

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НКПС

---

# ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СССР

Проф. БЕРНАЦКИЙ, Л. И.  
Доц. ОРДУЛНИ, К. С.  
Инж. МАЛЮШИЦКИЙ, Ю. Н.  
Геолог БУЦЬКО, С. С.  
Инж. АНАНЬЕВ, В. А.  
Инж. ПОНОМАРЕВ, В. П.  
Геолог СОКОЛОВ, М. И.

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ проф. Л. И. БЕРНАЦКОГО

НКПС. ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ  
МОСКВА 1934

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НКПС

СССР

Пролетарии всех стран, соединитесь!

ПОЛУШЕНО

№ 25.12: 55

Б.А. 51

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ  
НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СССР

Кей

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЦИС  
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППОЙ В СОСТАВЕ:

Профессора БЕРНАЦКОГО, Л. Н.  
Доцента ОРДУЯНЦ, К. С.  
Инженера МАЛЮШИЦКОГО, Ю. Н.  
Геолога БУЦЬКО, С. С.  
Инженера АНАНЬЕВА, В. А.  
Инженера ПОНОМАРЕВА, В. П.  
Геолога СОКОЛОВА, М. И.

Под общей редакцией профессора БЕРНАЦКОГО, Л. Н.

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА  
ОДЕССА  
Ж.-Д.  
Л. МА  
ТЕХНИКИ

ПОЛУШЕНО

ПОЛУШЕНО

*В работе дается описание результатов обследования 11 случаев деформаций земляного полотна, произведенного по запросам центрального управления пути и трестов Главжелдорстроя.*

*По всем описанным случаям указаны меры борьбы с обнаруженными деформациями и приведены заключения экспертной комиссии ЦИСа по выдвинутым геологическими отрядами предложениям.*

*Книга является первой попыткой в СССР привлечь внимание широкой инженерно-технической и научной общественности к вопросам борьбы с деформациями земляных масс и воздвигнутых на них сооружений.*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие . . . . .	3
I. Трощинский косогор на линии Золотоноша—Мироновка . . . . .	5
II. Деформации насыпи ветви № 1—2 витебского узла на косогоре р. Зап. Двины . . . . .	17
III. Косогор р. Чепцы на 75—76 км линии Вятка—Свердловск . . . . .	29
IV. Косогор на ст. Вольск., Ряз.-Уральской ж. д. . . . .	39
V. Выемка в лёссе на линии Канцеровка—Шлюзовая. . . . .	47
VI. Выемка на пикетах № 9—12 линии Ясиноватая—Константиновка, Екатерининской ж. д. . . . .	57
VII. Выемка на 209 км линии Лоцманская—Апостолово, Екат. ж. д. . . . .	67
VIII. Подходы к саратовскому мосту через р. Волгу . . . . .	83
IX. Насыпь на 13—15 км Самаро-Златоустовской ж. д. у ст. Обшаровка при подходе к мосту через Волгу . . . . .	93
X. Деформации насыпи на болоте близ ст. Невель, МБ-Б ж. д. . . . .	100
XI. Насыпь на 394 км линии Золотоноша—Мироновка . . . . .	117

## Предисловие

Преобладание строительства железнодорожных линий в районах, мало исследованных в геологическом отношении, выдвигает на одно из первых мест вопросы, связанные с геологией и гидрогеологией, вопросы, которым строительство прежних лет уделяло совершенно недостаточное внимание.

Одним из серьезных пробелов в этом отношении является слабая осведомленность изыскателей и построечников в вопросах инженерной геологии, в частности в вопросах устойчивости земляных масс и подземных частей сооружений.

Нередко при проектировании железных дорог в трудных геологических условиях и при возникновении деформаций на существующем полотне принимались да и сейчас еще принимаются неверные решения, влекущие за собой увеличение капиталовложений и последующих эксплуатационных расходов.

В последние годы в иностранной технической литературе стали появляться труды геотехнических исследований с изложением результатов инженерно-геологических обследований и описаний крупных деформаций земляных масс.

Однако, представляя большую ценность в смысле научно-исследовательской методики геотехнических исследований, материалы иностранных обследований деформаций земляных масс далеко не всегда могут быть нами использованы, т. к. геологические условия ряда районов СССР во многом не сходны с районами стран, где эти исследования проведены.

С целью ознакомления советских изыскателей и построечников с деформациями земляного полотна и сооружений, имевшими место в различных районах СССР, и способов, разработанных для исправлений этих повреждений, ЦИС издает настоящий сборник.

Данный труд является результатом двухлетней работы инженерно-геологической группы ЦИС, произведшей необходимые обследования деформаций земляного полотна и сооружений по запросам центрального управления пути и трестов Главжелдорстроя.

Цель выпускаемого издания — обмен опытом для облегчения выбора необходимых мер борьбы с деформациями земляных масс и воздвигнутых на них сооружений.

Выпускаемый труд разработан в строительном секторе ЦИС по материалам, собранным инженерно-геологическими отрядами института и рассмотренным затем экспертной комиссией ЦИСа.

Обработка упомянутых материалов для печати произведена членом экспертной комиссии проф. Бернацким Л. Н. и руководителем инженерно-геологической группы доцентом Ордуянц К. С. Формулировка большинства заключений экспертной комиссии принадлежит председателю комиссии Ордуянц К. С.

Членами экспертной комиссии были: проф. Саваренский Ф. П., проф. Милановский Е. В. и инж. Попов И. В.

Материалы полевых инженерно-геологических отрядов составлены участниками обследований: Буцько С. С., Ананьевым В. А., Малюшицким Ю. Н., Пономаревым В. П. и Соколовым М. И. под общим руководством руководителя инженерно-геологической группы, причем геологическая часть обследования объектов—I, II, V, VI, VII, X и XI выполнена геологом Буцько С. С.

Настоящая работа Института является в СССР первой попыткой—дать сборник подробнейшим образом изученных примеров деформаций с полным учетом геологической стороны вопроса. Эта новизна дела может конечно повлечь за собой известные недостатки в работе, за указание которых ЦИС будет только благодарен.

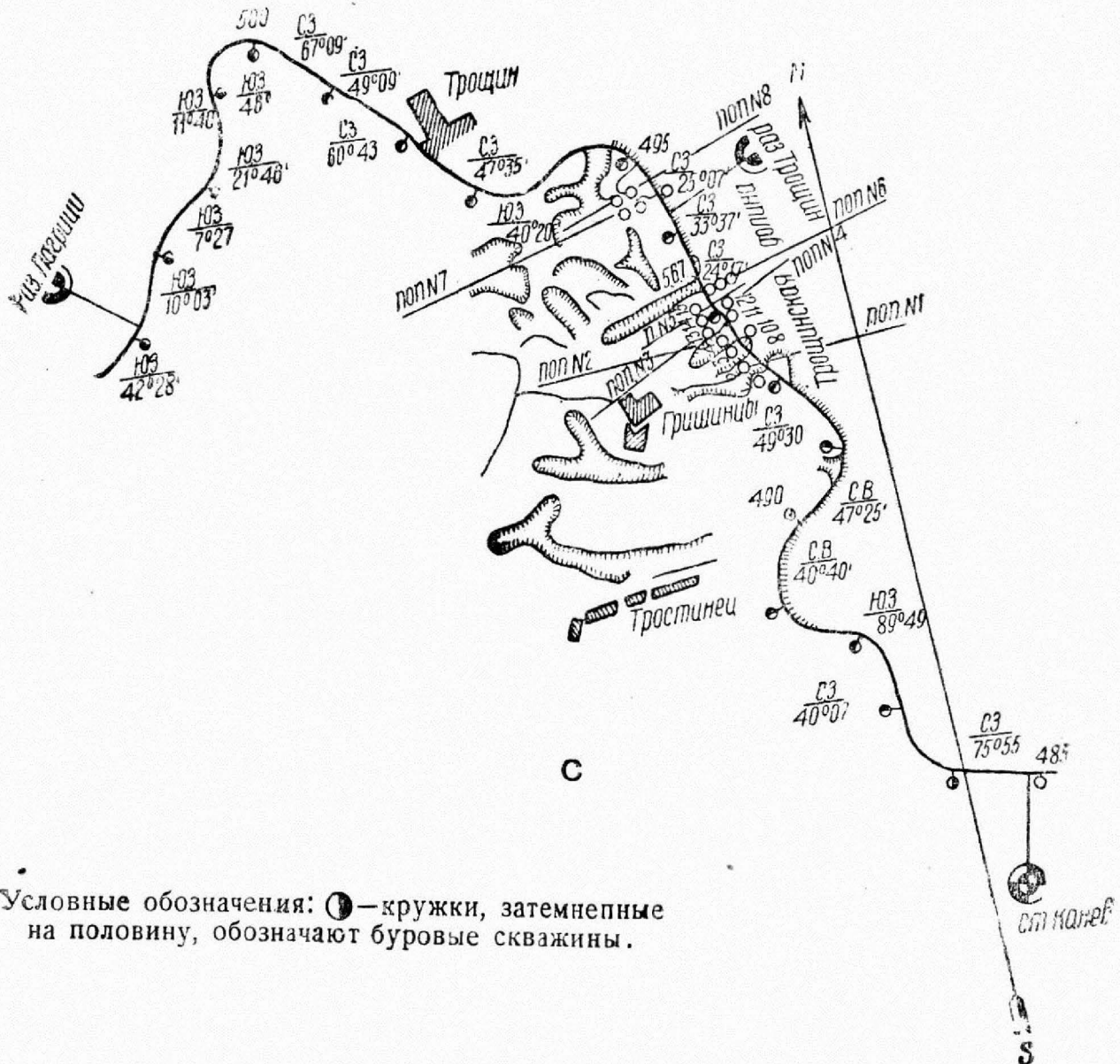
Начальник Института железнодорожного строительства  
**А. Ф. Солькин**

Начальник сектора организации и механизации  
строительства  
**М. И. Криницын**

# 1. Трощинский косогор на линии Золотоноша—Мироновка<sup>1</sup>

## 1. Общая характеристика линии

От ст. Канев ж.-д. линия идет косогором Трощинской долины, постепенно поднимаясь и пересекая многочисленные глубокие овраги (фиг. 1).



Фиг. 1. Схематический план линии Золотоноша—Мироновка у косогора Трощинской долины.

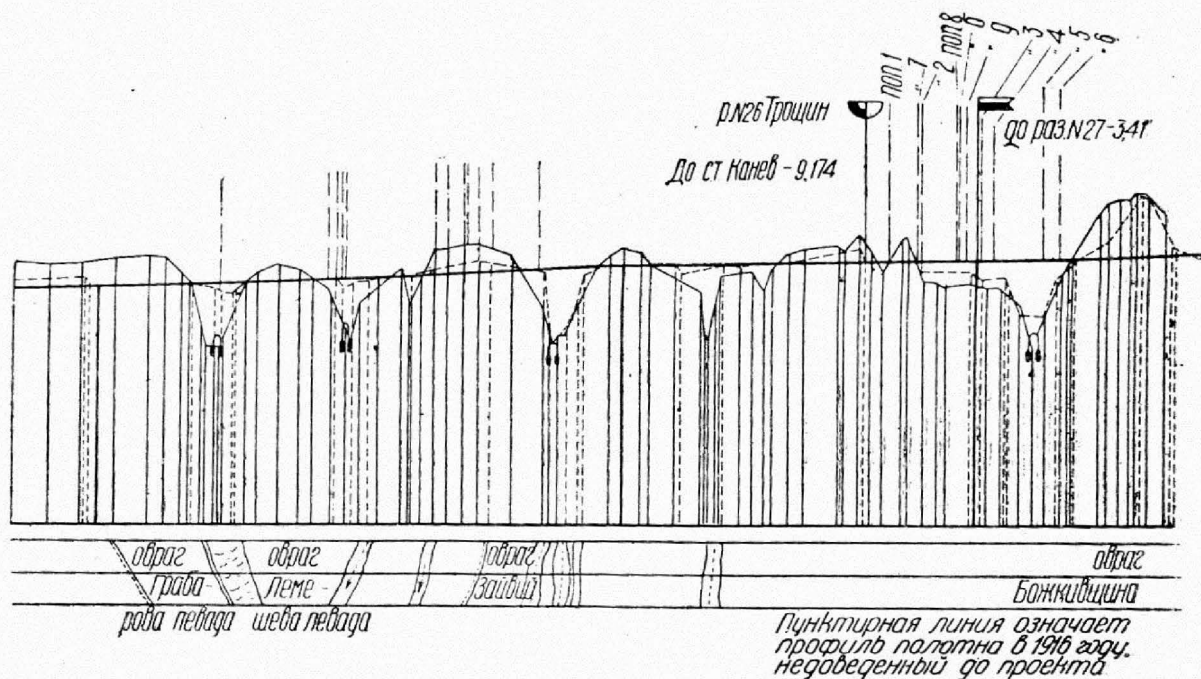
<sup>1</sup> Материалы обследования представлены Ананьевым В. А. и Буцько С. С. Ими же обследован объект XI.

Район Канева, в геологическом отношении известен своими своеобразными напластованиями, в которых породами более древнего происхождения перекрываются сравнительно новые. Не касаясь причин этого явления, по поводу которого мнения геологов расходятся, достаточно констатировать его, отметив, что оно явно указывает на значительную дислоцированность района.

Линия Золотоноша — Мироновка началась постройкой в 1915 г., но в 1917 г. работы были прерваны и возобновились только в 1931 г.

Летом и осенью того же года на Трошинском косогоре произошел ряд деформаций, вызвавших обращение строительства к Всеукраинской академии наук, которая прислала для исследования причин деформации комиссию под председательством акад. Резниченко, обследовавшую в течение довольно длительного срока весь Трошинский район.

В дальнейшем, ввиду необходимости некоторых уточнений к данным акад. Резниченко, ЦИСом был послан в феврале 1932 г. инженерно-геологический отряд, собравший тот дополнительный материал, который требовался для геотехнического суждения о причинах деформаций и основных мерах по борьбе с ними.



Фиг. 2. Схема совмещенных продольных профилей насыпи 1915 и 1931 г. по линии Золотоноша—Мироновка на 492—495 км.

Надо заранее оговорить, что причиной этих деформаций служили не только дислоцированность отдельных участков косогора, но и перерыв в работах (фиг. 2) в течение 14 лет; выполненные в 1915—1917 гг. работы нарушили режим поверхностных и грунтовых вод, а правильного водоотвода, компенсирующего это нарушение, не создали. Таким образом в течение 1917—1931 гг. условия устойчивости несколько ухудшились по сравнению с прежними. Наконец способы и качество производства работ также не могли не повлиять на устойчивость.

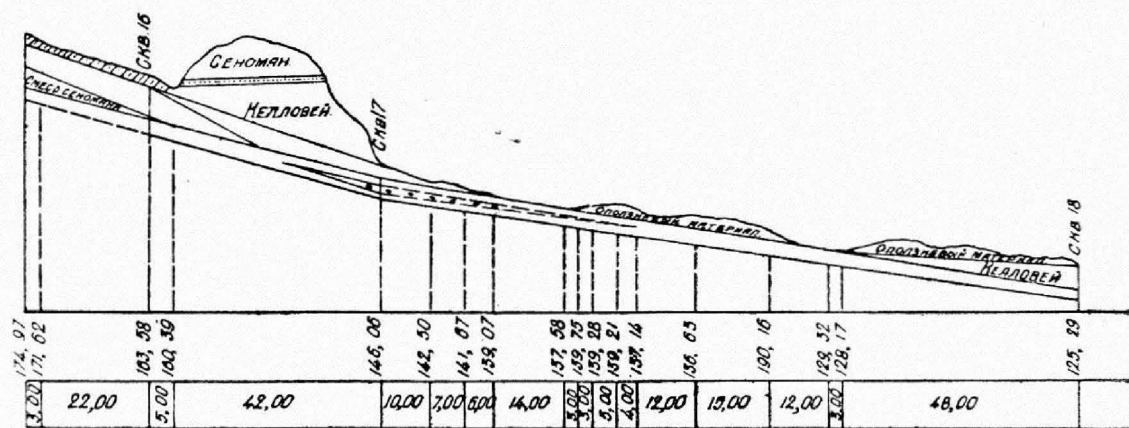


Как видно из эскизного продольного геологического разреза по линии, составленного комиссией акад. Резниченко (фиг. 3), наиболее сложные напластования, сопровождаемые оползнями, имеются между пикетами №№ 4941 и 4947, т. е. там, где расположена площадка раз'езда Трощин. В этом-то районе деформации полотна являются следствием деформации самого косогора, и именно району Трощинской площадки посвящено настоящее описание. Другие и очень серьезные деформации имели место в насыпи пикетов №№ 4927 — 29, но причина и характер их не связаны со структурой косогора, почему описание этих деформаций выделено особо и помещено ниже вместе с описанием деформаций других насыпей.

Наконец деформации в выемке пикетов №№ 4930 — 33 являются деформациями местными, обусловленными недостаточным отводом поверхностных и грунтовых вод, а самый район выемки не может быть отнесен к оползневым. Поэтому на описании деформаций упомянутой выемки мы вовсе не останавливаемся, отметив лишь, что экспертная комиссия ЦИСа совместно с представителем комиссии акад. Резниченко (геологом Молоковым-Журским) признала достаточным для ликвидации сплывов в откосах упомянутой выемки устройство поверхностных (откосных) дренажей, помимо принятия всех мер по обеспечению хорошего поверхностного водоотвода.

## 2. Геология местности у Трощинского раз'езда по данным комиссии акад. Резниченко

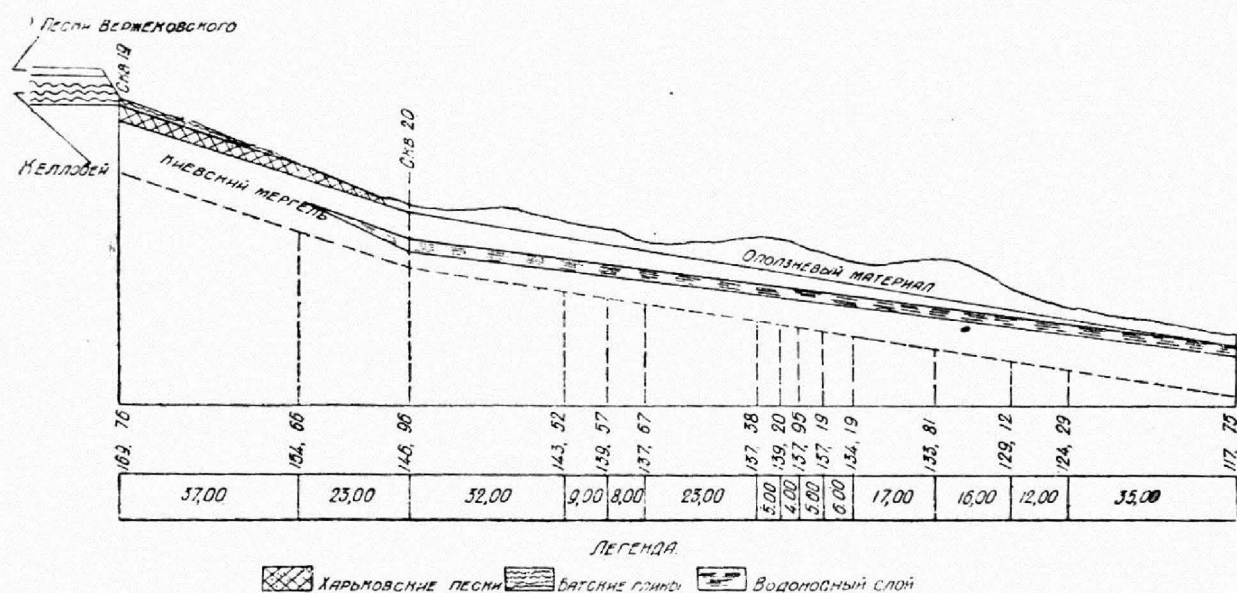
Как видно из схематических геологических разрезов, составленных комиссией акад. Резниченко (фиг. 4 и 5), местность пред-



Фиг. 4. Поперечный геологический разрез на пикете № 4945+40 линии Золотоноша—Мироновка.

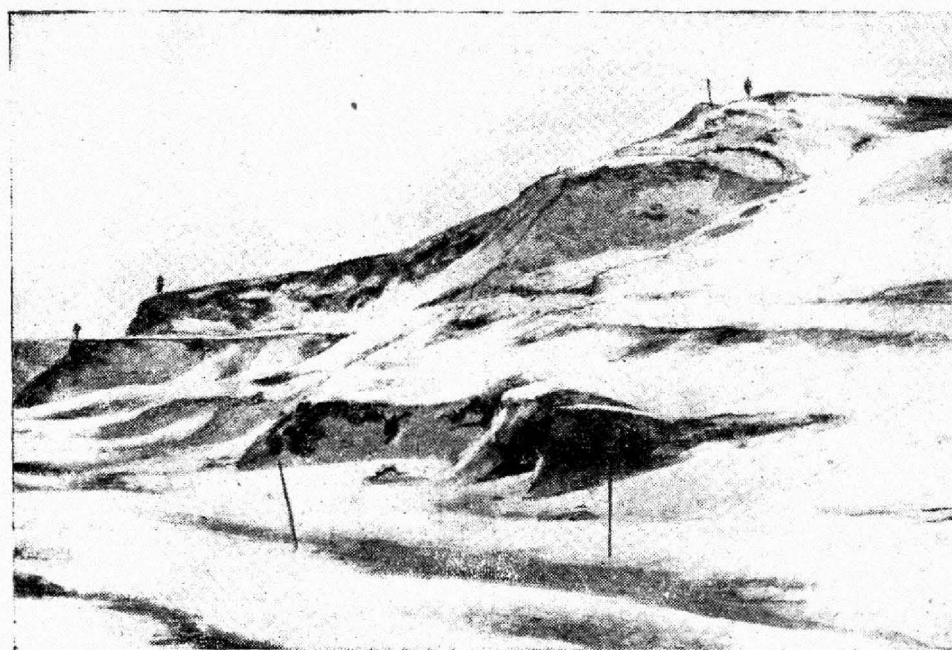
ставляет собой пологий косогор, в верхней части которого возвышается холм, известный под именем Ледаций горб. Нужно однако указать, что на схеме высота Ледаций горб преувеличена и точ-

ная с'емка инженерно-геологического отряда ЦИСа (фиг. 6)<sup>1</sup> показывает, что „горб“ на самом деле очень не высок; общая его картина видна на фиг. 7 и 8.



Фиг. 5. Поперечный геологический разрез на пикете № 4946+52 линии Золотоноша—Мироновка.

По данным комиссии акад. Резниченко общая геологическая картина в районе раз'езда Трощин рисуется в следующем виде.



Фиг. 7. Вид на Ледящий горб со стороны раз'езда Трощин.

Гора Ледящий горб своим подножием имеет территорию бывшего Трощинского свекло-сахарного завода.

<sup>1</sup> Фигура 6 составлена геологом Буцько С. С.; им же составлены фигуры 15, 16, 51, 52, 53, 54, 55, 65, 66, 67, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 88.



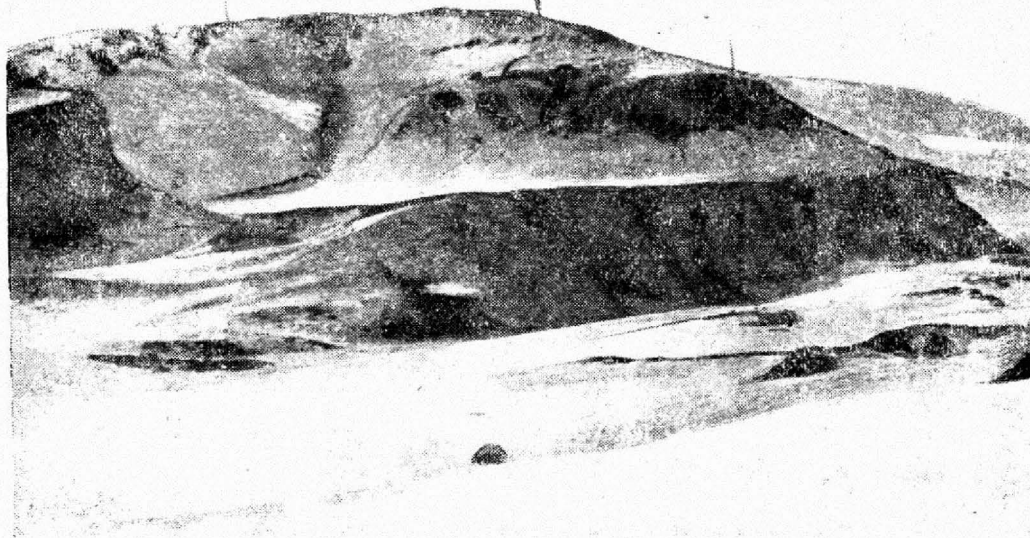
От правой стороны оврага Божкивщина идет срезка под раз'ездную площадку; под ней залегают зеленовато-желтые сильно-слюдистые глинистые мелко-зернистые харьковские пески, покоящиеся на киевском мергеле (спондиловая глина) мощностью 15 м; в спондиловой глине на откосе выемки у Ледащего горба наблюдается чешуйчатость строения.

На харьковские пески вверх надвинулись батские сланцеватые глины пепельно-серого цвета с бугорчатыми мергелистыми конкрециями.

Верхняя граница видимого обнажения батских глин находится на верхнем ребре правой стороны Трощинской долины.

Над батскими глинами в большей части горы залегает келловей.

На восток от описанных обнажений на келловее лежит слой песков Выржиковского мощностью около 0,80 м.



Фиг. 8. Вид на Ледащий горб со стороны ст. Канев.

Толща киевского мергеля (спондиловой глины), которая залегает под надвигом юрских глин мезозоя против бывшего Трощинского свекло-сахарного завода, идет вдоль ж.-д. линии на протяжении 188 м. Далее на восток вдоль той же террасы на протяжении 20—25 м идет неясно выраженный измятый харьковский песок, залегающий на киевском мергеле.

С востока наблюдаем здесь большой надвиг на харьковский песок батских пепельного цвета сланцеватых глин. На границе надвига в некоторых местах возможно видеть на поверхности батских глин зеркала скольжения.

Плоскость надвига здесь имеет простирание  $230^{\circ}$  СЗ и падения  $38^{\circ}$  Ю.

Как видно здесь в серии чешуйчатого строения горы Ледащий горб принимают участие пески харьковского яруса, в то время как предыдущие обнажения и буровые скважины нигде не обнаруживают харьковского песка. Это есть переходная часть продольного геологического профиля к тем местам, где в дислокациях принимают участие более молодые третичные отложения (полтавские пески и пестрые глины) наряду с подморенной толщей четвертичных отложений.

На вершине плато (гора Ледащий горб) над упомянутым надвигом наблюдается много беспорядочно разбросанных по поверхности почвы обломков сеноманских кремнистых песчаников (почва образовалась на сеноманских глауконитовых песках). Местами (ближе к западной части горы) на поверхности почвы встречается гравий из слоя Выржиковского (на них образовалась почва), а еще дальше имеется почвообразование на келловейских глинах. Таким образом ярусы батских и келловейских глин в этом большом надвиге в своих взаимоотношениях залегают нормально, а лежащий выше их сеноман размыт на значительной части своей толщи.

Ниже ж.-д. линии идут неправильно-бугристые нагромождения до уровня дна Трощинской долины. Они задернены травой, внизу же засажены вишневым садом и отчасти заняты огородами. Среди бугров в котловинах встречаются болотца, а в самом низу — выходы подземных вод. Это есть результат довольно значительного оползня, который шел по поверхности киевского мергеля в направлении ко дну Трощинской долины, а отчасти и в направлении нижней части оврага Божкивщина (фиг. 4 и 5).

Под надвигом бата и келловея слои киевского мергеля вместе со слоями харьковских песков представляют здесь довольно крупную антиклиналь с более пологим восточным крылом и с более крутым западным. На этом последнем по поверхности киевского мергеля и происходит большой оползень в овраге Божкивщина. Обнажений киевского мергеля однако в этом оползне не наблюдается. В задней же стенке оползневого полуцирка обнажаются харьковские пески. В верхней ж.-д. нагорной канаве, идущей над верхним ребром задней стенки полуцирка этого оползня, тоже искусственно обнажаются, на большой высоте над дном оврага Божкивщина, харьковские пески. На восток по той же канаве идут искусственные обнажения уже упомянутых выше — бата, келловея и гравиевого слоя Выржиковского.

В восточной части района оползень развивается в северном направлении, косо пересекая полотно железной дороги, по поверхности батских глин, в связи с чем здесь наблюдаются оползшие большие глыбы сеномана, келловея и отчасти песков каневского яруса, без нарушения взаимного расположения в залегании. Оползание глыб происходило уступами.

В связи с оползнем в ж.-д. выемке на нижнем уступе наблюдается толща сеноманских песков с прослойками конкреционного, темно-серого в середине, кремнистого песчаника.

Слои сеномана, в нижнем уступе оползня над ж.-д. полотном, имеют видимый небольшой уклон на восток. На них здесь налегают с таким же уклоном каневские главконитовые пески.

В нижней части видимой мощности сеноманских песков наблюдается фосфоритный горизонт.

Над этой оползшей глыбой сеноманских песков наблюдается другая, довольно больших размеров, глыба сеномана с келловеем в нижней части.

Видимая мощность келловея здесь 5,4 м.

На келловей налегают сеноманские пески видимой мощности от 4 до 6,8 м, а на них — каневские пески видимой мощности — 18,63 м. Далее на восток Ледащий горб оканчивается довольно значительным отвесным обнажением лёсса с лёссовидными суглинками до 7,5 м. Между пикетами №№ 4947 и 4941 в направлении к с. Трощину находится довольно значительная ж.-д. выемка, обнажающая с достаточной отчетливостью чешуйчато-расположенную, в связи с дислокацией, серию пластов с участием третичных и четвертичных подморенных отложений.

Для составленных комиссией акад. Резниченко геологических разрезов, она дает следующие характеристики.

а) На пикете № 4945 пласт батских глин круто падает по направлению к Трощинской долине; по ним главным образом и совершались здесь оползни довольно значительных размеров. Что же касается келловейских глин, то они являются членом оползающей серии в этом месте, о чем свидетельствуют буровая скважина № 16 вверху этого разреза, совершенно не обнаружившая на батских глинах келловейских глин, и скважина № 18, обнаружившая их в весьма деформированном виде; они выявлены в низах оползневого бугристого материала. Такой агент, как вода, обнаружен средней буровой скважиной № 17 в батских глинах в небольшом количестве. В первой скважине № 16 воды не обнаружено, тоже и внизу в скважине № 18. Но рядом, немного далее к востоку от скважины № 18, есть вода на поверхности между буграми оползневого материала в виде маленьких болотцев. Отсюда можно сделать вывод, что поверхность батских глин не ровна, и грунтовые воды задерживаются лишь в некоторых местах, а остальная поверхность батских глин смачивается водами атмосферного происхождения; возможно, что этим объясняется и та ступенчатость оползня, которая наблюдается в этом месте.

Интересно отметить, что нижняя часть батских глин имеет очень ясные зеркала скольжения. Следовательно, кроме оползней, идущих по батским глинам, и сама батская глина скользит по восточному крылу антиклинали из харьковских песков и киевского мергеля, причем это крыло здесь не крутое, и скольжение по нему совершается медленно.

Оползни в районе этого разреза были довольно значительны, но сейчас не замечается признаков подвижек массива на батских глинах, кроме выходов воды внизу; других, характерных для действующего оползня, явлений, например трещин, мы здесь не наблюдаем.

даем. Но в связи с большими работами по устройству ж.-д. полотна и станционной площадки для раз'езда Трошин равновесие безусловно нарушено и ожидать возобновления оползней необходимо.

б) На пикете № 4947 (фиг. 5) геологический разрез взят приблизительно посредине большого оползня, по киевскому мергелю в северо-западном направлении к устью оврага Божкивщина.

Буровая скважина № 19 взята в нагорной (старой) канаве у подножия келловейских глин с налегающим на них небольшим прослойком гравия Выржиковского; келловейские глины обнажаются здесь почти отвесной стенкой и имеют мощность 6,5 м. Буровая скважина № 19 обнаружила слой батских глин мощностью 1,4 м, лежащий на желто-зеленоватых мелкозернистых глинистых харьковских песках мощностью около 2,1 м. Под харьковскими песками залегает киевский серовато-сизоватый мергель; скважиной пройдено его 3,5 м.

Здесь юрские глины, выходя на дневную поверхность (келловей), залегают почти горизонтально, лишь незначительно загибаясь на западе Ледящего горба книзу. Это дает возможность установить наличие достаточно большой антиклинали с киевским мергелем в ядре, причем восточное крыло ее довольно пологое, а на него надвинуты юрские глины и сеноман.

Скважина № 19 этого профиля воды не обнаружила, и это вполне естественно, т. к. здесь нет условий для ее скопления — она быстро стекает в направлении крыльев антиклинали.

Скважина № 20 на середине поперечного разреза оползня обнаружила воду в середине киевского мергеля, который здесь тектоническими процессами разбит на отдельные слои, достаточно деформирован и выщелочен водами (слабое вскипание с HCl). Мощность водоносной части мергеля 1,2 м, а пьезометрический уровень — 3,5 м. Под водоносным слоем идет темно-сизовато-синеватая часть киевского мергеля, пластичная, водоупорная; бурением эта часть пройдена на глубину 5,05 м.

Наконец скважина № 21 сверху дала смешанный суглинистый оползневой материал мощностью 2,9 м, под которым идет водоносная размытая выщелоченная часть киевского мергеля мощностью 1,2 м. Подъем воды во время работ был здесь довольно интенсивный, но точные его размеры установить не удалось, т. к. вода лилась через край буровой скважины. Во всяком случае подъем ее был больше 3,5 м.

Водоупорным слоем здесь, как и в скважине № 20, служит расслоенный киевский мергель. Внизу мергель имеет конкреции гипса. Пройден он бурением на глубину 7,4 м.

В области этого поперечника происходили довольно частые и больших размеров оползни; это особенно хорошо видно по откосам ж.-д. выемки, где имеется целая серия почв, ступенчато расположенных в направлении склона погребенных оползневых материалов. Оползни эти недавнего происхождения.

В связи с нарушением равновесия устройством площадки под раз'езд — теперь здесь имеется ряд совершенно свежих трещин. Это место является наиболее опасным для железной дороги, т. к.

оползень уже действует и нет никакой гарантии, что он не проявит себя большим сдвигом в любой момент, т. к. все агенты и прелвозвестники оползня здесь налицо: крутой склон, подземные воды, искусственная и естественная нагрузки (водопоглощающие суглинки), трещины и пр.

### 3. Исследования инженерно-геологического отряда ЦИСа

Инженерно-геологический отряд ЦИСа, работавший в Трошинском районе в феврале и марте, мог (за недостатком времени) составить лишь один подробный геологический разрез на пикете № 4945 + 53 (фиг. 6), который дал следующую картину (по описанию геолога Буцько).

„Скважина № 1 на вершине горы Ледащий горб дает некоторую аналогию со скважиной № 16 комиссии акад. Резниченко и пройдена среди рыхлых водопроницаемых пород до глубины 6,7 м, где ниже идут сеноманские пески с кремнистыми конкрециями видимой мощности до 7 м по обнажению.

Ниже сеноманских песков залегают келловейские глины с видимой мощностью до 5 м. Глины с поверхности рассыпаются на мелкие обломки.

Скважина № 8 пройдена на глубину 4,89 м в рыхлых породах, ниже которых идут батские глины. Здесь получается некоторое несоответствие со скважиной № 17 геологической комиссии акад. Резниченко, но поскольку скважина № 17 не на одном поперечнике со скважиной № 8, то этот факт вполне объясним в сложно дислоцированной местности.

Остановившись на устойчивости возвышенной части косогора Ледащий горб, следует признать, что в настоящий момент особых неблагоприятных условий для его оползания не наблюдается, имея в виду его не широкие размеры и резкие понижения вправо и влево от его продольного направления, что играет благоприятную роль в смысле водоотвода.

В средней части разреза по обеим сторонам насыпи были заложены скважины №№ 2 и 10.

Скважина № 4 на глубине 8,5 м встретила глинистые слои, а скважина № 10—на глубине 19,25 м.

Поверхность глин, как показано на разрезе, идет под большим углом падения, что конечно является неблагоприятным фактором в отношении устойчивости тела насыпи.

