крышка имеет отверстие, в которое плотно вставляется стеклянная трубочка с меткой (4). На боковой стороне цилиндра имеется трубка с воронкой (5), через которую наливается ртуть. Внизу цилиндра приделан кран (6), через который из прибора выливается ртуть—после опыта.

Для определения об'емной усадки грунт подготавливается и формуется такие, как и при определении сопротивления раздавливанию. Образец формуется или в виде цилиндра, имеющего площадь основания 25 см<sup>2</sup> и высоту 5 см., в форме—(7) см.рис.4-го устройства подобной той, которая применяется при формировании кубиков, но только внутри имеющая цилиндрическую, а не квадратную полость, или берется один из кубиков, приготовленных для испытания на сопротивление раздавливанию, но не измельченный.

Сформованный под нагрузкой 7 кгр/см. образец при никакой текучести измеряется при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, а затем в сушильном шкафу при 100-105° С до постоянного веса выкладывается в экскаторе, а затем определяется его об'ем, для чего в прибор наливается ртуть до метки на стеклянной трубочке (4) и определяется об'ем ртути в приборе, вынимая ее в медный цилиндр. Затем в прибор кладется измельченный образец, крышка (2) плотно закрывается, в прибор наливается ртуть до метки на стеклянной трубочке и измеряется ее об'ем. Зная об'ем ртути в шкафу приборе и об'ем ртути в приборе с образцом, можно вычислить об'ем последнего, а отсюда и об'емную усадку по отношению к первоначально взятому образцу, об'ем которого принимается равным 125 см<sup>3</sup>.

Когда подряд ведется несколько определений, чтобы не выливать всю ртуть каждый раз из прибора, испытание ведется следующим образом: замеряется об'ем прибора путем заполнения его ртутью до метки на стеклянной трубочке и затем из него отливается ртуть 100 см<sup>3</sup> в мертвый цилиндр, потом в прибор выкладывается образец, крышка плотно закрывается и из мертвого цилиндра в прибор наливается ртуть спать-таки до метки. Об'ем ртути, оставшейся в мертвом цилиндре, равняется об'ему образца.

Определение линейной усадки в полевых условиях. Грунт увлажняется до нижней границы текучести и из него первоначально вырезается образец, примерно, таких размеров: длина 7 см., ширина 3 см. и толщина 1 см. и на его верхней поверхности делается по диагонали штангель-циркулем пометка на расстоянии 50 мм. Затем образец сушится до воздушно-сухого состояния и в нем штангель-циркулем измеряются расстояния между сделанными пометками. Полученная разница по отношению к сырому образцу (т.е. к 50 мм) вычисляется в процентах, что и дает линейную усадку.

## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПО РУТНОВСКОМУ ГРУНТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ГРАВЕЛИСТИЕ ЧАСТИЦЫ МЕНЕЕ 10 %.

### Определение песячных частиц ( $2 - 0,25$ мм).

Из образца грунта, доведенного до воздушно-сухого состояния, берется средняя проба в 50-100 гр. в зависимости от гранулометрического состава грунта и тщательно перемешивается. Грунт этой пробы осторожно растирается деревянным пестиком в фарфоровой ступке из коталлической чашки и насыпается в мизуруку, объемом 100 см<sup>3</sup>, в таком количестве, чтобы после удаления деревянного пестика оставшиеся монолиты постукиванием мизуруки по камому-либо упругому предмету (книге, табаки ртуть и т.д.) получилось 20 куб. см.

Затем уплотненный грунт разрыхляется постукиванием края мизуруки и переносится на сито с отверстиями в 0,25 мм, состоящее из лист бумаги, и прессуется. Если, при прессовании оказывается, что на сите осталось не только отдельные минеральные песячки, а и структурные комочки, то остаток снега осторожно растирается пестиком и снега прессуется. Прессование кончает тогда, когда через сите перестают проходить частицы или проходят в очень малых количествах; так что их на бумаге можно сосчитать.

Остаток, не прошедший через сите, пересыпается в мизуруку утрамбовывается и определяется его об'ем. Об'ем остатка, отнесенный к первоначально взятому об'ему грунта, т.е. к 20 см<sup>3</sup> и выраженный в процентах, дает процент частиц в грунте  $> 0,25$  мм.

### Определение глинистых частиц ( $< 0,005$ мм). Средняя проба грунта в 20-40 гр. тщательно перемешивается и из нее насыпается в измерительную цилиндрическую мизуруку, имеющую емкость 100 см<sup>3</sup>, в таком количестве, чтобы после утрамбовки постукиванием грунта в мизуруке было ровно 5 см. Затем уплотненный грунт разрыхляется, в мизуруку приливается 50-70 см<sup>3</sup> воды и грунт размешивается стеклянной палочкой с каучуковым кончиком для уничтожения имеющейся в грунте структуры и, следовательно, разединения глинистых частиц, как друг от друга, так и от пылеватых и щебечатых частичек.

Размешивание происходит до тех пор, пока на стеклах мизуруки при растирании грунта не исчезнут мазки глины. Когда это достигнуто, влиивается около 3 см<sup>3</sup> раствора хлористого кальция (раствор содержит хлористого кальция 5,5 гр. на 100 см<sup>3</sup> воды), снова все размешивается, добавляется воды в мизуруку до 100 см<sup>3</sup>, снегка размешивается и грунт в мизуруке оставляется отстояться.

x) Насыпать грунт нужно всегда по частям, т.е. в том случае не допуская, чтобы его было положено в набитке, т.к. в последнем случае грунт придется отывать, в процессе же утрамбовки крупные частицы в большем количестве собираются в верхней части и потому при отсыпании будет удалена часть грунта, которая сильно отличается по составу от средней пробы.

На следующий день определяется пропаривание об'ема грунта и по этому пропариванию определяется процент пылеватых частиц, умножая пропаривание об'ема на коэффициент 4,5.

В тех случаях, когда для анализа берутся образцы также глины, увеличение об'ема отмечается после того, как набухшая масса примет постоянный об'ем (через 2-3 дня).

ПРИМЕЧАНИЕ: Коэффициент набухания 4,5 применяется только для грунтов незасоленных; для солонцов коэффициент набухания будет 2,5<sup>2</sup> и для карбонатных грунтов 84%.

Определение пылеватых частиц (0,25 - 0,01 мм). Из части грунта при определении песчаных частиц, прошедшей через сито в 0,25 мм и тщательно перемешанной, в цилиндрическую мензурку, ёмкостью 100 см.<sup>3</sup> с диаметром в 2,5 см., насыпается при постукивании ровно 10 см.<sup>3</sup>.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если через сито в 0,25 мм грунта при определении песчаных частиц проходит мало и в недостаточном количестве для определения пылеватых частиц, то берется новая проба грунта в такой количестве, чтобы частиц < 0,25 мм получилось не менее 30-40 гр.

Затем наливается вода до 100 см.<sup>3</sup>, размешивается стеклянной палочкой с каучуковым наконечником и оставляется в ложе на 13 мин. По истечении 13 мин. осторожно сливаются 80 см.<sup>3</sup> мутной воды (16 см.)<sup>xxx</sup>, после этого снова добавляется вода до 100 см.<sup>3</sup>, размешивается и снова сливаются тоже количество через 13 мин. Эта операция повторяется пока жидкость перед слиянием не сделается почти прозрачной (повторяется операция 10-18 раз, в зависимости от гранулометрического состава грунта). Затем, налив воды последний раз, оставляют мензурку стоять 10-15 мин., утрамбовывают осевший грунт легкими постукиваниями пальца по боковой стенке мензурки и отсчитывают об'ем осевшей в мензурке части грунта. Принимая каждый кубический сантиметр осевших пылеватых частиц за 10% (весовых) от части грунта, прошедшей через сито в 0,25 мм, вычисляют процент пылеватых частиц к этой части грунта (т. е. к части, прошедшей через сито в 0,25 мм). Затем процент пылеватых частиц пересчитывается по отношению ко всему грунту (см. пример).

х) См. Окорки В. В. и Зиминский В. С. "О механич. анализе по методу Рутковского" Бурь, автомобиль и дорога, 1931 г.

хх) Рутковский "Замечания к производству гранулометрического анализа почв-грунтов методами и избр. методами", Бюлл. ЦДГИИИ, № 5, 1933 г.

ххх) Об'ем воды в 80 см.<sup>3</sup> в мензурке с внутренним диаметром 2,5 см. имеет высоту около 16 см., т. к. частицы в 0,01 мм падают со скоростью 50 сек. 1 см., то все частицы крупнее 0,01 через 13 мин. будут находиться в мензурке ниже дедеши 20, а выше будут только частицы крупнее 0,01 см, которые и будут удалены при слиянии. Если мензурка будет

Определение содержания иловатых (лессовидных) частиц (0,01 - 0,005 мм).

Зная процент содержания в грунте песчаных, пылеватых и глинистых частиц, путем вычитания их суммы из 100, можно определить процент содержания частиц иловатых (лессовидных).

Пример. Вычисление в процентах песчаных, пылеватых, глинистых и иловатых частиц.

Содержание песчаных частиц ( $> 0,25$  мм).

1. Количество взятого грунта в мензурку 20 см<sup>3</sup>.

2. " грунта, оставшегося на сите в 0,25 мм, 5 см<sup>3</sup>.

Считая 1 см<sup>3</sup> за 5%, имеем  $5\% \times 5 = 25\%$ .

Содержание пылеватых частиц (0,25 - 0,01 мм).

1. Количество осевших частиц в мензурке после отмывания 4 см<sup>3</sup>.

2. Процент пылеватых частиц по отношению к части грунта  $< 0,25$  мм, считая 1 см<sup>3</sup> за 10%, будет  $4 \times 10 = 40\%$ .

3. Процент пылеватых частиц по отношению ко всему грунту, зная, что часть грунта, содержащая частицы  $< 0,25$  мм, составляет 75%, будет  $40\% \times 0,75 = 30\%$ .

Содержание глинистых частиц ( $< 0,005$  мм).

1. Объем осевшего грунта в мензурке после набухания 8 см<sup>3</sup>, т.е. приращение 3 см<sup>3</sup>, что по отношению ко всему грунту в весовых процентах будет  $3 \times 4,5 = 13,5\%$ .

Содержание иловатых (лессовидных) частиц (0,01-0,005мм).

$100 - (25 + 30 + 13,5) = 31,5\%$ .

Если диаметр не 2,5 см., а другой - больший, то при слиянии 80 куб. жидкости слой будет иметь высоту меньше 16 см. и время для отстаивания нужно брать не 13,0 мин., а меньше; при диаметре мензурки меньше 2,5 см. время отстаивания должно быть увеличено по расчету из высоты столба жидкости об ёмкости 80 куб. см.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛОНЦОВ  
И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ СОЛЕЙ.

Трудами акад. К. К. ГЕДРОЙЦ<sup>х)</sup> заложена громадная роль в изучении поглощающего комплекса и составе его поглощенных оснований.