Скважина № 9 прошла в рыхлых водопроницаемых песках до глубины 15,1 м, а скважина № 11 в них же до глубины 18,3 м и только скважина № 3 с поверхности до глубины 2,5 м прошла в мергелях, ниже от 2,5 до 10,5 м в глинах и ниже от 10,5 до 14,8 м опять в мергелях.

Рассматривая в целом всю среднюю и правую часть разреза, можно констатировать факт наличия мощной толщи (до 19 м) водопроницаемых пород лёсса, песков и суглинков в его средней части (скважины №№ 9, 10 и 11), как бы преграждаемой глинисто-мергелистым массивом в пониженной части стока. Подпруживание несомненно сказывается на режиме попадающих в эту песчаную

толщу как поверхностных, так и грунтовых вод, и мы имеем их выходы на поверхности в небольших углублениях по склону, о чем упоминает и комиссия акад. Резниченко.

Если рассмотреть выходы водоупорных горизонтов по направлению к пониженной части рельефа в сторону оврага Божкивщина и в сторону Трощинской впадины, т. е. в северном и северо-восточном направлениях, то окажется, что упомянутый водоупорный барьер окаймляет центральный песчаный массив своим высоким выходом водоупорных пород глин и мергелей.

Очевидно, что обширный песчаный массив, будучи подпруженным, создает своеобразные условия режима попадающих туда грунтовых и поверхностных вод, отзываясь весьма чутко ко всякого рода более или менее интенсивно выпадающим атмосферным осадкам.

Барьерная водоупорная часть склона сама по себе сложена из оползневого материала глин и мергелей с включением гипса и разбита системой многочисленных прослоек от вторичных и последующих перемещений, имея структуру не плотной, компактной массы, а нарушенной, местами с микроскладками, брекчеевидной и трещиноватой. Все это имеет следствием проникновение воды в поры, промежутки и трещины; отсюда насыщенность породы водой и ее разжижение. Разжиженная масса глин и мергелей в местах соприкосновения отдельных комков и глыб обладает весьма слабым сопротивлением против сползания, даже по слабо наклонной поверхности, что, очевидно, мы имеем в данном месте.

Этим вероятно объясняется то медленное сползание этой глинисто-мергелистой барьерной части склона, которое происходило прежде и которое наметилось здесь в настоящее время.

Иллюстрацией к этому как нельзя лучше служат наклонившиеся в разные стороны стволы фруктовых деревьев (пьяный лес) расположенного здесь сада и свежие разрывы нескольких стволов у корней по линиям трещин.

Сползание барьерной водоупорной части склона, близко отстоящего от подножия всего косогора, может нарушить установившееся равновесие на всем косогоре. Отрыв упора может вызвать перемещение по наклонной поверхности и вышерасположенных по косогору мест (деляпсивный тип оползня).

Последнее может иметь также место, если ползет вся поверхность глинистого основания массива по киевскому мергелю. При надвиге батских глин на киевские мергеля это вполне вероятно, т. к. плоскости соприкосновения могут быть сильно нарушены и доступны для циркуляции грунтовых вод, а при наличии гипса в мергелях последний становится особенно чутким к сползанию при смачивании.

Комиссия акад. Резниченко упоминает о трещинах, установленных ею по территории станционной площадки. Одна из них, самая крупная, проходит на большом протяжении и расположена в резерве влево от оси полотна и две другие — выше и ниже станционной площадки (фиг. 9). Поскольку первая трещина на станционной площадке была обнажена от снега, то отрядом была

заложена ступенчатая траншея, пересекающая трещину, для выявления плоскостей контакта перемещенных грунтов относительно оторванной и остающейся устойчивой части. Помимо этого было заложено пять буровых скважин по этому же поперечнику, пересекающих земляное полотно. Данные показывают, что мы здесь имеем в смещенной части смешанный, нарушенный, отчасти насыпной грунт, который дал некоторую осадку и переместился в горизонтальном направлении в сторону Трошинской долины. Сползание произошло по киевскому мергелю, причем на глубине около 3 м от поверхности появилась вода. Это показывает, что здесь действительно имеются все данные, способствующие перемещению одного слоя по другому: 1) относительно крутое падение слоев киевского мергеля и 2) наличие водоносного горизонта, увлажняющего его.

Что касается других двух трещин, упоминаемых в отчете геологической комиссии, то таковые отряду обследовать не пришлось из-за обильного снежного покрова в этих частях.

Таким образом можно считать совершенно определенно установленным, что мы имеем признаки наметившегося сползания обширной части территории по склону косогора, начиная от упомянутых трещин влево от оси пути и до явных признаков сползания разрыва стволов (пьяный лес) вблизи подножия косогора в районе скважин №№ 3, 18 и 4. Общим протяжением, сползающий массив достигает размеров по склону не менее 100—120 м, захватывая в верхней части и земляное полотно.“

#### 4. Общие выводы и необходимые мероприятия

Как видно из вышеизложенного картина, данная геологическими разрезами, весьма разнообразна: на пикете № 4945 + 40 в толще батских глин находится выклинивающийся водоносный слой; на пикете № 4945 + 58 имеется мощный водопоглощающий и водоносный слой, выход из которого закрыт водонепроницаемыми, хотя и рушенными, породами; на пикете № 4946 + 52 киевский мергель прорезан водоносным слоем, повидимому у выхода закрытым оползневым материалом.



Фиг. 9. Оползневая трещина на станционной площадке.

Несмотря на это крайнее несходство, объясняемое в значительной мере дислоцированностью местности, можно с полной определенностью сказать, что в рассматриваемом районе имеются водоносные пласты различной мощности, выходы из которых закрыты теми или иными породами. Влияние воды, скопляющейся в этих водоносных слоях как от притока со стороны плато, так и путем непосредственного просачивания, сказывается совершенно ясно в подвижках косогора и в наличии в его подошве трещин и отдельных прудов.

Другими словами, *косогор неустойчив, и эффективные меры борьбы с неустойчивостью вполне возможны и могут быть намечены в основном теперь же. Но детальная проектировка всех противооползневых мер невозможна впредь до производства систематических дополнительных исследований, необходимость которых видна из следующего.*

Несомненно основной мерой здесь является каптаж грунтовых вод, скопляющихся в водоносных слоях, что не только даст им надлежащий выход, но и создаст мощный контрфорс из осушенного грунта с низовой стороны полотна.

Ввиду глубокого залегания водоносных пластов, наиболее подходящим орудием каптажа является штольня, в основном параллельная оси полотна и расположенная выше последней. Но для окончательного выбора трассы штольни и ее отметок необходимо знать вполне точно положение водоносных слоев, чего в настоящее время нет. Далее, наличие выходов грунтовых вод в оврагах, расположенных по обеим сторонам площадки Трощинского раз'езда, заставляет проследить их направление, т. к. эти воды могут потребовать самостоятельного каптирования. Наконец, все проектные предположения крайне затрудняются отсутствием плана в горизонталях.

На основании всего изложенного экспертная комиссия ЦИСа совместно с представителем комиссии акад. Резниченко пришла к следующим заключениям, представляющим собой некоторое развитие и дополнение предложений комиссии акад. Резниченко и инженерно-геологического отряда ЦИСа:

а) в ответ на вопрос строительства — не следует ли перенести трассу линии на новое место, — признать подобное перенесение нецелесообразным, как ввиду значительного количества уже сделанных по существующей трассе работ, безопасность которых может быть достаточно эффективно защищена, так и ввиду отсутствия какой-либо гарантии, что в этом дислоцированном районе новая трасса будет иметь преимущество перед существующей в смысле устойчивости полотна;

б) признать желательным, но не абсолютно необходимым, перенесение раз'езда Трощин на другое место, т. к. большие земляные работы по устройству раз'ездной площадки значительно нарушают устойчивость косогора;

в) признать необходимым срочную с'емку плана в горизонталях и производство буровых исследований по особой программе, с составлением на основании их геологической карты;

г) установить постоянные колебания, привязанные к реперам и створам, для возможности принятия своевременных мер по предупреждению опасных деформаций;

д) впредь до производства съежек и бурения признать необходимым теперь же принять следующие меры, способствующие устойчивости косогора и полотна, но не имеющие решающего значения:

1) осушение трясинных мест у подошвы косогора при помощи откосных щебенчатых дренажей  $1 \times 1,2$  м с укладкой по дну их деревянных труб; дренажи и трубы должны быть заложены в водонепроницаемом грунте;

2) приведение в порядок всех водотводных канав с одерновкой или замощением их, прорыв особую канаву с верховой стороны лежащего горба;

3) осушить насыпной грунт на стационарной площадке посредством устройства поперечных дренажей, аналогично указанному в п. 1;

е) после окончания исследований, указанных в п. „в“, запроектировать и построить систему осушительных штолен.

## Деформации насыпи ветви № 1—2 витебского узла на косогоре р. Зап. Двины<sup>1</sup>

### 1. Общее описание ветви

В начале 1931 г. МБ-Б ж. д. было приступлено к сооружению к.-д. ветки № 1—2 у ст. Витебск, являющейся частью развиваемого витебского узла.

На пикетах №№ 10 и 16 новая ветка пересекает два глубоких оврага, выделяющих из общего протяжения ветки небольшой отрезок, проходящий по глинистому правому берегу р. Зап. Двины (фиг. 10—11).

Часть этого отрезка между пикетами №№ 12 и 16 запроектирована насыпью высотой от 0 до 5 м (по оси) на крутом косогоре имеющем поперечный скат до  $\frac{1}{4}$  и отстоит от бровки берегового откоса на расстоянии от 35 до 15 м (считая от оси полотна), частично бываясь высокими водами р. Зап. Двины.

У пикета № 12 + 72, при переходе через овраг глубиной около 1 м, под насыпью первоначально было запроектировано искусственное сооружение, исключенное впоследствии в предположении спуска поступающих к нему вод, вдоль полотна к бетонным трубам, строящимся в вышеупомянутых двух оврагах на пикетах №№ 10 и 16.

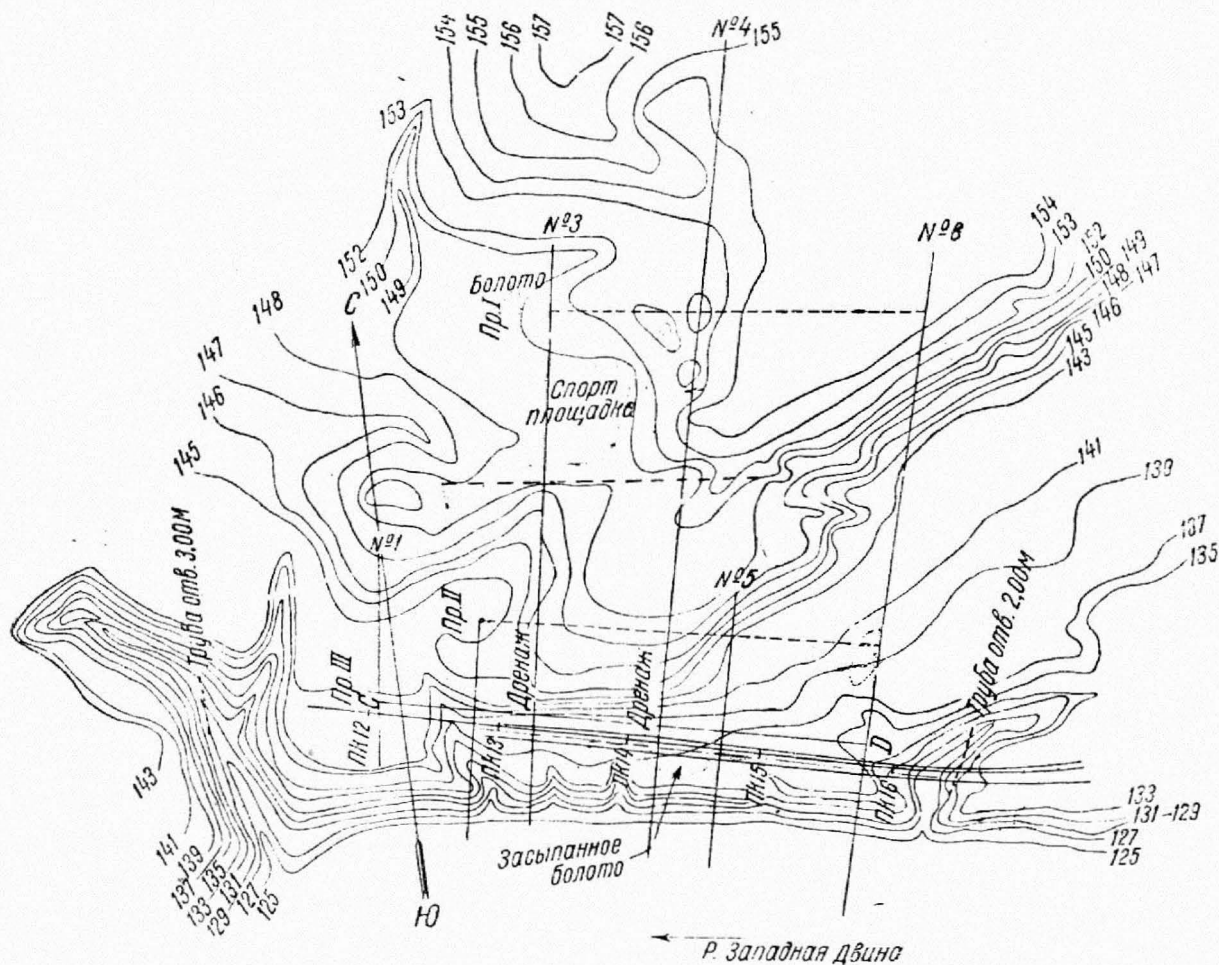
Косогорный участок трассы между пикетами №№ 12 + 72 и 16 перед началом земляных работ представлял собой, несмотря на значительный уклон местности, частично заболоченную поверхность, с выходами небольших ручьев и даже в одном месте с прудом глубиной около 1,5 м. С началом земляных работ, по закладке

<sup>1</sup> Материалы обследования представлены Малютицкий Ю. Н. и Бульцко С. С. Ими же обследованы объекты — V, VI, VII.

резерва в верхней части косогора, слева от трассы был обнаружен значительный приток воды в резерв и подступ ее к возводимой рядом насыпи (фиг. 12).

Присутствие воды у насыпи, при расположении последней на крутом косогоре, вызвало опасения строительного управления МБ-Б ж. д., обратившегося в ЦИС с просьбой произвести инженерно-геологическое обследование названного участка ветки № 1—2.

Вследствие ограниченного времени и недостаточности бурового инструмента отряду ЦИСа пришлось ограничиться лишь весьма неглубоким (до 11 м) бурением, с небольшим количеством скважин, позволяющим сделать неполные выводы как в отношении установления пути прохода грунтовых вод, так и в отношении определения границ распространения отдельных весьма запутанных и многочисленных геологических напластований.



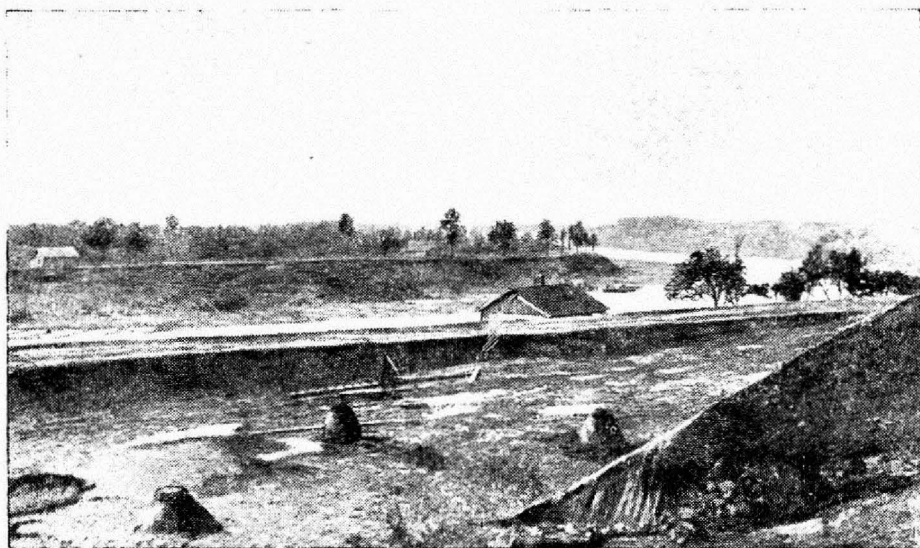
Фиг. 10—11. План в горизонтелях участка деформаций земляного полотна.

Обследованная отрядом ЦИСа часть ветки № 1—2 расположена на сырой, частично заливаемой высокими водами, со значительным скатом в сторону реки, береговой террасе р. Зап. Двины в расстоянии 15 — 35 м (считая от оси полотна) от бровки берегового откоса, поднимающегося над уровнем меженных вод реки на 11—12 м. Береговой откос подвержен некоторому размыву высокими водами и представляется в виде крутой осыпи, пересекаемой в некоторых

местах небольшими оврагами, достигающими низов подошвы откоса строящейся насыпи и в одном случае (на пикете № 12 + 72) пересекающими трассу ветки № 1 — 2.

У пикета № 15 насыпь ветки проходит по засыпанному пруду с торфяными берегами.

Слева от трассы возвышается весьма крутой глинистый склон, идущий от верхнего плато, имеющего незначительное падение также в сторону реки. На поверхности плато, распространяющегося влево (на север) от полотна ветки и занимающего около 15 га, разбросан ряд небольших холмов и чередующихся с ними замкнутых (пониженных мест) „блюдец“. Поверхность последних, несмотря на значительную высоту над уровнем воды в реке (до 30 м над уровнем меженных вод), представляет собой *кочковатое болото*, не пересыхающее круглый год,



Фиг. 12. резерв с нагорной стороны полотна ветки № 1—2 Витебского узла

Далее на север, влево от полотна на расстоянии около 500 — 600 м, за небольшой возвышенностью, замыкающей плато, начинается понижение местности, с выходами на восток и на запад.

Как видно из описания рельефа поверхностный сток атмосферных вод с плато затруднен вследствие замкнутых очертаний „блюдец“. Известная часть воды с плато имеет выход к югу (т. е. к реке) по дренажам, заложенным под спортивной площадкой, устроенной в южной части плато, и далее по небольшой трубе, проходящей под полотном рассекающей плато шоссейной дороги, к оврагу, пересекающему новостроящуюся ж.-д. ветку на пикете № 12 + 72.

На север, восток и запад стекают от плато лишь воды, попадающие на склоны ограждающих плато холмов.

Роль шоссейной дороги, проходящей в южной части плато, в отношении отвода воды на восток и на запад весьма незначительна, ввиду отсутствия надлежащих водоотводных канав. Поверхность этой дороги почти постоянно покрыта грязью.

## 2. Геология местности (по описанию геолога Буцько С. С.)

„В геологическом отношении местность покрыта ледниковыми отложениями, покоящимися на породах девонского возраста. Девонские известняки обнаружены буровой скважиной № 1 витебского коммунального треста на глубине 8—9 м ниже уровня р. Зап. Двины на абсолютной отметке 115,63 м. Однако возможно, что девон представлен несколько и выше по высоте, но уже континентальными отложениями. Девонские слои известны своими выходами на дневную поверхность несколько выше, километрах в 15 от Витебска вверх по течению р. Зап. Двины, и там они выражены преимущественно доломитами.

Ледниковые отложения хотя и характеризуются частой сменой пластов, отличающихся один от другого по своему механическому составу и невыдержанностью пластов, тем не менее, на небольшой площади, захваченной исследованием, можно установить некоторую их последовательность. Заложённые на указанной площади 24 буровые скважины и несколько шурфов позволяют в общем судить о геологическом строении данного участка, хотя в большинстве своем скважины, как было сказано выше, не превышали глубины 11,5 м.

По данным бурения построены два главных геологических разреза. Первый разрез (фиг. 13) пересекает под прямым углом ось полотна на пикете № 14+18 общим протяжением в 637 м, а второй, идущий параллельно оси полотна влево от нее на 20 м, имеет протяжение в 375 м (фиг. 14).

Первый разрез (фиг. 13) характеризуют скважины №№ 17, 16, 1, 4, 22, 3 и 2 с дополнением ряда шурфов, заложённых по крутому склону правого берега р. Зап. Двины, отчасти скважина № 14 и разрез, полученный от вскрытия резервом влево от оси на 40 м над скважиной № 1.

Продольный разрез (фиг. 14) характеризуется скважинами №№ 10, 1, 6, 5, 7 и дополнительным разрезом над скважиной № 10, полученным при вскрытии резерва.

Сопоставляя данные бурения по линии первого разреза (фиг. 13), можно видеть, что скважина № 17 до глубины 5,4 м прошла в песках в абсолютных отметках 151,6—146,2.

Скважина № 16 — песок . . . . .	„	147,29 — 145,29
вверху суглинок, внизу глина . . . . .	„	145,29 — 139,69
песок . . . . .	„	139,69 — 138,29
Скважина № 1 — глина . . . . .	„	139,27 — 137,77
песок . . . . .	„	137,77 — 137,17
глина песчаная . . . . .	„	137,17 — 135,87
глина темно-бурая . . . . .	„	135,87 — 129,27
песок . . . . .	„	129,27 — 128,27
глина . . . . .	„	128,27 — 127,77

Суглинки и глина, лежащие ниже верхнего песчаного пласта в скважине № 16, выходят в разрезе вскрытом резервом над скважиной № 1, и нижние слои этой же глины захвачены скважиной № 1. Абсолютные отметки 139,27—137,77.



Нижний песчаный слой скважины № 16, называемый в дальнейшем первым водоносным слоем, соответствует верхнему песчаному в скважине № 1. Ниже идет песчаная глина мощностью в 1,1 м, переходящая книзу в менее богатую песком, но в которой также попадаются на всей мощности пласта гравий, галька и изредка большие валуны кристаллических горных пород. Общая мощность глинистых слоев, залегающих между верхним и нижним песчаными слоями в скважине № 1, достигает 7,9 м. Этот же пласт глины обнаружен скважиной № 4 мощностью в 6,5 м и № 22 по оси полотна—почти такой же мощности, а его нижние слои встречены в скважине № 3 (небольшой мощности 0,7 на абсолютных отметках 129,04 и 128,34). Скважина № 2 этого глинистого слоя не обнаружила, пройдя исключительно в песках.

Таким образом следует предположить, что мощный глинистый слой (7,9), пройденный скважиной № 1, постепенно выклинивается по направлению к берегу реки, причем это выклинивание идет за счет размыва вышележащих слоев пласта древней рекой. Этот же глинистый пласт со всей очевидностью можно продолжить и к северу от оси полотна, и он должен был бы встретиться в скважине № 16 при большей ее проходке вглубь, но при вышеуказанных затруднениях с буровым инструментом, глубина залегания этого глинистого пласта в скважине № 16 остается невыясненной.

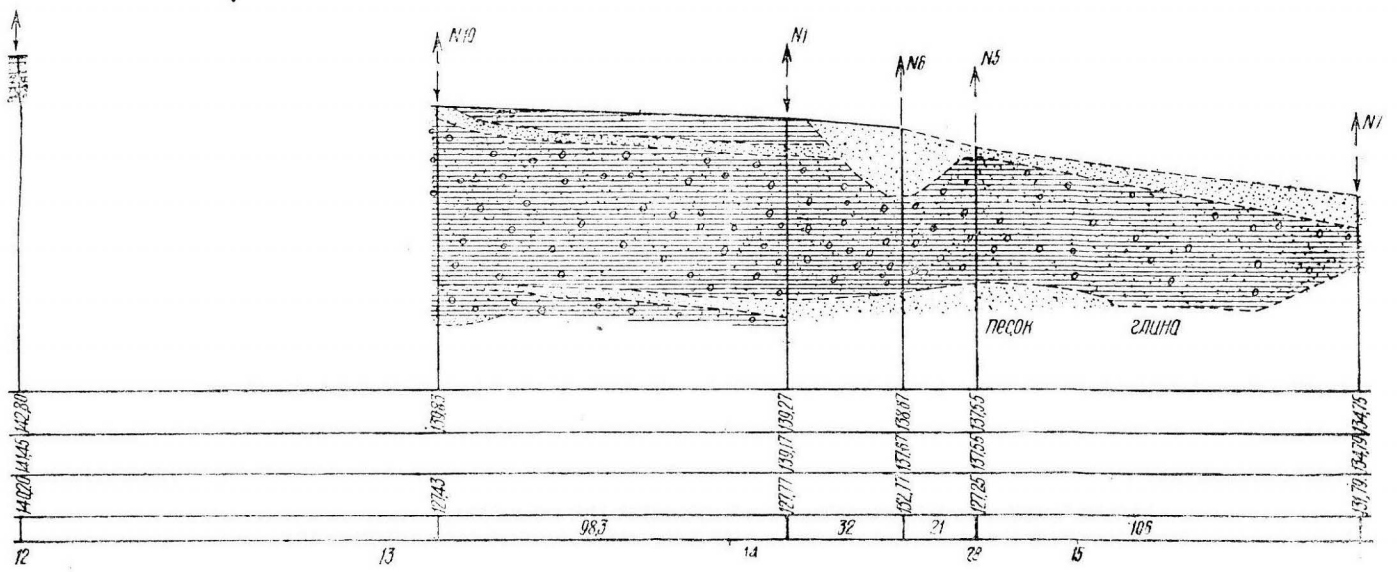
Ниже глинистого пласта мощностью в 7,9 м, пройденного первой скважиной, залегает песчаный слой (песок желтый, мелкозернистый, мощностью в 1 м), который мы условимся называть вторым водоносным горизонтом. Этот песчаный пласт прослежен также скважинами №№ 4, 22, 3.

Ниже второго водоносного горизонта скважиной № 1 пройдены глины мощностью в 0,5 м, в которых скважина закончена на отметке 127,17.

Скважины №№ 4, 22, 3 и 2 до этого пласта глины не дошли, и только береговая скважина № 14 на отметке 125,87 и береговые шурфы на отметке 125,8 обнаружили этот же выход пласта уже у берега реки на расстоянии почти 80 м от скважины № 1. К поверхности этого пласта приурочены выходы многочисленных береговых ключей.

Таким образом описываемый пласт бурой глины, выходящий на дневную поверхность у берега реки, является фактически вторым водоупорным горизонтом, считая за первый водоупорный горизонт пласт глины, пройденный скважиной № 1 мощностью в 7,9 м в отметке 137,17 — 129,27.

Береговая часть шириной до 30 м, начиная от тела насыпи до крайнего высокого берегового уступа, сложена мелкозернистыми песками с глинистыми прослойками желтого и бурого цвета, местами охристыми общей мощностью до 9 м. Эта песчаная береговая полоса является поглощающим массивом для грунтовых вод первого водоносного горизонта, причем путь следования грунтовых вод с этого горизонта в песчаный массив приходится на основание насыпи, где тело насыпи своей подошвой прислонено к глинистому



Фиг. 14. Продольный геологический профиль в расстоянии 20 м влево от оси; линия Ленинград—Витебск.

массиву (первый водоупорный горизонт), отделяемому только тонким почвенным слоем, местами торфяным.

По второму разрезу, проведенному в продольном направлении к оси пути (фиг. 14), заложены скважины, описанные уже выше. В скважине № 10, заложенной в резерве, верхним слоем показан песок на глубину 1,45 м; этот пласт и является описанным уже выше первым водоносным горизонтом, вскрытым в скважине № 1 на глубине 1,5 м. Этот же пласт очевидно соединяется с углублением в глинистом горизонте, заполненным песком, и дальше к востоку выходит на дневную поверхность (скважины №№ 5 и 7).

Ниже первого песчаного водоносного горизонта залегает на всем протяжении разреза первый водоупорный глинистый горизонт, прослеженный скважинами №№ 10, 1, 6, 5 и 7 с небольшим падением к юго-востоку.

Мощность пласта к востоку уменьшается, а в скважине № 6 пески врезаются в глинистый пласт, залегая карманообразно.

Скважина № 10, пройдя глинистый пласт мощностью в 8,45 м, встретила на глубине 9,9 м тонкий песчаный слой 0,15 м, ниже опять глину мощностью в 1,2 м и опять песок, в котором оставлена. Нижние горизонты песка скважины № 10 должны относиться к второму водоносному горизонту, установленному в скважине № 1; далее он прослеживается в скважине № 5.

Как в первом разрезе, так и во втором замечается падение пластов на юго-восток. Наклонное залегание пластов как водоносных, так и водоупорных глинистых на разрезе, вскрытом резервом продольно оси полотна, усложняется явно выраженной местной складчатостью, что тесно связывается с существующим рельефом поверхности (образование оврага пикетом № 12 + 72, куда наблюдается большое падение водоносных слоев). Среднее же падение пластов, определяемое по разрезам, доходит до 1°. Продолжая по полученному углу падения первый водоносный слой через скважины №№ 1 и 16 далее на север, мы приблизительно должны обнаружить его выход в северной части относительно пониженной и отчасти заболоченной, немного ниже пройденной глубины в скважине № 17, что вполне вероятно, т. к. скважина на всю глубину 5,4 м прошла в песках.

Учитывая необычайно сильную местную водоносность первого водоносного пласта, вскрытого резервом у скважин №№ 10 и 1, приходится допустить, что область питания этого горизонта должна быть значительной, т. к. нельзя предполагать, чтобы такую массу воды мог выделять относительно небольшой массив глинистых и суглинистых пород, вскрытых как разрезом резерва, так и буровой скважиной № 16, и который можно еще продолжить до водораздельной точки холма. Если же допустить соединение первого водоносного пласта с северной, относительно пониженной, частью рельефа, где располагаются заболоченные пространства, то область питания этого горизонта значительно расширится. Поверхностные воды скатываются по склонам холмов в заболоченные пространства, как в воронку, встречая песчаные слои (скважина № 17), насыщают их и далее проходят по наклонной поверхности встреченного водо непроницаемого глинистого горизонта, что в данном случае по всей

вероятности и имеет место. Однако утверждать это в категорической форме не приходится, т. к. достаточного количества фактических данных по данному вопросу не собрано“.

Отрядом были обследованы как выходы грунтовых вод по откосам возвышенностей с плато, так и уровень стояния воды в колодцах на плато и по склонам возвышенности, причем была выяснена примерно следующая картина.

Грунтовые воды *на плато* стоят на *значительной высоте*, о чем свидетельствует уже заболоченность „блюдец“; закладкой скважины № 18 у одного из таких „блюдец“ отрядом была установлена значительная мощность насыщенного водой песчаного заполнения „блюдца“. Скважина № 18, не дойдя до глин, была оставлена вследствие упоминавшихся выше технических затруднений и обнаружила на глубине до 5,55 м от поверхности мелкий, насыщенный водою, песок-пльвун.

Открытые выходы грунтовых вод по склонам возвышенности, на коей расположено упоминавшееся плато, имеются почти на всем протяжении склонов как с восточной и западной, так и с южной сторон, т. е. у места прохода полотна новой железной дороги.

Выход воды по южному склону замечен на двух уже описанных горизонтах: первый (верхний)—примерно у оси трассы новой ветки и второй (нижний) на метра полтора—два выше меженного горизонта воды в р. Зап. Двине.

Насколько ясен нижний выход, благодаря обнаженному размывом откосу, настолько очевидно был скрыт верхний—растительностью, создающей впечатление заболоченности, но не притока воды; тем более, что в непосредственной близости от берегового обрыва выходящая по верхнему водоносному пропластку вода вновь исчезала, уходя в песчаные речные отложения (фиг. 13) и опускаясь до уровня нижнего выхода.

### 3. Работы по постройке ветки и обнаружившиеся деформации

Ко времени обследования (конец августа 1931 г.) была произведена почти полностью отсыпка насыпи на рассматриваемом отрезке ветки № 1—2; оставалась досыпка подхода к трубе на пикете № 16, пересыпка оврага на пикете № 12+72 и планировка. Постройка искусственных сооружений (бетонных труб) на пикетах №№ 11 и 16 близилась к концу.

Отсыпка насыпи произведена из глинистого грунта, подававшегося грабарями из рядом заложенного в косогоре слева (по ходу пикета) резерва.

Разработка резерва продолжалась в период обследования, причем глубина его местами достигала 5 м, а поперечный скат в некоторых местах был в сторону полотна. Дно резерва покрыто целым рядом больших и малых луж от поступающих в резерв грунтовых вод. Вдоль резерва, в сторону трубы на пикете № 16+11, протекает небольшой ручей, образованный теми же водами.

Стенки резерва, срезанные примерно под одиночный откос, ярко обрисовывают слоистый характер глинистых напластований.

Выступающие между слоями следы грунтовых вод образуют по стенке резерва темные влажные пятна. В некоторых местах стенка размыва поверхностными водами, идущими во время дождей непосредственно по откосу в резерв.

Для осушения резерва и предохранения основания насыпи, расположенной на косогоре с поперечным скатом до  $1:4$ , строительством были предприняты меры в виде:

а) устройства продольной небольшой канавки по дну резерва, ствоящей воду к трубе на пикете № 16;

б) закладки шести поперечных дренажей сечением  $0,6 \times 0,6$  м под подошвой насыпи; в качестве дренажного материала был применен средний валунный камень.

Примененный способ дренажа не дал, да и не мог дать, должного эффекта в глинистом грунте, обладающем чрезвычайно крутой депрессионной кривой. Грунтовые воды, выходящие под подошвой насыпи, продолжали пробиваться через насыпь и смачивать как ее, так и основание. Поперечный дренаж работает как труба, пропуская скопляющиеся в резерве воды под насыпью в сторону реки. Выходы из дренажей заметны в виде небольших ручейков.



Фиг. 15. Трещина во вновь возведенной насыпи; ветка № 1—2 Витебского узла.

Искусственное увлажнение тела насыпи водой, пущенной из резерва через поперечные дренажи, вызвало особое насыщение глинистой отсыпки и повлекло за собой ненормальную осадку насыпи. Над входами и выходами дренажей образовались концентрические трещины, захватывающие не только откосы, но даже часть верха насыпи. В некоторых случаях ширина трещин достигает 10 и более см (фиг. 15). Трещины способствуют проникновению поверхностных вод в тело насыпи и образованию поверхности скольжения, по которой начинает перемещаться отколовшаяся часть насыпи.

Второй вид замеченных при обследовании деформаций относится к местности, расположенной непосредственно у бровки резерва, слева от полотна.

В 15—30 м от крутого откоса резерва расположена каменная ограда б. Маркова монастыря. Стена эта имеет значительный наклон в сторону реки (т. е. резерва), несмотря на установленные каменные контрфорсы. На поверхности ограды, точно так же как и на целом ряде зданий б. монастыря, появились трещины, свидетельствующие о смещениях основания (фиг. 16). Не утверждая катего-



Фиг. 16. Сплыв откоса, вызвавший смещение основания стены каменного строения; ветка № 1--2 Витебского узла.

рически, что имевшие до сего времени место деформации построек вызваны общим смещением местности, а не чисто местными условиями закладки фундаментов, приходится отметить, что близость резерва от каменных сооружений должна будет оказать свое действие на ускорение разрушения этих сооружений, а может быть даже повлечет за собой полный обвал последних.

#### 4. Опасность дальнейших деформаций и меры к их устранению

Как инженерно-геологический отряд ЦИСа, так и экспертная комиссия пришли к заключению, что косогорность участка при насыщении грунтовыми водами самой насыпи и ее основания, является серьезной угрозой для безопасности насыпи, тем более что налицо имеется еще целый ряд неблагоприятных для устойчивости факторов, а именно:

а) недостаточно тщательная подготовка основания под насыпью, с оставлением неубранных торфяных и растительных грунтов, способствующих проникновению воды к подошве насыпи;

б) близость реки, имеющей значительную высоту под'ема высоких вод, благодаря чему возможен подмыв как тела насыпи, так и ее основания.

Кроме того экспертная комиссия обратила внимание на то, что в некоторых местах (фиг. 13) насыпь опирается своей верховой частью на глину, а низовой—на песок, могущий быть вымытым водами р. Зап. Двины.

К сказанному надо еще добавить недостаточность отвода поверхностных вод, способствующих насыщению насыпи и ее основания водой, а также размываемость полевой откоса резерва, угрожающую не самой железной дороге, а близлежащим зданиям.

В связи с изложенным инженерно-геологический отряд ЦИСа предложил ряд мероприятий по обеспечению безопасности насыпи, в общем принятых экспертной комиссией с некоторыми изменениями и добавлениями.