Замена в комплексе почвы одного основания на другое сопровождается глубоким изменением всего строения почвы, а вместе с этим должны происходить большие изменения и в ее физико-химических и механических свойствах. Особенно сильно должны изменяться эти свойства почвы, насыщенной Са, при замены последнего на  $\text{Na}^+$ , т. е., когда почва из чернозема превращается в солонец, так как при этом сильно изменяется гранулометрический состав, от которого существенное значение имеет физико-механические свойства почво-грунтов.

Насколько изменяется гранулометрический состав почвы, насыщенной кальцием при замещении подсердного натрием, видно из анализов, проведенных Гедройцем<sup>х)</sup> с соответственным черноземом, насыщенным Са и отчасти  $\text{Na}^+$  и с тем же черноземом перед замещением его натрием. При этих анализах оказалось (см. табл. 1) что количество глинистых частиц в черноземе после замещения значительно увеличилось и при том частичек, относящихся к тонким глинистым частицам, обладающим глинистыми свойствами в наивысшей степени.

Таблица

Диаметр частичек в мк.	0,25-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
Черн.состав.	15,2%	25,3%	15,6%	37,9%
Черн.насыщен. $\text{Na}^+$ ...	19,0%	19,2%	5,6%	57,2%

Для выяснения влияния состава поглощенных оснований на физические и механические свойства почво-грунтов нами был взят обикновенный чернозем б. Тульской губ. (гор. А гл. 10-40 см) и речка Вереского периода из под Вязей (1 образец в глубине 4 м), не содержащий гумуса. Последний был взят в целях выяснения влияния в либо-силикатного поглощающего комплекса на физико-механические свойства почво-грунтов. В обоих образцах был определен состав поглощенных оснований, юнитность поглощающей, гранулометрический состав и изучены свойства краудинга, пластичности, размокания в воде, сопротивление разрушению в измельчении зданиями. Все свойства определялись как в

х) Акад. К. К. Гедройц Учение о поглотительной способности почв  
Изд. 2-е 1929 г.

естественных образцах, так и в образах, насыщенных натрием. Насыщенные образцы пасынчались путем обработки их 1% раствором хлористого натрия, избыток которого ( $\text{NaCl}$ ) после полного насыщения удалялся дилатом.

Черновоз и глина в их поглощающем комплексе, как видно из таблицы 2, содержали только Са и Mg, причем Mg содержался в значительно меньших количествах, чем Ca. Емкость поглощения у глины оказалась больше, чем у черновоза, отсюда можно думать, что у нее очень существенное значение в проявленной физико-механической поглотительной способности имеет минеральная ее часть и что в грунтах, также как и в почвах, величина поглощающего комплекса и состав его поглощенных оснований будет сильно влиять на их физико-механические свойства, а следовательно и на их строительные качества.

Таблица 2.

Наименование образца	% Ca по отношени- и весу почвы	% Mg по отношени- и весу почвы	Емкость по- глощения в Ca по отнек- и весу поч- вы в %.	Емкость по- глощ. в мг.- эквивал.
Черновоз Вятск.глина	0,58 0,557	0,056 0,147	0,58 0,301	31,5 40,1

При определении гранулометрического состава образцов естественных и образцов, насыщенных натрием, результаты получились те же (см. табл. 3).

Таблица 3.

Наименование образца	0,5- 0,25мм	0,25- 0,05мм	0,05- 0,01мм	0,01- 0,005мм	0,005- 0,001мм	мм
1. Черновоз естеств.	-	3,46%	51,19%	26,66%	8,60%	7,31%
2. Тот же чер- новоз, насы- щенный натр.	-	2,26	50,09	7,65	2,55	24,74
3. Глина из под Вятки	3,86	24,65	19,14	24,14	4,57	13,05
4. Та же гли- на, насыщ.- натрием.	4,77	23,80	12,75	10,33	3,24	41,01

что и в опытах акад. И. К. Гедрейц, т.е. количество глинистых частиц после насыщения образцов натрием значительно увеличи-

лось. Так, если чернозем в естественном виде представлял собой средний иловатый суглинок, то после насыщения натрием по дорожной классификации X), прикатой в дорожном деле, он должен быть отнесен к тяжелым иловатым суглинкам. Глина Вятская, в естественном состоянии являющаяся иловатым суглином, после насыщения натрием должна быть отнесена к глиням.

В связи с существенным изменением гранулометрического состава образцов, не менее существенно изменились и их физико-механические свойства - линкость, пластичность, размокание в воде и сопротивление раздавливанию.

Линкость естественного чернозема, как видно из диаграммы (рис. 1), значительно

меньше линкости того же чернозема после насыщения его иодощающим комплексом натрием. Если взять максимальную величину прилипания, то она в черноземе, насыщенном натрием, в два сложном раза больше, чем в естественном, а именно - в первом она равняется 212,6 гр. на  $\text{cm}^2$ , тогда как во втором только 99,2 гр на  $\text{cm}^2$ . Не менее существенные изменились и интервал влажностей, в котором грунт обладает кристаллизацией более 80 гр на 1  $\text{cm}^2$ . Этот интервал назван нами "интервалом вредных влажностей" в отношении прилипания, так как грунты в этом интервале при проезде по дороге налипают на колеса автомобилей. Интервал вредных влажностей в естественном черноземе

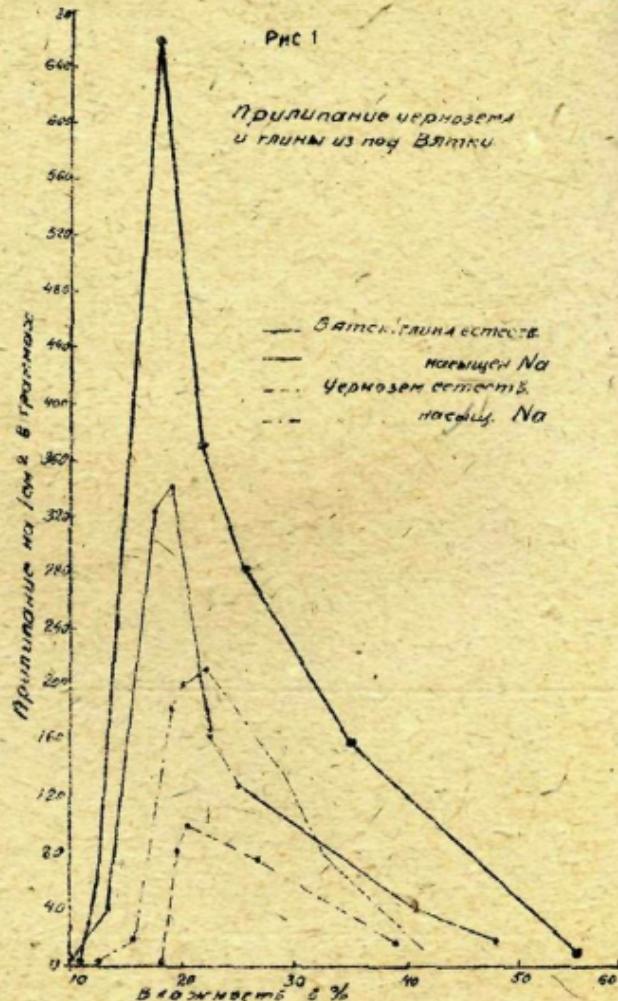


Рис. 1  
Прилипание чернозема  
и глины из почв Вятки

Х) ОХОТИН В.В., Гранулометрическая классификация грунтов на основе их физических и механических свойств. Изд. ЦДОРНИИ. 1933 год.

равняется 6% (при содержании в нем воды от 19,5% до 25,5%), в черноземе же, насыщенным натрием, он увеличился до 15,5% (от 17% до 32,5%), т.е. увеличился вдвое. Следовательно, чернозем, при переходе его в солонец в распутьи значительное уменьшение будет являться липким и липкость его будет значительно больше.

Не менее существенно изменилось свойство прилипания к глине из-под Вятки, как это видно на той же диаграмме. Максимальное прилипание в естественной глине равнялось 345 гр на см<sup>2</sup>, у глины же, насыщенной натрием, оно поднялось до 661 гр на см<sup>2</sup>, т.е. почти вдвое, причем нужно отметить, что этой величиной прилипания не достигает даже в такой тяжелой глине, как глуховской каолин (максимальное прилипание каолина равно 540 гр на см<sup>2</sup>). Интервал вредных влажностей увеличился в данном случае также сильно, как и в черноземе, а именно, он возрос с 25% у естественной глины до 33% у глины, насыщенной натрием. Большее увеличение прилипания чернозема и глины после насыщения их натрием указывает на то, что микроструктура их при этом уничтожается, и глинистые частицы в большей степени увеличивают свою дисперсность, а вместе с этим и удельную поверхность.

Сильно увеличился у чернозема и глины из-под Вятки и свойство пластичности при насыщении их натрием (см.табл.4), что также указывает на увеличение дисперсности их глинистой части. Особенно большое увеличение пластичности наблюдалось у чернозема. По Аттербергу естественный чернозем должен быть отнесен к 3-му классу пластичности, whereas же насыщенный его натрием он отнесен к грунтам 1-го класса пластичности.

Таблица 4.

Назначение образцов	Нижняя граница текучести	Граница растворимости в проэлеку	Число пластичности
Естественный чернозем .....	22,53	15,20	6,73
Чернозем, насыщенный натрием	26,97	9,99	16,98
Глина из-под Вятки естествен.	28,11	11,93	16,18
Та же глина, насыщенная натрием	30,73	10,18	20,55

Увеличилась пластичность и у глины из-под Вятки, хотя и не в такой степени, как у чернозема. Число пластичности у нее после насыщения натрием возросло на 4,37.

Так же, как прилипание и пластичность, изменились в

черноземе и глине, при насыщении их натриема комплексом бартием, и способность прятываться рабыньюющему действию проточной воды. При изучении размокания из образцов готовились цилиндрики, имеющие площадь основания 2 см<sup>2</sup> и высоту 2 см. Эти цилиндрики помещались в прибор (Хотин). Время для размокания образцов, насыщенных натрием, потребовалось как при вскрытии чернозема, так и глины из-под Вятки в два раза больше, чем для образцов естественных, как это видно из таблицы 5-й.

Таблица 5.

Наименование образцов	Время размокания в минутах
Чернозем естеств.	16 мин.
Тот же чернозем, насыщенный натр.	57 мин.30 сек.
Глина из-под Вятки естеств. ....	11 мин.30 сек.
Та же глина, насыщенная натрием	30 мин.12 сек.

При насыщении образцов натрием увеличилась так же и их слизистость в сухом состоянии, как это можно видеть из цифр сопротивления раздавливанию, приведенных в таблице 6-й. (Сопротивление раздавливанию изучалось на кубиках 2x2x2 см., выпущенных при 105° С).

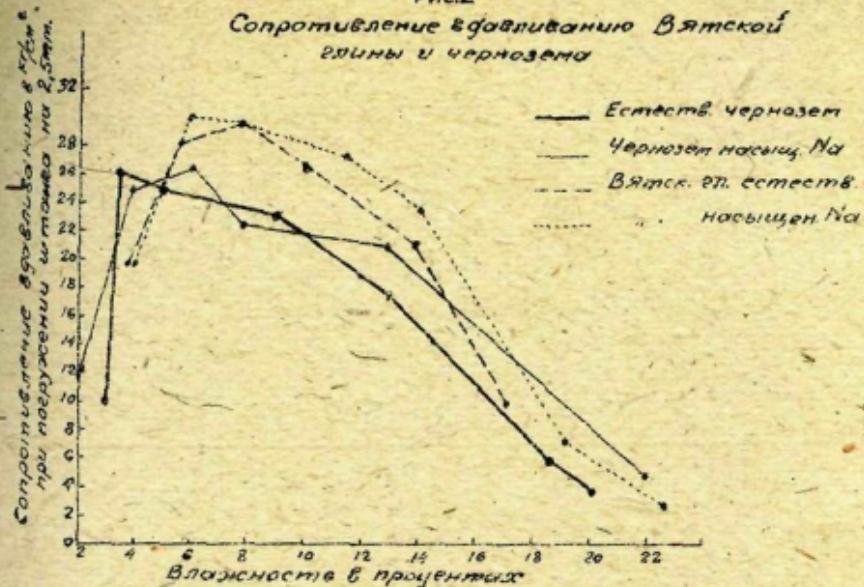
Таблица 6.

Наименование образцов	Сопротивление раздавл. в кг/см <sup>2</sup>
Чернозем естеств.	44,0
Тот же чернозем, насыщенный натрием	65,7
Вятская глина естеств.	135,0
Та же глина, насыщенная натрием .....	145,0

Изучение сопротивления раздавливанию образцов при разных содержаниях влажности показало, что это свойство не изменяется в черноземе и Вятской глине при насыщении их натрием, как это видно из диаграммы (рис.2). Это явление об'ясняется тем, что в грунтах при увеличении содержания глинистых частиц выше 15% сопротивление раздавливанию не увеличивается, а

\*) В.В.ХОТИН. - Гранулометрическая классификация грунтов на основе их физич. и механич. свойств. Изд. ПДОРНИИ 1933 г.

Рис.2  
Сопротивление вдавливанию Вятской  
глины и чернозема



и иногда даже уменьшается <sup>х)</sup>.

Таким образом, свойства почво-грунтов, имеющие большое значение как в дорожном деле, так и в агротехнике - пластичность, липкость, сопротивление раздавливанию, размокание - в большой степени обусловливаются составом обменных оснований поглощающего комплекса почво-грунта.

#### Изменение физических свойств почво-грунтов, в зависимости от степени насыщения их катрием.

Природные солонцы сравнительно редко встречаются в верхнем ярусе комплексов, который бы целиком был насыщен катрием; в большинстве случаев катрий составляет только часть оснований, однако, такие почвы имеют уже во своем строении типичные солонцовые и потому представляют значительный интерес выяснить, как изменяются свойства почво-грунтов с увеличением насыщения их поглощающего комплекса катрием.

х) В.В.ОХОТИН. - Сопротивление грунтов вдавливанию в зависимости от их механического состава. Сборник ПУМТ'я, № 19, 1928 г.

Для выяснения данного вопроса был взят чернозем ЧЧО, доставленный в лабораторию В.С.Зимницким, и был обработан хлористым натрием следующим образом. Брались отдельные на вески в 100 гр. и в течение 1 мин. зарабатывались с литром 0,1*N* раствора хлористого натрия. После отставания раствора отфильтровывался, а почва снова обливалась таким же количеством раствора хлористого натрия и т.д. По окончании обработки содержащийся в образцах избыток хлористого натрия удалялся диализом. Таким образом, был приготовлен ряд образцов, с разным числом повторных обработок и в зависимости от количества последних содержание натрия в образцах было такое:

Таблица 7.

Число обработок $\text{NaCl}$	1	2	3	5	8	до полного засоления кальция
Содержание $\text{Na}$ от веса залежной почвы в %.	0,0669	0,0808	0,856	0,2197	9,2709	0,3843
Проц. содерж. $\text{Na}$ в поглощающем комплексе	17,4	21,0	22,3	57,0	70,4	100

Во всех образцах после доведения их до воздушно-сухого состояния были определены: пластичность, объемная усадка и сопротивление раздавливанию.

Пластичность чернозема при последовательных обработках его хлористым натрием наиболее существенно увеличивалась только после первой обработки, т.е. когда натрия содержалось 17,4% в поглощающем комплексе, дальнейшее же повышение его содержания большого изменения в свойстве пластичности не вызывало, как это видно из табл. 8.

Таблица 8.

Наименование образца	Нижняя граница текуч.	Граница раскатывания и проводоску	Число пластичности
1. Естеств. черн.	27,63	13,46	14,17
2. Чернозем, обработ. $\text{NaCl}$			
1 раз.....	30,53	13,68	16,85
3. То же 2 раза	29,21	11,87	17,34
4. То же 5 раз	29,33	11,07	18,26
5. То же 8 раз	30,48	12,26	18,22

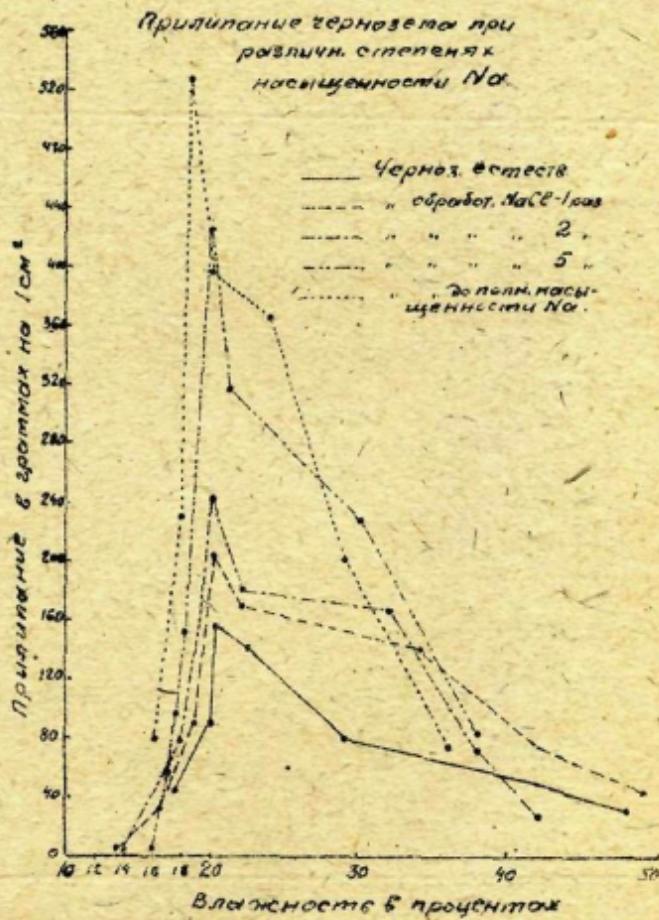
При изучении прилипания в тех же образцах оказалось, что величины максимальных прилипаний увеличиваются значительно и

баде или менее равномерно, когда содержание натрия в поглощающем комплексе возрастает до 57%, при дальнейшем же насыщении чернозема натрием увеличение максимального прилипания ходит и наблюдается, но более медленное. Что касается интервала влажностей, при которых почво-грунт имеет прилипание более 80 гр на  $\text{cm}^2$ , то этот интервал при содержании натрия, равном 17%, сильно увеличивается по сравнению с тем, что дает естественный чернозем, а именно он возрастает с 9% до 22%, дальнейшее же насыщение поглощающего комплекса натрием не увеличивает этого интервала сколько-нибудь сильно. Данные изменения прилипания приведены в таблице 9, а для некоторых образцов такие и в виде кривых на диаграмме (рис. 3).

Объемная усадка образцов изучалась на кубиках 3х3х3 см. Кубики готовились при нижней границе текучести и затем просыхали сначала при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, а затем в сушильном шкафу, при 105° С. Усадка определялась на приборе Богданова X). Результаты испытаний приведены на таблице 10.

Как видно из полученных результатов, увеличение усадки наблюдается при содержании 17,4% натрия в поглощающем комплексе дальнейшее же увеличение его содержания почти не увеличивает усадки. В этом отношении поведение образцов подобно тому, что наблюдалось

Рис. 3



ХОТИН и БОГДАНОВ. Методика определения нижней границы текучести, сопротивления раздавливанию и усадки (рукопись).

Таблица 9.

Безстворческий червовозем		Червовозем, обработанный наст 1 раз		Червовозем, обработаный наст 2 раза		Червовозем, обработаный наст 3 раза		Червовозем, обработаный наст 5 раз		Червовозем, в кото- рой все основания замещены на матриц	
Семена воды	Прилив на сн	Сокер на сн	Прилив на сн	Сокер на сн	Прилив на сн	Сокер на сн	Прилив на сн	Сокер на сн	Прилив на сн	Сокер на сн	Прилив на сн
17,51	42,9	11,9	3,3	13,5	3,8	9,7	2,8	12,8	0	14,1	1,0
19,5	93,7	14,6	6,1	16,9	34,8	12,5	15,7	15,1	4,2	16,2	77,9
20,8	157,4	17,8	73,1	18,9	156,9	14,4	21,3	16,1	4,2	17,1	223,1
-	-	18,7	119,3	-	-	-	-	17,1	54,3	18,7	528,5
22,8	145,0	20,0	177,1	20,9	239,8	16,2	144,4	17,5	94,4	20,4	395,4
25,3	117,4	20,5	202,1	22,6	181,8	17,5	148,6	18,5	150,3	24,6	365,0
29,9	80,3	22,5	172,3	25,4	178,0	19,4	237,8	19,5	171,2	-	-
42,2	54,0	34,8	140,0	32,1	168,0	19,7	251,8	20,0	430,0	28,9	200,0
47,8	32,6	39,8	75,6	38,7	71,6	28,1	180,7	21,3	318,8	36,4	72,9
-	-	49,0	45,6	42,1	25,1	34,1	112,7	30,5	227,1	-	-
-	-	-	-	-	-	39,3	65,9	38,4	83,3	-	-

Таблица 10.

Номер образца	Черноз. естеств.	Черноз. обраб. наст 1 раз	Черноз. обраб. наст 2 раза	Черноз. обраб. наст 5 раз	Черноз. обраб. наст 8 раз	Чернозем обработ. до пели. насыщени
Усадка об'емная в %	27,7	30,6	30,6	30,9	30,9	30,9

лось при изучении пластичности и линкости в отношении интервала зернистых здравствий.

Сопротивление раздавливанию в образцах также изменялось и при этом оно возрастало с увеличением степени насыщенности натрием более или менее равномерно и только при количестве насыщенности натрием 80% оно понижалось, как это видно из таблицы 11-й.

Таблица 11.