Наиболее радикальной мерой по обеспечению особо опасных мест косогора, комиссия считала сдвигку оси полотна ветви влево (в нагорную сторону), т. к. этим достигалось бы с одной стороны расположение полотна целиком на глине, а с другой—насыпь была бы сдвинута с невынутого из-под нее и очень опасного слоя торфа и растительной земли. Разумеется и при передвижке потребовались бы меры для защиты от влияния грунтовых и поверхностных вод, перечисленные ниже, но меры по укреплению против подмыва и для защиты песчаного слоя, служащего основанием низовой части насыпи, отпали бы по крайней мере на большей части длины рассматриваемого участка.

Так как в производстве передвижки могли встретиться серьезные затруднения, то экспертная комиссия не сочла себя в праве категорически настаивать на ней и потому учла возможность оставления оси пути на прежнем месте, с принятием следующих мер:

а) заложить продольный глубокий дренаж вдоль насыпи по резерву; дно дренажа должно быть опущено ниже основания песчаного водоносного пласта и быть ниже низовой подошвы насыпи не менее чем на 1 м с учетом встречающихся понижений водоносного пласта, что должно быть проверено добавочным бурением по оси будущего дренажа до окончательной его проектировки. Направление стока по дренажу сделать в сторону искусственного сооружения у пикета № 16. Тип дренажа, ввиду значительной его длины, должен предусматривать устройство дренажной (коллекторной) трубы, удобной для осмотра и прочистки;

б) восстановить в овраге на пикете № 12+72 отмененное искусственное сооружение, применив при этом углубленный тип трубы для того, чтобы она перехватывала и верхние горизонты грунтовых вод;

в) сделать по дну резерва параллельно дренажу, с верховой его стороны, открытую канаву для спуска поверхностных вод из резерва в сторону искусственного сооружения (у пикета № 16). Канаву должна быть одернована или замощена;

г) сделать над резервом нагорную канаву, расположив ее на достаточном расстоянии от бровки резерва для недопущения про-

сачивания воды из канавы в резерв. Нагорная канава должна быть одернована или замощена;

д) с речной стороны устроить у участков насыпи, имеющих наиболее крутой поперечный скат, контрбанкет для создания упора в целях предупреждения сползания насыпи по косогору. Основание под контрбанкет должно быть подготовлено особо тщательно и размеры его проверены расчетом;

е) в местах подступов высоких вод реки к насыпи контрбанкет и насыпь должны быть надлежащим образом укреплены камнем (замощением в клетках, двойным мощением на мху или иным надежным способом). Такие же укрепления должны быть произведены и по берегу р. Зап. Двины в рассматриваемой насыпи, в тех местах, где замечаются размывы берега.

Очень радикальной мерой осуществления косогора был бы выпуск заболоченных „блюдцев“ с плато, лежащего над косогором, но это потребовало бы таких обширных и сложных работ, что от указанной меры пришлось отказаться.

Однако, хотя в постановлении экспертной комиссии этого и не сказано, следовало бы обратить внимание соответствующих органов на отсутствие водоотвода у шоссеиной дороги на плато и на необходимость устройства от нее правильного водоотвода, что в некоторой степени улучшило бы условия устойчивости косогора.

В отношении защиты от размыва полевого откоса резерва, а следовательно и стоящих вдоль него зданий от разрушений, указать конкретные мероприятия, за отсутствием данных, было невозможно, а потому экспертная комиссия ограничилась тем, что обратила внимание дороги на наличие упомянутой опасности при принятии соответствующих мер.

### III. Косогор р. Чепцы на 75-76 км линии Вятка—Свердловск<sup>1</sup>

В пределах описываемого косогора один участок полотна двухпутный, а на другом должен быть пристроен второй путь. Первый участок уже имел ряд деформаций, и задача инженерно-геологического отряда ЦИСа заключалась в установлении причин деформаций и мер по предотвращению последних, тогда как на другом можно было лишь ожидать появления деформаций в зависимости от пристройки второго пути. Поэтому здесь задачей отряда был выбор наиболее безопасного варианта пристройки, а также указанные мер, обеспечивающих устойчивость полотна.

#### 1. Общее описание местности

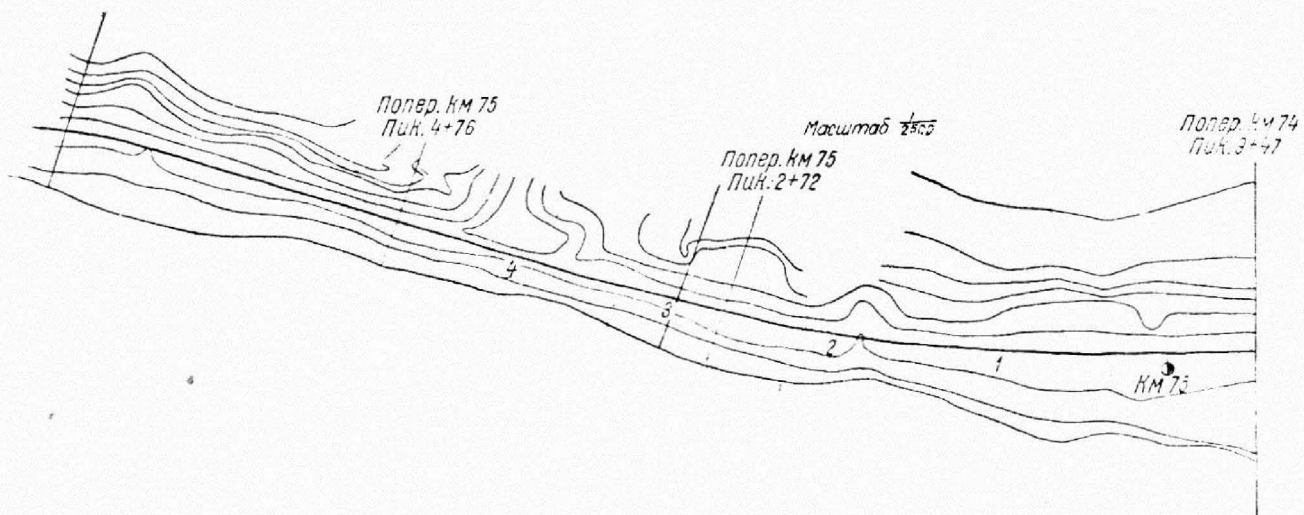
Волчье-Троицкий косогор, расположенный на левом берегу р. Чепцы, сложен пестроцветными мергелистыми глинами и мергелями. Высота коренного берега близь края плато 35—40 м; самое плато возвышается над рекой на 45—50 м и более.

<sup>1</sup> Материалы обследования представлены Пономаревым В. П. и Соколовым М. И.

а) Первый участок (фиг. 17).

Линия подходит к коренному берегу, начиная с пикета № 74+700<sup>1</sup>, где трасса, ограниченная с одной стороны крутым косогором, с другой—р. Чепцой, целиком расположена на террасах старых оползней, частью подрезая их.

На пикете № 74+900 справа от линии видна довольно широкая циркообразная котловина, против которой слева от пути между линией и рекой оползневые массы особенно сильно вдаются в реку, компенсируя дефект массы в цирке. В нижней части косогор местами, особенно в понижениях, заболочен, и кое-где бьют небольшие ключи. Ели, растущие в полуциркообразной котловине, имеют саблевидно-изогнутые стволы. Подошва оползня и прилегающая часть террасы р. Чепцы заболочены.



Фиг. 17. Схематический план места деформации ж.-д. полотна на 75—76 км линии Вятка Свердловск.

На пикете № 74+950 нижняя половина склона, здесь более крутого и имеющего слегка волнистый рельеф, заболочена. Около середины высоты из-под корней ели выходит довольно обильный ключ. В обрыве, по которому стекает ключ, обнажены довольно твердые коричнево-красные мергеля с зеленовато-серыми пятнами. У подошвы склона видны красные выходы известковых туфов.

Начиная с пикета № 74+920 и до пикета № 74+120 справа от пути виден большой оползень, выдающийся тремя уступами по направлению к линии. Поверхность оползневой террасы находится на высоте от 3 до 4 м над линией. Три выступа срезаны недавно и дают прекрасные обнажения, в которых видны пестроцветные мергеля, пласты которых частью изогнуты волнообразно. Эти породы покрыты сильно-глинистыми среднезернистыми песками то вклинивающимися, то достигающими мощности 2,5 м.

<sup>1</sup> Принят условный пикетаж т. е. пикет. № 74+700 означает 74 км и 700 м от начального пункта.

Между подошвой описываемых оползней и оползнями, на которых расположена линия, местами (напр. на пикете № 75+100) имеются свежие трещины длиной до 4—5 м и шириною до 0,1 м.

Дальше от пикета № 75+120 до пикета № 75+160 коренной берег над линией представляет в нижней части старые задернованные откосы (одиночные). Верхняя часть склона, сильно заросшая елью и пихтой, имеет волнистый рельеф, что является признаком старых оползней.

Здесь река начинает подходить особенно близко к оползню, на котором расположено полотно. У пикета № 75+182 в реку впадает короткий овраг, на склонах которого также имеются сплывы и небольшие оползни.

б) Второй участок (фиг. 17).

За оврагом слева имеется задернованный откос, представляющий спланированную часть оползня; в этом откосе несколько далее наблюдается большой сплыв, деформировавший вторично этот откос.

Дальше от пикета № 75+235 до пикета № 75+300 в коренном берегу виден типичный полуциркообразный оползень, амплитуда которого достигает по меньшей мере 6—8 м. Над оползнем в обрыве обнажаются под слоем почвы толщиной в 4—5 м сильноглинистые красно-бурые и бурые пески и сильно песчаные глины с значительной влажностью; в основании толщи залегает прослой окатанной гальки. Эти пески повидимому представляют отложения древней террасы, высота которой достигает 30—35 м над уровнем р. Чепцы. Ниже описанной толщи обнажается пестро-цветная глина. Оползень справа от пути спланирован, слева же к реке вдаётся значительная часть его с очень крутыми склонами. Дальше крутой коренной берег спланирован и одернован примерно до пикета № 75+400; местами он обнаруживает небольшие сплывы и оползни.

Дальше в р. Чепцу впадает широкий и глубокий овраг. Склоны оврага сильно оползли и сопровождаются оползневыми террасами. Пихты и ели по левому склону оврага часто имеют саблевидно-изогнутые стволы. По дну оврага течет ключевая вода.

Недалеко от устья оврага и в правом его откосе имеется глубокая рывина, вверху переходящая в нагорную канаву, и повидимому являющаяся образованием, возникшим после прорытия канавы. Может быть благодаря дренированию этой рывины одиночные откосы высокого коренного берега р. Чепцы к востоку от оврага держатся сравнительно благополучно.

Этот спланированный одиночный откос идет примерно до пикета № 75+530; несмотря на то, что он держится сравнительно хорошо, вверху откоса наблюдается трещина, параллельная пути.

От пикета № 75+530 до пикета № 75+590 снова наблюдается циркуобразный оползень, но не так далеко вдающийся в берег, как первый. Над оползнем, с самой бровки, под значительной толщиной почвы идут красно-бурые мергеля с тонкими прослоями светло-голубовато-серых мергелей. Вверху имеется нагорная канава глу-

биной до 0,5 м. Описываемый оползень произошел уже после придания ему одиночного откоса, повидимому уже во время эксплуатации.

Обнажения над оползнем состоят из мергелей и глин с известково-песчано-глинистым рыхлым прослойком толщиной около 1 м.

Свежая расчищенная поверхность на дне канавы быстро увлажняется; влага стекает главным образом из основания насыпи по стенкам канавы. Мергеля по трещинам также влажные и обмелены.

Ниже из-за мощной толщи осыпей у подошвы обрыва проследить стратиграфию трудно.

Дальше до пикета № 75 + 625 снова спланированный откос.

От пикета № 75 + 625 до пикета № 75 + 680 снова глубокий циркообразный оползень, происшедший если не полностью, то по крайней мере в значительной части после постройки линии. В верхней части оползня, справа, наблюдается широкая трещина, повидимому очень недавнего происхождения.

Дальше река отходит от берега, и трасса располагается между широкой речной террасой и подошвой оползней коренного берега.

## 2. Геологическая характеристика (По описанию геолога Соколова М. И).

Бурение показало, что геологическое строение всего первого участка и значительной части второго почти одинаково, как видно из геологических разрезов (фиг. 18 и 19). Основной массив косогора — мергелистый, отчасти глинистый, а к нему прислонена оползневая терраса из различных глин. И в коренном массиве, и в оползневых породах имеются водоносные слои.

Мергеля коренного массива косогора отличаются то очень сильной известковостью и сильно вскипают с HCl, то слабой и переходят в глины. Иногда в толщах мергелей встречаются желваки известняков; мергели чаще всего почти не содержат песка, иногда — очень тонкопесчаные и значительно реже переходят в сильно песчаные глины, достигающие 1—2 м мощности.

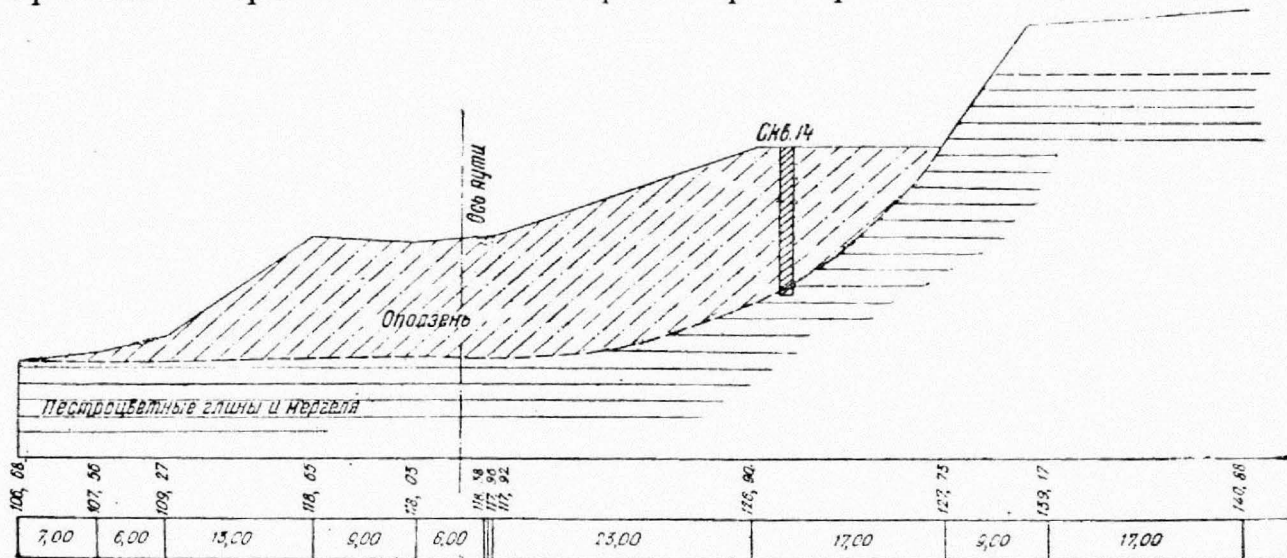
Цвет изменяется от светло-кирпично-красного до буро-красного, красно-бурого и красноватого. В толще этих красноцветных пород проходят прослойки и линзы светло-голубоватых мергелей, обычно значительно более песчаных, чем красnobурые разности.

Как общее правило влажность коренных пород варьирует от 20 до 35%, при критической влажности соответственно от 31 до 50%; таким образом наблюдавшаяся влажность довольно далека от критической.

Однако на основании скважин №№ 9 и 13 на пикете № 74 + 947, скважины № 24 на пикете № 75 + 10 и скважины № 2 на пикете № 75 + 40 ясно намечается на абсолютной отметке 125—126 м прослойки глины мощностью от 1 до 1,5 м, влажность которой превышает предел текучести. К сожалению, слишком мало имеется материала для суждения о том, чем объясняется такая концентрическая влажность в описываемых слоях; в одних случаях, на основании предварительного определения, мы имеем сильно известковую пластич-

ную глину (скважины №№ 9, 13 и 24 в другом очень тонко песчаную известковую глину. Повидимому, этот сильно увлажненный прослой и был одной из причин оползней на данном участке косогора до пикета № 75+120.

Между пикетами № 75+410 № 75+625, где бурением не обнаружено водоносного горизонта, оползни не захватывают так глубоко коренного берега и имеют скорее характер сплывов.

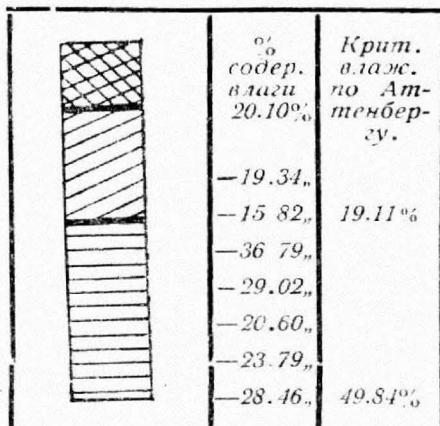


Скважина № 14 глубина 10 м

1. Бурый суглинок.

2. Коричневый песчаный суглинок.

3. Красная плотная глина с желваками и прослойками голубого суглинка



Фиг. 18. Поперечный геологический разрез на пикете № 75+272 линии Вятка—Свердловск.

Во всяком случае сплывы и оползни косогора указывают на возможность дальнейших его деформаций. Кроме того и в оползнях, служащих контрфорсом для косогора, также наблюдается, судя по данным скважинам, значительная влажность. Террасы оползней справа от линии (между пикетами № 74+990, № 75+120) также заболочены и способствуют увлажнению косогора. Описанные трещины между линией и косогором, весенние просадки пути, все это указывает, что оползни, на которых расположена линия, даже и без дополнительной нагрузки не могут считаться безопасными.

СКВАЖИНА № 9

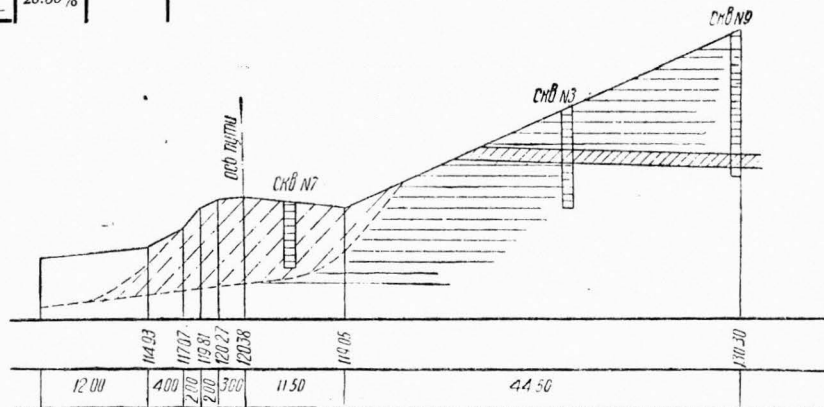
	% Содер. влажн.	Крит. влажн. по Н. Пен- бергу
1. Почва		
2. Серый суглинок с прослойкой глины		
3. Красная плотная глина	26.17%	73.05%
4. Красная плотная глина с мелкими известковыми желваками	31.81% 30.63% 31.47% 23.93%	38.16% 41.97%
5. Пестро-цветная глина с комочками серого песка	26.19% 30.68% 28.35% 31.44%	
6. Красная жидкая вязкая глина с прослойками плотной	22.22%	37.52%
7. Светло-коричневая плотная глина	21.56% 48.39% 26.38% 28.50%	31.08% 39.18% 36.71%

СКВАЖИНА № 13

	% Содер. влажн.	Крит. влажн.
1. Красная известковая глина	33.73%	43.30%
2. Тоже глина, но более плотная	28.94%	59.83%
3. Красная очень плотная известковая глина	56.44% 21.07% 27.10% 29.55%	37.84%
4. Красная с прослойкой серой	29.27% 23.16%	
5. Бурая с прослойкой красной и серой	23.56% 31.50%	46.50%

СКВАЖИНА № 7

	% Содер. влажн.	Крит. влажн.
1. Бурая с белыми звездами песчаная глина	39.67%	Крит. 29.61%
2. Бурая с красным оттенком глина	23.72% 26.15%	
3. Светло-красная мергелистая глина	30.14%	44.90%
4. Красная глина	33.08% 29.17%	56.46% 56.61%
5. Красная с прослойкой серой глина	30.84%	
6. Красная глина	30.62% 26.80%	



Прослой с влажностью выше предела текучести

Фиг. 19 Поперечный геологический профиль на пикете № 74+947 линии Вятка-Свердловск.

Следует отметить, что отряд ЦИСа пользовался плохим буровым инструментом, почему глубина скважины ограничена, и в остальном массиве косогора не прослежено наличие или отсутствие глубоко залегающих водоносных слоев.

### 3. Деформации первого участка косогора

В мае 1931 г. во время спада высоких вод р. Чепцы между пикетом № 75 и пикетом № 75+117 начались просадки, сначала небольшие, а затем с каждым днем увеличивающиеся; одновременно с просадками наблюдались сдвиги полотна железной дороги, которые на пикете № 75+100 достигали 1—2 м в сторону реки. С левой стороны земляного полотна в террасе обнаружена трещина, которая начинается против километрового столба 75/76 (пикет № 75) от р. Чепцы, переходит в земляное полотно и идет около его оси до пикета № 75+100, где снова поворачивает к реке и продолжается почти до самого берега перпендикулярно к полотну. Кроме этой основной трещины наблюдается целый ряд трещин свежего происхождения. Начиная с 7 по 20—25 мая, на протяжении между пикетами № 75+25 до № 75+117 ежедневно происходили значительные просадки. Указанные просадки на этом участке наблюдались ежегодно после таяния снегов и спада р. Чепцы; полотно обыкновенно подсыпалось паровозной золой.

Со стороны косогора земляное полотно имеет кювет, при опускании в дно которого железного шупа в нескольких местах обнаружен камень—остатки старого дренажа, глубиной около 2 м. Дренаж так сильно напитан, что вода выступает наружу. Кювет имеет уклон к мостику на пикете № 75+200, где однако не обнаружено никакого выхода указанной воды. Помимо продольного дренажа на этом участке имеются три поперечных дренажа, которые засорились и не работают.

Для борьбы с деформациями полотна отделом пути Пермской ж. д. было предписано:

а) принять все меры для осушения насыщенного водой отрезка массива в пределах наблюдающейся осадки, для чего прочистить на всю глубину, в пределах доступных без нарушения движения поездов, выходы существующих дренажей, продолжив таковые до уреза воды;

б) вскрыть существующие подкюветные дренажи, заменив их песчаными и придав продольный уклон не менее 0,002; работу производить с особой осторожностью, имея в виду давление от неустойчивой массы насыщенного водой косогора;

в) придать большую устойчивость верхнему строению пути в пределах наблюдающейся осадки, распределив нагрузку от поезда на большую площадь, для чего необходимо уложить под рельсы вместо обыкновенных шпал через две шпалы удлиненный лежень длиной не менее 4 м.

Во время производства обследования прорези у выходов из двух дренажей были отремонтированы снизу до полотна железной дороги, и по ним обильно вытекала вода. Общий же ремонт дренажей продольных и поперечных не производился.

#### 4. Причины деформации

Экспертная комиссия ЦИСа признала, что основной причиной оползней служит самое строение косогора, при котором оползнями разного возраста закрыты выходы грунтовых вод из коренного массива. Мало того, новейшими небольшими сплывами закрыты выходы из дренажей, а самые дренажи основательно засорились, так что не работают, а служат лишь мешками для искусственного скопления воды.

Во время поднятия высоких вод р. Чепцы, как полагает инженерно-геологический отряд ЦИСа (и что вероятно в действительности имеет место), этими водами подпираются воды грунтовые; последние по спаде (довольно быстром) высокого речного горизонта ищут себе выхода и, работая под повышенным напором, усиленно способствуют деформациям оползневого массива, а с ним — и полотна, расположенного на нем.

К сожалению не выяснен вопрос о подмыве берега р. Чепцой, могущем служить весьма важным отрицательным фактором для устойчивости косогора. Не выяснен также вопрос о питании оползневой зоны из высоколежащих водоносных горизонтов коренных пород, а между тем наличие подобных горизонтов может повлечь за собой обрушение верхней части коренного массива косогора.

Поэтому экспертная комиссия признала необходимым:

а) произвести промеры дна реки до противоположного берега для определения наличия или отсутствия подмыва, причем, конечно, промеры должны быть сделаны по крайней мере два раза — до начала подема высоких вод и немедленно после спада (еще лучше — после начала спада);

б) произвести глубокое бурение в косогоре для выяснения полной картины водоносных горизонтов в коренных породах.

#### 5. Меры против деформаций

Меры эти в главнейшем намечены инженерно-геологическим отрядом ЦИСа, а экспертной комиссией уточнены и дополнены, в частности по отношению к защите от подмыва и к каптажу верхних водоносных горизонтов.

В окончательном виде экспертная комиссия предложила:

а) устроить продольный дренаж или крытую галерею (в зависимости от удобства производства работ) от пикета № 74+900 до пикета № 75+200 с выходами к искусственным сооружениям на пикете № 75+187 и на № 74+800, а также с поперечными выходами, где это окажется необходимым (примерно на пикетах №№ 74+980, 75+40, 75+58, 75+120). Отметки дна продольного дренажа должны быть заложены на плотной глине, врезываясь в нее на 0,30—0,50 м, с уклоном не менее 0,005. Дренаж должен устраиваться вне пределов подошвы подземного крутого ската, с ее низовой стороны;

б) осушить заболоченные места у подошв оползней устройством открытых канав или неглубоких дренажей;

в) каптировать выходы ключей с надлежащим водоотводом к искусственным сооружениям или с самостоятельными выходами поперек пути;

г) обеспечить надлежащий водоотвод атмосферных вод нагорной канавой по верху косогора;

д) произвести укрепление подошвы насыпи там, где будет обнаружен подмыв ее рекой, по окончании упомянутых в предыдущем разделе промеров;

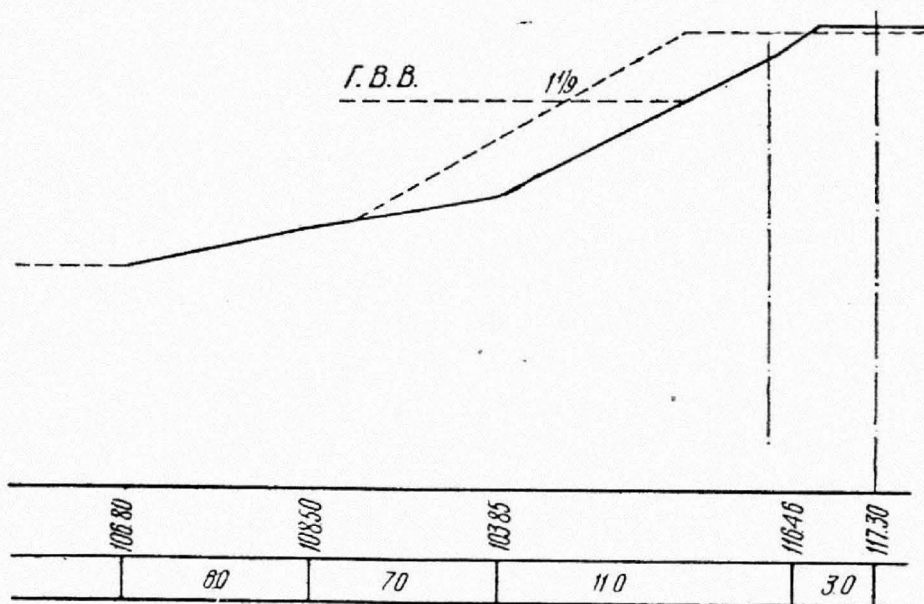
е) впоследствии коренной мерой ликвидации сплывов и просадок является перехват грунтовых вод в коренных породах у водоносного горизонта примерно на отметке 125 м, а может быть и выше, для чего необходимо провести соответственное бурение;

ж) обеспечить надлежащий надзор весной за состоянием и движением оползней, пользуясь установленными отрядом и сданными представителями Пермской ж. д. створами и реперами.

## 6. Выбор варианта пристройки второго пути на втором участке косогора и меры, необходимые при осуществлении варианта

По проекту Уралжелдорстроя второй путь должен был пристраиваться между пикетами №№ 75+187 и 75+635 с нагорной стороны, требуя срезки оползневого косогора и тем самым явно угрожая ему и без того весьма ненадежной устойчивости.

Поэтому инженерно-геологическим отрядом ЦИСа был предложен вариант пристройки второго пути с подгорной стороны. Правда, при этом возникает опасность подмыва со стороны р. Чепцы (фиг. 20, 21), являющейся типичной для варианта, но эту опасность легко предвидеть заранее и принять при постройке вполне надежные меры против нее; зато косогор не претерпевает новой срезки,



Фиг. 20. Поперечный профиль на пикете № 75+410 на линии Вятка—Свердловск.

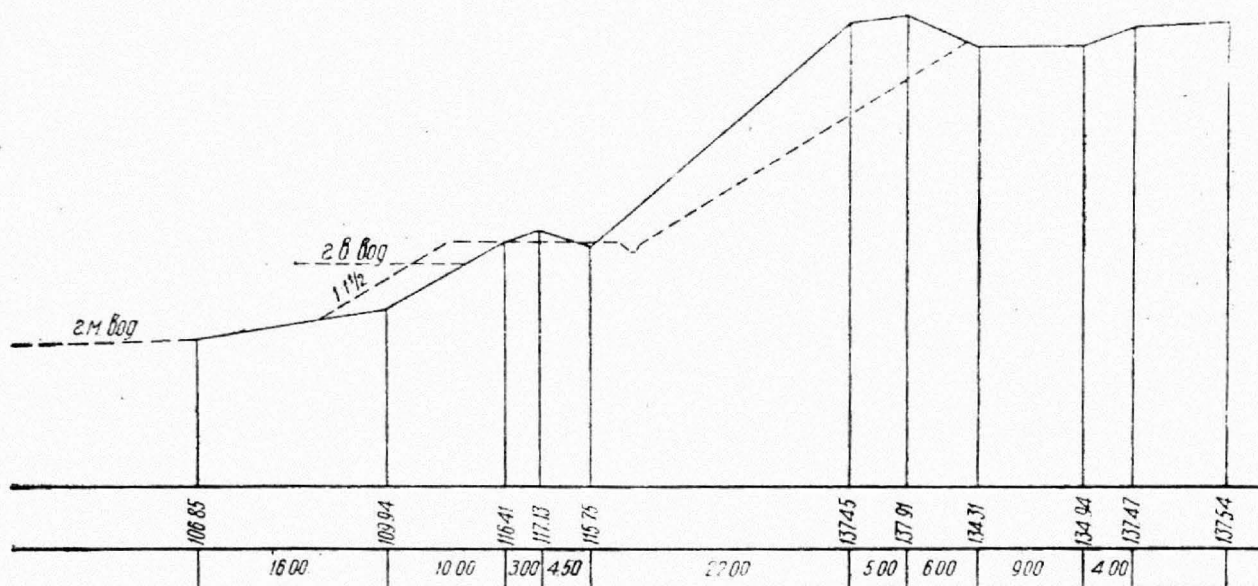
а только сравнительно небольшую присыпку, вряд ли могущую вызвать деформации во время постройки и эксплуатации, если заранее будут приняты некоторые необходимые меры. Между тем от деформации во время постройки при выборе варианта с нагорной стороны крайне трудно избавиться, а если бы даже это и

удалось, то потребуется весьма сложная система мероприятий по удержанию оползневых масс в равновесии во время эксплуатации.

На этом основании экспертная комиссия ЦИСа вполне одобрила вариант пристройки с низовой стороны, предложенный инженерно-геологическим отрядом. Для обеспечения устойчивости этого варианта экспертная комиссия наметила следующие мероприятия:

а) крутизна отсыпаемого откоса должна быть параллельна существующему береговому откосу там, где подошва новой отсыпки попадает в воду;

б) откос должен быть укреплен двойной мостовой в клетку на 0,5 м выше горизонта высоких вод;



Фиг. 21. Поперечный профиль на пикете № 75×476 линии Вятка—Свердловск.

в) в тех местах, где подошва откоса падает в воду, должна быть сделана каменная отсыпь (контрбанкет), размеры поперечного сечения которой определяются расчетом;

г) на основании промеров дна реки должно быть сделано надлежащее укрепление берега и насыпи там, где замечается подмыв;

д) все заболоченные места у подошвы оползней должны быть осушены, а выходы грунтовых вод перехвачены дренажами;

е) должен быть обеспечен надлежащий водоотвод поверхностных вод нагорной канавой вдоль верхней бровки косогора;

ж) должны быть приведены в порядок кюветы;

з) постройка второго пути должна вестись при особо тщательном соблюдении технических условий для сооружения вторых путей.

## IV. Косогор на ст. Вольск, Рязано-Уральской ж. д.<sup>1</sup>

### 1. История вопроса

В 1896 г. правлением Рязано-Уральской ж. д. было приступлено к сооружению ветки Привольская-Вольск и товаро-пассажирской станции Вольск. На ст. Вольск было устроено поверхностное дренирование почвы на глубину до 1,6 м; эта мера оказалась недостаточной, и еще в период постройки начались деформации, которые характеризовались просадками насыпи, сдвигами нитей и появлением трещин.

Несмотря на постоянное наблюдение за оползнями и значительные затраты (в среднем до 14 тыс. руб. в год) на поддержание путей, правление дороги в 1903 г. вынуждено было разобрать часть путей.

В 1909 г. правление Рязано-Уральской ж. д. произвело геологическое обследование станционной площадки, но меры, предложенные обследователями, оказались чрезмерно дорогими и выполнены не были.

Деформации до сих пор не прекратились и повторяются ежегодно, особенно сильно проявляясь при спаде высоких вод в р. Волге. Как и следовало ожидать, чем быстрее падение воды, тем ярче и сильнее происходят просадки полотна и появление трещин.

Район, захваченный оползнями, начинается от стрелки № 7 и захватывает общую длину 300—400 м, причем на стрелке № 4 ежегодно наблюдаются просадки насыпи, достигающие 1—2 м в сутки.

Просадки подсыпаются балластом. В местах насыпи, где особенно близко подходит вода, она укреплена грунтом в мешках.

В 1931 г., в связи с постройкой ветки до цементного завода, ст. Вольск была предназначена к расширению посредством укладки пяти новых путей, поэтому дирекция Рязано-Уральской ж. д. предложила ЦИСу произвести инженерно-геологическое обследование площадки ст. Вольск. Это было выполнено отрядом ЦИСа между 10 и 30 октября 1932 г.

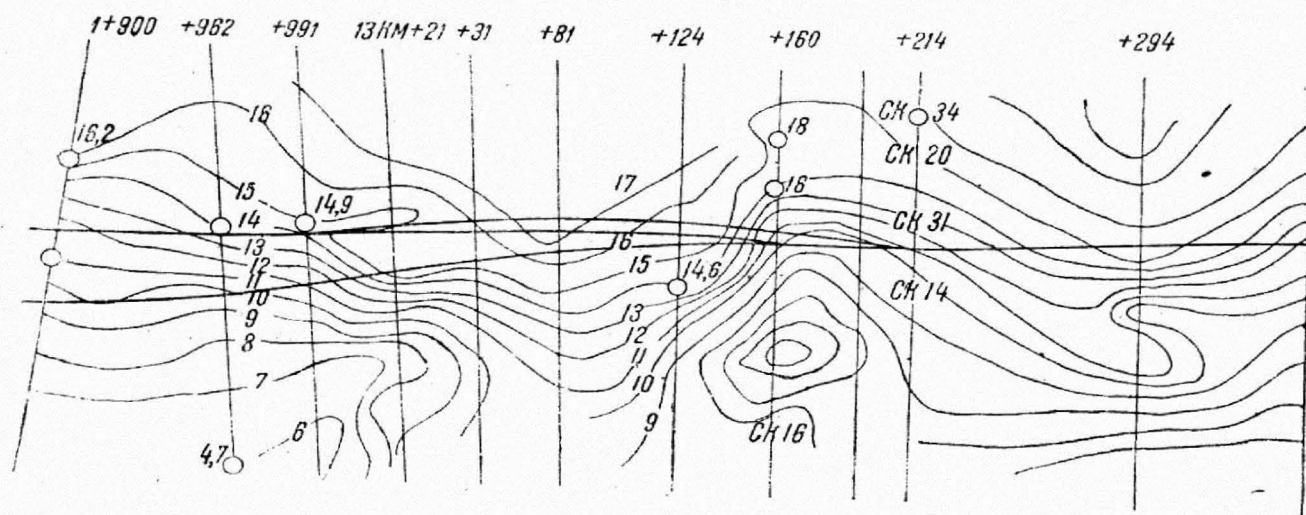
### 2. Топография местности

Станция Вольск находится на правом берегу р. Волги, представляющему здесь почти прямую линию; береговая терраса, на которой расположена станция (фиг. 22), довольно полого и равномерно поднимается к городу, расположенному на верхней террасе косогора и скатах последнего, а также на плато, ограниченном косогором. В сторону р. Волги станционная терраса кончается высоким уступом, от которого до р. Волги имеется еще ряд террас, иногда отделенных друг от друга небольшими уступами.