Номер образца	Черноз. естеств.	Черноз. обраб. наст 1 раз	Черноз. обраб. наст 2 раза	Черноз. обраб. наст 5 раз	Черноз. обраб. наст 8 раз	Черноз. обраб. наст 80% натрия
Время сопротивления раздавливанию в г/см <sup>2</sup>	79	92	101	112	120	101

Это понижение сопротивления скатия обуславливается тем, что данное свойство зависит не только от содержания в грунте глинистых частиц, но также от количественных соотношений в нем более крупных частиц и при соотношениях, давших малую гористость, сопротивление скатия больше. При других же комбинациях, давших большую гористость, оно значительно уменьшается.

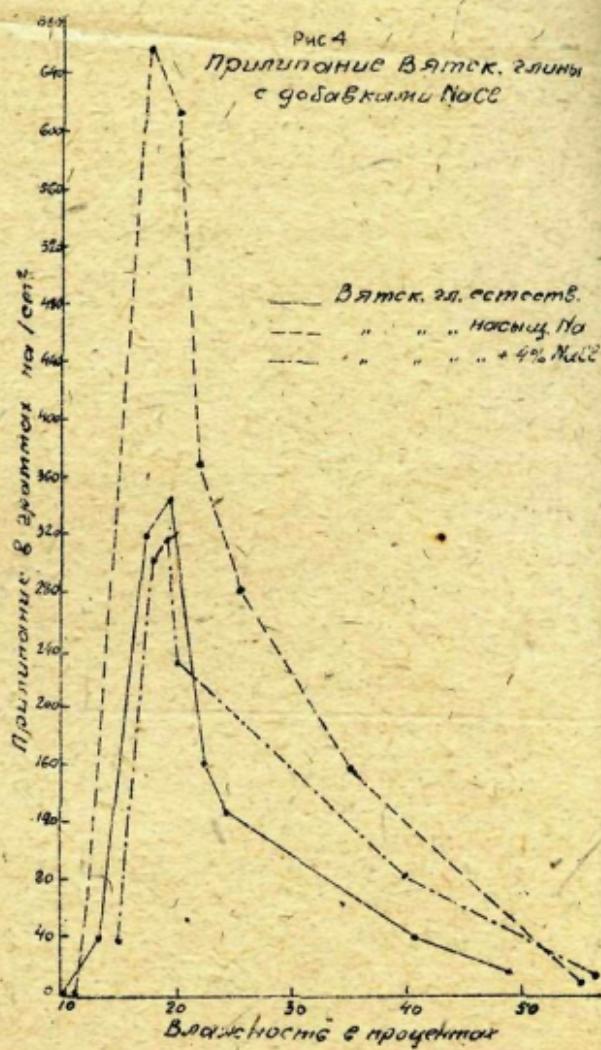
Таким образом, большинство физико-механических свойств в почво-грунте изменяется наиболее сильно с увеличением содержания обычного натрия в его поглощающем комплексе до 17%, дальнейшее же его насыщение натрием изменяет эти свойства сравнительно мало. Следовательно, все почвы, поглощающий комплекс которых содержит натрия, примерно 1/6 от суммы всех оснований, уже являются типичными солонцами со всеми им присущими свойствами.

## Изменение физико-механических свойств солойцов добавками солей.

Если насыщенный в той или другой степени поглощающего комплекса почво-грунта натрием усиливает глинистые его свойства, то наличие в нем солей и др. соединений, способных электролитически диссоциировать, должно действовать в обратном направлении, уничтожая диспергирующее влияние гидроксияльного иона, возникающего в почво-грунте при переходе катиона натрия из поглощающего комплекса в раствор.

Наличие солей, если их концентрация выше их электролитического порога, коагулирует суспензии, причем, так как главная масса тонких частиц в почво-грунте заряжена отрицательно, коагулатором является катион. В качестве коагулатора могут быть применены как соли с одновалентными основаниями, так и с двухвалентными и трехвалентными.

Чтобы выяснить, как влияет наличие солей с одновалентным катионом на физико-механические свойства почво-грунтов, содержащих в поглощающем комплексе натрий, т.е. солонцов, была взята глина из-под Вятки, предварительно насыщенная натрием, и к ней было добавлено 4% хлористого натрия. Прилипание глины, насыщенной натрием, после прибавления к ней хлористого натрия, как видно из рис. 4, снизилось очень существенно, а именно:



максимальное прилипание с 660 гр на  $\text{см}^2$  упало до 320 гр, и первая влажность, в котором прилипание больше 80 гр на  $\text{см}^2$ , снизилась с 32,5% до 25%, и в общем, кривая прилипания получилась очень близкой к кривой прилипания естественной глины, насыщенной кальцием и магнием.

Не менее существенно изменилась в сторону уменьшения и пластичность глины, а именно: число пластиности по Аттербергу упало с 20,55 до 15,65 т.е. это получилось даже несколько меньше, чем у естественной глины, которой число пластиности равно 16,18.

Что касается размокания, то глина с хлористым натрием размокает быстрее даже естественной глины. Возможно, на размокание влияет в данном случае и наличие растворимой соли, при быстром растворении которой в грунте образуется некоторый и создается более свободный доступ воды в грунт.

Далее уменьшилось в грунте сопротивление раздавливанию, а именно: оно оказалось равным 85,5 кг/см<sup>2</sup>, тогда как естественная глина давала 135 кг/см<sup>2</sup> и глина, насыщенная натрием, 146 кг/см<sup>2</sup>.

На основании этих опытов можно предте к выводу, что в натриевых солончаках, поглощающий комплекс которых содержит в значительных количествах натрий, физические свойства будут существенно отличны от солонцов и в дорожном отношении они будут более благоприятны, до тех пор, пока они останутся солончаками, т.е. содержат заметные количества солей, так как в них тонко дисперсные частицы, обусловливающие большую линкость и пластиность, будут сконгулированы.

Хорош прибавленный солей с одновалентными основаниями существенно изменяют физические свойства солонцов, но все же изменение их в дорожную среду будет нецелесообразно. Эти соли являются легко растворимыми, при выпуклом и прямодействии профиле полотна дорога легко будет выниматься из него даже в местности с малым количеством выпадающих осадков, после же их вымывания все худшие свойства солонцов проявятся в полной мере, так как тогда в почво-грунте не будет коагулатора. Поэтому на более рациональных является прибавки солей с двухвалентными основаниями, которые, имея как коагуляцию тонких частиц грунта, в то же время вступают в обменную реакцию с поглощающим комплексом солонца, вытесняя из него натрий, и, если соль дано будет в соответствующем количестве, при достаточном стечении ее растворимости, натрий целиком со временем будет вытеснен из поглощающего комплекса, вследствие чего, после вымывания добавленной соли из почво-грунта, последний не сделается солончакатым, так как поглощающий комплекс его будет насыщен двухвалентными основаниями, а поэтому и худшие свойства солонцов не восстановятся.

Для выяснения влияния солей с двухвалентными основаниями на физические свойства солонцов были взяты хлористый кальций и гипс, а также гидрат-кальция, вносившийся в виде известкового молока; эти вещества прибавлялись в разных количествах к Влажной глине после насыщения ее поглощающего комплекса натрием.

Хлористый кальций является солью легко растворимой и потому обменная реакция между йонами и поглощающим комплексом почво-грунта должна привести к полному замещению натрия в комплексе  $\text{Na}^+$  кальций. Однако, вследствие большой растворимости хлористого кальция (в 100 частях хвойной воды растворяется 165,7 частей безводного  $\text{CaCl}_2$ ), значительная часть его будет из почво-грунта бесцветно вымываться, кроме того эта соль является сравнительно дорогой. Эти обстоятельства ограничивают ее применение и она может иметь практическое значение только местное, когда получается, как отброс, например, при содовом производстве. Растворимость гипса - небольшая ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при  $180^\circ\text{C}$  растворяется 0,205 на 100 частей воды) и эта соль будет вымываться из деревянного полотна значительно меньше, вследствие этого, действие ее будет продолжительное, а потому если она будет внесена в соответствующих количествах, то с течением времени (хотя и несравнимо медленнее, чем при внесении хлористого кальция), натрий поглощающего комплекса в почво-грунте будет замещен кальцием. К преимуществам этой соли перед хлористым кальцием нужно отнести и ее меньшую стоимость и то, что этой соли для замещения натрия нужно вносить меньше. Что касается известки, то растворимость ее несколько больше, чем гипса (из обожженного мрамора растворимость  $\text{CaO}$  при  $0^\circ$  - 0,138%), однако, в почво-грунте растворимость ее будет уменьшаться, так как часть гидрата под действием углекислоты почвенного воздуха будет переходить в карбонат кальция, очень мало растворимый в воде (растворимость  $\text{CaCO}_3$  в воде насыщенной  $\text{CO}_2$  около 0,1 гр на литр), эта часть в различных условиях будет неодинакова. Благодаря сравнительно легкому получению известки, которое может быть осуществлено на местах, где имеются залежи мела или известняков, она имеет большое практическое значение, тем более что известка не только замещает натрий поглощающего комплекса на кальций, но внесенная в достаточном количестве цементирует великий грунт в заметной степени и уменьшает его гидратные свойства, как это выяснено работами Яновского В.К.<sup>x)</sup>.

При изучении влияния добавок хлористого кальция в Вятской глине, насыщенной натрием, хлористый кальций вносился в количествах 0,05, 0,1 и 1% от веса грунта. Для лучшего смешения хлористого кальция с глиной он вносился в виде очеса разбавленного раствора, так что при смешении его с грунтом масса получалась в полужидком состоянии. Затем, масса высыпалась при частом перемешивании на водяной бане и высушивалась прессованием через сито в 1 мм. Таким образом, проходила подготовка и при добавках гипса. Изменение физических свойств глины при добавках к ней хлористого кальция приведено в таблице 12, а также на диаграммах (рис. 5, 6, 7).

<sup>x)</sup> ЯНОВСКИЙ В.К. Влияние прибавок известки и мела на физико-механические свойства грунтов. Сборник ЦУМТа № 19.

Таблица 12.

Нанесение грунта	Максимальное прилипание гр. на см <sup>2</sup>	Число эластичности	Время разбухания в минутах	Сопротивление раздавливанию кг/см <sup>2</sup>
Глина, насыщена Na-ионами	661,2	20,55	30,2	146,2
Глина + 0,05% CaCl <sub>2</sub>	556,0	17,30	-	-
Глина + 0,1% CaCl <sub>2</sub>	605,0	16,7	12,5	99,6
Глина + 1,0% CaCl <sub>2</sub>	415,0	16,58	-	-
Глина естественная	345,5	16,18	11,5	135,0

Как видно из полученных результатов, прилипание глины, насыщенной натрием, при добавках к ней хлористого кальция в 0,05% и 0,1%, хотя и уменьшается, но все же оно значительно больше, чем в естественной глине; при следующей добавке хлористого кальция в 1,0% это очень близко, как в отношении максимальной величины, так и в отношении интервала вредных свойств к тому, что дает естественная глина. Если принять во внимание величину поглощающего комплекса данного грунта, сумма оснований которого при перечислении на Ca равна 0,80%, то данные добавки не могли заменить всего натрия на кальций и все же наличие кальция в растворе почво-грунта, равное 45% щелочности поглощения (что имеет место при добавке 1% CaCl<sub>2</sub> к Витской глине), уже существенным образом уменьшает вредные свойства солонца и приближает их к тем величинам, какие получаются в почво-грунте при полном насыщении его нальцием.