Отметка горизонта меженных вод р. Волги 3 м, горизонт высоких вод — 15 м, причем самая высокая вода в 1926 г. доходила до ж.-д. путей.

<sup>1</sup> Материалы обследования представлены Пономаревым В. П. и Соколовым М. И.

На верхней („городской“) террасе, у самой бровки косогора, ограничивающего ее снизу, расположены постройки г. Вольска, при осмотре которых отрядом замечены следы влияния оползней: часть зданий покосилась, покривилась, подперта бревнами и пр. Кроме того замечен ряд трещин вдоль и поперек берега глубиной



Фиг. 22. Схематический план в горизонталях верхней поверхности черной глины на ст. Вольск.

до 2 — 3 м, постепенно развивающихся. Верхние части грунта при этом отстают от нижних, трещины растут в размерах и затем происходит оползание. Следы оползаний наблюдаются во многих местах станционной площадки.

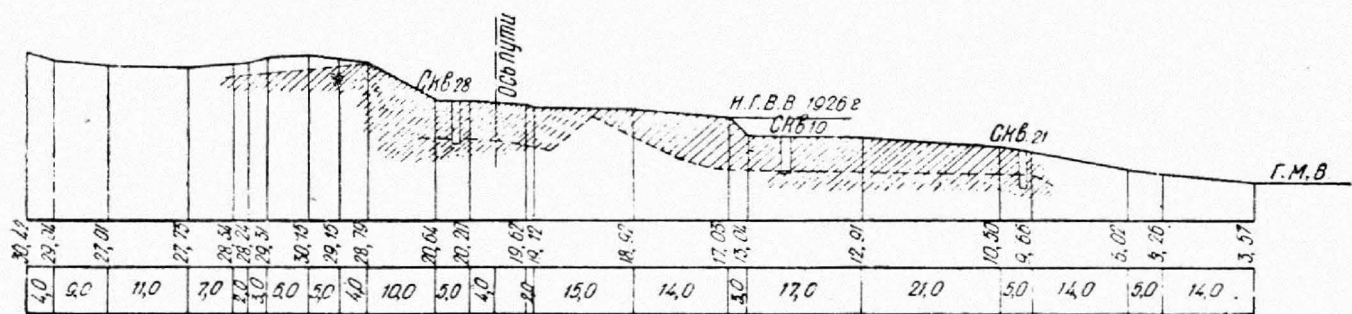
### 3. Геология местности (По описанию геолога Соколова М. И.)

В геологическом отношении весь берег в верхней части представляет ряд типичных оползневых террас, расположенных в нескольких ярусах и часто имеющих верхнюю поверхность, наклоненной



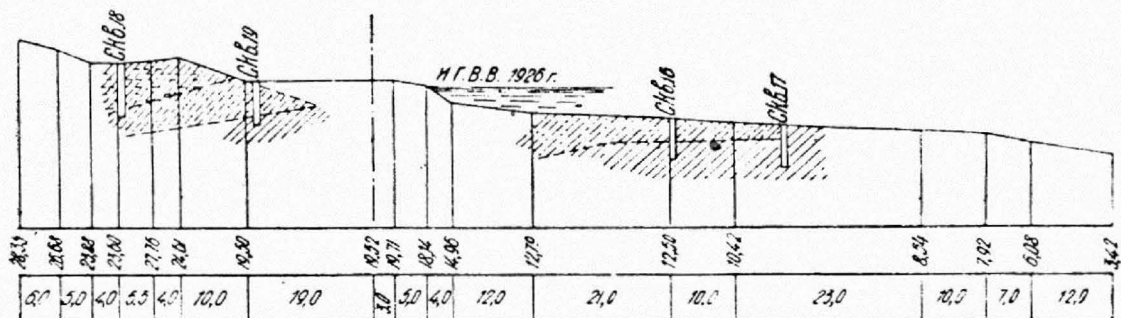
Фиг. 23. Поперечный геологический разрез; км 12+962 в пределах ст. Вольск.

в обратную от р. Волги сторону. Некоторые оползневые террасы имеют значительные размеры, например на пикетах №№ 12 + 962, — 12 + 991 (фиг. 23 и 24), где высота оползней достигает 12 м, а в наиболее высокой части 15 м. Оползневые котловины имеют глубину, иногда превышающую 5 м. Обрывы в коренном берегу, от которых оторвались верхние оползни, также имеют значительную высоту. На оползневой террасе, на которой проложена линия, очень ярко видно, в каких местах происходили опускания, т. к. последние характеризуются впадинами, пересекаемыми более или менее высокой насыпью, отсыпанной свежим балластом или шлаком.



Фиг. 24. Поперечный геологический разрез; км 12+991 в пределах ст. Вольск.

Оползневые котловины часто заболочены и местами из них выходят ключи. Особенно большая заболоченность наблюдается в западной части, у подошвы тех оползней, на которых расположена линия (например пикет № 13 + 160, фиг. 25), где прямо на поверхности наблюдается значительное скопление воды в виде маленьких озер.



- Черная глина (Гольт)
- Зеленовато-серые песчаные глины и глинистые пески с обломками мела, мергеля и опоки.
- Мел
- Известковые покровные суглинки

Фиг. 25 Поперечный геологический разрез; км 13+160 в пределах ст. Вольск.

Поверхностные воды, стекающие с плато берега, собираются в деревянные лотки; последние на значительной части своего протяжения сломаны, и вся вода, ими собираемая, не доходит до р. Волги, теряясь еще в верхних террасах оползней.

Между упомянутой террасой и р. Волгой берег имеет довольно спокойный уклон к реке; здесь также кое-где видны трещины, по которым происходит опускание прибрежной части оврага.

Непосредственно к юго-востоку от Вольска к коренному берегу прислонена вторая терраса р. Волги, сложенная более или менее глинистыми песками с гравием и прослойками галечников; на ней никаких деформаций не обнаружено, и здания, расположенные на ней, стоят совершенно спокойно. Эта терраса прорезается ж.-д. выемкой.

По существующим геологическим обследованиям коренной породой здесь являются черные гольтские глины, сверху прикрытые мергелем и мелом, на контакте которых с глинами залегают сильноглинистые водоносные глауконитовые пески.

Отрядом было заложено 35 буровых скважин, из которых 7 совсем не дошли до черной глины, из остальных 4 вошли в толщу брекчии черной глины, не дойдя до плотной глины; таким образом вполне надежным остаются 24 скважины.

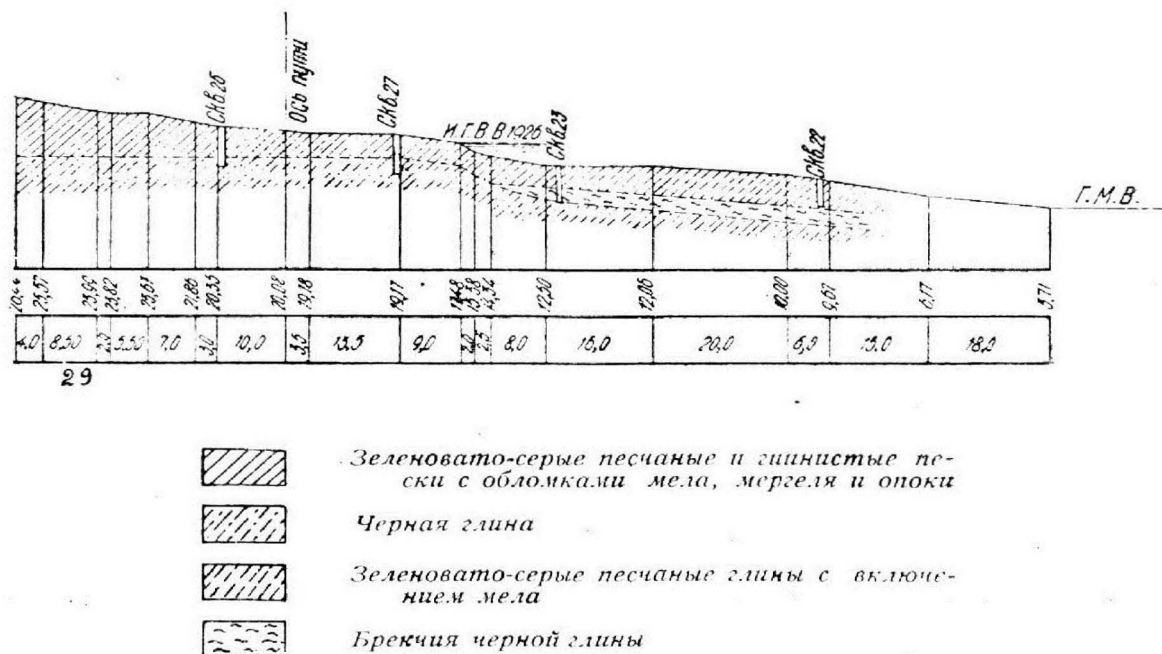


Фиг. 26. Поперечный геологический разрез; км 12 + 900 в пределах ст. Вольск.

Гольт представляет собой черную плотную глину с редкими, тонкими, неправильными линзами кварцево-глауконитовых песков и с мелкими конкрециями серного колчедана кристалликами гипса. При выветривании глина становится сланцеватой, распадаясь на небольшие плитки: она водонепроницаема и является водоупорным горизонтом для вышележащих слоев. По данным Бронникова и Мартина в толще глин имеется прослойка глауконитовых водоносных песков довольно значительной мощности.

Наиболее распространенная порода, слагающая оползни, — зеленовато-серая глинисто-песчаная с глауконитом. Порода эта, то становится сильно песчаной и переходит в глинистые пески, то, обогащаясь глинистым материалом, реже переходит в песчаные глины. Нередко эта порода, которую можно назвать глауконитово-глинисто-

песчаной, переполнена большим или меньшим количеством обломков местных коренных пород, как-то: мел, мергель, опока, а значительно реже — обломки песчаников. Залегая на водоупорных гольтских глинах, глауконитовые глинистые пески обычно сильно насыщены водой, особенно в нижней части.



Фиг. 27. Поперечный геологический разрез; км 13+211 в пределах ст. Вольск.

Местами, то замещая описанную породу, то внедряясь в ее толщу, залегает мел, большею частью сильно раздробленный, а иногда даже и перемешанный с глауконитовыми глинистыми песками; обычно он сильно водоносен, а иногда даже разжижен.

В северо-восточной части описываемого района ближе к вокзалу (пикеты №№ 13 + 160 и 13 + 294) в строении берегового склона участвуют бурые известковистые суглинки типа покровых.

Геологические разрезы, составленные после процесса деформаций, приведены на фиг. 23 — 29. Следует указать характерные особенности некоторых из них, а именно:

На пикете № 12 + 900 (фиг. 26) скважина № 3 обнаружила слой баласта до глубины 1,5 м; если сюда добавить 1,5 м насыпи из баласта, насыпавшейся постепенно по мере оседания, то можно считать, что глубина опускания превышает 3 м; почвенный грунт, встреченный на глубине 2 м в скважине № 6, также показывает на опускание порядка 2 м. Аналогичное явление замечено в скважине № 30 на поперечнике пикета № 12 + 962 (фиг. 23), где глубина опускания повидимому превышает 4 м.

На пикете № 12 + 991 (фиг. 24) произошел сильный оползень, разрушивший элеватор, от которого теперь сохранились только остатки фундамента.

Судя по некоторым поперечникам, верхняя поверхность гольтских глин имеет скат к р. Волге, но на пикете № 13 + 211 (фиг. 27)

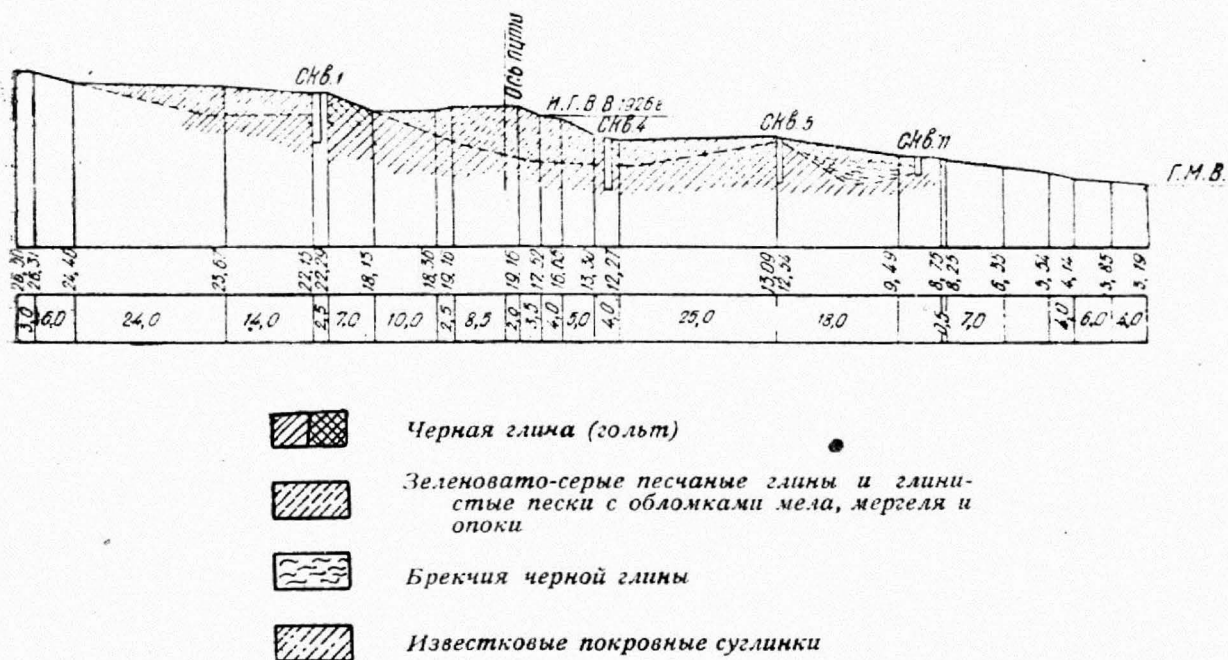
Она почти горизонтальна и даже с некоторым уклоном от р. Волги; на пикетах №№ 13 + 160 (фиг. 25), 13 + 214 (фиг. 28) и 13 + 294 (фиг. 29) верхняя поверхность глины образует котловины.

Судить по имеющимся данным о первопричинах происхождения деформаций нельзя, и для освещения этого вопроса необходимо тщательное геологическое обследование всего района, прилегаю-



Фиг. 28. Поперечный геологический разрез; км 13 + 214 в пределах ст. Вольск.

щего к р. Волге в данном месте и захватывающего не только береговые террасы, но и самый косогор, вместе с территорией г. Вольска.



Фиг. 29. Поперечный геологический разрез; км 13 + 294 в пределах ст. Вольск.

Пока можно лишь предполагать, что с самого начала скольжение происходило по черной (гольтской) глине. Нижняя часть сильно водоносных пород, залегающих на черной глине, отрывалась от

основного массива и скользила по увлажненной поверхности черной глины; при движении к р. Волге оползень постепенно срезывал поверхность черной глины. Такое срезывание черной глины в процессе сползания хорошо видно на прилагаемых профилях (фиг. 23—29), где почти на каждом разрезе перед фронтом оползня видны скопления брекчии черной глины, имеющие иногда характер вала. Безусловно, что эти оползни очень древние, а может быть даже представляют собой вторичные оползни; иначе трудно объяснить, почему так мало следов сохранилось от огромной толщи туронских и эмшерских мергелей, слагающих берег к северо-востоку от г. Вольска.

Мел, слагающий значительные толщи оползней, настолько разбит трещинами и перетерт, что подземная вода пропитала его во многих местах очень сильно. Выщелачивая и размывая его, она в конце концов превращает его в мелкие обломки, перемешанные с разжиженной массой. Водоносность этой породы и вымывание также способствуют образованию оползней. Есть основание полагать, что и сами черные глины, относительно спокойные в сравнении с вышележащими породами, также подвержены деформациям, чему способствуют трещины в их толще.

#### 4. Причины деформаций и меры к их устранению

Из предыдущего ясно, что причины современных деформаций — это грунтовые воды и характер местных отложений. В основании последних залегает плотная черная глина, выше ее — толща мела и еще выше — опоки, песчанистые глины, песчаники и пески. По поверхности черной (нижнемеловой гольтской) глины, наклоненной в сторону р. Волги, стекают грунтовые воды, обмывающие поверхность глины, вследствие чего получается скольжение вышележащих слоев.

Кроме того вода, растворяя мел, вызывает явления оседания почвы.

При том характере строения берега, какой имеет место на ст. Вольск, когда выше водонепроницаемых пород лежит довольно мощная толща водопроницаемых пород, должна несомненно существовать связь между грунтовыми и речными (волжскими) водами. При *подъеме* воды в р. Волге, воды проникают в слагающие берег водопроницаемые породы (в оползневых массах) и, встретив на своем пути грунтовые воды, поднимают их уровень и подпирают его. Это усиливает механическую и отчасти растворяющую деятельность вод. При *спаде* высоких вод, особенно когда происходит наиболее быстрое падение их, грунтовые воды не успевают так быстро спадать. Поэтому получается очень значительная разность уровней грунтовых и речных вод. Тогда-то и происходит наиболее сильное выщелачивание и размывание пород, т. е. проявляется усиленная разрушительная деятельность грунтовых вод.

Геологические обследования волжских оползней, производившиеся за последние годы, показали, что в самой черной гольтской

глине имеются прослойки песка и наличие водоносных горизонтов. Естественно, можно считать, что здесь, помимо основного и наиболее ярко выраженного скольжения верхних пород по черной глине наблюдается многоярусная система оползней, захватывающая и последнюю.

Для освещения картины воздействия р. Волги на ее правый берег в районе ст. Вольск погребовались бы еще дополнительные наблюдения. Так как здесь проявляется и размыв, то он служит дополнительным и очень важным, вредно влияющим фактором в процессе деформации, фактором, требующим принятия соответствующих мер.

Инженерно-геологический отряд ЦИСа на основании своих исследований считал наиболее целесообразным по существу устройство штолен, параллельных берегу, в коренном, незадетом оползнями массиве косогора. Но ввиду значительной длины нескольких выпусковых поперечных штолен (каждая по 200—250 м) и нахождения последних в сползших массах, отряд от этой меры отказался, тем более, что по его мнению при наличии указанной системы штолен остается незащищенным от протекания атмосферных вод участок между продольными штольнями и р. Волгой.

Ввиду этого отряд ЦИСа предложил устройство штолен, параллельных пути, в смещенных породах, с основанием на черной глине и врезкой в нее на 0,5—0,8 м; причем во избежание затопления высокими водами р. Волги штольни должны быть заложены не ниже отметки 17 м, с допущением отметки у выхода до 15 м<sup>1</sup>. Выходы из штольни запроектированы отрядом поперечными, с устьями, расположенными с низовой стороны железной дороги. В тех местах, где штольни отходят от ж.-д. полотна, отряд ЦИСа признал необходимым устройство тщательного отвода поверхностных вод.

Попутно отряд остановился на проекте инж. Мартина (1909 г.), предлагавшего помимо штольни устроить вдоль реки мощную подпорную стену, имевшую цель защитить оползневой берег от размыва и выщелачивания высокими волжскими водами, а также — для механического удержания оползающей массы от движения. Отряд признал, что стенка, предложенная Мартиным, являясь крайне дорогим сооружением, не может сыграть сколько-нибудь существенной роли в деле защиты оползневого района от дальнейших деформаций.

Относясь совершенно отрицательно к проекту инж. Мартина, *экспертная комиссия ЦИСа не сочла возможным согласиться и с проектом инженерно-геологического отряда.* По мнению комиссии сложность и неизученность до сих пор геологического строения волжских оползней делает необходимой постановку во всю широту вопроса об их изучении; коренные мероприятия по ликвидации оползней могут быть даны только после производства специальных исследований оползней с применением глубокого бурения, изучения распределения режима грунтовых вод и деталь-

<sup>1</sup> Отметка очень высокого горизонта 1926 г. — 17 м.

ного выяснения стратиграфии и петрографического характера толщ, слагающих район, на значительном участке вдоль оползневого косогора.

Однако, принимая во внимание, что вышеуказанные обследования должны вестись в продолжение нескольких лет (а для дирекции Рязано-Уральской ж. д. особенно в связи с предполагаемым развитием ст. Вольск необходимо выполнение теперь же мероприятий, хотя бы временно ликвидирующих происходящие оползни и просадки), экспертная комиссия предложила следующие мероприятия паллиативного характера:

а) устройство четырех штолен в пониженных местах поверхности черной глины (тальвегах)<sup>1</sup> примерно перпендикулярно оси пути с короткими ответвлениями в продольном направлении выше станционной площадки для сбора грунтовых вод и ниже ее — для обеспечения более быстрого осушения водоносных слоев после спада высоких вод. Штольни в своих верховых частях должны врезаться в черную глину не менее чем на 1 м для уменьшения возможности сползания и для обеспечения перехвата грунтовых вод. Выход штолен может быть сделан затопляемым высокими водами, причем однако продольные штольни, расположенные с верховой стороны путей, должны быть несколько выше уровня высоких вод, а поперечный выход из них делается или через колодезь в низовые участки поперечных штолен, или самостоятельным, т. е. делая две отдельные поперечные штольни: верхнюю и нижнюю;

б) обеспечение надлежащего водоотвода поверхностных вод с коренного массива косогора посредством устройства нагорных канав или других водоотводов, смотря по местным условиям, с выпуском воды к искусственным сооружениям;

в) обеспечение водоотвода в сползших массах устройством канав и кюветов;

г) каптаж выходов грунтовых вод (родников), поскольку такие не перехватываются штольнями;

д) производство промеров дна реки и, если окажется наличие подмыва, составление проекта и устройство соответствующего берегового укрепления;

е) укрепление отдельных крутых участков берега выше горизонта межени.

## V. Выемка в лёссе на линии Канцеровка-Шлюзовая

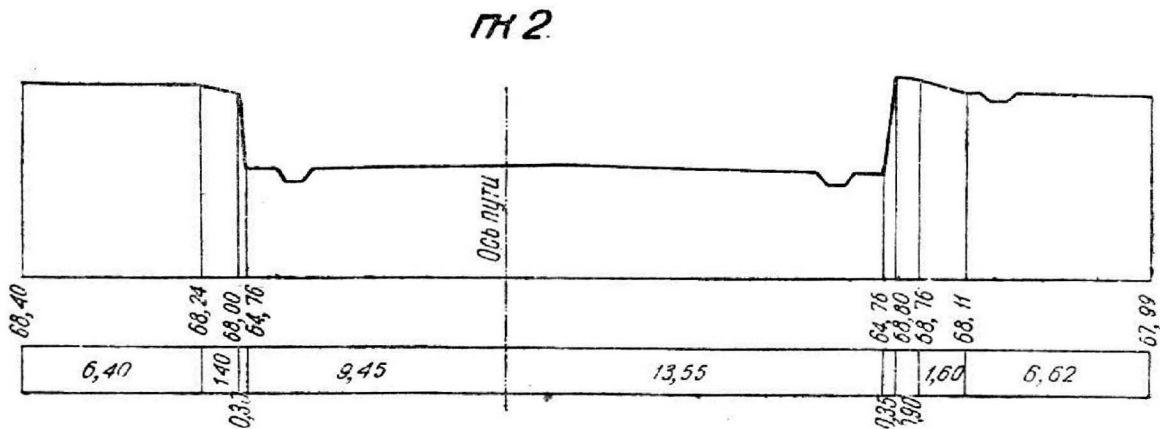
Описанная ниже выемка интересна не массовостью разрушений и не мерами, принятыми для ликвидации их, а тем, что на ее примере мы убеждаемся в невозможности решения геотехнических вопросов посредством простой аналогии и в необходимости индивидуального, всесторонне продуманного подхода к каждому отдельному случаю проектирования глубоких выемок и высоких насыпей.

<sup>1</sup> В районах шикетов № № 12 + 952, 13 + 21, 13 + 160, 13 + 294.

## 1. История вопроса

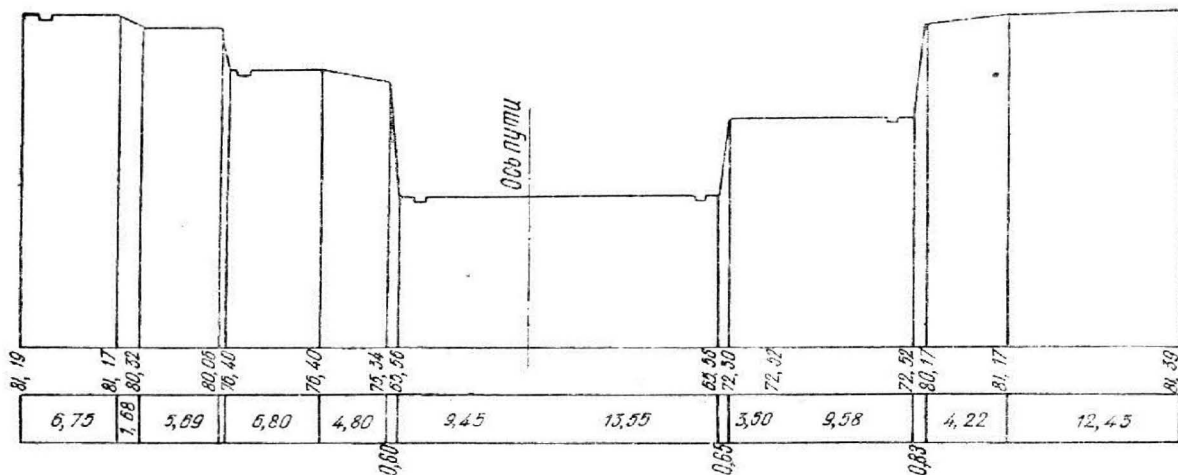
Весною 1931 г. инспекция НКПС на Днепрострое запросила ЦИС о возможности переделки недобранных полукторных откосов лёссовой выемки глубиной до 22 м в ступенчатые откосы, разделанные бермами шириной около 12 м. На это ЦИС сообщил, что по его мнению:

1) вертикальные откосы, рекомендованные в ТУМ для туркестанских лёссов, могут применяться и для других типичных лёссовых грунтов, причем окончательное назначение крутизны в каждом отдельном случае надлежит производить особо в соответствии с характеристикой лёсса;



Фиг. 30. Поперечный профиль выемки линии Канцеровка—Шлюзовая на пикете № 2.

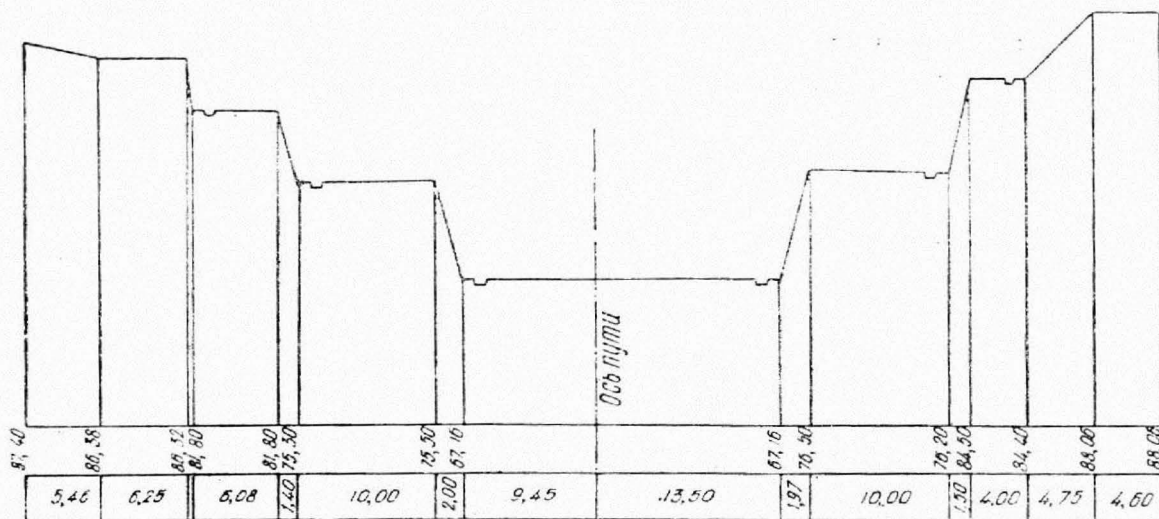
2) хотя ЦИС не имеет образцов грунтов из разрабатываемых на Днепрострое выемок, тем не менее, согласно личной информации представителя инспекции о принадлежности разрабатываемых



Фиг. 31. Поперечный профиль выемки линии Канцеровка—Шлюзовая на пикете № 4.

там грунтов к типичным лёссам, считает возможным применение для данного случая уступчатых откосов, однако специфически интенсивные ливни на Украине вызывают необходимость весьма осторожного и тщательного обеспечения условий водоотвода;

3) уклоны дна кюветов на бермах не должны превышать 0,006 и быть не менее 0,002 для предотвращения размывов дна канавы или застоя воды. Кроме того при назначении сечения канав и кюветов надлежит вводить в расчет предельную скорость движения воды для неукрепленного лёсса и в случае укрепления — не свыше скоростей, безопасных для принятого рода укрепления;



Фиг. 32. Поперечный профиль выемки линии Канцеровка—Шлюзовая на пикете № 6.

4) для лабораторного анализа образцов лёсса и обобщения свойств днепропетровских лёссов, ЦИС просит прислать образцы таковых в упаковке, обеспечивающей сохранность механической структуры лёсса.



Фиг. 33. Поперечный профиль выемки линии Канцеровка—Шлюзовая на пикете № 8.

По получении этого ответа откосы выемки были разработаны уступами, как показано на фиг. 30 — 33.

В конце июня инспекция уведомила ЦИС, что 16 июня с. г. был обнаружен обвал откоса, зачищенного по лекалу с заложением  $\frac{1}{10}$  высоты. Именно, обвалился наружный пласт у подошвы выемки высотой около 3 м, длиной около 7 м и глубиной около 1 м, причем произошло скольжение вниз по поверхности, приблизительно параллельной наружной грани, как видно из прилагаемых фотографий фиг. 34 — 35. Подобного же характера обвалы замечены в той же выемке и несколько ранее, но происходили они при незачищенных откосах, имевших неправильное очертание (иногда даже нависающие части), указанный же обвал зачищенного под  $\frac{1}{10}$  откоса обнаружен был впервые.



Фиг. 34. Общий вид обвала в откосах лёссовой выемки по линии Канцеровка — Шлюзовая.

При обследовании причин обвала на месте как работники Днепростроя, так и инспекция НКПС к определенному мнению не пришли, т. к. без лабораторного исследования лёсса делать окончательные выводы преждевременно. Во всяком случае, по мнению инспекции, решающую роль на обвалы оказывают вероятно замеченные в выемке в массе лёсса вертикальные (иногда незаметные на глаз) трубочки в связи с вкраплениями углекислой извести. Иногда эти вкрапления принимают вид шарообразных кристаллических образований, причем от такого ядра идет дальше повидимому сферическое напластование в толщу лёсса.

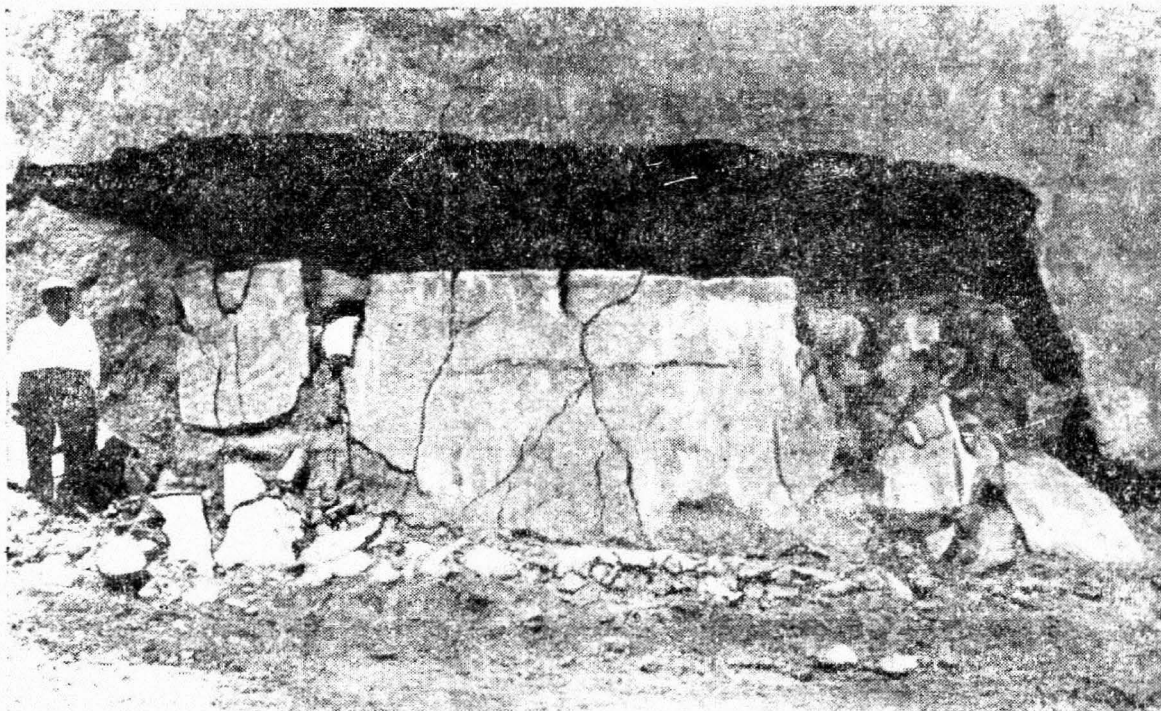
При своем письме инспекция прислала следующую выписку из I тома „Проекта Днепростроя“ И. Г. Александрова:

„Послетретичные отложения представлены глинистыми, суглинистыми и супесчаными разностями лёсса, породой, обладающей ярко выраженной карбонатностью; содержание углекислой извести

в лёссе настолько велико, что она бурно вскипает при смачивании соляной кислотой; при этом углекальциевая соль часто концентрируется в виде различных включений — стяжений, журавчиков, глазков, иногда в виде сети жилок, напоминающих мицелий грибов. Кроме углекислой извести лёсс содержит в себе значительное количество и других растворимых в воде солей.

По морфологическим признакам лёсс может быть охарактеризован как мелкоземистая, светложелтого, палевого или буропалевого цвета порода, обладающая пористостью, образуемой сетью тонких ветвящихся во всех направлениях трубочек, пустых или наполненных углекислой известью.

Характерной особенностью лёсса является способность сохранять вертикальные стенки в обрывах и отваливаться пластами с вертикальными надломами; в структурном отношении лёсс водораздельных плато и склонов не имеет слоистости. Напротив, лёссовые отложения долин как результат эрозионных процессов (лёсс вторичного происхождения) обладают слоистостью; в степной полосе этот тип встречается редко.



Фиг. 35. Обвал в откосе лёссовой выемки по линии Канцеровка—Шлюзовая.

Мощность лёсса чрезвычайно различна: от 1—2 м до нескольких десятков метров; при этом он плащеобразно покрывает как водоразделы и водораздельные плато, так и склоны и долины.