Эластичность глины уменьшается существенно уже при малых добавках хлористого кальция и при изобилии его количества, первого 0,1%, эластичность уменьшается до величин, соответствующих той, которая наблюдается и в естественной глине.

Что касается сопротивления давлению, то оно от добавок хлористого кальция не изменилось, как это видно из диаграмм (рис. 6).

Для выполнения видимых добавок гипса на физико-механические свойства солонца сработало та же Витская глина, предварительно насыщенная натрием и потом предварительно засыпанная. Гипс прибавлялся в количествах 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,4%, 1,0%, 2,0%, 5,0% и 10,0% от веса взятого грунта.

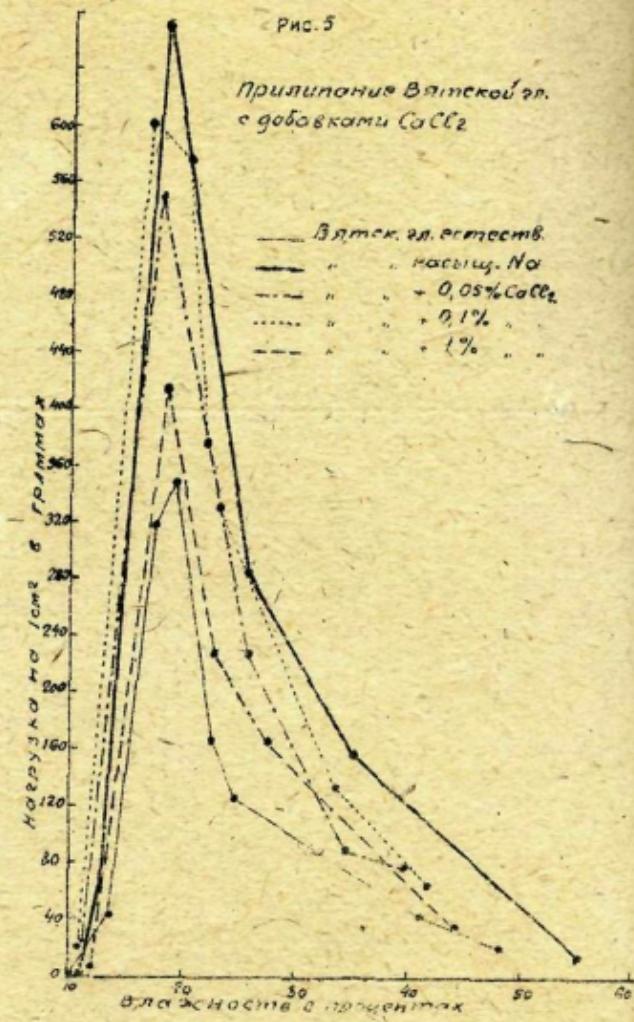
Изменение прилипания глины в зависимости от добавок гипса приведено в таблице 13-2 и для некоторых концентраций на диаграмме (рис. 8).

Как видно из приведенных данных, добавка гипса в количестве 0,05% значительно снизила как величину максимального

прилипания (в глине без гипса оно равно 2661,2 гр на см<sup>2</sup>, с гипсом - 482,2), так и интервала вредных блажностей (который с 32,5% упал до 27%). Дальнейшие добавки гипса до 2% изменения прилипания не вызывали и только при добавках в 5% наблюдается дальнейшее уменьшение прилипания. При этой добавке гипса прилипание глины приближается к тому, что дает в природных глинах. Поэтому, снижение прилипания при таких добавках обусловливается цементирующей способностью самого гипса. Нужно отметить, что 5% добавка гипса дала такое же снижение прилипания, как и 1% добавка хлористого кальция.

Пластичность глины, как видно из таблицы 14-й, уменьшается равномерно с увеличением добавок гипса до 0,4%, при следующей добавке до 1% пластичность хотя несколько и уменьшается, но значительно меньше, чем при предыдущих добавках 10% практическая сове-

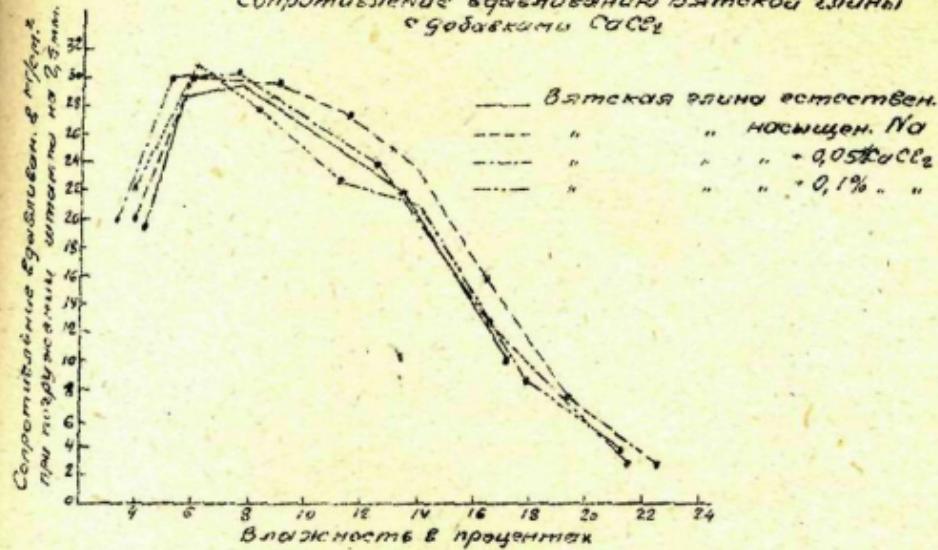
PAGE 2



предыдущих добавках и, в концец, дальнейшие добавки в 5 и 10% практически совсем не изменяют пластичности.

Рис. 8

Сопротивление влагаливанию вязкой глины  
с добавками  $\text{CaSO}_4$



Временное сопротивление сжатию

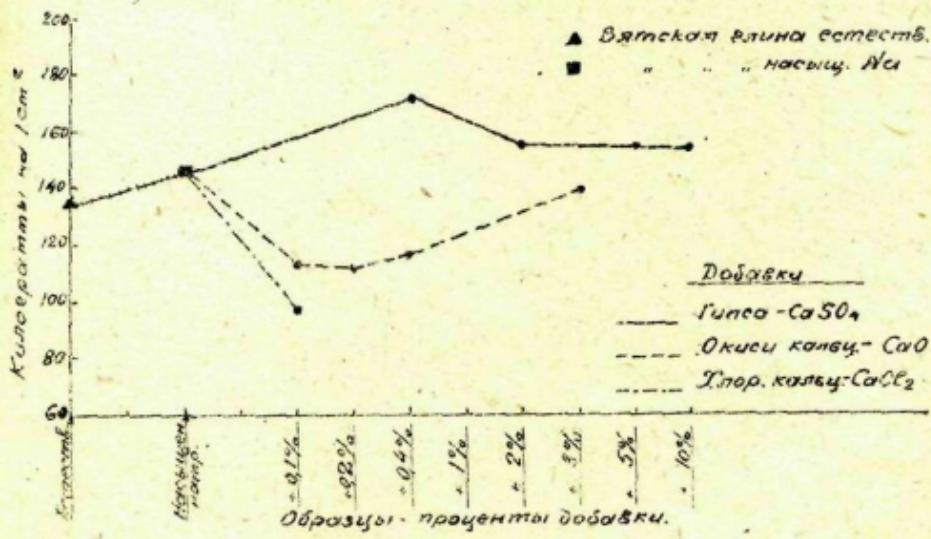


рис. 7

## ТАБЛІ

## Кріплення глини

Глина составленія		Глина, яка цінна підр.		Глина, яка є не цінною					
Місце відбору	Вага нагружен- ня в грамах	Число	Приміщен- ня в грамах	0,05% глиса		0,1% глиса		0,2% глиса	
				Число	Приміщен- ня в грамах	Число	Приміщен- ня в грамах	Число	Приміщен- ня в грамах
10,6	1,5	110,-	0	10,1	9	9,5	0	-	-
13,8	40,9	12,4	60	12,3	31,0	13,3	53,4	13,7	47,9
14,3	62,4	181	64	14,6	155	16,9	307,8	16,5	172,6
14,4	135,3	15	176	182	391	18,5	502,1	17,6	542,4
15,4	249,8	16,6	324	17,5	462	19,6	468,9	18,6	394,1
17,8	326	174	661	20,5	403	22,0	315,5	22,1	297,1
19,1	345	19,9	451	237	308	25,8	259,9	24,8	264,4
19,7	309	20,9	423	261	259	28,6	230,6	27,5	251,0
20,4	246	21,8	371	28,4	238	31,6	184,6	31,4	202,1
22,8	158	22,7	926	32	140	34,7	106,4	35,2	111,2
24,7	133	23,6	313	34,9	125	38,4	65,4	40,0	87,0
33,2	132	25,5	278	38	96	41,7	52,2	-	-
41,3	40,9	27,3	260	41	72	-	-	41,5	80
47,95	21,2	29,1	278	43	47	-	-	-	-
-	-	30,7	210	-	-	-	-	-	-
-	-	32,1	193	-	-	-	-	-	-
-	-	33,3	182	-	-	-	-	-	-
-	-	36,6	150	-	-	-	-	-	-
-	-	38,5	194	-	-	-	-	-	-
-	-	42	110	-	-	-	-	-	-
-	-	46	80	-	-	-	-	-	-
-	-	47	74,5	-	-	-	-	-	-
-	-	51	17,3	-	-	-	-	-	-

Д А - 13

с добавками гипса.

三

Таблица 14.

Напыкование группы	Нижний предел текучести	Граница размягчения в пропор.	Число цик- лическости
Блт. глина, насыщена жидк. Na - om	30,75	10,18	20,55
Та же глина + 0,05%	30,69	10,51	20,18
Глины . . . . .	29,93	10,82	19,81
То же + 0,1% гипса	30,59	11,54	18,85
" + 0,2%	28,36	10,39	17,97
" + 0,4%	28,30	11,09	17,31
" + 1,0%	27,59	11,11	16,48
" + 5,0%	28,11	11,68	16,48
" + 10,0%	26,11	11,98	16,18
Глина естественная			

Что касается скорости размокания в текущей воде, то небольшие добавки гипса несколько уменьшают время размокания, при добавках не в 2%, и выше время размокания те же, что и в глине, не содержащей этой соли (см. табл. 15).

Временное сопротивление скатия при всех добавках солей было несколько больше, но это увеличение очень незначительное (см. табл. 15 и рис. 7).

Сопротивление издавливанию при всех добавках берегового гипса, как это видно из диаграммы (рис. 9), осталось также то, как и в естественной глине и глине, насыщенной щелочью.