Механический состав лёсса варьирует в очень широких пределах, включая элементы с частицами 1—3 мм в диаметре до глинистых частиц меньше 0,01 мм; при этом песчаные частицы входят в самых разнообразных количествах, давая ряд разновидностей лёсса от лёссовидной глины и глинистого лёсса до песчаного лёсса

и лёссовидных песков; такое разнообразие механического состава находится в зависимости:

1) от характера подстилающих пород: лёсс, подстилаемый песчаными отложениями, значительно грубее по механическому составу и светлее по цвету, чем лёсс, подстилаемый глинами;

2) от рельефа местности: по мере удаления от водораздельных плато к приречным склонам лёсс приобретает большую песчаность, в особенности это хорошо выражено для широкой полосы (15 — 20 км) днепровских побережий, расчлененных большим количеством балочных долин, что благоприятствует денудационным процессам — выдуванию и смыву более легких глинистых частиц и усилению песчаности;

3) наконец можно видеть некоторую общую закономерность в увеличении глинистости лёсса, возрастающей по мере удаления от долины Днепра на запад, юг и юго-восток (проф. Г. Г. Махов)

С таким разнообразием механического состава лёсса связаны и почвообразовательные процессы, т. к. быстрота проникновения воды в супесчаных почвах гораздо больше, чем в глинистых, что ведет к иному распределению солей; вместе с тем количество гумуса при всех прочих равных условиях больше в глинистых и меньше в песчаных разностях лёссовых почв.

Морфологические черты сходства с туркестанскими и китайскими лёссами позволили распространить и на южно-русский лёсс гипотезу эолового образования, однако при сравнении механического состава туркестанского лёсса с южно-русским не трудно убедиться, что последний далеко не обладает такой, как он отсортированностью, мелкоземистостью и однородностью механического состава, обуславливающими допущенные эоловой гипотезы: крупный песок от 1 — 2 мм встречается здесь как правило, нередок и хрящ.

Механический состав лёсса

	Размеры частиц (в мм)					
	2 — 1	1 — 0,5	0,5 — 0,25	0,25 — 0,05	0,05 — 0,01	Меньше 0,01
Новомосковский район . . . . .	0,04	0,12	0,40	1,92	42,00	55,52
Запорожский . . . . .	0,03	0,06	28,09	10,79	31,28	29,75
Павлоград . . . . .	0,07	0,21	4,63	62,08	11,06	21,95
Синельниково . . . . .	0,00	0,12	0,28	0,68	51,96	46,96
Андижанская опытная станция . . . . .	0,00	0,10	0,40	23,00		76,50

Невыровненность механического состава южно-русского лёсса наблюдается не только в отношении его пространственного распространения, но и в отношении глубины залегания, чередования смен отложений лёсса различного механического состава, следующих здесь без какой-либо закономерности.

Приведем один из таких разрезов.

Глубина слоя в см	Размер частиц в мм			
	0,25	0,25 — 0,05	0,05 — 0,01	0,01
20 — 30	5,56	7,78	29,32	57,34
75 — 85	4,65	6,55	9,59	79,21
120 — 130	6,05	10,04	26,14	57,77

Не останавливаясь на различных гипотезах происхождения южно-русского лёсса, укажем, что лёссовые отложения доходят до берегов Черного моря и стоят в несомненной связи с периодическими наступлениями и отступлениями северо-европейского ледника; при этом смены ледниковых и межледниковых периодов оставили по себе не только в районе оледенения, но и вне его глубокий след в виде ископаемых почв — погребенных гумифицированных горизонтов лёсса<sup>1</sup>. Количество таких погребенных лёссовых напластований достигает трех, и ими вся толща лёсса расчленяется на 4 яруса, которые, как показывает проф. В. И. Крокос, могут быть прослежены на всем протяжении от черноморского побережья на юге до Лубенского округа на севере.

Следует таким образом признать, что объединяющими моментами для южно-русского лёсса является не механический состав, что характерно для туркестанского лёсса, а его генезис и морфологические признаки“.

Инженерно-геологический отряд ЦИСа, выехавший в первой половине августа 1931 г. на место, дал следующую геологическую характеристику местности (по описанию Буцько). „Поверхность — холмистая, с мягким очертанием склонов, покрытых травянистой растительностью. В долинах развиты овраги с отвесными стенками высотой до 5—6 м, несомненно расширяющиеся после ливня, но сохраняющие отвесные склоны.

Над основными (кристаллическими) породами залегают красные глины мощностью до 2 м, а над ними — мощная толща лёссов, достигающая 30 м. По вскрытии выемки эта толща оказалась подразделенной на ряд слоев и прослоек общим числом до 12, в которых максимальная толщина отдельных слоев достигает 4 м. Из всех этих слоев и прослоек очень характерны два — толщиной 0,5 и 0,4 м (отметки 65 и 67), коричневого цвета, содержащие значительную часть глинистых частиц и покрытые на поверхности трещиноватой корочкой, свойственной сильно смоченным глинистым породам после просушки. Близок, повидимому по составу к этим

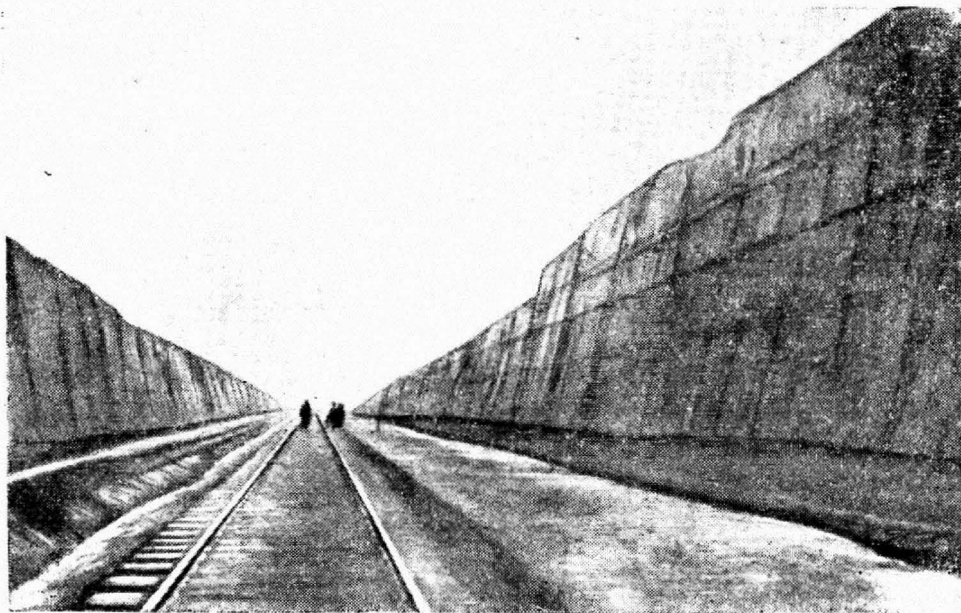
<sup>1</sup> Буровые работы в районе будущей Запорожской плотины дали также во многих местах картину многоярусности лёссовых отложений, чередующихся с пластами краснобурых глин. Происхождение многоярусности лёсса здесь не может быть связано со сменой ледниковых и межледниковых периодов.

прослойкам и темносерый прослойка на отметке 64. Общий вид напластований выемки показан на фиг. 36“.

Далее отряд установил, что в 1931 г., до момента обследования, ливней не наблюдалось, но размывы в спусках воды из верхних кюветов в нижние существовали; фильтрации замечено не было.

В отношении производства работ инженерно-геологическим отрядом был замечен ряд дефектов, а именно:

а) выемка не доведена разработкой до проектных поперечных профилей, составленных первоначально строительством и согласованных НКПС, причем в целом ряде мест отступления от проекта сделаны в худшую сторону в отношении устойчивости откоса выемки (например левый и правый откос на пикете № 4, левый откос, по ходу километража, на пикете № 10 и т. д.);



Фиг. 36. Общий вид напластований в лёссовой выемке на линии Канцеровка—Шлюзовая.

б) верхний водоотвод (с полок уступчатого профиля) не осуществлен согласно первоначальному проекту; вода с верхних полок спускается непосредственно на крутые откосы выемок, что безусловно должно повлечь за собой разрушение этих откосов, а в некоторых случаях угрожает даже катастрофой (на пикетах №№ 4 и 10);

в) планировка откосов и полок не произведена; наличие ям и навалов грунта на полках будет вызывать застой воды, могущей просачиваться к откосам, ослабляя их прочность.

В отношении причин обвала на пикете № 10 приходится отметить ряд неблагоприятных моментов в районе расположения обвала, а именно:

а) место обвала расположено у выхода воды с верхних полок откоса, проходящей свободно к рассматриваемому обвалу;

б) на 2 м выше происшедшего обвала, откос выемки переходит из крутого  $1:1/10$  в пологий, с уклоном  $1:1 1/2$ , между тем как такое очертание противоречит природе естественного очертания устойчивых откосов. Кроме того верхний участок является поверхностью, собирающей и направляющей атмосферную воду к более крутой части откоса, устойчивость коей может быть сохранена лишь при достаточном обеспечении водоотвода;

в) наличие черноземного включения у потолка вывала наводит на мысль о существовании ямы на поверхности прежнего косогора, что могло вести к застаиванию воды и к оказанию вредного влияния на нижележащие слои лёсса в смысле выщелачивания, нарушения структуры и появления трещин.

Таким образом, по мнению отряда, причину обвала на пикете № 10 приходится в первую очередь видеть в отсутствии водоотвода (даже искусственном увлажнении откоса), нерациональном очертании откоса и ранее производившихся тут работах, нарушивших первоначальную цельность лёссового монолита.

Говорить огульно о неустойчивости крутого откоса в украинских лёссах вообще и на протяжении всей выемки в 167 км в частности отряд считал преждевременным. Хотя некоторые особенности местных лёссов (крупнозернистость, слоистость и т. д.) и являются показателями более низкой устойчивости, по сравнению с туркестанскими, однако, по мнению отряда, не препятствуют сохранению вертикальных стенок многочисленных оврагов в районе порожистой части Днепра.

Ввиду изложенного, а также учитывая предполагающиеся большие земляные работы при переустройстве запорожского ж.-д. узла, отряд полагал необходимым установление необходимых наблюдений над жизнью выемки 167 км, с обязательным приведением ее в надлежащий вид (доведение до проектных профелей, полное обеспечение водоотвода со всех полок, планировка откосов и полок). Для мест же, исковерканных дополнительным изъятием грунта, а также для участков с профилями, имеющими в нижней части откоса уклоны более крутые, нежели в верхней, — отряд предложил запроектировать новые профили, с соблюдением перечисленных правил отвода воды.

Одновременно с осмотром выемки на 167 км отрядом был произведен обезд линии до ст. Канцеровка, причем на этом участке были засвидетельствованы совершенно недопустимые способы уширения полотна посредством срезки по вертикали нижней части полукрутных откосов в ранее сооруженных выемках. В этих местах безусловно должны быть предприняты работы по дальнейшей срезке откоса таким образом, чтобы нижняя часть откоса не оказывалась более крутой, чем верхняя.

В заключение отряд считал необходимым организацию подробных наблюдений за жизнью опытных откосов выемки на 167 км по составленной им инструкции.

29 декабря 1931 г. вновь произошел обвал на пикете № 4 + 75. На основании этого обвала и аналогичного обвала по ветви запо-

рожского узла инспекция НКПС на Днепрострое пришла к заключению о недопустимости откосов 10:1 и признала необходимым остановиться на весьма исключительном для данного района откосе 1:1,25, считая промежуточные откосы (напр. 3:1 и 5:1) неиспытанными и требующими оставления настолько больших берм, что вся экономия от их применения исчезает.

## 2. Выводы

Таким образом попытка применить для украинских лёссов такие же вертикальные откосы, какие применяются в Средней Азии, оказалась неуспешной. Основная причина этого неуспеха кроется в составе грунтов, но помимо того принятая глубина и поперечный профиль выемки не могли обеспечить вертикальности ее откосов<sup>1</sup>.

Сам по себе лёсс представляет породу, очень плохо сопротивляющуюся действию воды при насыщении ее, не говоря уже о слабом сопротивлении эрозии. И тем не менее в Средней Азии и в Китае вертикальные откосы в лёссовых выемках, естественные и искусственные, встречаются очень часто. Объясняется это исключительно своеобразной структурой среднеазиатских и китайских лёссов, представляющих собой чисто эоловые образования, не подвергавшиеся никаким дислокациям и имеющие огромную мощность. Как известно лёсс пронизан бесконечным множеством вертикальных трубочек, отчасти покрытых углекислой известью. Именно эта система трубочек при полном отсутствии слоистости позволяет воде, проникшей в лёсс, проникать очень быстро до подошвы лёссовой массы, не застаиваясь в трубочках и не насыщая грунт.

Европейский лёсс не отличается этой ненарушенностью на любую глубину; в силу тех или иных причин отдельные непрерывные по вертикали слои его имеют ограниченную толщину (повидимому, вряд ли где-либо превышающую 8—10 м), а затем, если общая мощность лёсса значительна, появляются слои или прослойки иного характера. Не говоря уже о чередовании слоев лёсса и глины, песка или гальки (часто — моренного происхождения), может иметь место и чередование слоев лёсса различной консистенции (по химическому составу, по составу частиц, по макроструктуре).

Наличие подобной слоистости вызывает совершенно иной процесс поглощения воды лёссом, чем в Ср. Азии; сквозь верхний слой лёсса вода проходит свободно, но далее наталкивается на препятствие и ищет себе выхода по поверхности соприкосновения слоев, попутно пропитывая стенки лёссовых трубочек и размягчая их. Чем более водоупорен нижележащий слой, тем интенсивнее явление и тем скорее может произойти обвал вертикального откоса. Но при значительном количестве воды, проникающей в грунт, и при очень

---

<sup>1</sup> Откос 10:1 можно приравнять к вертикальному, почему в дальнейшем говорится только о последнем, хотя бы в действительности он имел некоторую пологость порядка 10:1.

водоупорном прослойке и лёссовой толще даже довольно пологие откосы не предохраняют себя от разрушения.

В данной выемке нет прослоек с резкой водоупорностью, и за 1931 г. не наблюдалось значительных осадков. Поэтому явление вывала вертикальных откосов было лишь местным.

Весьма характерно, что вывалы имели место ниже бермы; последняя несомненно способствовала появлению деформаций, т. к. на ней травяной покров был удален, а поверхность не спланирована, почему фильтрация атмосферных осадков оказалась чрезвычайно повышенной по сравнению с природными условиями.

Вообще говоря, в европейских лёссах повидимому вертикальные откосы можно придавать лишь выемкам, глубина которых меньше толщины верхнего лёссового слоя, так чтобы поверхность соприкосновения со слоем иной структуры (если только он не более водопроницаем, чем верхний) лежало бы ниже дна кювета выемки.

Ссылка на глубокие овраги с вертикальными стенками мало доказательна, раз эти овраги ежегодно расширяются; *временная* вертикальность речных и овражных склонов встречается и в других грунтах, кроме лёссовых.

Конечно, изложенные соображения до известной степени гипотетичны; их можно проверить только опытным путем, но при обязательном условии дерновки или густой засевки всех берм по откосу. Без этого ступенчатый профиль откоса неизбежно обречен на обрушение.

К сожалению, из описаний не видно, не имелось ли в верхней части лёсса той огромной сети кротовых нор, которая иногда встречается в лёссовидных суглинках и дает совершенно своеобразную структуру верхним частям грунта, сообщая им огромную водопроницаемость в горизонтальном направлении.

---

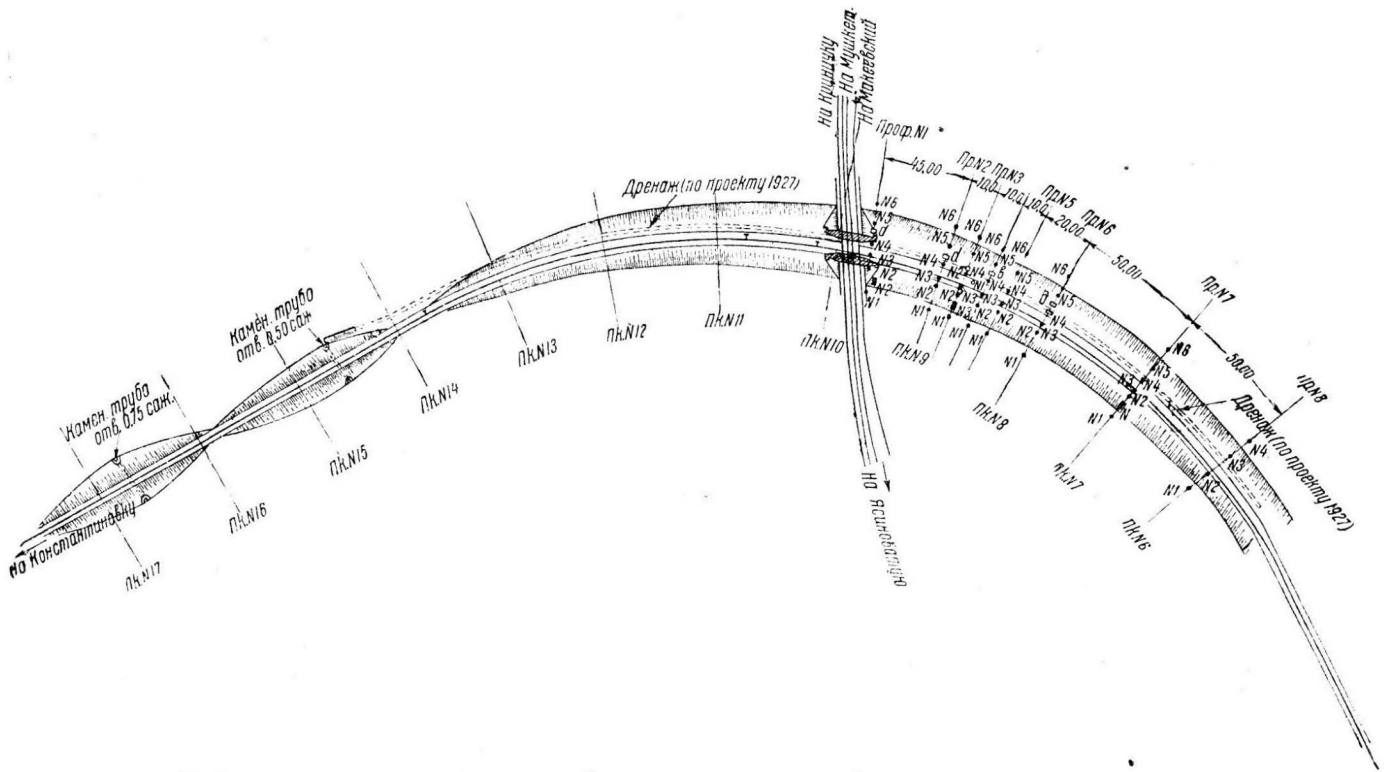
## VI. Выемка на пикетах №№ 9 — 12 линии Ясиноватая — Константиновка, Екат. ж. д.

### 1. Общее описание и геология местности

Общий рельеф местности у Константиновской выемки представляется в виде холмистой поверхности, пересекаемой в расстоянии около километра вправо от выемки пересыхающей р. Кальмиус.

Очертание холмов мягкое, куполообразное. Мелкая лесистая растительность имеется в небольшом количестве на некоторых склонах балок.

Константиновская выемка, имеющая глубину до 14 м, пересекает один из холмов, имеющий удлиненную форму (фиг. 37) с большой осью, расположенной почти нормально к оси пути у середины выемки. Вершина этого холма — плоская, открытая. Застоев воды на поверхности у выемки не заметно.



Фиг. 37. План Константиновской выемки. Показано расположение буровых скважин и запроектированного дренажа (вариант 1924 г.).

Почвенный покров холма представлен в виде чернозема мощностью около метра. Ниже расположен мощный глинистый пласт с меняющейся по высоте окраской, чередующейся в следующем порядке:

- 1) бурая глина мощностью до 7,5 м (в верхних частях с большим количеством известковых включений — белоглазок);
- 2) глина желтая, плотная мощностью до 1 м;
- 3) светло-серая глина с желтыми и красными песчанистыми включениями (в виде пятен), мощностью в 0,5 м.

Ниже проходит небольшой пласт сухого серого суглинка толщиной 0,5 м, переходящего далее в светло-серый пльвун, мощностью 6 м и опирающийся на более плотный, но все же влажный суглинок (мощностью до 3 м).

На глубине около 19 — 20 м (считая примерно посредине выемки) залегают плотные суглинки и сланцеватые глины.

Пльвун, упомянутый выше, представляет собой мелкозернистый, светло-серый, сильно влажный песок с примесью каолина, ухудшающий его водоотдачу.

Более детально геологическое строение выемки показано на поперечных (фиг. 38 — 39), и продольных геологических разрезах (фиг. 40).

## 2. Деформации выемки

Константиновская выемка начата постройкой в 1913 г. и закончена в 1915 г. Построечные работы чрезвычайно затруднялись большим количеством грунтовых вод у дна выемки при достижении пльвунных горизонтов на глубине около 10 м.

Строительство при обнаружении разжиженных грунтов применило устройство искусственного основания под путем в наиболее слабых местах, а именно; слои разжиженного грунта под путем снимались на всю их толщу (достигавшую до 2 м), и образовавшиеся ямы засыпались крупным щебнем до проектной высоты.

Таким образом отсыпавшийся щебень лег „карманами“ без соблюдения какого-либо определенного уклона вдоль выемки.

Произведенными работами была устранена зыбучесть основания, и движение по выемке могло происходить нормально.

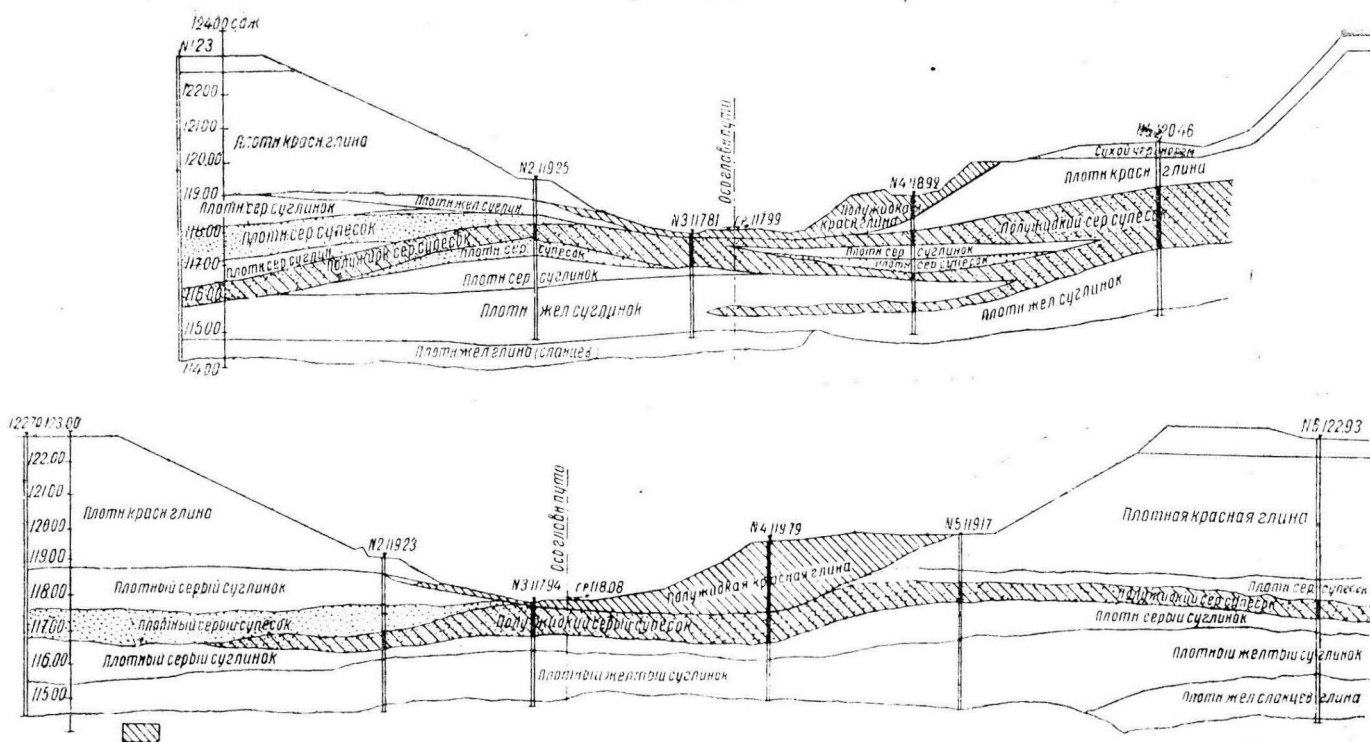
К тому же времени были спланированы под шаблон полуторные откосы выемки, с устройством по высоте двухметровых берм с бетонным (армированным) лотком в левом кювете.

Весной 1916 г. (т. е. в ближайшую весну после открытия движения) в выемке начались оползни.

Движение грунтовых масс наблюдалось в первую очередь у низа выемки в виде выплывающих к пути языков нижних наиболее слабых пластов грунта; далее шли отрывы вышележащих пластов от общей массы и общее сползание откоса.

Описанное явление происходило как по правому (по ходу километража) откосу, так и по левому, хотя и в меньших размерах.

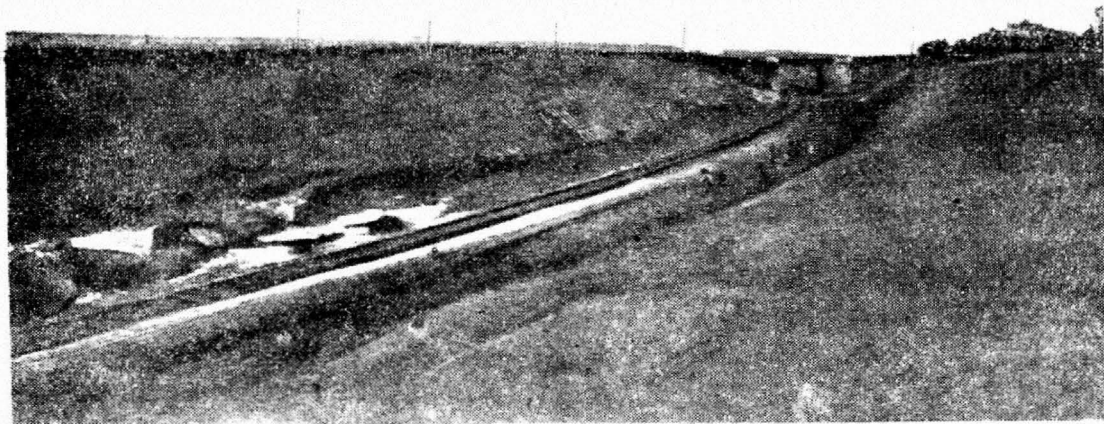
Поперечный профиль № 3



Фиг. 38. Поперечные геологические разрезы Константиновской выемки.

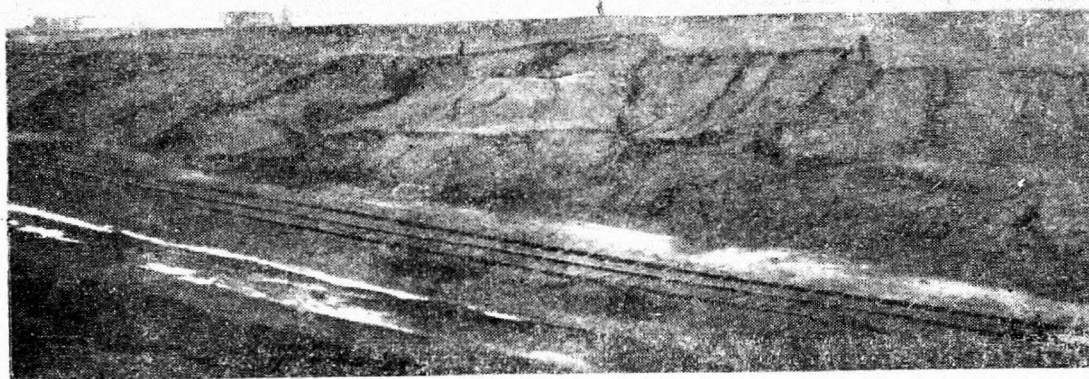


Непосредственно за проходом весенних вод (в том же 1916 г.) было приступлено к ремонту откосов. Им была придана полуторная крутизна, но не сплошь, а лишь „картинами“, так, чтобы некоторая надвинувшаяся часть их в виде контрфорсов была сохранена.



Фиг. 41. Заросший бурьяном правый откос выемки Ясиноватая — Константиновка.

С 1917 г. по 1925 г. грузовая линия Ясиноватая — Константиновка была закрыта, и выемка осталась без надзора.



Фиг. 42. Деформация откосов выемки Ясиноватая—Константиновка.

За этот период времени произошел сплошной заплыв выемки, и неснятый путь оказался погребенным почти на 8 лет под на-



ползшим на него грунтом. Высота наплыва достигла при этом в некоторых частях 3,3 м.

В 1925 г. выемка была вновь расчищена с устройством на уровне бровки полотна бермы шириной около 9 м, но осенью того же года начали повторяться новые оползни примерно того же характера, что и ранее. Упомянутая выше берма заплыла, причем сползший грунт лишь на 2 м не достиг оси пути.

Весной 1926 г. спływ увеличился, и грунт начал наплывать на рельсы.

Значительный приток воды вызвал переполнение устроенных в 1915 г. „карманов“ с щебеночным заполнением, и вода выливалась из них через путь в кюветы. В одном месте наблюдалось даже фонтанирование этой воды между шпалами.

В 1927 г. выемка была очищена и откосы в наиболее угрожающих местах были начерно спланированы во избежание застоев воды на них (в ямах и трещинах).



Фиг. 43. Наплывы белой, бурой и красной глины в нижней части откоса выемки Ясиноватая—Константиновка.

С 1927 г. по 1931 г. капитальных работ на выемке не производилось. Земля вывозилась лишь в небольших количествах при повторении наплывов у пути обыкновенно в весеннее время.

В 1930 г. деформаций откосов дорогой не замечено.

В 1931 г. зимой, из-за неудачной расстановке щитов, правый откос выемки оказался занесенным снегом на весьма большую высоту. С началом оттепелей затихшее было сползание правого откоса повторилось вновь в значительных размерах. Наибольшие разрушения 1931 г. оказывались около мест образования снежных сугробов зимой.

кюветов. Кювет с правой (по ходу) стороны на протяжении от пикета № 9 до пикета № 12 вовсе отсутствует.

Слева на том же протяжении сохранились остатки исковерканного, перекошенного и вывернутого давлением грунта бетонного лотка (фиг. 44).

От пикета № 13, начиная от путепровода и до конца, выемка сохраняет свой первоначальный вид, хотя и заметны местные небольшие оползни откосов.

### 3. Причины деформаций и меры, намечавшиеся против последних до 1931 г.

Причины деформации являются плавунные грунты, выжимаемые давлением вышележащих слоев. При выдавливании пловунов вышележащие грунты, лишаясь опоры, обрушиваются и сползают к пути вместе с плавунками. Это явление усугубляется прониканием атмосферных вод в трещины откоса и особенно полосы, прилегающей к откосу.

Как видно из раздела 2 дорогой учитывались возможности деформации выемки еще при постройке линии, но главным образом в отношении непрочности основания, о чем говорит устройство искусственных щебеночных подушек, заложенных к сожалению без соблюдения надлежащего водоотвода.

В тот же период впервые был поднят вопрос о принятии мер в отношении приведения откосов в устойчивое состояние. Так, в 1916 г. выдвигалось предложение придания правому откосу крутизны 1:5.

Мера эта принята однако не была (вероятно ввиду последовавшего вскоре закрытия движения по линии).

В 1925 г. при восстановлении линии вопрос о мерах обеспечения устойчивости выемки выплыл вновь.

Выдвигались проекты устройства (справа по ходу) подпорной стенки из сухой кладки на всем протяжении большой выемки, устройства дренажа и т. д. В том же году в выемке были произведены буровые работы, продолжавшиеся все лето, причем было заложено 46 скважин, позволивших построить восемь достаточно детальных поперечных геологических разрезов (часть их показана на фиг. 38—39).

Следующей датой проектировки нужно отметить июнь 1927 г., когда после добавочной закладки 18 скважин, позволивших построить еще 3 поперечника, комиссией, с участием проф. Днепропетровского горного института Гембицкого, был принят проект лечения выемки посредством закладки глубокого дренажа по дну выемки в виде метровой бетонной трубы, с отводом воды в водосборный колодец, с дальнейшей перекачкой грунтовых вод из колодца насосом.

Тем же проектом было предложено разбить работы на две очереди, с отнесением к первой устройства более пологого правого откоса и уширением выемки до 24,60 м, что было выполнено в 1928 г., но не полностью.

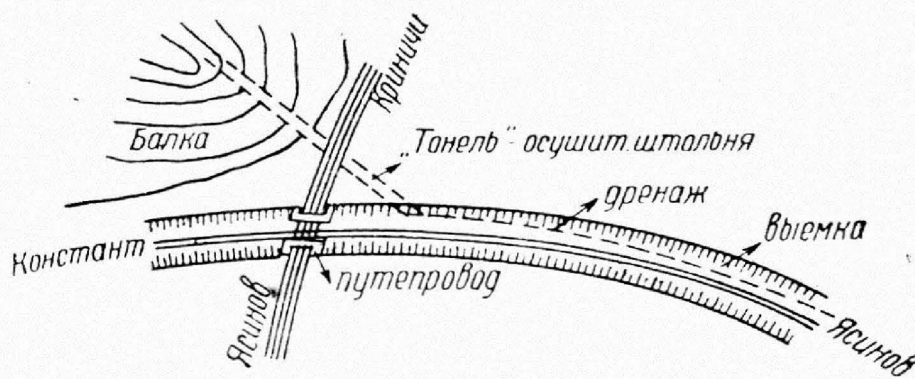
Благодаря прекратившимся (или вернее значительно уменьшившимся) деформациям откосов выемки к устройству дренажа не было приступлено.

В сентябре 1931 г. строительный отдел Екат. ж. д. обратился в ЦИС за экспертизой по вопросу лечения больной Константиновской выемки, на основании чего и был произведен осмотр и пробное бурение в выемке инженерно-геологическим отрядом ЦИСа.

#### 4. Меры, намеченные экспертной комиссией ЦИСа

Наиболее целесообразным и коренным решением для предупреждения деформаций было бы устройство вдоль выемки, примерно против верховой правой бровки ее, штольни, опущенной не менее чем на 1 м ниже пловунов. Выход из штольни мог бы быть осуществлен в балку, лежащую за путепроводом при помощи каменной трубы (тоннеля), как показано на фиг. 45.

Кроме того для осушения полотна и понижения грунтовых вод со стороны левого откоса дополнением к штольне должен был бы служить продольный дренаж, устраиваемый по дну выемки вдоль пути в виде щебенчатого заполнения с небольшой трубой по дну.



Фиг. 45. Схематический план Константиновской выемки и намеченное мероприятие осушения.

Однако принятие подобного решения встречает затруднения в плохой водоотдаче каолинизированных песков, составляющих пловунный слой. Конечно, лабораторные испытания здесь еще не являются решающими, и наиболее правильно судить о водоотдаче пловунов можно было бы только после устройства пробных поперечных дренажей в них. Однако пока этого сделано не было, и экспертная комиссия должна была считаться с лабораторными испытаниями каолинизированного суглинка, показавшими его слабую водоотдачу, благодаря чему эффект штольни может сказываться лишь сравнительно медленно.

Поэтому экспертная комиссия сочла необходимым разработать проект своеобразной дренирующей подпорной стенки из сухой кладки, подошва которой залегала бы ниже пловунного пласта; очевидно размеры поперечного сечения подобной стенки, определяемые расчетом, должны быть весьма значительны. Зато, благо-

даря близости стенки к пути, она может заменить собой дренаж и по отношению к пути и к левому откосу.

Помимо указанной основной меры экспертная комиссия признала необходимым:

а) не делать сплошной срезки деформировавшегося правого откоса, а ограничиться устройством отдельных поперечных прорезей для его осушения;

б) произвести планировку откосов во избежание застоев воды;

в) восстановить лоток в левом кювете;

г) вырыть с обеих сторон выемки нагорные канавы;

д) обеспечить выемку от снежных скоплений на ее откосах, а в весеннее время принять меры по быстрому отводу снеговой воды.

## **VII. Выемка на 209 км линии Лоцманская — Апостолово, Екат. ж. д.**

Выемка 209 км (пикет № 7—8) линии Лоцманская—Апостолово является подходом к северному portalу днепропетровского тоннеля. Начало работ по устройству рассматриваемой выемки относится к 1915—1916 гг.

До середины 1917 г. выемка была устроена начерно для укладки узкоколейного пути, обслуживающего тоннельные работы.

С середины 1917 г. по 1926 г. работы на выемке (и в тоннеле) не производились. С 1926 г. по 1929 г. выемка играла ту же роль, что и при начале работ, т. е. в ней был уложен узкоколейный путь для подвозки материалов и вывозки грунта из тоннеля.

В конце 1929 г. выемка была подготовлена Укржелдорстроем к сдаче в эксплуатацию и в начале 1930 г. передана в ведение отдела пути Екат. ж. д.

Первые признаки разрушения откосов выемки, относящиеся к началу постройки, т. е. до 1917 г., выразились в растрескивании и обрушении откосов с одновременным появлением воды.

За период с 1917 г. по 1926 г. помимо обрушения откосов произошло значительное поднятие дна выемки. С возобновлением построечных работ в 1926 г. и по настоящее время разрушение откосов продолжалось почти непрерывно, что фиксировано актами неоднократно производившихся осмотров выемки.

Одновременно с обрушениями откосов происходило (и происходит) постепенное поднятие (выпучивание) пути, достигшее в 1931 г. до одного с лишним метра.

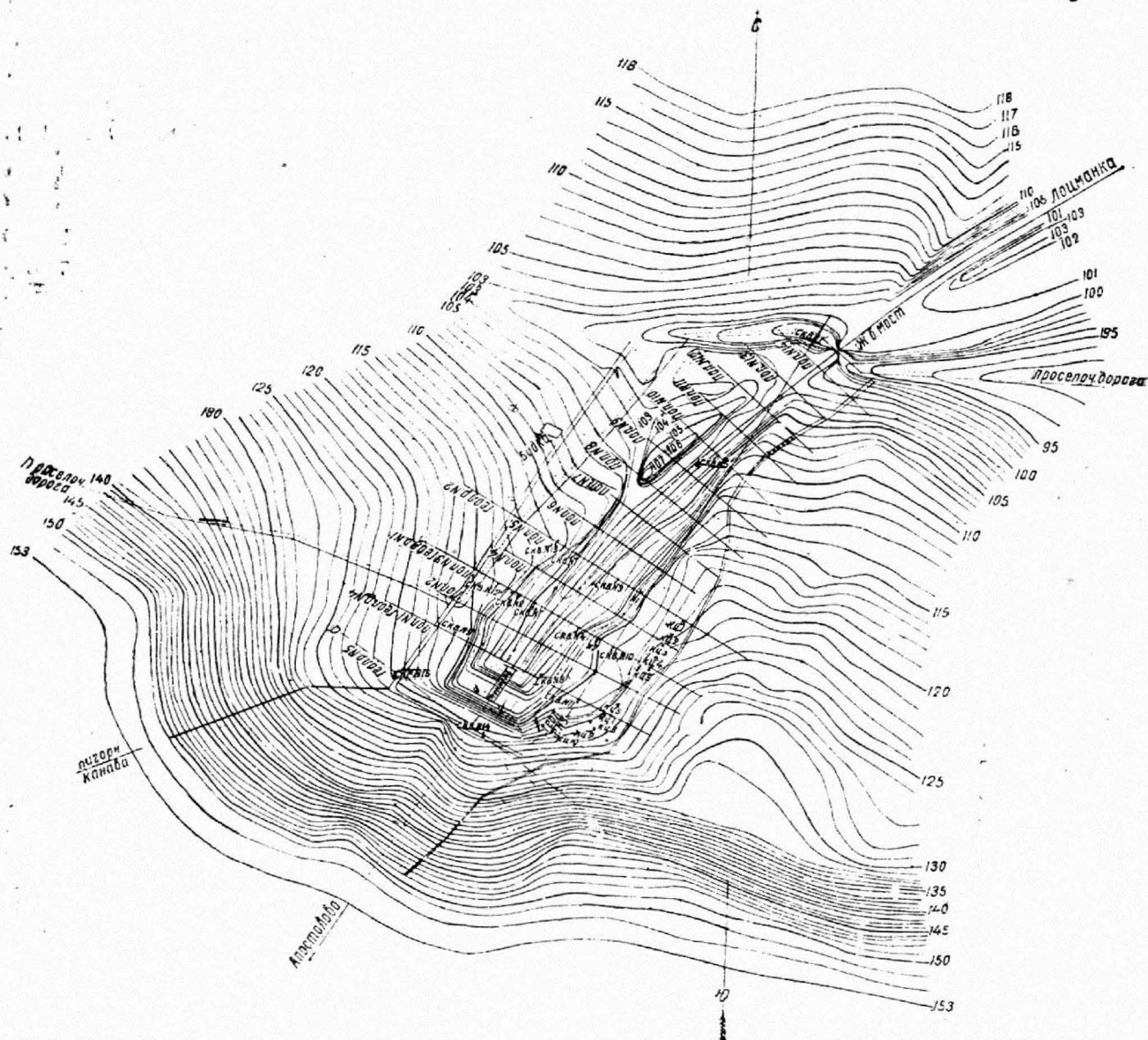
С началом деформаций на выемке строительством был принят ряд мер по лечению ее, описанных ниже, но они не дали, однако должного эффекта, хотя может быть и способствовали некоторому осушению выемки.

Разрушение откосов и выпирание пути, произошедшие в 1931 г., заставили дорогу предпринять работы по дальнейшему лечению выемки. Специально назначенной дорогой комиссией 20 августа

1931 г. было произведено освидетельствование выемки и выработан новый план лечения. Одновременно отдел пути обратился с просьбой в ЦИС о производстве инженерно-геологического обследования выемки, которое и было произведено между 11 и 23 октября 1931 г. инженерно-геологическим отрядом ЦИСа.

### 1. Общее описание

Выемка расположена на правом берегу реки Днепра в 2—3 км от города Днепропетровска при подходе ж.-д. линии Мерефа—Херсон (ныне Лоцманская—Апостолово) к днепропетровскому тоннелю (см. план в горизонталях, фиг. 46).



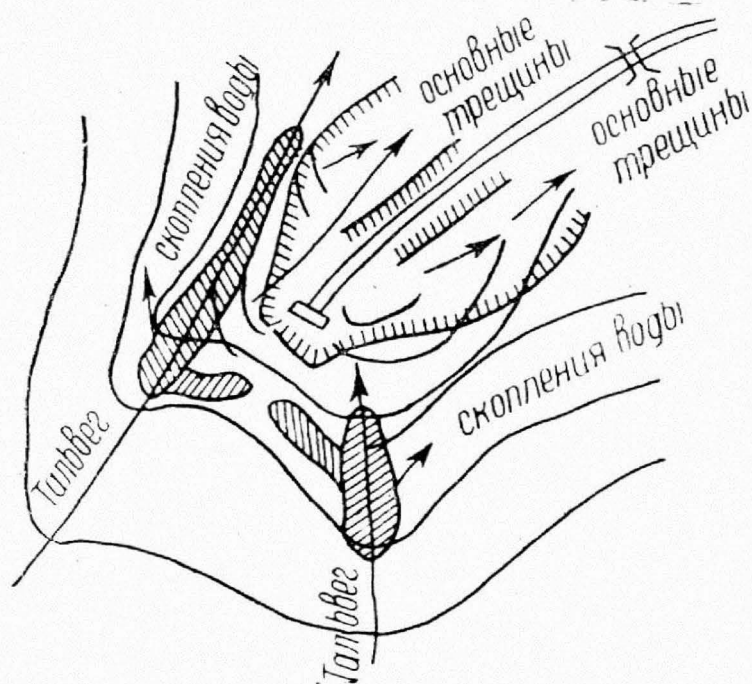
Фиг. 46. План местности у подхода линии Лоцманская—Апостолово к южному порталу тоннеля.

Местность у выемки представляется в виде холмистой поверхности правого днепровского берега с мягкими очертаниями.

Многочисленные балки, пересекающие местность, имеют в нижних частях пологие, открытые, запахиваемые склоны и переходят в верховьях своих в глубокие овраги с вертикальными стенками. Глубина оврагов превосходит во многих местах 20—25 м.

В непосредственной близости от выемки очертание рельефа мягкое; у начала выемки на пикете № 2085 расположен пересекаемый мостиком неглубокий овраг с заросшими травой откосами. Выемка, постепенно углубляясь, врезается на глубину до 14 с лишним метров в высокий холм (достигающий высоты 150 м, считая от подошвы до вершины), пройденный далее тоннелем (длина тоннеля 853 м).

В концевой части выемки (у входа в тоннель) к выемке подходят с обеих сторон два тальвега, левый из коих имеет направление в сторону выемки (см. фиг. 46 и схему на фиг. 47); правый же проходит несколько в стороне от выемки, приближаясь однако на расстоянии до 10—20 м к бровке выемки.



Фиг. 47. Схема рельефа места подхода линии к тоннелю.

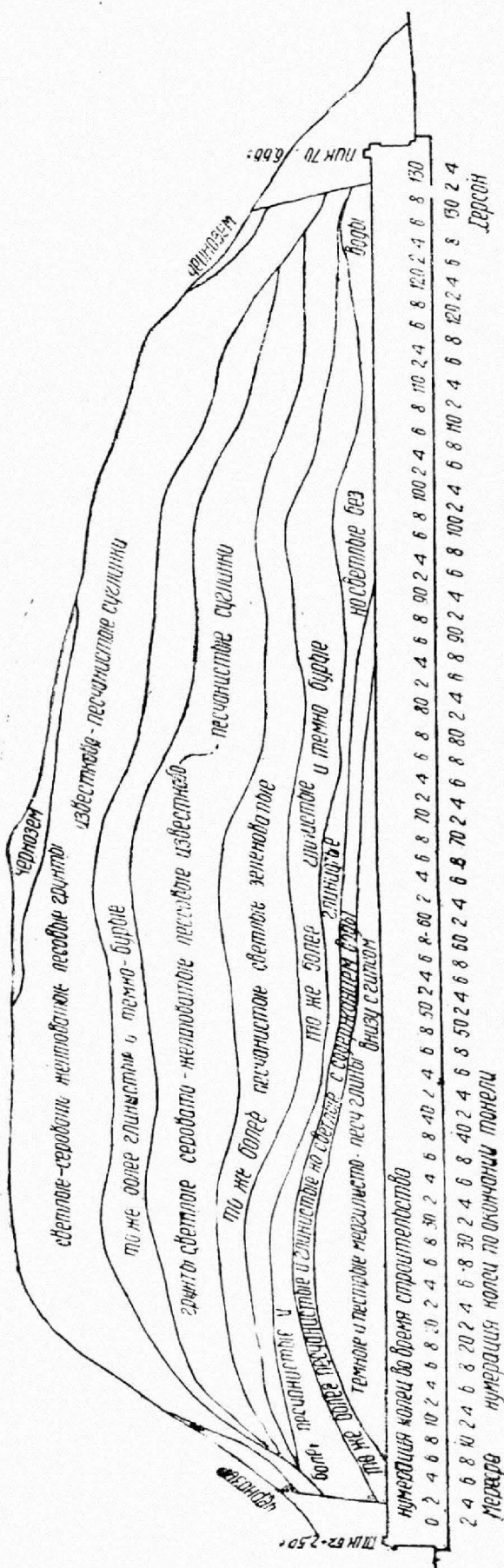
Таким образом выемка оказывается в чрезвычайно невыгодном положении в отношении водоотвода поверхностных вод.

Поверхностный сток воды прегражден правда нагорной канавой, окаймляющей с трех сторон выемку, но эта канава конечно не может являться препятствием для основной массы воды, идущей, благодаря водопроницаемости верхних слоев грунта, на значительной глубине от поверхности.

Верх холма, прорезанный тоннелем, представляет собой ровное плато, на котором имеется неглубокая впадина, являющаяся результатом провала в тоннеле, имевшего место во время постройки последнего.

## 2. Геологическая характеристика.

До прибытия отряда ЦИСа никаких геологических исследований здесь не производилось и, хотя таковые несомненно имели место в районе тоннеля перед его постройкой, от них не осталось ничего, кроме сокращенного геологического разреза по оси тоннеля (фиг. 48). Дорога повидимому не знала даже о том, что во время постройки тоннеля произошло обрушение его свода, сопровождавшееся огромным завалом земли во внутренность гон-



Фиг. 48. Сокращенный схематический геологический профиль по оси тоннеля.

нея, лишь по счастливой случайности обошедшееся без человеческих жертв и потребовавшее очень длительных работ по уборке земли и вторичной проходке обрушившегося участка<sup>1</sup>.

Таким образом вся нижеприведенная геологическая характеристика основана на данных бурения и шурфования отряда ЦИСа, данных несомненно не полных, т. к. отряд не имел ни времени, ни возможности произвести глубокое бурение и захватить район тоннеля, оставшийся совершенно не освещенным новыми исследованиями.

Общее геологическое строение местности правобережья Днепра и в данном районе (по описанию геолога Буцько) рисуется в следующем виде: „коренными породами являются граниты и гнейсы проходящего здесь азовско-подольского массива. Покрываются эти породы серией осадочных, относящихся к палеогену. У Днепропетровска известны выходы глауконитовых песков с фауной харьковского яруса, лежащих непосредственно на гранитах. Выше идут кварцевые пески и песчаники без ископаемых и относящиеся очевидно к полтавскому ярусу палеогена. Несколько неясен вопрос о возрасте вышележащих гипсоносных зеленоватых глин, встреченных в районе

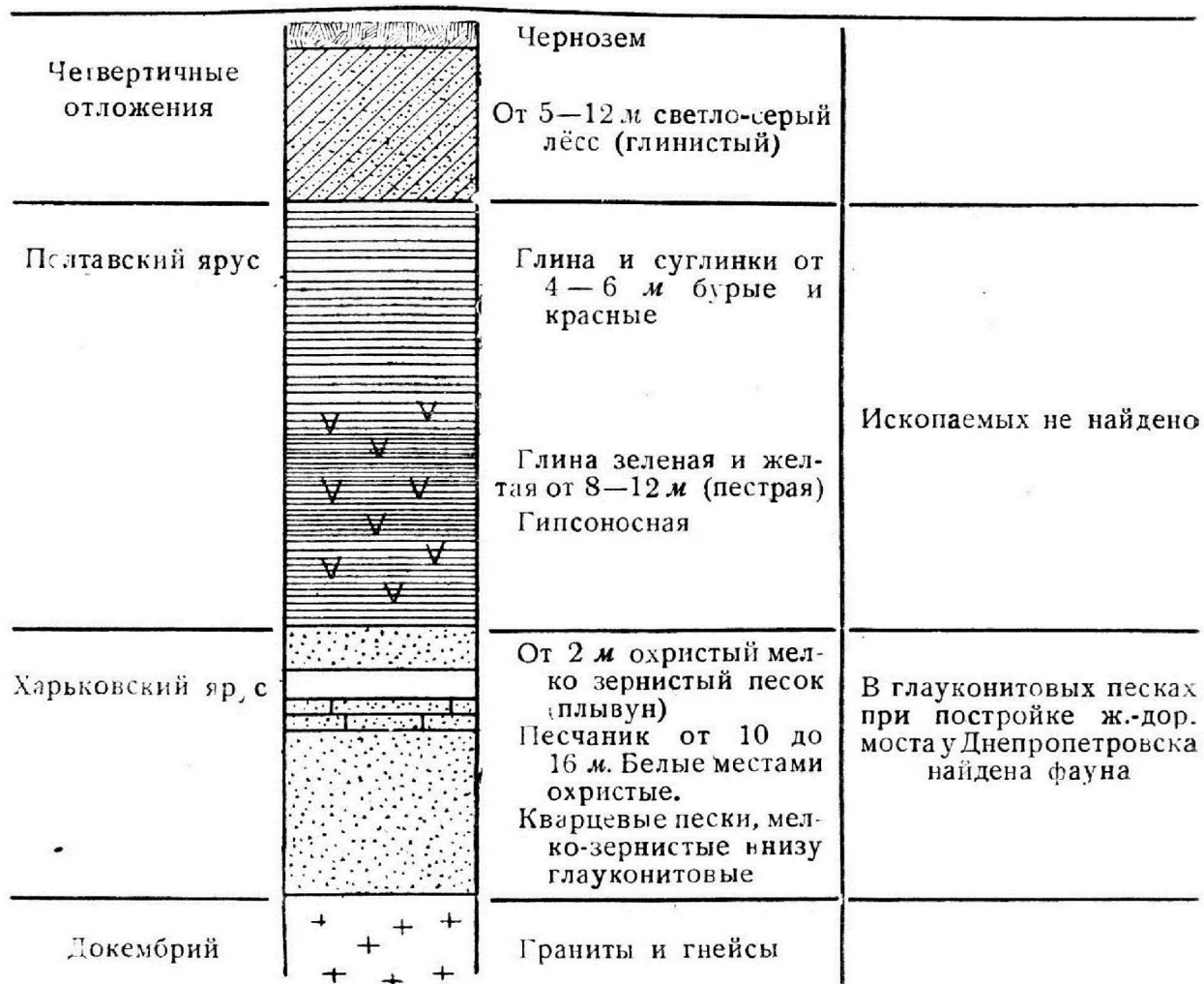
<sup>1</sup> По крайней мере об этом не было сообщено инженерно-геологическому отряду, и начальник последнего узнал о бывшей катастрофе лишь при рассмотрении вопроса в экспертной комиссии, от одного из ее членов, случайно ознакомленного с историей постройки тоннеля на линии Лоцманская — Апостолово.

обследуемой выемки,—относятся ли они к полтавскому ярусу или уже к неогену, который как известно близко подходит к широте Днепропетровска.

В общем виде геологическое строение местности в районе обследуемой выемки можно представить в такой последовательности, начиная сверху вниз.

Мощность:

- от 0,00 — 1,00 м — чернозем;
- „ 5—12 м — светло-серый лёсс (глинистый);
- „ 4—6 м — глины и суглинки лёссовидные бурые и красные;
- „ 8—12 м — глины зеленые и желтые (пестрые) гипсоносные;
- до 2 м — охристый мелкозернистый песок (пльвун);
- до 1 м — песчаник;
- от 10 до 16 м — белые, местами охристые, кварцевые пески, мелкозернистые, ниже их глауконитовые пески;
- ниже — граниты и гнейсы.



Фиг. 49. Схематический геологический разрез у выемки 209 км линии Лоцманская—Апостоново.

Выходы песчаника из белых кварцевых песков можно наблюдать в непосредственной близости от выемки по оврагам, а глауконитовых песков, гранитов и гнейсов — в расстоянии приблизительно 3—4 км от выемки в побережьи Днепра у гор. Днепропетровска.

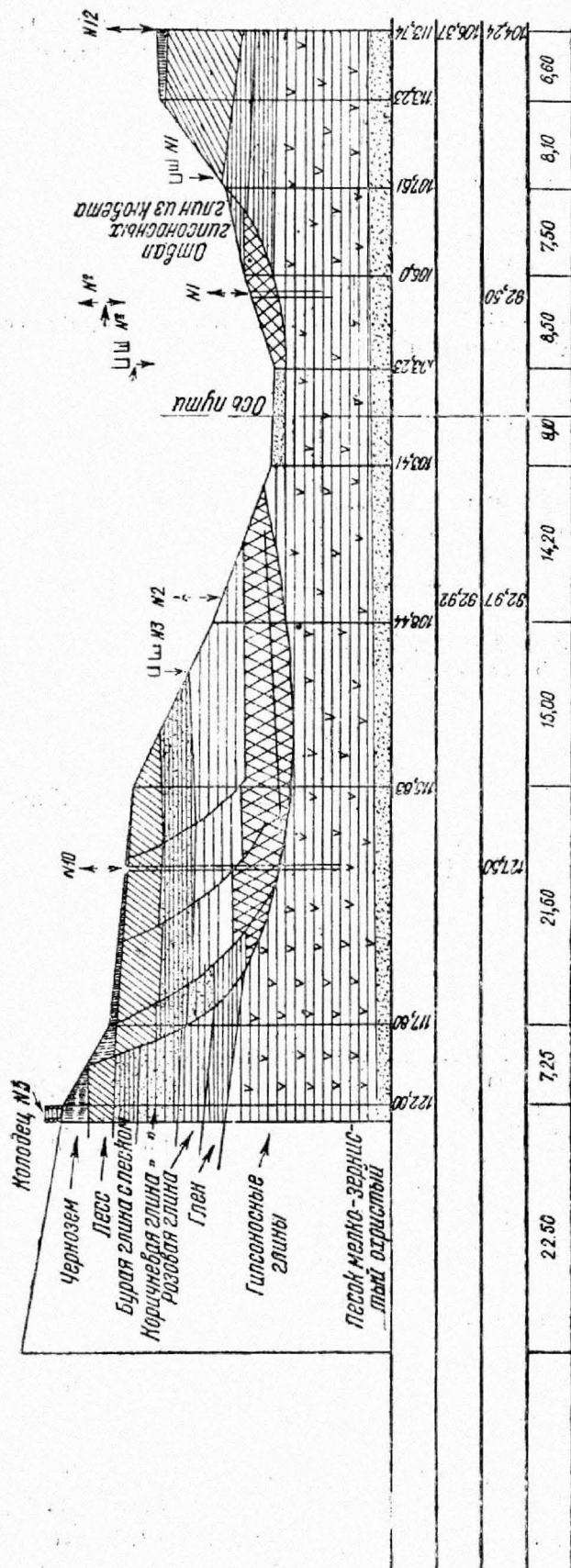
Южная, наиболее высокая, часть обследованной площади, занимающая северный склон водораздельного холма, прорезаемого тоннелем, имеет абсолютные отметки до 153 м (фиг. 46—47).

Наиболее пониженная северная часть обследованной площади имеет абсолютные отметки у оврага 93 м. Таким образом на протяжении 450 м падение достигает 50 м.

На указанной площади было заложено 15 буровых скважин и несколько шурфов, по которым, а равно по существующим поглощающим колодцам, построены геологические разрезы.

В разрезе № 1 (фиг. 50) отличительной особенностью правого откоса является понижение поверхности глин под лёссовой толщей от откоса выемки, т. е. с востока на запад. Так глины в шурфе выходят на отметке 107.96, а глины в скважине № 12 выходят на отметке 105.34, т. е. здесь падение поверхности глин на протяжении 14 м достигает 2,64 м, а т. к. мощность водоносного нижнего слоя в скважине № 12 не превышает 1 м, то вода из этого горизонта в данном поперечнике не попадает в откос или если попадает, то только при высоком ее уровне, как например в весенний период при таянии снегов.

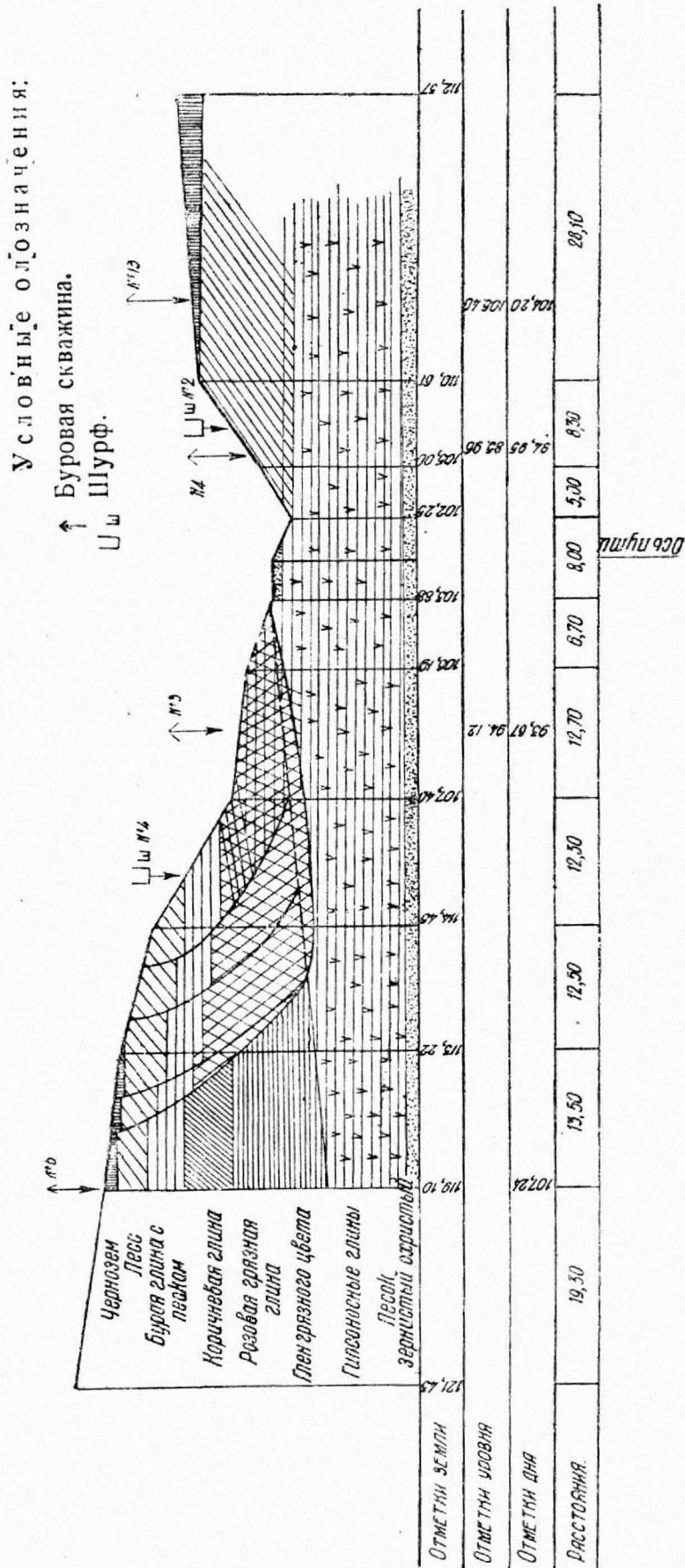
Поверхность глинистого пласта на границе с водоносным лёссовым также является сильно



фиг. 50. Поперечный геологический разрез на пикете № 2077+67,5 линии Лоцманская—Апостолово.

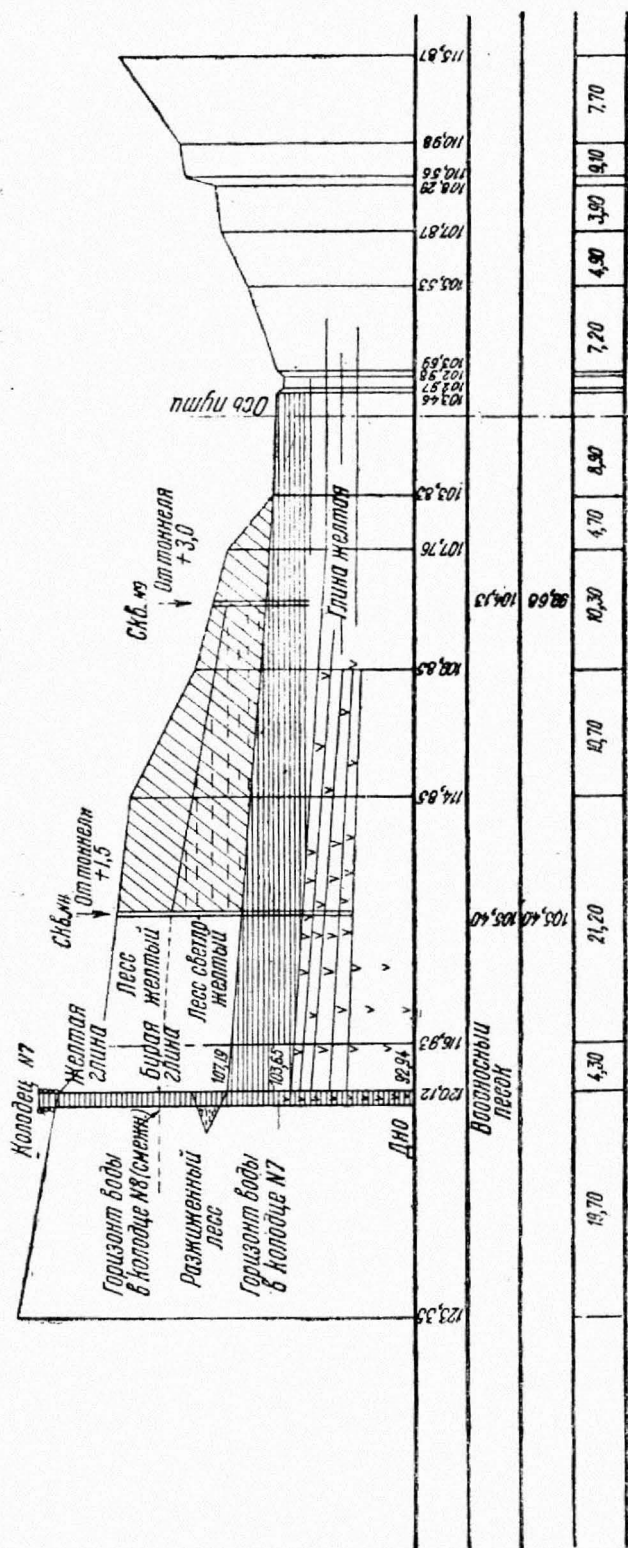
увлаженной, и здесь даже возможно просачивание воды по небольшим трещинам благодаря своеобразной, как бы брекчиевидной структуре глины. В выкопанном шурфе № 1 на глубину 2 м, в этих же глинах через сутки наблюдался вывал со стороны западной стенки со слегка смоченной поверхности в месте отрыва массы. На другие сутки явление повторилось в еще больших размерах.

На поверхности левого (восточного) откоса, где явления деформаций особенно сильно выражены, наблюдается система многочисленных трещин с одним резким сбросовым уступом в расстоянии 5—6 м от колодца № 5 в сторону выемки (фиг. 54). Амплитуда сброса достигает 3—4 м и рисуется в виде отвесной обнаженной стенки лёссовой породы, в нижних частях которой местами видны уже буроватые лёссовые суглинки и глины. На сбросовой площадке откоса можно, ориентируясь по трещинам, провести четыре основные линии скольжения, изображенные на разрезах (фиг. 50—51)



Фиг. 51. Поперечный геологический разрез на пикете № 2087+27,5 линии Лощанская—Апостолово.

Для установления выходов грунтовых вод в районе портала тоннеля были заложены скважины №№ 9, 11, 14 и 15, по которым схематически, по которым происходило смещение масс. Главная поверхность скольжения сползающих отдельных глыб очевидно



Фиг. 52. Поперечный геологический разрез на ликете № 288+7,5 линии Лощацкая—Апостолова.

приурочена к гипсоносным глинам, залегающим в данном месте приблизительно на глубине 8—10 м, причем благодаря их вязкости не лишена возможность их смятия вышележащей толщей с выпучиванием их в основании пути, что в действительности и наблюдается.

Выпирание лотков в кюветах и самого основания пути на 1—1½ м кверху наблюдалось неоднократно, а в период производства работ отрядом у левого кювета со стороны очищенного откоса наблюдалось явственное сползание красно-бурых глин по гипсоносным, с образованием зеркала скольжения.

Поперечный разрез № 2 (фиг. 51) показывает, что поверхность глин на правом откосе наклонена в сторону выемки и потому выход воды из водоносного пласта попадает прямо в откос, усиленно смачивая его, вызывая деформации как в самом откосе, так и в основании земляного полотна, где залегают гипсоносные глины.

На поверхности левого откоса, так же как и по поперечнику № 1, имеются значительные трещины со сбросовыми площадками, по которым можно построить основные поверхности скольжения. Таких резко выделенных поверхностей можно провести, как и на

первом разрезе, четыре, причем главная поверхность скольжения приурочена также к гипсоносным глинам.

построены дополнительные разрезы №№ 3 и 4, а разрез № 5 (фиг. 52) характеризуется скважинами №№ 9 и 11, заложенными по оси бокового тальвега.

Сопоставляя абсолютные отметки выходов глин в скважине №№ 9 и 11, мы видим, что падение поверхности глин в сторону выемки на расстоянии 5 м равно 1,37 м, а уровень грунтовых вод имеет отметки:

111,70 в скважине № 11

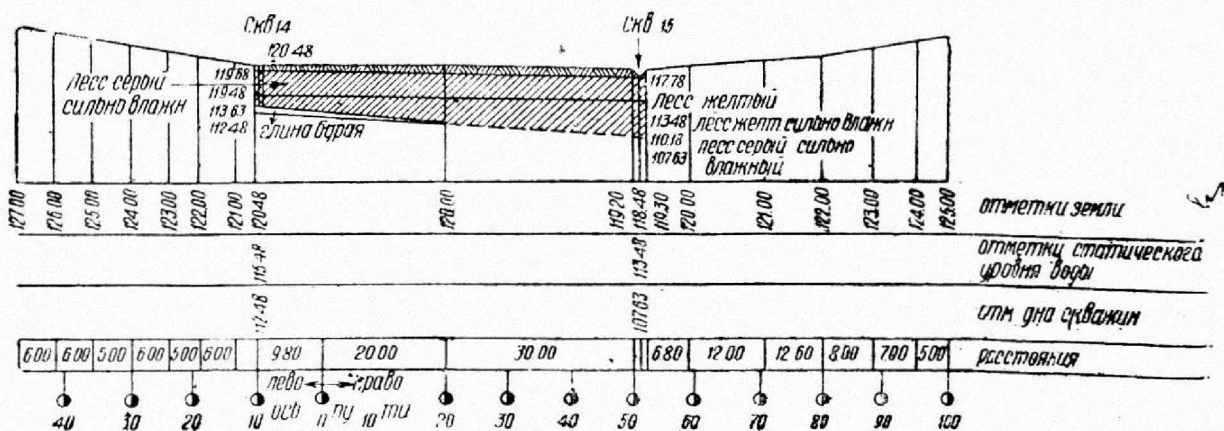
106,13 в скважине № 9.

Отстоящие от скважины на 15 м к востоку поглощающие колодцы №№ 7 и 8 имеют горизонт стояния вод:

колодец № 7 — 103,65

„ № 8 — 113,36

Эти данные особенно резко подчеркивают, что колодец № 8, принимая грунтовую воду по глинистой поверхности тальвега, не является поглощающим, и вода из него дальше направляется к выемке у портала.



Фиг. 53. Геологический разрез по линии скважин №№ 14 и 16 на линии Лоцманская—Апостолово.

Другой дополнительный разрез (№ 4) отстоит от портала к югу на расстоянии около 50 м и характеризуется данными скважин №№ 14 и 15 (фиг. 53), из которых видно, что выход грунтовых вод здесь расположен на отметках:

115,48 в скважине № 14

113,48 в скважине № 15.

Основываясь на приведенных данных, можно установить, что главный водоносный слой подстилается первым водоупорным глинистым пластом. Максимальная мощность водоносного слоя установлена по линии тальвега на разрезе № 3 в 6,20 м, откуда воды поступают в выемку у северного портала тоннеля, вызывая в левом откосе соответствующие деформации.

Также большая мощность установлена скважиной № 15 по линии второго тальвега, где пройден водоносный слой мощностью 5,85 м и до глин бурение не дошло.

Из приведенного описания геологического строения видно, что значительная водопроницаемость верхних пластов (чернозем и лёссовидные суглинки) влечет скопление грунтовых вод на границе между этими пластами и залегающими ниже глинами. Скопление грунтовых вод в этих пределах естественно увеличивается у мест прохода тальвегов в тех случаях, когда поверхность глин хотя сколько-нибудь конфигурна рельефу местности. Именно таким местом и является упоминавшееся выше тальвеги, подходящие с обеих сторон к выемке у тоннельного портала.

В этих местах установлено весьма значительное количество грунтовых вод, разжижающих до состояния „грязевого месива“ нижние слои лёссовидных суглинков. Кроме того поглощающий колодец № 8 имеет уровень воды значительно выше, нежели в соседних колодцах.

Таким образом первым от поверхности водоносным горизонтом следует считать нижние слои лёссовидных суглинков у границы их с желтыми и бурыми глинами.

Второй весьма незначительный водоносный горизонт был обнаружен при помощи среза откоса выемки на границе между бурыми и зелеными глинами.

Поверхность раздела этих двух напластований представляется у обнаженных откосов в виде гладко-отшлифованной, покрытой капельками воды, плоскости скольжения.

При разламывании образца, содержащего обе смежные породы, образец легко раскалывается на поверхности раздела.

Количество воды, идущей по этому горизонту, повидимому незначительно. Ниже залегающие зеленые глины, содержащие большое количество гипсовых включений, могут однако сами по себе содержать воду как в химически связанном, так и в свободном состоянии.

Следующим (третьим) водоносным горизонтом следует считать залегающий на значительной глубине мелкозернистый охристый песок. При подходе к этому пласту буровых скважин наблюдался быстрый подъем воды на высоту до 1,5 с лишним метров. То же явление имело место и при прокопке поглощающих колодцев: люди, работавшие в них, при достижении песков едва успевали избежать затопления быстро поднимавшейся напорной водой (на 2—3 м выше верхней границы песков).