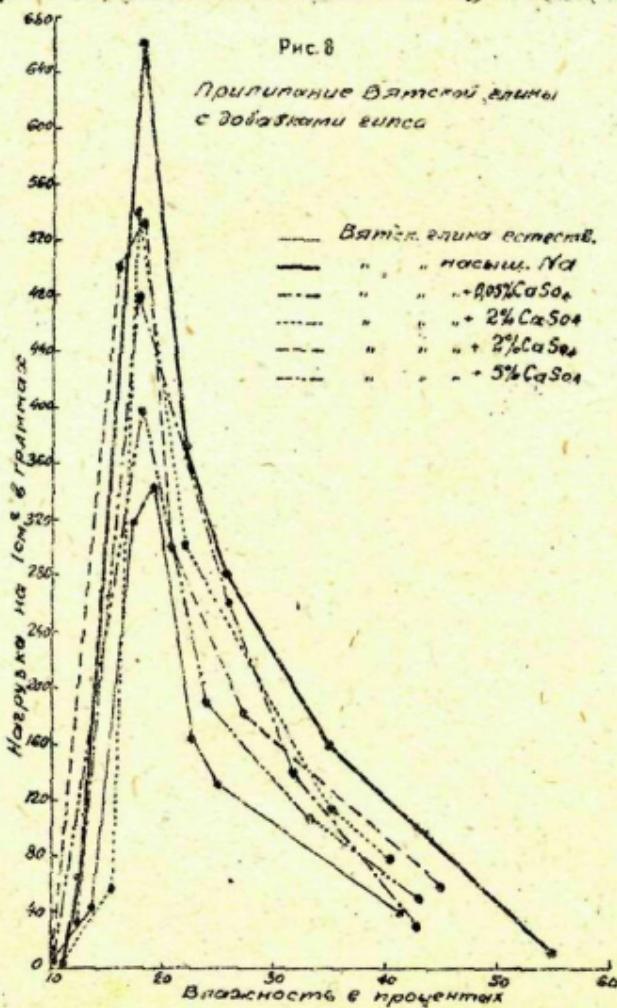


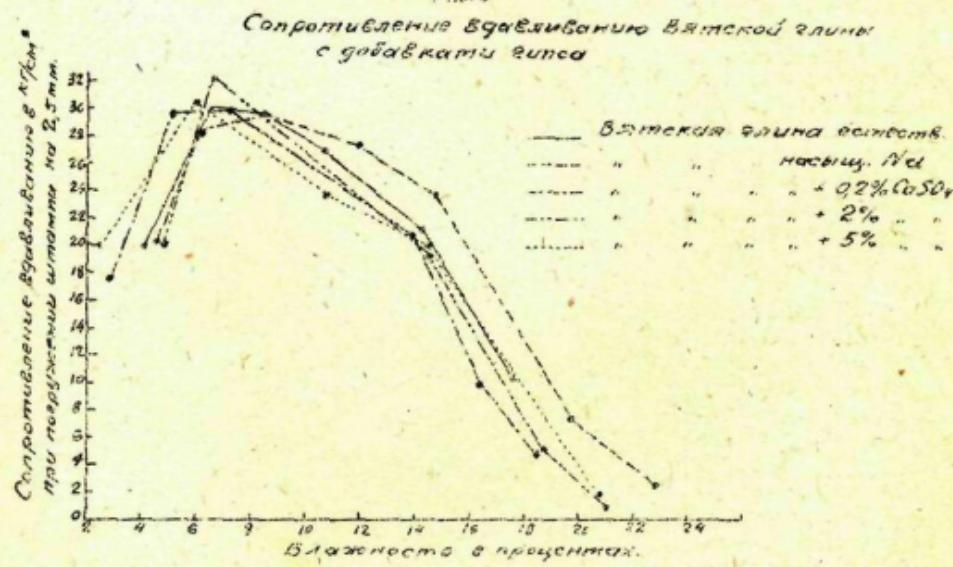
Таблица 15.

Испытываемое грунта	Время размокания в минутах	Скорость размыва- ния в м/сек (кубики 2х2х2 см).
Глина, засыпка № 1	30 мин.	146,2
Та же глина + 0,05% гипса .....	20 *	-
Та же глина + 0,40% гипса .....	26 *	174,0
То же + 2,0% гипса..	28 *	157,0
* + 5,0% *	32 *	166,0
* + 10,0% *	33 *	157,0
Глина естественная	11 мин.30 сек.	135,6

При внесении в глину добавок гидрата кальция на изменившуюся физико-механические свойства глины, известные в виде неконцентрированного известкового корочка придавалась к влажной глине, предварительно обработанной раствором натрия до полного замещения кальция и затем продиализированной. Добавка

Рис. 5

Сопротивление высыпанию вятской глины  
с добавками гипса



извести давались в таких количествах, что окиси кальция во отношении к весу грунта содержалось: 0,1, 0,2, 0,4, 1,0, 3,0 и 10,0%.

Прилипание Вятской глины уве при малых добавках (до 1,0%) извести снизилось существенно и приблизилось по величине к тому, что давала естественная глина. Добавки извести в 3% еще более понизили величину прилипания и максимальное прилипание было меньше прилипания естественной глины на 40 гр/см<sup>2</sup>; несколько снизился и интервал влажностей, в котором прилипание более 60 гр/на см<sup>2</sup>, как это видно из таблицы 16 и диаграммы (рис. 10). Еще более существенное уменьшение прилипания произошло при 10%-й добавке извести. Максимальная величина прилипания понизилась до 159,7 гр/на см<sup>2</sup>, что ниже таковой естественной глины более, чем в два раза. С'узился значительно и интервал вредных влажностей, а именно, он равняется 15% вместо 18% у естественной глины.

При добавке 3% извести кальции было внесено в грунт больше того, что необходимо для полного вытеснения поглощенного катрия, поэтому уменьшение массы глины при добавках извести от 3 до 10% об'ясняется, очевидно, тем, что, в этих количествах внесенная в грунт, она начинает действовать как цемент и тем сильнее, чем больше (до известного предела) ее внесено, она склеивает тонкие частицы

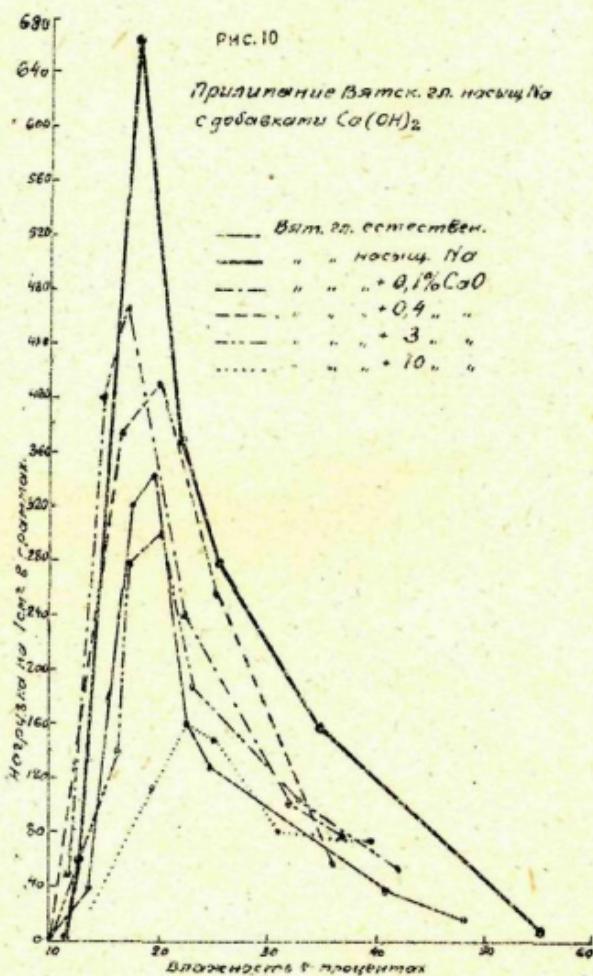


Таблица № 16

Прилипание глины, насыщенной натрием, с добавками извести.

+ 0,1% САО		+ 0,2% САО		+ 0,4% САО		+ 1% САО		+ 3% САО		+ 10% САО	
% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>	% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>	% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>	% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>	% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>	% воды	Прил. в гр. на 1 см <sup>2</sup>
12,3	49,9	8,5	2,6	10,1	2,1	12,7	14,31	6,6	1,3	18,5	13,5
14,9	291,2	10,5	3,2	11,8	96,0	14,5	270,2	11,7	1,8	16,8	71,7
14,9	398,1	13,1	39,3	13,3	261,5	16,3	376,9	13,4	80,5	19,5	108,7
17,4	467,3	14,5	355,3	14,3	295,8	17,6	307,8	16,1	145,8	-	-
19,21	373,2	15,7	367,1	15,6	375,2	21,1	352,0	16,6	289	-	-
22,4	240,5	18,8	355,7	20,3	418,0	25,1	250	19,9	301,7	20,6	124,7
27,2	163,6	21,6	274,7	24,5	248,2	-	-	-	-	-	-
31,8	104,9	28,1	139,2	28,5	229,5	35,3	125,8	22,9	190,4	21,3	145,8
39,4	66,7	31,6	92,9	32,4	140,5	41,8	72,8	25,8	107,6	23,2	159,7
-	-	39,8	60,3	26,1	60,2	-	-	33,9	97	24,3	129,5
-	-	46,1	30,7	41,8	35,5	-	-	41,8	52,5	25,6	86,9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,9	71,7

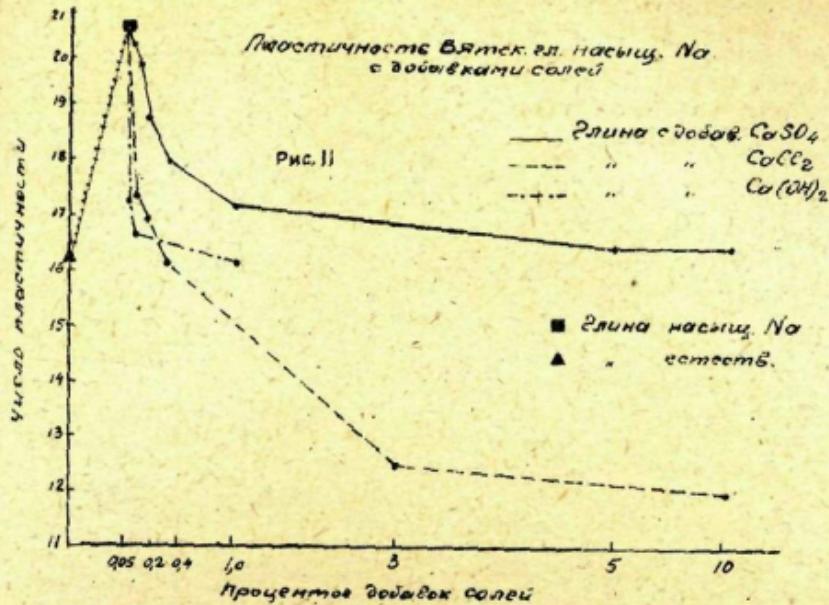
в более крупном к заледенению этого мог бы спесчанывать грунт. Такое действие навсегда наблюдается на всех грунтах, независимо от состояния их горючих оснований. Так при высыпке или на опытной дорожке глинистых участков<sup>x)</sup> из кембрийской глины естественной и известкованной она заледенела, что при проезде тележки по участкам с естественной глиной во влажном состоянии она очень сильно наливалась и по ней при некотором влажности невозможно было протащить тележку. Участок с известкованной глиной во влажном состоянии хотя и прорезывался колесами тележки, но наливания не было при всем влажностях.

Существенным образом уменьшается от добавок известия и пластичность глинниц. Так в опытах при внесении 0,1% известия к Вятской глине, насыщенной калием, число ее пластичности снизилось с 20,55 до 17,4, а при добавках в 0,4% оно упало до 16,15, т.е. до величины, какая наблюдалась в естественной глине, как это видно из таблицы № 17 и диаграммы (рис. 11); дальнейшая добавка известия, равная 3%, еще более понизила пластичность глины и она благодаря этой добавке из глии первого класса пластичности перешла во второй класс.

Таблица № 17

Наименование грунта	Нижняя граница текучести	Граница раскавывания в просеколку	Число пластичности
Глина Вятская насыщ. Ка-ем	30,73	10,18	20,55
Та же глина + 0,1% СаВ	28,63	11,2	17,40
Та же глина + 0,2% СаВ	27,57	10,62	16,95
Та же глина + 0,4% СаВ	27,96	11,81	16,15
Та же глина + 3,0% СаВ	26,84	14,3	12,47
Та же глина + 10,0% СаВ	26,85	14,9	11,93
Глина естеств.	28,11	11,91	16,18

x) В. В. ОХОТИН. Исследование грунтов на опытной дорожке. Сборник ЦУМТа, № 19.



Время размокания в текучей воде изучено было только с малыми добавками извести, а именно с 0,4% до 1,0%. При этих добавках время размокания приближалось ко времени размокания естественной глины и при второй добавке оно же: время размокания при добавке 0,4% снизилось с 20,2 миллид. до 15,5 мин., а при добавке 1,0% до 13 мин., каковы величины очень близки к скорости размывания естественной глины, равной 11,5 миллид. С большими добавками извести опыты не прошли однажды, т.к. это уже было выяснено вышеупомянутыми лабораторными работами Яновского, которые показали, что при добавке извести в 5% размокание замедляется весьма сильно и образцы медленно стоят в воде без изменения своей формы.

Сопротивление глины раздавливанию при малых добавках извести уменьшалось, при добавке же в 3% оно снова возымело и достигало величин, которая была в глине, насыщенной натрием, как это видно из таблицы 18 и рис. 7.

Понижение в глине сопротивления раздавливанию при малых добавках извести обусловлено созданием в ней микроструктуры, под влиянием катиона кальция; повышение же сопротивления при больших добавках извести зависит от цементирующих свойств последней, которые при малых добавках не имели практического значения.

Сопротивление здавливанию глины, насыщенной натрием, при малых добавках иной извести до 1,0%, не вызывало никаких изменений, что вполне естественно, так как и сопротивление здавливанию естественной глины практически не отличалось

Таблица № 18.

Наименование грунта	Временное сопротивление сжатию в кг/см <sup>2</sup>
Вятская глина, насыщаясь $\text{Na} - \text{см}$	146,2
Та же глина + 0,1% СаО	110,7
" " + 0,2% "	100,2
" " + 0,4% "	115,0
" " + 3,0% "	140,5

от такого глины, насыщенной натрием, и потому, при малых добавках, когда кальций только замещает в иоглонадом комплексе катион, коагулирует тонкие частицы и приближает физическое состояние глины к ее естественному, изменений этого свойства нельзя ожидать. При добавке 3% известия сопротивление сжатию несколько увеличивается, так это видно из диаграммы (рис. 12), и может быть объяснено цементацией частиц глины известком.

Рис. 12  
Сопротивление сжатию Вятской глины  
с добавками  $\text{Ca(OH)}_2$

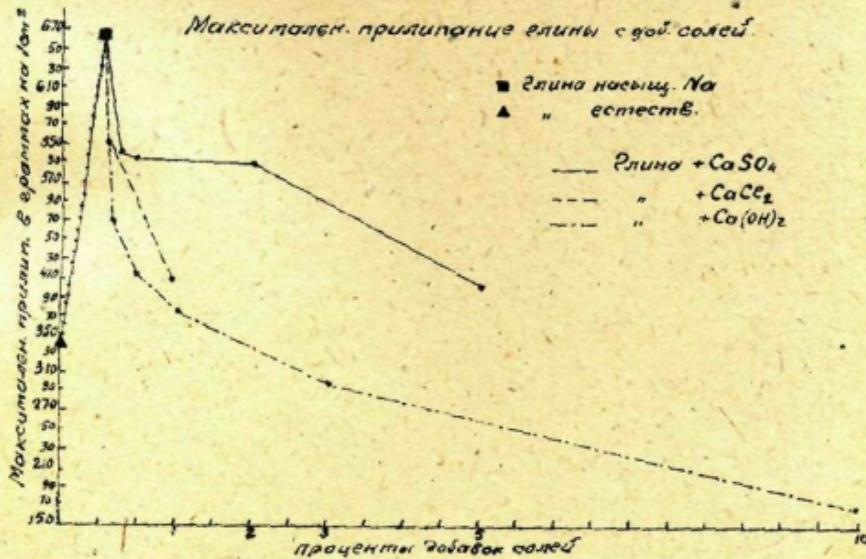


### Сравнение влияния добавок $\text{CaCl}_2$ , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Добавки к солонцам хлористого сернокислого кальция и известки, как видно из вышеизведенных опытов, уменьшают в значительной степени их глинистые свойства, однако, эти вещества действуют не в одинаковой степени.

Если взять изменение прилипания и в частности величин максимального прилипания в глине, насыщенной натрием, то при внесении всех солей наиболее сильное уменьшение прилипания наблюдается при первых малых добавках, последующие же добавки такого эффекта не вызывают. Однако, различными солями уменьшение прилипания обусловливается не в одинаковой степени, наиболее сильно уменьшается прилипание при внесении хлористого кальция и известки и меньше при внесении гипса, как это видно из диаграммы 13 и из таблиц 12, 13 и 16. При больших добавках гипс еще уменьшает прилипание, приближая его к тому, что получается в естественной глине, насыщенной кальцием, однако, величин меньше, чем у естественной глины, не получалось, следовательно, влияние гипса, как цемента, в опытах не проявилось, что всего вероятнее обясняется тем, что так как по ходу опыта масса грунта многократно перемешивалась, то ее цементация гипсом была нарушена и вновь уже не восстанавливалась. Большие добавки хлористого кальция на давались, но можно думать, что хлористый кальций будет влиять только в том отношении, что будет замещать натрий поглощающего комплекса на кальций и в этом отношении он является наиболее действенным из всех других взятых солей, вследствие большой растворимости. Сам по себе хлористый кальций цементирующими свой-

Рис. 13



ствами не обладает и потому его добавки сверх того, что необходимо для полного замещения натрия, поглощающего комплекса на кальций, не дадут заметного эффекта. Известь при малых добавках действует как хлористый кальций, при добавках, содержащих кальция больше, чем его нужно для вытеснения натрия, уменьшает прилипание значительно и понижает ее в два раза слишком против того, что дает естественная глина, насыщенная кальцием, очевидно, в данном случае проявляется действие извести как цемента, склеивающего тонкие частицы грунта.

Близкая картина к тому, что наблюдалось при изменении прилипания, получается и при изменении сопротивления раздавливанию (см.рис.7). Малые добавки хлористого кальция и извести уменьшают временное сопротивление раздавливанию, что связано с образованием микроструктур в грунте под влиянием действия иона кальция. Известь при малых добавках действует так же, как и хлористый кальций, хотя несколько слабее, что зависит от того, что диссоциация ее меньше и, следовательно, меньше будет и ее коагулирующее влияние и образование микроструктуры. При больших добавках извести временное сопротивление раздавливанию увеличивается. Это обясняется действием ее как цемента. При определении временного сопротивления скатки извести в виде известкового молока добавлялась к грунту, масса размешивалась, из нее формовались кубики, которые после высiccания испытывались. В данном случае, цементирующее влияние извести перед опытом не было нарушено и проявилось, увеличив временное сопротивление раздавливанию. Другое явление должно получиться, если раздавленный кубик снова сформовать и испытать, тогда нужно ждать дальнейшего понижения временного сопротивления скатки, так как создавшись под влиянием извести агрегаты будут обладать меньшей связностью, чем тонкие глинистые частицы. Цементация же всей массы грунта будет нарушена, что и получилось при испытании прилипания. Малые добавки гипса повышали сопротивление раздавливанию, при больших добавках оно было практически равно сопротивлению в глине без добавок.

Еще более ясную картину сравнительного уменьшения глинистых свойств обоянцов ее добавок хлористого кальция, гипса и извести дает пластичность. Определение пластичности проходит однотипно с большей точностью, чем линкости и в соотношении временного сопротивления раздавливанию, а потому и результаты относятся дальних изменений более показательные. Изменение пластичности под влиянием добавок солей кальция в общем имеет ту же картину, что и изменение вышеизложенных свойств. Гипс уменьшает пластичность при малых добавках, заменяя натрий поглощающего комплекса на кальций. Небольшое сверх того, что необходимо для обменной реакции, практически не вызывает изменения пластичности. Хлористый кальций при малых добавках уменьшает пластичность сильнее других соединений, дальнейшее увеличение же добавки не оказывает существенного изменения пластичности и пластичность остается такой же, какая имеется в грунте естественной, имеющей в поглощающем комплексе кальций. Малые добавки извести уменьшают пластичность несколько слабее хлористого кальция.

увеличение добавок до известного предела сверх того количества, которое необходимо для замещения натрия, в противоположность хлористому и сернокислому кальцию, вызывает существенное уменьшение пластичности, что опять таки можно объяснить созданием более крупных структурных элементов. Добавки гидрата кальция сверх 3% уменьшения пластичности не вызывают. При определении пластичности, как и прилипания, цементация грунта в целом уничтожается во время опыта и остаются в грунте только структурные отдельности разной величины, для образования которых, по видимому, в данном случае было достаточно 3% гидрата. Сравнительное изменение пластичности представлено в виде кривых на диаграмме (рис. 11), а также можно видеть из таблиц №№ 12, 14, 17.