Для характеристики геологии плато, прорезаемого тоннелем, имеется лишь схема, показанная на фиг. 48, и конечно совершенно недостаточная. Но из нее видно наличие глубокого водоносного горизонта, по всем вероятностям представляющего впадину не особенно далеко от северного портала тоннеля, примерно там, где произошел обвал последнего при постройке.

### **3. Деформации откосов и полотна и принятые против них меры**

Деформации откосов выражалась в постоянном сползании их, а полотна — в столь же постоянном выпучивании. Для борьбы с этими явлениями были приняты следующие меры: а) по откосам устро-

ены поверхностные дренажи; б) с левой стороны откоса в расстоянии 5—10 м от бровки заложены 10 поглощающих колодцев, доведенных до песчаного слоя и имеющих глубину до 28 м<sup>1</sup>; в) по кюветам устроены деревянные лотки; г) вокруг выемки, в том числе и поперек надпортального участка естественного грунта, устроены нагорные канавы с перепадами. По мере оползания откосов грунт убирался и выемка обделывалась бермами.

Отряд ЦИСа фиксировал следующую картину выемки.

Левый откос выемки имеет 2 бермы: нижнюю шириной 5—6 м и верхнюю метров 15—20. Откос был одернован и в настоящее время зарос травой. По наружному виду откос имеет в некоторых местах большой сдвиг в сторону пути.

Сдвиг откоса в сторону пути идет за счет осадки большой бермы, которая отрывается от верхней части откоса по линии откола, расположенного в 2—4 м от поглощающих колодцев, а местами подходящего вплотную к ним. Линия откола представляет трещину, протяженностью около 180 м, с раскрытием местами до 15 см. По этой трещине и происходит смещение бермы в вертикальной плоскости, в некоторых местах достигающее до 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> м, что определялось по имеющемуся на месте обрыву в виде отвесной стенки. От вертикального смещения части бермы образовалась вторая трещина на берме метрах в 5—6 от первой, шириной местами до 10 см (фиг. 54).

Как первая, так и вторая трещины, по мере их раскрытия, затрамбовываются, причем первая трещина имеет после затрамбовки в 1931 г. следы деформации. Вторая трещина заканчивается с одного конца разветвлением в конце колодцев и заходит в порталный откос, а с другого конца опускается на нижележащую среднюю часть откоса выемки, где она сливается с местными трещинами, пересекая всю берму.

На средней (по высоте) части откоса имеется отрыв его, местами у бровки, а местами ниже, тянущийся на протяжении около 120 м. Отрыв откоса по вертикальной стенке в этих местах доходит до 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> м.

Местами к трещине откола подходят поперечные трещины, идущие от нижней части откоса через малую берму; ширина их доходит до 5 см. По внешнему виду и по обмеру эти трещины не очень глубоки и расширение их с весны не наблюдается.

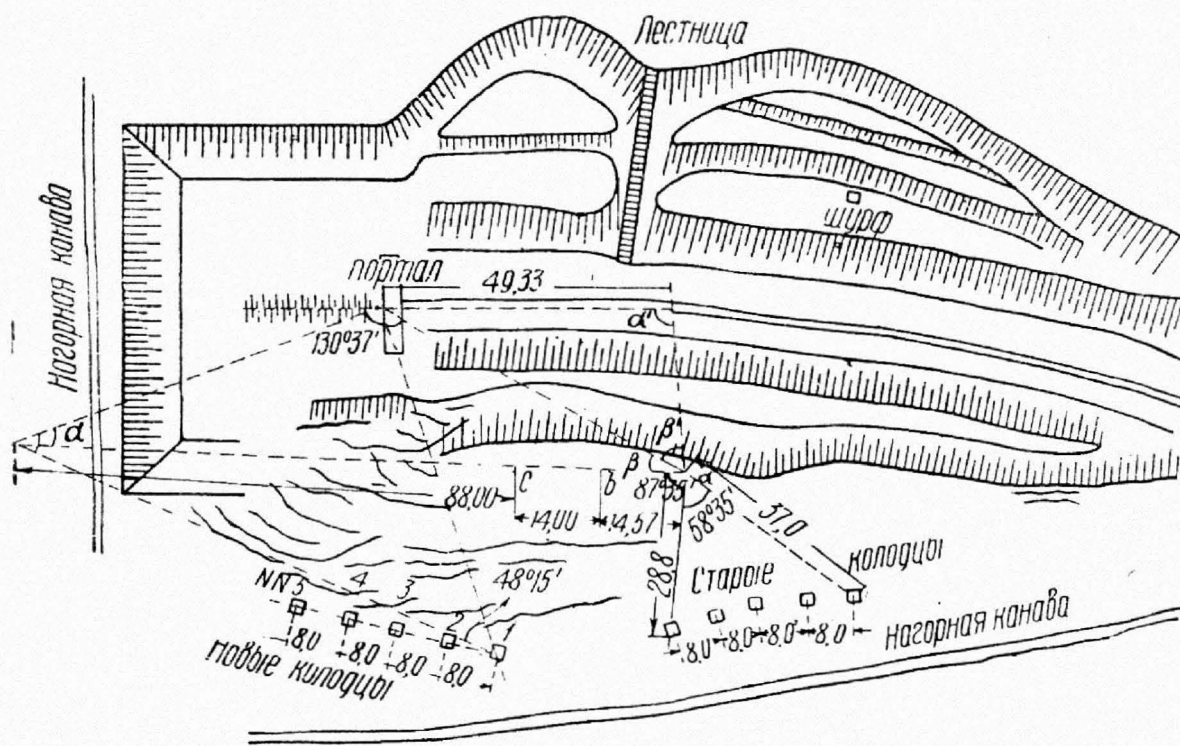
Кроме трех больших трещин имеются еще группы небольших трещин и небольших сплывов, сползающих вниз по откосу, образуя небольшие ступенчатые разрывы его. Эти группы трещин имеются в трех местах: у портала, в средней части сползающего откоса и в начале его, как показано на схеме.

В левом откосе вода просачивается не только через трещины, но и у портала в метрах в 20 от него—из откоса. В этом месте для спуска появляющейся воды в откосе уложены 3 радиальные ветви дренажей. Для предупреждения спыва всего левого откоса между нагорной канавой и верхним откосом, как было указано выше,

<sup>1</sup> Колодцы заложены в два приема,—сперва 5, а затем (в конце 1928 г.) еще 5.

выкопано 10 поглощающих колодцев. По замеру 6 февраля 1930 г. уровень во всех колодцах имел разницу глубин небольшую. При осмотре в ноябре 1930 г. вода в колодцах стояла примерно на одном уровне; при осмотре их весной 1931 г. уровень в некоторых колодцах увеличился и по последнему наблюдению (с осени 1931 г.) глубина воды в одном из колодцев достигла 19,12 м, причем разница отметок воды с соседним колодцем, отстоящим всего на 8 м, достигла 13 м.

Когда производилось измерение	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\gamma'$	$\beta'$	$\alpha'$
5/VIII 1929 г.	23° 9' 30''	26° 13'	44° 29' 30''	10° 9' 30''	57° 4' 20''	94° 4'
19/VIII „	22° 51' 35''		44° 26' 35''			
14/XI „	22° 47'					
6/II 1930 г.	22° 46' 40''					



Отметки новых колодцев  
 № 1 — 120,818  
 № 2 — 119,744  
 № 3 — 119,396  
 № 4 — 119,587  
 № 5 — 120,306

Отметки контрольных точек 5/VIII-1929 г.  
 $\alpha$  — 115,352  
 $\beta$  — 115,252  
 $\gamma$  — 114,569

Масштаб:  
 1 м/м = 1 м

Фиг. 54 Схематический план выемки на линии Лоцманская-Апостолово перед входом в тоннель.

Увеличение сдвигов срубов колодцев, на последний перед обследованием отрядом ЦИСа период, оказалось незначительным.

Правая сторона выемки имеет в верхней части крутой откос, пока устойчивый, но с половины высоты этот откос становится

очень отлогим, из за просачивающейся грунтовой воде и сплыву нижней части откоса. Деформации этого откоса идут непрерывно.

Набросанный на него в августе 1931 г. грунт (толщиной до 0,5 м) к моменту наблюдения, т. е. примерно через два месяца, имел много трещин, с раскрытием до 5 см. В откосе во многих местах сочилась вода. Вешка погружается на глубину до 1 м в разжиженный грунт.

Верхняя часть выкопанного в 1929 г. шурфа на откосе сместилась до 2 м. Лоток, отводящий воду от тоннеля, разрушен совершенно, и грунт плывет в лоток.

Сплывающие откосы выемки, образуя наплывы и выпучивания в откосе, выпучивают земляное полотно и весь путь вверх. Величина выпучивания пути определяется подрезкой выпученной части на протяжении 140—150 пог. м; в ноябре 1930 г. эта подрезка производилась на глубину 0,4 м в наиболее выпученной части, а в августе 1931 г.—на глубину до 1 м. Выпираание пути начинается от портала и идет на вышеуказанное протяжение, имея наибольшую величину примерно посредине последнего.

Сползающая часть левого откоса производит сдвиг части portalного крыла, вследствие чего сколона лицевая часть камней кладки крыла.

Сползанием правого откоса совершенно разрушен правый лоток, отводящий воду от тоннеля, а левый деревянный лоток выпучен на 1 м вместе с полотном, но впоследствии подрезан и приведен к более или менее нормальному виду. Левый бетонный лоток перед входом в тоннель разрушен совершенно.

Общая картина, по описанию начальника отряда ЦИСа, инж. Ю. Н. Малюшицкого, рисуется в таком виде:

„Ко времени производства обследования отрядом выемка представляла собой весьма печальное зрелище. Откосы ее, обрушающиеся почти на всем протяжении, приобрели в верхних частях вид вертикальных стенок, нижняя же часть сползает террасами к самому пути. По поверхности террас откосов располагалась целая сеть глубоких и мелких трещин.

Устроенные прежде в кюветах деревянные лотки полностью разрушены. Поверхностные дренажи, упоминающиеся в материалах дороги, сохранились лишь в одном месте в виде навала камней по нижней части левого откоса в 20—30 м от портала тоннеля. По дну обрушившихся кюветных лотков шла вода, вытекающая из тоннеля и сочащаяся из откосов.

У правого откоса на пикете № 2088—2087, у места расположения старого шурфа, вода выходила в виде слабодействующего ключа, заболочивая прилегающие части подошвы откоса.

Поглощающие колодцы у левого откоса оказались перекошенными и наклоненными в верхних частях в сторону выемки. Вода в них, несмотря на весьма близкое расстояние между колодцами (по 8 м), стояла на разных горизонтах, причем разность уровней достигала в рядом расположенных колодцах 13 м.

За время с 11 по 23 октября 1931 г. дорогой были выполнены работы по восстановлению левого (по ходу) кюветного лотка выемки, ко всем же остальным работам дорога не приступала“.

Упомянутые работы были намечены комиссией Екат. ж. д. под председательством ЧПР, согласно акту от 20 августа 1931 г. и заключались в следующем:

а) устройство продольного дренажа по нижней берме левого откоса с выпуском в кюветный лоток; дренаж щебенчатый и каменный, с деревянной трубой;

б) восстановление левого деревянного лотка;

в) то же — правого лотка;

г) то же — нагорных канав;

д) забивка глиной и затрамбовка всех трещин в левом откосе, после регистрации их и точного нанесения на план; планировка левого откоса;

е) восстановление левого бетонного лотка перед порталом;

ж) установление неблюдений за уровнем воды в поглощающих колодцах с производством в одном из них бурения для выяснения необходимости дальнейшего углубления;

з) замена грунта полотна на глубину до 2 м.

Следует отметить, что комиссия признала выемку значительно осушенной по сравнению с предыдущими годами и весной 1931 г.

#### 4. Причины деформаций и меры против последних, предложенные ЦИСом

Инженерно-геологический отряд ЦИСа разделил деформации выемки на две категории: вертикальные, т. е. выпучивание полотна выемки, и горизонтальные, т. е. смещение откосов.

Первый вид деформации (выпирание вверх дна выемки и поднятие тем самым пути), как известно, может быть следствием, в первую очередь, слабости грунта у нижней части выемки. Наличие слабых, зеленых, гипсоносных глин и имеет в действительности место у рассматриваемой выемки, причем мощность этих грунтов весьма значительна.

Зеленые глины, находящиеся у основания выемки под значительной нагрузкой вышележащих в боковых и торцевом (со стороны тоннеля) откосах пород, выжимаются последними в сторону наименьшего сопротивления, т. е. в местах обнажений зеленых глин как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях.

Выжимание этого пласта из-под вышележащих бурых глин облегчается смоченностью поверхностей соприкасания обоих пластов.

Второй вид деформации (отколы и обрушения верхних частей откосов) вызван очевидно одновременно двумя причинами, взаимно усиливающими друг друга: образованием пустот под более плотными глинами *при выдавливании зеленоватых, гипсоносных глин* в сторону выемки, и присутствием значительных грунтовых вод на уровне границы суглинков и глин.

При рассмотрении расположения трещин по откосам большой выемки можно найти подтверждение вышесказанным нами пред-

положениям. Трещины располагаются, как это видно на фиг. 54, концентрически с некоторым центром, находящимся примерно у пути недалеко от входа в тоннель.

Таким образом сползающие массы устремляются к выемке в направлении, соответствующем действию наибольшего давления грунта как со стороны боковых, так и торцового откоса выемки. Кроме того, как было указано выше, в том же направлении идут и главные потоки грунтовых вод, с одной стороны непосредственно разжижающих откос, с другой — способствующих более быстрому перемещению глин по образующимся поверхностям скольжения при откосах, вызванных выжиманием нижних пластов.

Установив эти причины деформаций, отряд ЦИСа не считал возможным согласиться с правильностью уже принятых и намеченных Екат. ж. д. мер по нижеизложенным соображениям:

1) поглощающие колодцы, доведенные до мелкозернистых, охристых пелков, приближающихся к пльвунам, не могут дать должного эффекта ввиду неспособности подобных песков играть роль водопоглощающего пласта, тем более при маломощности и выклинивании последнего. Плохая водоотдача глинистых песков лучше всего видна из уже отмеченной резкой разницы горизонтов воды в смежных колодцах;

2) поверхностный дренаж, могущий служить целям отвода незначительных вод, непригоден при значительном притоке воды и, тем более — при образовании внутренних трещин в откосе, преграждающих воде путь в сторону поверхностного дренажа;

3) устройство глубокого дренажа по нижней из образовавшихся при обрушении откоса борм осушит лишь незначительную часть откоса, которая вряд ли сможет служить надежным упором для более отдаленных от пути земляных масс, расстроенных трещинами и насыщаемых поступающей сверху водой и, наконец,

4) замена слабого грунта выемки под путем каменной отсыпкой на глубину до двух метров вряд ли окажется достаточным противомеом против напора мощного слабо-глинистого пласта, сдавливаемого со стороны откосов вышележащими массами грунта. Правда, это мероприятие должно оказать некоторое влияние на общее осушение дна выемки, но и только.

Признавая несостоятельными меры, предложенные Екат. ж. д., и совершенно правильно объясняя эту несостоятельность отсутствием каких бы то ни было сведений о геологии выемки, инженерно-геологический отряд ЦИСа с своей стороны выдвинул следующие мероприятия, считая однако их лишь предварительными, впредь до более подробных геологических исследований:

а) для предохранения дальнейшего выпучивания слабых зеленоватых глин (и с ними вместе пути) надо уменьшить нагрузку на этот пласт, что легче всего достигается срезкой откосов до более пологих (1:5 или 1:3) или устройством ступенчатого откоса;

б) для предупреждения проникания в выемку грунтовых вод, идущих по суглинистым пластам, надо устроить ограждение выемки со всех трех сторон глубоким дренажем (или штольней), располагаемым на расстоянии не ближе 20—25 м от верхних бром

вок выемки. Это создаст в выемке сухой мощный массив, достаточный для удержания, на подобие подпорной стены, надвигающихся на него соседних масс грунта;

в) для перехвата межпластовых вод в уровне границы бурых и зеленых глин необходимо устройство второго дренажа либо в виде неглубокой прорези по откосу, либо же по типу Брюэра с бетонным маленьким лоточком по дну;

г) привести в полный порядок и поддержание в исправном виде всех лотков и нагорных канав;

д) произвести детальные разведывательные работы при помощи бурения на глубину 15—20 м по местам прохода будущих глубоких дренажей, а также и по местам закладки малого дренажа (но на глубину 2—3 м).

Экспертная комиссия согласилась с мнениями отряда о причинах деформаций и о непригодности мер, предложенных комиссией Екат. ж. д. Но с другой стороны экспертная комиссия указала на то, что отряд ЦИСа не выяснил самого главного вопроса — направления тока грунтовых вод и главного источника их питания. Между тем и конфигурация местности, и наличие значительного количества воды в тоннеле, и обрушения в нем при постройке, и схематический геологический разрез по оси тоннеля, и усиленный приток воды по подземным тальвегам, конфигурированным с надземными, показанными на фиг. 47 — все это заставляет думать, что основным источником питания грунтовых вод служит скопление их где-то под холмом, прорезаемым тоннелем.

Если это так, то наиболее радикальной мерой, осушающей одновременно выемку и тоннель, послужит штольня или группа штолен, выпускающая воду из упомянутого скопления. Так как выемка находится в безусловно угрожающем положении и таковое может наступить и в тоннеле вследствие выщелачивания бетона непрерывным действием грунтовых вод, необходимо, по мнению комиссии, принять радикальные меры по лечению выемки и тоннеля. Но конкретное выявление подобных мер возможно только тогда, когда будет установлена полная картина протекания грунтовых вод в районе, охватывающем и местность вдоль выемки и холм, прорезанный тоннелем; причем конечно буровые скважины в пределах этого холма должны быть сделаны на очень значительную глубину, позволяющую установить последовательность отдельных напластований в пределах холма и в районе выемки.

Впредь до получения подробной гидрогеологической картины района, экспертная комиссия не считает возможным выработать конкретные необходимые мероприятия по радикальной борьбе с деформациями выемки и тоннеля, но т. к. указанное исследование может затянуться, то экспертная комиссия сочла необходимым рекомендовать следующие временные меры:

а) устройство глубоких дренажей с обеих сторон выемки, в расстоянии 20—25 м от верхней ее бровки, с врезкой дна дренажей в глинистые грунты, лежащие под лёссовым пластом, причем отростки дренажей должны быть обязательно направлены по дну тальвегов, показанных на фиг. 47; выпуск дренажей может

быть направлен или в овраг, пересекающий выемку, или в кюветные лотки;

б) восстановление кюветных лотков;

в) устройство по откосам выемки нескольких прорезов, нормальных к оси пути, для лучшего просыхания откосов;

г) восстановление и ремонт нагорных канав.

Экспертная комиссия не указала длины дренажей, считая, что при имеющихся результатах обследования, основную роль сыграют дренажи под дном тальвега, направленные под углом к оси пути и безусловно обязательные; длина же и самое устройство остальных дренажей должны быть поставлены в зависимость от данных бурения по намеченной оси дренажей.

## VIII. Подходы к саратовскому мосту через р. Волгу

Саратовский переход р. Волги у Увека можно считать типичным переходом поймы большой реки с грунтами, не всюду благоприятными для возведения насыпи.

### 1. Общее описание перехода

Волга в месте перехода мостом у Увека имеет прямолинейный участок длиной 4 км, из которых 1,3 км приходятся выше линии перехода. Отверстие моста назначено по гидравлическому расчету применительно к расстоянию между существующими продольными дамбами, построенными Рязано-Уральской ж. д. на обоих берегах реки еще в 1895 г. Переход запроектирован в 250 м ниже концов упомянутых дамб.

Мост длиной 1 701,5 м имеет 16 пролетов.

Продольный профиль ж.-д. линии Саратов — Анисовка запроектирован на подходах к мосту высокими насыпями, расположенными на обеих поймах, как видно из фиг. 55.

Горизонт меженней воды р. Волги имеет отметку 4,88 м, а горизонт самых высоких вод 18,25 м.

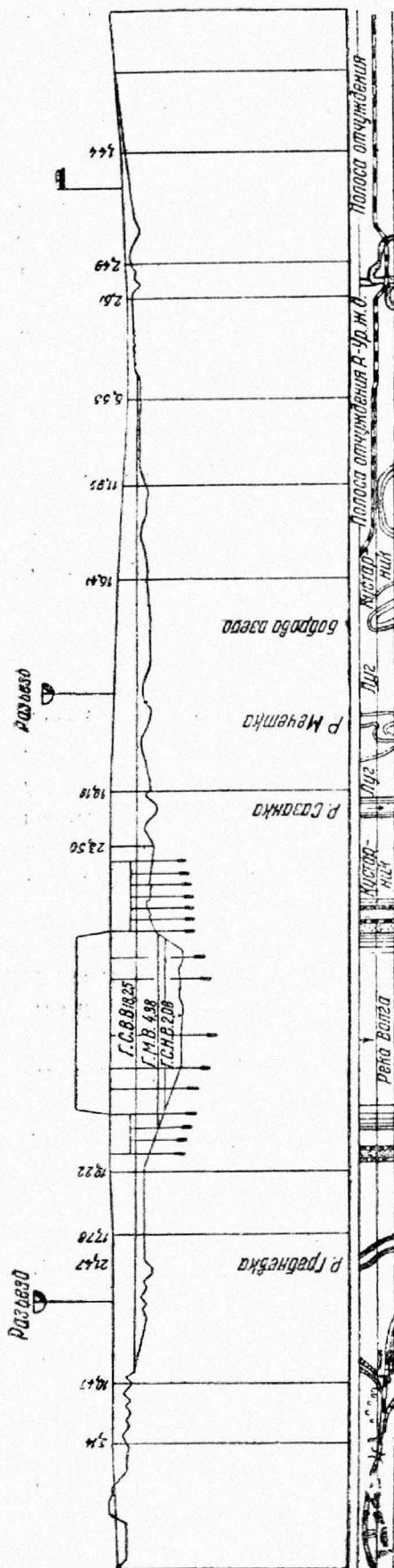
Правобережная насыпь длиной 1,95 км на значительном своем протяжении имеет высоту до 20 м, а наибольшая высота в месте пересечения протока Гребневка достигает 22,55 м. Объем насыпи — 1 100 000 м<sup>3</sup>.

Левобережная насыпь, протяжением 4 км с высотой до 20—25 м, на переходе через проток Сазанку имеет максимальную высоту 28,44 м. Объем — 2 150 000 м<sup>3</sup>.

На своем протяжении насыпи пересекают в четырех местах протоки и озера.

На правом берегу — проток Гребневка с глубиной меженней воды 2 м и высокой — 9,50 м.

На левом берегу: 1) проток Сазанка с глубиной воды в межень 3 м и высокую воду — 14,7 м; 2) проток Мечетка; 3) Боброво озеро с глубиной меженней воды до 3 м по оси пути и до 10 м у низового откоса насыпи.



Фиг. 55. Схема продольного профиля перехода р. Волги у Саратова.

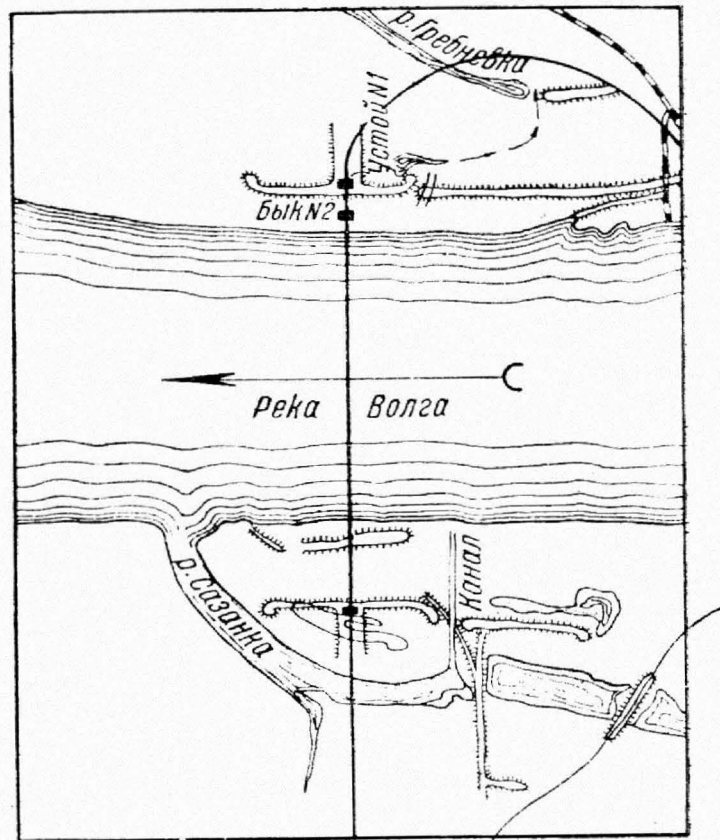
Полотно насыпи запроектировано двухпутное шириной поверху 9,6 м, за исключением мостового перегона (раз'езды Увек—Сазанка), где полотно однопутное шириной поверху 5,5 м. Полотно на раз'ездах Увек и Сазанка запроектировано под 3 пути.

## 2. Регуляционные сооружения

Вышеупомянутые продольные дамбы Рязано-Уральской ж. д. создают в русле реки как бы искусственный канал с правильным течением воды в нем (фиг. 56).

Правобережная дамба имеет длину до 800 м, ширину поверху около 5 м, с откосами 1:3 и 1:4; отметка бровки 15—17 м.

Левобережная дамба длиной до 600 м пересекается насыпью полотна ж. д., идущей от ст. Сазанка кряжам паромной переправы. Откосы дамбы—



Фиг. 56. Схематический план перехода р. Волги у г. Саратова.

от 1:2,5 до 1:4 с отметкой верха дамбы 17 — 18,5 м. Проект регуляционных сооружений составлен в предположении полного использования существующих дамб, причем последние подлежат досыпке до проектной отметки 19,25 м.

Проектом регуляционных сооружений у моста, утвержденным ЦУСтроем 3 июня 1931 г., намечено следующее

а) проектируемая правобережная дамба служит продолжением существующей дамбы Рязано-Уральской ж. д. Верховая часть этой дамбы имеет длину 1117 м, а низовая — 396 м. Правобережная дамба в верховой части имеет разрыв расстоянием в 60 м между головами дамб, считая в уровне подошвы откоса, с целью избежать замкнутого пространства, образующегося между полотном и дамбой площадью около 0,43 км<sup>2</sup>, что поставило бы дамбу и насыпь в условия работы плотины. В месте разрыва дамб устроен канал для спуска воды из озера, образующегося после пересыпки указанного на плане протока Гребневки. Ширина канала по дну — 10 м, с отметкою дна в начале 9 м и в конце — 8 м. Экспертная комиссия ЦИСа предложила: 1) расположить выход этого канала по кривой, направленной в низовую сторону для обеспечения более правильного направления струй; 2) усилить укрепление голов дамбы у канала;

б) левобережная дамба в своем верхнем конце совпадает с существующей дамбой Рязано-Уральской ж. д.; полная длина дамбы принята 860 м, считая от оси моста до головы дамбы. Длина низовой части дамбы определена расположением головы ее у Сазанки, что отвечает протяжению дамбы 275 м.

Аналогично правому берегу на левом берегу, после отсыпки насыпи полотна, образуется также замкнутое пространство площадью 0,325 км<sup>2</sup>, ввиду чего запроектирован разрыв дамбы шириною 50 м. В разрыве имеется канал шириною по дну 10 м, с отметкой дна в верхней части 6 м с уклоном к р. Волге. По отношению к этому каналу экспертной комиссией ЦИСа сделаны такие же указания, как для канала правобережной дамбы.

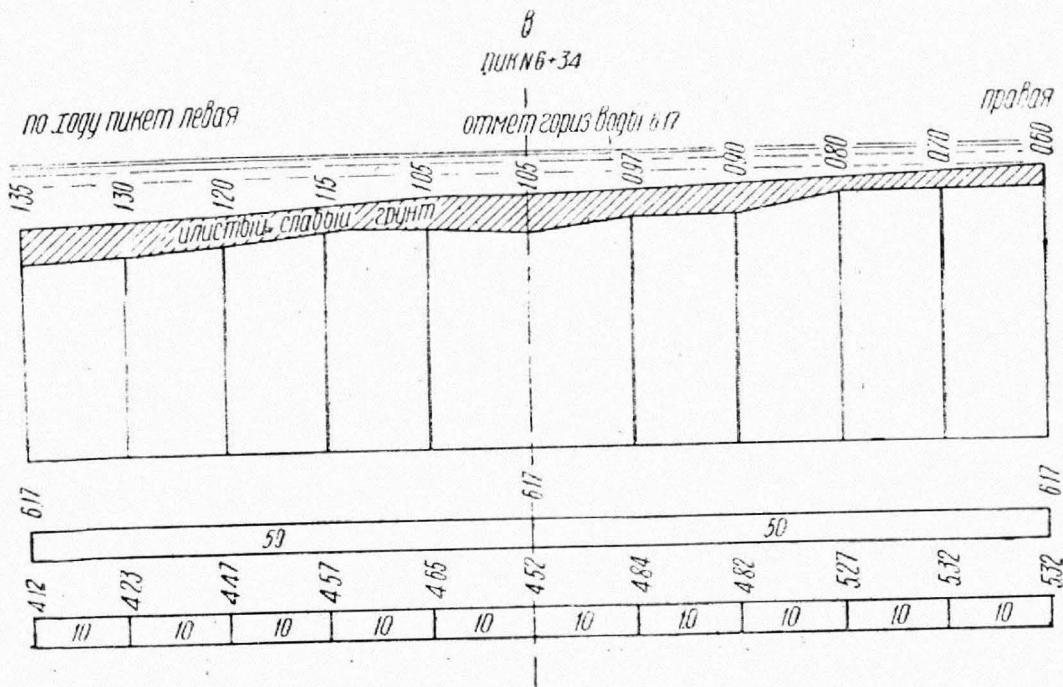
Материалом дамб служат мелкие и средние пески и суглинки, взятые с поймы реки. Ширина дамб поверху принята 5 м. Откосы с речной стороны — 1:2,5, с пойменной — 1:2. Укрепление откосов дамб намечено замощением камнем толщиной 30 см на слое щебня 20 см, с устройством каменного упора в основании.

### 3. Грунты насыпи и ее основания; способы производства работ

Основание под насыпью исследовано несколькими буровыми скважинами, сделанными по оси. Только впоследствии на протоках правого берега бурением было освещено дно и в поперечном направлении. Вне протоков грунт оказался песчаным на глубину свыше 5 м, а сверху прикрытым в некоторых местах горизонтальным слоем суглинка толщиной 1 — 1,5 м. Примерно таков же состав грунта на дне протока Мечетка, но на протоке Сазанка и на Бобровом озере песок сверху прикрыт слоем ила, достигающим 1,5 м толщиной на Сазанке, при почти ровном дне (фиг. 57 — 58) и 2,7 м

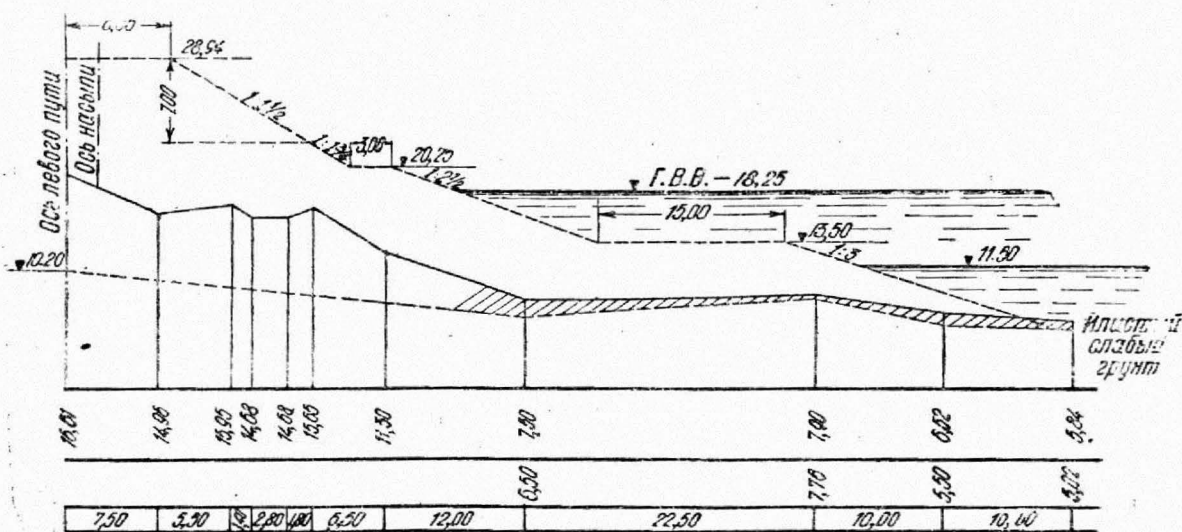


В общем, грунты основания, кроме протоков, достаточно хороши, тем более, что они подстилаются известняковой скалой. На протоках слой ила сам по себе вредно влияет на устойчивость насыпи, а на Бобровом озере это вредное влияние значительно усугубляется поперечным наклоном дна, не говоря о большой толщине илистого слоя.



Фиг. 58. Поперечный профиль в месте перехода р. Сазанки на пикете № 6+34.

Насыпь на правом берегу отсыпается главным образом паровозной возкой с разработкой грунта экскаваторами из карьера у станции Нефтяная. Грунты карьера — мелкие и средние пески и супески, отчасти суглинки.



Фиг. 59. Поперечный профиль насыпи на пересечении Боброва озера, от пикета № 18+70 до пикета № 19+30.

Левобережная насыпь отсыпается также паровозной возкой из Квасниковского карьера; грунт карьера — глинистые мелкие пески. Кроме того в насыпи обоих берегов воются грабарями мелкие супески и суглинки из резерва на поймах.

Состав грунтов чрезвычайно пестрый, даже в пределах одного карьера, как видно из следующих цифровых данных для левобережного карьера.

Образцы №	Процентное содержание частиц			
	Свыше 0,25 мм	0,1—0,25 мм	0,5 — 01 мм	Менее 0,05 мм
29	8,6	16,4	45,8	29,2
30	16,8	23,6	41,0	18,6
31	2,6	6,0	40,2	51,2
32	2,8	7,8	41,6	47,8
41		12,4	71,4	16,2
42		2,6	76,6	20,8
45		28,6	40,8	30,6
46		12,8	41	46,2

Еще пестрее состав в правобережном карьере и в пойменных резервах.

Влажность в карьере левого берега колеблется от 4,4 до 11,7%, в правобережном — от 7,5 до 37,7%, а в пойменных резервах — от 5,5 до 24,4%.

Как видно, грунты вполне допустимые для возведения насыпи на сухом хорошем основании в летнее время; но для отсыпки вводу, да еще на илистом основании, — чрезвычайно неблагоприятны по своей мелкозернистости. Для работ в зимнее время некоторые участки карьеров совсем непригодны по сильной влажности и большому проценту мельчайших частиц, тогда как другие допускают зимнюю отсыпку в случае принятия всех необходимых мер предосторожности.

Тем не менее за отсутствием других более подходящих грунтов вблизи места работ и ввиду крайней спешности работ пришлось пользоваться имеющимися грунтами и даже производить частичную отсыпку зимой, придав насыпям соответственные поперечные профили и приняв необходимые меры предосторожности, все же не исключая известные производственного риска. В отношении дальнейшего производства работ из данных грунтов, в частности зимой, экспертная комиссия ЦИСа приняла следующее решение:

а) производство зимних работ из карьера правого берега допустить лишь при условии неиспользования в насыпь глинистых грунтов, с тем чтобы глинистый грунт уложить в насыпь в летнее время, причем верх насыпи на высоту не менее 3 м должен быть отсыпан только песком. Перед переходом в насыпи с одного рода грунта на другой поверхность обязательно должна быть спланирована с поперечным уклоном в обе стороны во избежание образо-

ваний скопления воды. Такая же планировка поверхности грунта должна быть сделана перед временной приостановкой работ. Отдельные поезда или вагоны с глинистым грунтом разгружать только в сторону ядра насыпи, но не в сторону откоса;

б) по левому берегу считать возможным применение песчано-глинистых грунтов квасниковского карьера и пойменных резервов для образования насыпей подходов, за исключением низовых берм и нижней части полотна на протоках. Применение для насыпей грунтов квасниковского карьера в зимнее время считать нежелательным, но, учитывая срочность и большой объем работ, оставшийся к выполнению, требующие использования зимнего времени, допустить, хотя и с учетом возможности явлений местных деформаций и притом длительного характера, производство зимних работ с тем, чтобы были соблюдены все мероприятия, рекомендуемые ЦИСом по производству земляных работ зимой.