Как указывалось выше<sup>1</sup>, в почво-грунтах, большая доля поглощенных оснований которых приходится на кальций, а натрия содержится сравнительно мало, но не меньше 17%, все свойства обусловливаются последним, т.е. натрием, и почва является типичным солонцом. Нужно думать, что в этом случае из поглощающего комплекса кальция в раствор поступает так мало, что его коагулирующее действие не проявляется, так как его концентрация ниже электролитического порога. Концентрация же натрия в растворе, вследствие его меньшей энергии поглощения, получается достаточной для того, чтобы вызвать образование гидроксильного иона в таких количествах, которые уничтожают микроструктуру почво-грунта и повышают его дисперсность в большой степени. С другой стороны, если имеется почво-грунт, поглощающий комплекс которого нацело насыщен натрием, и к нему прибавлено небольшое количество соли кальция, далеко недостаточное для замещения всего натрия поглощающего комплекса, то физико-механические свойства такого почво-грунта будут близки к таким, когда поглощающий комплекс этого почво-грунта целиком насыщен кальцием и влияние натрия в этом случае от наличия кальциевых солей сводится к нулю. В этом случае ион кальция внесенной соли, не выступивший в обменную реакцию с поглощающим комплексом, находится в такой концентрации, которая является вполне достаточной для того, чтобы соагулировать все тонкие частицы. При этом, если в почво-грунте внесется нейтральная соль кальция, то в растворе это гидроксильного иона образуется значительно меньше. Это подтверждается следующим опытом. Был взят воронежский чернозем, поглощающий комплекс которого был нацело насыщен натрием, и в водной вытяжке его была определена щелочность, которая равнялась 0,073 (при пересчислении Na-OH на 100 гр почвы). Очевидно, эта щелочность обусловливалась только гидроксидным ионом, который образовался при взаимодействии натрия поглощающего комплекса и воды. К другой части того же чернозема, насыщенного натрием, было прибавлено хлористого кальция 1%, затем приготовлена водная вытяжка, и в ней определена щелочность. В этом случае щелочность вытяжки равнялась 0,024, т.е. была в три раза меньше, чем в первом случае.

Хотя малые добавки солей с двухвалентным основанием сильно изменяют свойства почво-грунтов, насыщенных натрием

(солонцов), однако, можно ожидать, если в почво-грунте создадутся такие условия, что ион кальция целиком перейдет в поглощающий комплекс, но полностью не заместит натрия, вследствие недостаточности содержания его в растворе, то свойства солонца выявятся снова в сильной степени и таким образом улучшение физико-механических свойств будет времененным. Поэтому, добавки солей кальция для устойчивого улучшения физико-механических свойств солонца необходимо вносить в таких количествах, чтобы их было достаточно для полного замещения натрия в поглощающем комплексе на кальций. Подтверждением этому является следующий опыт: был взят чернозем, насыщенный полностью натрием и в полученным таким образом искусственном солонце было определена пластичность по Аттербергу. Затем к образцу было прибавлено 0,5% хлористого кальция от веса грунта и в нем снова была определена пластичность. После этого, хлористый кальций был удален дилазом и в полученным образце опять была определена пластичность. Результаты получились такие (см. табл. 19).

Таблица 19 х).

Наименование	Нижняя гра- ница текуч.	Граница рас- катки в пров.	Число пла- стичности
Тульский чернозем насыщенный $\text{Na}^+$	27,41%	13,78%	13,63
Тот же чернозем + 0,5% $\text{CaCl}_2$	26,33	19,43	6,90
Тот же чернозем после удаления дил- азом $\text{CaCl}_2$	28,54	15,54	13,0

Как видно из полученных результатов, пластичность в образце, насыщенном натрием, равнялась 13,63, после же прибавки хлористого кальция она понизилась до 6,9, с удалением же соли, хотя кальций в поглощающем комплексе почво-грунта и содержалась больше, чем до прибавки к нему хлористого кальция, пластичность восстановилась полностью и равнялась 13,0, что служит доказательством, что и другие свойства солонца восстановились.

Из рассмотрения влияния добавок солей кальция к солонцам в целях улучшения их физико-механических свойств вытекает, что эти добавки должны быть даны в таких количествах, чтобы весь натрий поглощающего комплекса солонца был замещен на

х) Анализ произведен Ш.Ф.БУТЦ.

**кальций.** Для определения этого количества, очевидно, должны быть известны следующие величины: 1) количество натрия в поглощающем комплексе и 2) вес грунта солонца на данной площа-ди, который подлежит улучшению. На основании этих данных можно вычислить весовое количество натрия, которое должно быть замещено на кальций, и какое количество нужно взять соли, чтобы она содержала в себе количество кальция, эквивалентное натрию. Однако, в природных условиях кальций взятой соли не целиком вступит в обменную реакцию с поглощающим комплексом, а только его часть, другая же часть будет вымыта атмосферными осадками из данного слоя и эта вторая часть будет раздична в зависимости от климатических условий. Вследствие этого, вносимые добавки солей должны быть больше теоретических. При этом, так как вредные физико-механические свойства солонцов не проявляются при наличии в них солей кальция в таких количествах, которые создают концентрацию иона кальция в растворе выше его (кальции) электролитического порога, то добавки солей для полного замещения поглощеннного натрия могут вноситься не в один прием, а в несколько. Последний способ внесения будет более рациональным с точки зрения использования вносимой соли, так как в этом случае количество соли, не вступившей в обменную реакцию с поглощающим комплексом и вымытой атмосферными осадками, будет меньше, чем в том случае, когда соль будет внесена в один прием. При морской мелиорации солонцов в агрономических целях акад. К.И. Гедрайц<sup>Х)</sup>, считает нужным вносить гипса в полтора раза больше теоретической величины. Однако, эта величина, как указывает Гедрайц, является только приближенной и потому должна быть проверена на опыте в полевых условиях на опытных участках. При внесении в солонцы известки висимые ее количества должны быть, примерно, такими же, как и добавки гипса, в силу того, что их растворимость одного и того же порядка. Однако, ввиду того, что известок улучшает физико-механические свойства глинистых солонцов, и тем, что цементирует всю массу грунта, то добавки ее в дорожных целях могут быть увеличены и сверх того, что нужно для замещения натрия в поглощающем комплексе. По дан-  
Яковского эти добавки должны быть равны 5%, по данным Грод-  
ницкого<sup>Х)</sup>, для черноземов наилучший эффект получается,

когда количество гидрата кальция лежит в пределах 6-9-12%. Как видно из наших опытов, при изучении пралинажи Балской глины, насыщенной натрием и представляющей собой очень ги-  
делую глину, наилучший эффект получили, когда количество гид-  
рата кальция в нее различалось 10%. Разница в добавках известки при получении наибольшего эффекта, можно думать, об'ясняется

Х) К.И. Гедрайц. Солонцы, их происхождение, свойства и ме-  
лиорация. Изд. Носовской с.-х.сп.станицы, 1926 г.

ХХ) Б.И. Гродницкая. Опыты по селектированию из известкования  
чернозема. Изд. ЦУДОРТРАНСА, 1931 г.

разным содержанием в исследовавшихся грунтах глинистых частиц. Чем больше последних содержится в грунте, тем больше должна быть добавка извести.

Что касается улучшения солонцов добавками хлористого кальция, то, эти добавки должны быть больше, чем гипса и гидрата, вследствие большей растворимости этой соли, при этом, если вносить добавки не за один раз, а в несколько приемов, давая новую добавку каждый раз после того, как предыдущая будет вымыта, то замещения натрия можно достичь меньшими количествами. Количество необходимых добавок хлористого кальция, так же как и гипса, должно быть уточнено по имеющимся, поставленным в областях с разным количеством атмосферных осадков.

При улучшении физических и механических свойств солонцов добавками солей кальция можно добиться всегда того, что глинистые свойства будут уменьшены. Однако, нередки будут случаи, что и после замещения натрия на кальций солонцы будут содержать избыток глинистых частиц. Но и в этом случае предварительное внесение солей кальция имеет существенное значение. Улучшение солонца добавками песка не всегда может быть осуществлено в производственных условиях. Такие глины, к которым по своим физико-механическим свойствам относятся многие солонцы, в сухом состоянии разбиваются очень трудно и потому получить равномерную песчано-глинистую смесь из солонца и карьерного песка не всегда возможное. Если же предварительно к солонцу добавить соли кальция, то грунт будет разбрасываться на мелкие отдельности, вследствие чего перемешать его с песком будет легче. Кроме того, при добавке к солонцу солей кальция последующих добавок песка потребуется, примерно, в два раза меньше.

### ВВОДИ.

На основании предложенных опытов можно прийти к следующим выводам.

1. Насыщение поглощающего комплекса почво-грунта катрием значительно увеличивает свойства липкости, пластичности, способность размякания в воде, в то время, как сопротивление вдавливанию не изменяется.

2. Наиболее существенное усиление глинистых свойств в почво-грунте наблюдается при первых замещениях кальция на натрий, когда содержание последнего равняется 17% от емкости поглощения; дальнейшее увеличение содержания натрия в поглощающем комплексе усиливает глинистые свойства его неделико и сравнительно мало.

3. Добавки растворимых солей к почвам (соленцам), поглощающий комплекс которых насыщен натрием, уменьшают глинистые свойства - пластичность, липкость, сопротивление раздавливанию, размякание в воде, сопротивление из вдавливанию остается прежним и повышается только при добавках извести.

4. При улучшении соленцев наиболее целесообразными являются введение солей кальция:

а) ион кальция обладает большой коагулирующей способностью и потому при малых добавках этих солей к соленцам гли-

истные свойства последних существенно уменьшаются;

б) при внесении соли кальция в солонец между ней и поглощающим комплексом происходит обменная реакция, при которой комплекс высыпается кальцием; вследствие этого отрицательные свойства солонца не восстанавливаются и после того, как соли будут вымыты, если последней внесено количество, достаточное для полного замещения поглощающего натрия на кальций;

в) при внесении в солонец соли с одновалентными окончаниями после удаления последней свойства солонца восстанавливаются в прямой мере и даже некоторые из них в большей.

5. Соли кальция для улучшения физико-механических свойств солонцов должны вноситься в таких количествах, чтобы весь натрий поглощающего комплекса был замещен на кальций. При внесении меньших количеств, хотя свойства солонцов улучшаются, но после вымывания солей вновь восстанавливаются.

6. Внесение хлористого кальция и серно-кислого сверх того, что необходимо для замещения натрия поглощающего комплекса на кальций, является нецелесообразным, так как эти добавки практически не изменяют изыскания физико-механических свойств почво-грунта. Увеличение же добавок сверх того, что необходимо для полного вытеснения натрия, к доведению общего их содержания до 10% вызывает новое существенное понижение глинистых свойств солонца и в дорожном деле может быть применено для улучшения дорог, пролегающих по солонцам.

7. Внесение солей кальция в дерновую едежду на солонцах дает возможность получения однородной песчано-глинистой смеси и уменьшает количество песчаных добавок.

8. Внесение солей кальция для изменения физико-механических свойств солонцов рациональнее, с точки зрения исключевания солей, внести не в один прием, а в несколько, заслужив при этом, чтобы в грунте свободной соли содержалось в достаточном количестве для образования хена кальция в концентрациях, обусловливающих коагуляцию грунта.

-----

-----

----

Лензарит № ..... Время сдачи в набор ..10/11.....  
Количество листов .3..... Родился в печати..11/11.....  
Стандарт бумаги ..двадцать..... Заказ № 150..... Тираж ..150.....  
Типо-литография ЛЕНГИПРОМЕЗА Ленинград, 2 Фонтанка 76/18