#### 4. Деформации в течение первого периода постройки

Постройка началась осенью 1930 г. и в течение зимы 1930/31 г. было отсыпано около 220 000 м<sup>3</sup> земли, примерно поровну на обоих берегах. Отсыпка производилась из первого попавшегося грунта, не на полную ширину насыпи. Летом 1931 г. отсыпка из ближайших по месту карьеров продолжалась, причем ее производили в виде постепенного уширения ранее отсыпанного ядра. В результате в 1931 г. получились два значительных обвала помимо многочисленных трещин в насыпи, особенно на левом берегу, обнаруженных после окончания земляных работ.

а) 25 мая насыпь на протоке Гребневка (правый берег) дала внезапное обрушение верхового откоса (пикеты №№ 124+13—125+81), увлекшее с собой под откос голову рабочего поезда. Сползание верхового откоса, вообще говоря, явление сравнительно редкое, но в данном случае легко объяснявшееся двумя причинами: 1) хотя откос был верховой по течению, но дно имело поперечный скат как раз в его сторону или было почти ровным; 2) свежая отсыпка производилась как раз со стороны этого откоса, причем часть отсыпки была произведена зимой и ранней весной. Причина деформации совершенно ясна — сползание свежеприсяпанной пропитанной водой призмы земли по наклонному откосу прежней части насыпи и по наклонному иловатому дну, с отжатием ила; нагрузка от поезда была лишь толчком к нарушению совершенно неустойчивого равновесия. Кроме того весьма вероятен и подмыв нижней части откоса высокими водами р. Волги.

б) 16 сентября обрушился низовой откос насыпи на Бобровом озере на длину 30 м, а шириной до 10 м. При значительном поперечном скате дна озера, толстом слое ила и отсыпке прямо в воду поездами иначе и быть не могло, особенно если принять во внимание качество грунта.

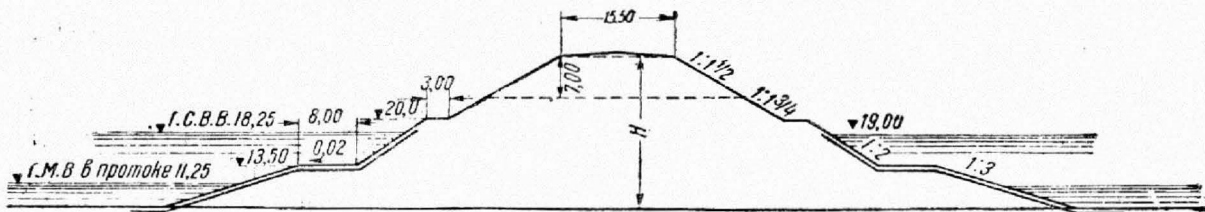
Обе эти большие деформации можно признать скорее полезными, чем вредными, т. к. они обратили внимание строительства

на необходимость упорядочения производства работ и на придание надлежащего поперечного профиля насыпи на протоках.

Из упомянутых мер по упорядочению производства работ, принятых в июле — августе 1931 г., следует указать: а) применение возможно крупного песка для пересыпки протоков нижней части насыпей и берм, хотя песок пришлось возить сравнительно далеко; б) уборку ила из-под основания насыпей на протоках по мере выпирания его при отсыпке, а также там, где можно убрать ил до отсыпки.

### 5. Поперечные профили подходов

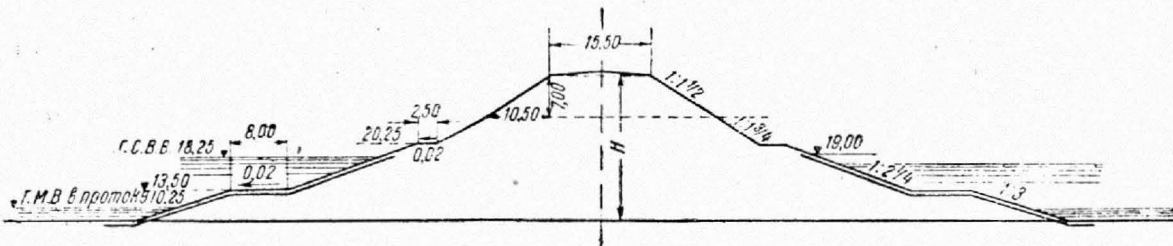
Поперечные профили (фиг. 60, 61, 62) насыпи в незатопляемой части их протяжения, имеют откосы 1:1,5 на высоту до 7 м и ниже — откосы 1:1,75. Такой же профиль принят в верхней части насыпей, выше берм, в пределах разлива. Ширина берм запроектирована на правом берегу 2,5 м и на левом — 3 м, с обеих сторон насыпи на отметке  $\geq 0,25$  м, т. е. на 2 м выше самого высокого



Фиг. 60. Поперечный профиль насыпи под три пути на пикетах №№ 11+15, 13+60, 17+80 до 20.

Примечание: от пикета № 18+29 до пикета № 20 ширина полотна устроена в 9.60 (в соответствии с проектом р.з.езда).

горизонта вод, учитывая высоту волны на 1 м. Ниже берм откосы насыпи имеют уклон 1:2,25 на правом берегу и 1:2,5 на левом — в соответствии со свойствами применяемых грунтов. На всех протоках назначены дополнительные бермы с бровкой наравне с поверхностью земли, на отметке 13,5; ширина этих берм 8 м, крутизна

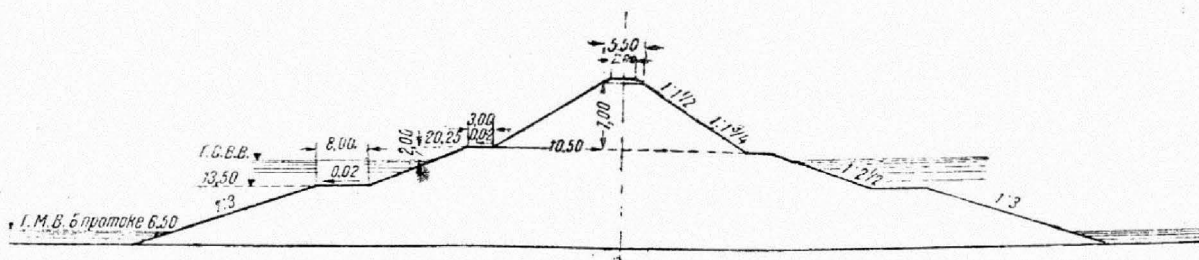


Фиг. 61. Поперечный профиль насыпи под три пути на пикетах №№ 125+18 и 124+27.

откосов 1:2. На Бобровом озере, ввиду расположения насыпи на наклонном дне, для устойчивости последней, ширина нижней бермы была предположена увеличенного размера до 15 м.

Цель верхних берм — усилить водонепроницаемость насыпи и создать опору укреплениям, чтобы в случае порчи последних не

затрагивалась собственно насыпь. Гораздо ответственнее роль нижних берм, преследующих четыре цели: а) полное отжатие иловатого гунта из-под всего откоса насыпи и верхней бермы; б) создание контрфорса против сползания по илу; в) придание известного запаса нижней части насыпи, на случай если грунт примет гораздо более пологий откос, чем предположено, т. к. подобная возможность отнюдь не исключена при отсыпке прямо в воду; г) создание уширенного пьедестала для насыпи, в который последняя будет неизбежно вдавливаться, благодаря различной консистенции грунтов, отсыпанных в воду и отсыпанных насухо выше горизонта последней.



Фиг. 62 Поперечный профиль насыпи под один путь в пределах от пикета № 5+80 до пикета № 7+60.

В соответствии со сказанным экспертная комиссия ЦИСа внесла ряд поправок в выработанные строительством поперечные профили, а именно:

а) на протоке Гребневка, пересекаемом под довольно острым углом, упереть низовую берму в берега, т. е. засыпать ею образовавшийся небольшой залив. Попутно, во избежание застоя воды в Гребневке вдали от насыпи, экспертная комиссия предложила применить там плетневые илоудержатели для постепенного заиления тех более глубоких мест, где вода застаивается;

б) на протоке Сазанка, ввиду большой высоты насыпи и значительной толщины слоя ила в основании (хотя частично убранного) — повысить отметку нижней бермы до 15,5 м и уширить ее на 5 м.

Помимо того, так как Сазанку нельзя было закрыть полностью к весне, ввиду необходимости пропуска по ней в полую воду паромов Рязано-Уральской ж. д. и так как в 1932 г. для ускорения работ приходилось сыпать в воду часть земли, то экспертная комиссия признала необходимым очистить перед началом работ 1932 г. уже отсыпанную землю от ила что лучше всего произвести рефулером, а в случае отсутствия его — регулярной усиленной работой пароходного винта в воде над насыпью;

в) на протоке Мечетка, где откосы нижней бермы упираются в обратный скат дна, признать достаточным запроектированный поперечный профиль.

На Бобровом озере признать наиболее целесообразным устройство каменного контрбанкета в пределах низководной бермы, но, учитывая крайнюю затруднительность в получении камня в достаточном количестве и его дороговизну, допустить некоторый производственный риск, связанный с ускорением работ, ограничиваясь для обеспечения устойчивости насыпи поднятием низководной бермы

до отметки 15,5 м и уширением ее до 20 м, с обязательным условием нахождения откоса берм на горизонтальной части дна русла озера.

Упомянутые выше цели заставили экспертную комиссию выдвинуть некоторые предложения и по производству работ, помимо уже принятых строительством (см. раздел 4), а именно: отсыпку насыпей и берм на протоках производить из середины, для постепенного выдавливания из-под насыпей и берм ила и уплотнения нижних слоев, отсыпаемых в воду.

Кроме того комиссия предложила поставить наблюдение за состоянием насыпей и берм и за наличием находящегося в нижней их части ила, для принятия своевременных мер с целью обеспечения их устойчивости. Эти наблюдения должны производиться как установкой продольных створов с периодической нивелировкой, так и бурением и зондировкой периодически по мере обнаружения деформации насыпей и берм.

Наконец комиссия сочла нужным установить опытным путем углы естественного откоса употребляемых грунтов при отсыпке насухо и в воду, с целью проверки достаточности откосов, запроектированных на профилях.

## 6. Укрепление откосов

Откосы насыпей проектируется укрепить:

а) в верхних частях от бровки полотна до отметки 19 м, а также по всей поверхности откосов в незатопляемых местах — обсевкой;

б) в нижних частях от отметки 19 м до подошвы насыпи каменной мостовой толщиной от 0,17 до 0,25 м на слой щебня толщиной 0,12—0,17 м в соответствии с местными условиями. Внизу в основании мостовой устраивается упор из камня при ширине не менее 0,6 м.

Указанный тип укрепления откосов принят Сарволгостроем в укрепительных работах р. Волги; таким же мощением укреплены откосы насыпи полотна Рязано-Уральской ж. д. на левом берегу на участке Сазанка — Анисовка.

В зависимости от рода грунтов и времени устройства укрепления частично может быть устроено мощение откосов в плетневых клетках. В протоках и озерах откосы берм, ниже уровня вод, укрепляются фашинными рядами с загрузкой их камнем.

Для временной защиты частично возведенных насыпей от весеннего половодья была применена хворостяная выстилка откосов и установлены плавающие бревна, умеряющие действие волны. Головная часть правобережной насыпи у устья укреплялась временной наброской камня в плетневых клетках. Такие же укрепления откосов в плетнях применены для части насыпи в пределах протока Гребневка. Указанные укрепления оказались отвечающими своему назначению, и насыпь не получила повреждений от действия высоких вод р. Волги, горизонт которой в 1931 г. 31 мая доходил до отметки 15,5 м, что отвечало поднятию воды около 11 м.

Экспертная комиссия ЦИСа сочла необходимым перел обсевкой покрыть откосы растительной землей, а там, где можно ожидать усиленного выдувания ветром или размыва дождевыми водами, — дополнить это укрепление дерновыми клетками. Применение мостовой в плетневых клетках, по мнению комиссии, должно ограничиваться лишь достаточно влажными участками насыпей (например на протоках), т. к. иначе при сухом климате рассматриваемой местности и песчанистом грунте насыпи плетневые клетки могут засохнуть не проростая.

Для укрепления конусов комиссия рекомендовала до горизонта на 1 м выше самых высоких вод устройство двойной мостовой в плетневых клетках на слое щебня или двойной мостовой с верхним слоем камня толщиной 0,3 м на слое щебня, а выше горизонта высоких вод — одиночной мостовой на слое соломы, с поддерживающими плетнями или на слое щебня.

## IX. Насыпь на 13—15 км Самаро-Златоустовской ж. д. у ст. Обшаровка при подходе к мосту через Волгу

### 1. Общее описание

Линия Самаро-Златоустовский ж. д. на 13—15 км протрассирована левой поймой р. Волги, местами (на пикетах №№ 1511, 1509 и 1507), пересекая ее протоки, работающие во время половодья.

Отметка поймы в среднем 26,5 м (от 22 до 31 м). Протоки при низком горизонте не имеют сообщения с р. Волгой и представляют собой озера, протянувшиеся в направлении, почти параллельном р. Волге и имеющие глубину от 1 до 4 м, с берегами, заросшими кустарником и камышом. Пейма, особенно вдоль трассы, покрыта лесом (вяз, тополь, ива, дуб и пр.).

Описываемый участок был сооружен в 70-х годах однопутным, а в 1901—1905 гг. был присыпан второй путь с правой стороны (низовой).

Материалов о сооружении не сохранилось. Насыпь повидимому отсыпалась из выемки у ст. Обшаровка паровозной возкой и частично из резервов, расположенных с низовой стороны.

Насыпь от волжского моста (13 км, пикет № 1526) была запроектирована уклоном  $2\%_{00}$  протяжением 512 м; от пикета № 1521 трасса идет уклоном  $10\%_{00}$  протяжением 975 м и далее от пикета № 1511 — площадкой. До 18 км максимальная высота насыпи на пикете № 1521 равна 19 м; далее благодаря уклону она постепенно понижается до 7 м.

При изысканиях, произведенных весной 1931 г. в связи с предположенным смягчением профиля, проектные отметки насыпи оказались имеющими довольно большие расхождения с действительностью.

Насыпь с верховой и низовой сторон укреплена каменной мостовой; на 1 м выше горизонта высоких вод с низовой и с верховой сторон отсыпаны бермы.

Заложения откосов — 1 : 1,75.

За последние 15 лет каких-либо деформаций левого пути не замечалось, правый же, отсыпанный в начале столетия, имеет постоянные ежегодные просадки в следующих местах:

а) на 13 км (пикеты №№ 1522—1521, протяжением 200 м) наблюдаются ежегодные просадки правого пути весной после прохода весенних вод, достигавшие в 1925 г. (наиболее высокой под'ем р. Волги) после прохода весенних вод 0,5 м; на оси междупутья появилась трещина шириной 2—5 см; с низовой стороны мостовая осела на глубину 1—5 м вследствие размыва откоса.

Кроме того на этом участке ежегодно наблюдаются трещины по междупутью, особенно хорошо заметные зимой.

Ремонт пути производится исключительно подсыпкой баласта; подмытые в 1925 г. откосы не ремонтировались;

б) на 15 км (пикеты №№ 1511—1510—1509) наблюдаются также ежегодные просадки правого пути после прохода весенних вод, доходящие до 0,1—0,15 м и в 1926 г. не превысившие этих величин. Зимой просадок и трещин нет;

в) на 16 км (пикеты №№ 1490—1489, протяжение 200 м) в 1926 г. после прохода весенних вод произошла осадка правого пути местами более 0,5 м.

В 1931 г. на этом участке от 13 до 15 км Башжелдорстроем начаты работы по смягчению профиля, а именно — по замене уклона 10‰ уклоном 6‰ на прямой, для чего требуется подсыпка на протяжении 15 пикетов с максимальной разницей высот по сравнению с существующей насыпью 3,3 м.

Подсыпка осуществляется с низовой (правой) стороны.

Работы производились паровозной возкой из выемки, разрабатываемой экскаваторами у ст. Обшаровка.

## 2. Обрушение присыпки в 1931 г. и производство исследований

При производстве работ осенью 1931 г. произошел спływ новый присыпки при пересечении ею протока на пикете № 1509, захвативший в длину 55 м и в ширину до 3 м.

После этого происшествия в ноябре 1931 г. на место выехала комиссия НКПС под председательством В. Н. Ксандрова, признавшая дальнейшее производство работ опасным и прекратившая их до весны.

Комиссия установила, что грунт насыпи — суглинистый, а иногда — глинисто-песчаный.

Буровые данные в то время были очень недостаточны, но на основании их можно было сказать, что основным грунтом поймы является мелкозернистый песок, прикрытый иловатой глиной, верхние слои которой в протоках разжижены.

Комиссия установила далее абсолютно неправильный способ производства работ, а именно — отсыпку полотна с сосредоточением главной массы земли у бровки существующего полотна, без предварительного или одновременного уширения подошвы и отсыпки берм. Немудрено, что при подобном методе и при длительных

дождях, шедших с малыми перерывами между 25 августа и 1 ноября, устойчивость насыпи стала крайне сомнительной; на протоках к этому присоединилась еще слабость основания, несомненно отдаленного в сторону тяжестью присыпки.

Поэтому комиссия В. Н. Ксандрова признала необходимым, помимо возможного сдвижения четного (правого или низового) пути в сторону нечетного, спустить часть подсыпки для образования бермы, а на протоках применить уступчатые бермы с шириной каждого уступа по 8 м. Комиссия с полным основанием потребовала, чтобы бермы возводились из грунта, однородного с присыпкой, а впоследствии были укреплены мостовой в клетку.

Далее комиссия признала необходимым продолжить подсыпку четного пути лишь после того, как нечетный будет поднят до отметки четного пути, достигнутой к ноябрю 1931 г., и установить тщательный надзор за полотном и путем, для ремонта которого была сформирована особая бригада.

В отношении сплыва комиссия В. Н. Ксандрова наметила удаление сползшей массы выше горизонта межени, дальнейшие же меры могли быть установлены только после тщательного бурового исследования, каковое было возложено на ЦИС.

### **3. Геологическое строение насыпи и ее основания. Поперечные профили отсыпки**

Разрезы скважин, из которых наиболее типичные приведены на фиг. 63, 64 и 65, показывают, что грунт основания почти всюду одинаков, состоя из иловатой глины, прикрывающей мощную (бурением не пройдена) толщину песков, сильно напитанных водой и по характеру близких к плавунам.

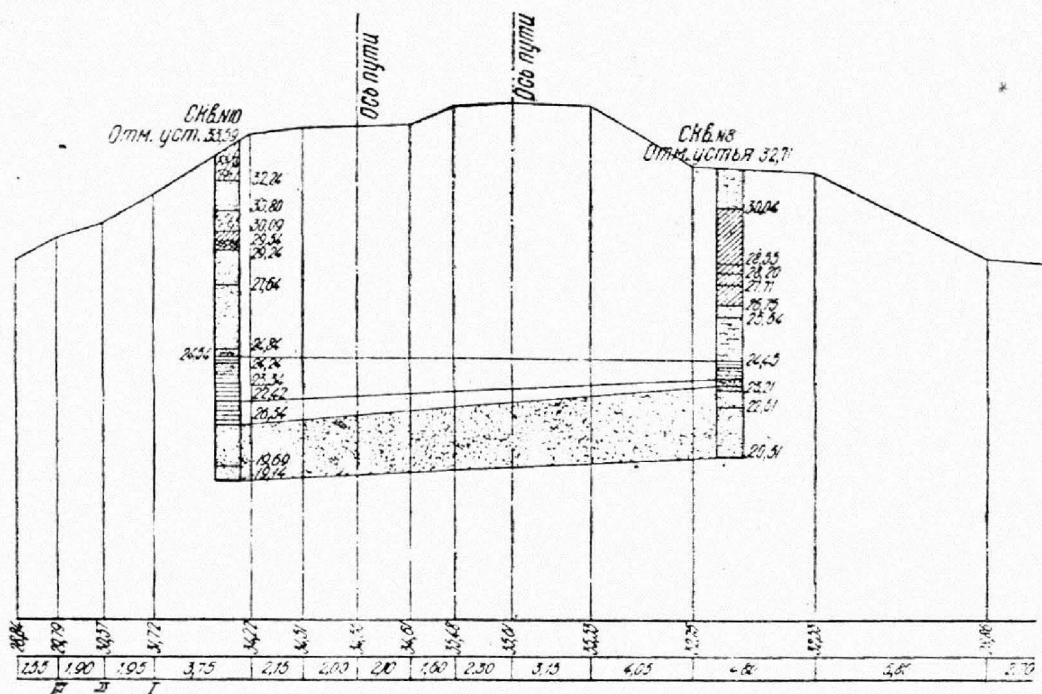
Грунт насыпи в большинстве — суглинок, но иногда встречаются слои глинистого песка. Только на месте сплыва картина иная и преобладает песок.

В общем грунты насыпи относятся к типу, часто встречающемуся на поймах больших рек, и сами по себе, при условии правильной отсыпки, не вызывают опасений, за исключением участка у пикета № 1509, где впоследствии может образоваться карман водоносных грунтов, особенно в связи с неминуемым образованием баластных корыт.






Большая высота насыпи при рыхлом грунте присыпки и отсутствии правильного уплотнения ее (хотя катки имеются на месте, но повидимому не применяются в сколько-нибудь значительной мере, если они применяются вообще) неизбежно вызовет длительные просадки, но вряд ли катастрофического характера. Последние могли бы иметь место только на протоках, вследствие: а) наличия разжиженного слоя основания; б) отсыпке низов насыпи и бермы прямо в воду.

Предупреждение подобных больших подвижек как известно достигается планомерным выдавливанием жидкого грунта из-под основания и отсыпкой широких берм с низовой стороны одновре-

менно с отсыпкой насыпи. Так как работы велись без подобной планомерности, то и произошел в свое время спływ на пикете № 1509. В настоящее время возможность новых крупных деформаций может быть предотвращена только отсыпкой очень широких берм.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

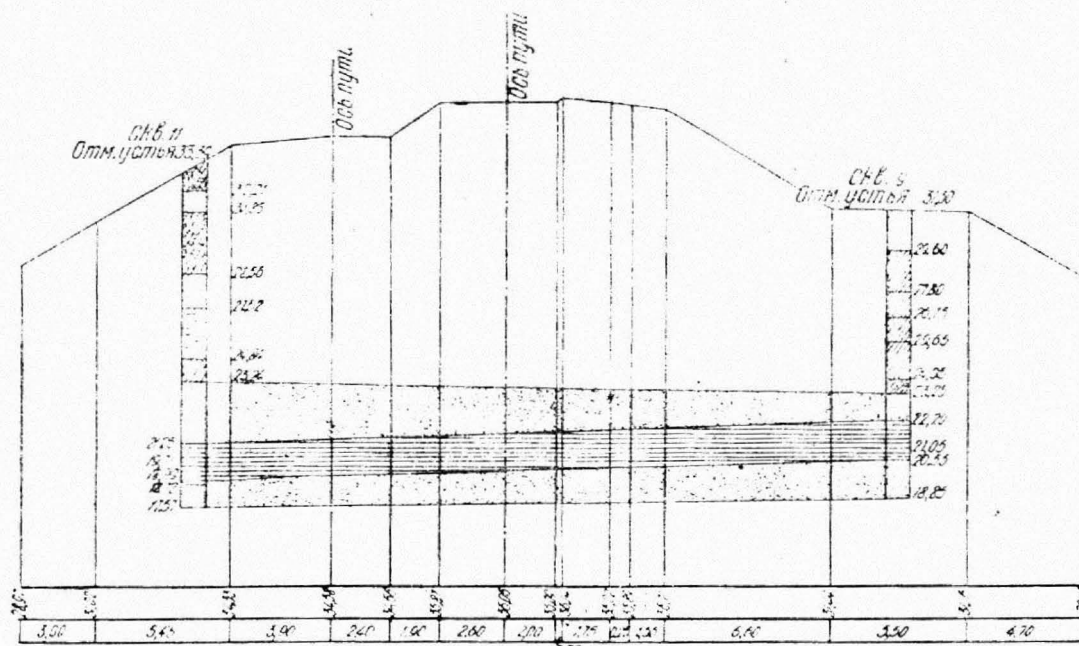
-  Песок
-  Суглинок
-  Суглинок
-  Глинистый песок
-  Песчаная глина

Фиг. 63. Поперечный геологический разрез насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1506+6.






Ввиду изложенного существенный интерес представляют те поперечные профили, которые в настоящее время приданы насыпям на протоках. Как видно из фиг. 66, 67 и 68 ширина сделанных берм значительна, и поперечные профили могут считаться достаточными с небольшим лишь уширением берм.

Следует отметить, что в обследование ЦИСа не попали места, где в прежнее время наблюдались постоянные осадки; весьма вероятно, что причиной последних служат баластные корыта, в связи с мешками песчаного грунта в суглинистой насыпи. Во всяком случае исследование этих мест крайне желательно.

Следует еще отметить некоторую неполноту бурения ЦИСа на имеющихся поперечниках, вызванную тем, что оно производилось во время под'ема и стояния высоких вод, не позволившего произвести бурение у подошвы бермы и ниже по протокам.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

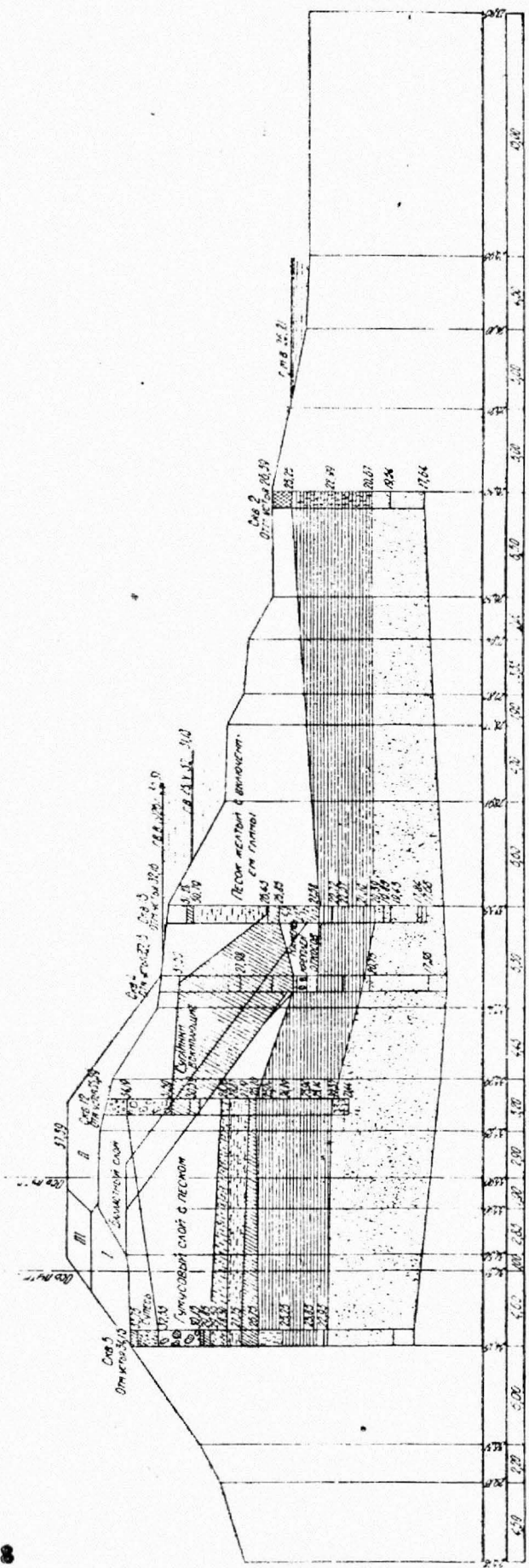
-  Песок.
-  Суглинок с гумусом.
-  Супесок.
-  Глинистый песок.
-  Глина.

Фиг. 64. Поперечный геологический разрез насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1510 + 35.

#### 4. Намеченные мероприятия

Экспертная комиссия согласилась с заключением инженерно-геологического отряда ЦИСа в том, что предпосылок для оползневых деформаций насыпи на протоках в настоящее время не имеется, но указала, что просадки четного пути, особенно его правой половины, будут неизбежно иметь место вследствие нормальной осадки свежеприсяпанного грунта, тем больше, чем с меньшей тщательностью будут производиться работы по досыпке.

В связи со сказанным экспертная комиссия вынесла следующее постановление, представляющее некоторое развитие предложений отряда ЦИСа.



67  
 Фиг. 65. Поперечный геологический разрез насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1508 + 7515.

Фиг. 65. Поперечный геологический разрез насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1508 + 7515.

1. Досыпка насыпи на 15 км может быть возобновлена при следующих условиях:

а) досыпка производится равномерными слоями в 0,3—0,4 м с обязательным уплотнением грунта;

б) работы начинаются с поднятия нечетного пути на высоту в зависимости от предела возможной отодвижки четного пути!

в) откос нечетного пути при поднятии полотна досыпкой должен представлять продолжение старого откоса, а основание под досыпкой спланировано и взрыхлено;

г) досыпка четного пути производится после достаточной осадки нечетного пути по окончании упомянутой первой стадии его отсыпки,

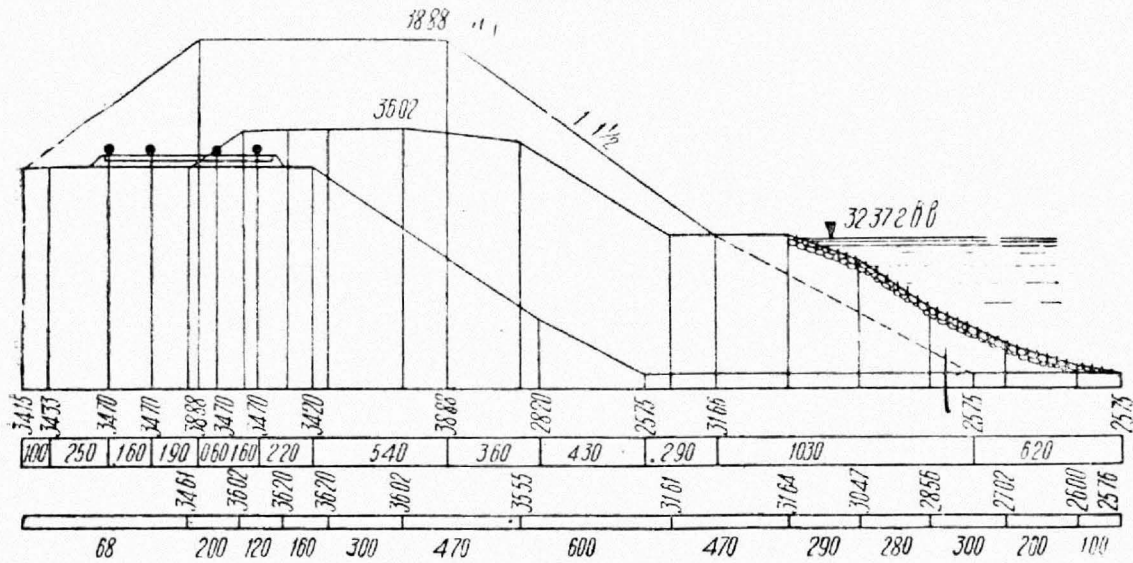
д) отсыпка четного пути производится снизу от подошвы горизонтальными слоями толщиной в 0,3—0,4 м, с уплотнением, причем при толщине досыпки по откосу до 1 м отсыпка ведется с утрамбовкой;

е) нечетный путь должен быть досыпан до проектной отметки после достаточной осадки четного пути.

2. Насыпь на первом протоке (пикет № 1511) должна быть усилена бермой шириной не ме-

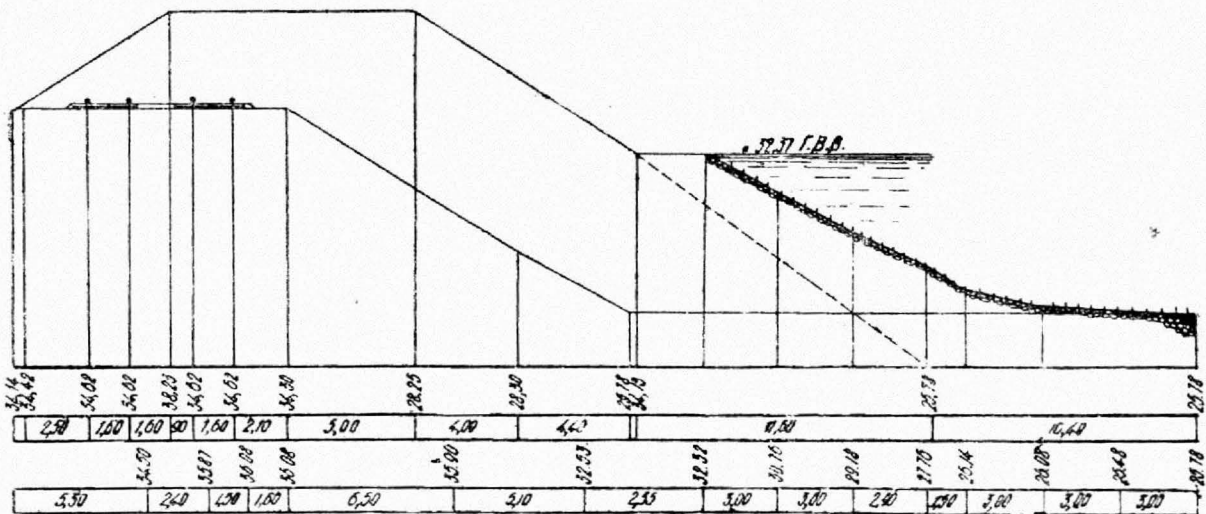
1 Схема этой очередности показана на фиг. 65.

нее 4 м на 0,25 м выше горизонта высоких вод с откосом 1:1<sup>3</sup>/<sub>4</sub>, причем, прежде чем приступить к досыпке бермы, существующая берма и ее откосы должны быть освобождены от мостовой и плетня и берма срезана по линии, указанной пунктиром, а полученный от



Фиг. 66. Поперечный профиль насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1510 (143+17).

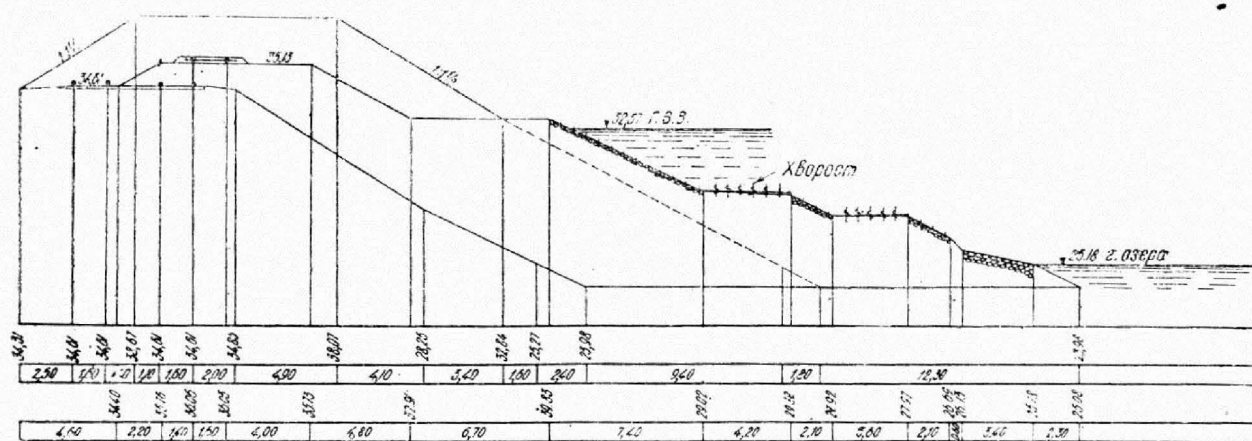
срезки грунт использован для усиления нижней бермы; отсыпка должна вестись горизонтальными слоями толщиной 0,3 — 0,4 м, с обязательным уплотнением.



Фиг. 67. Поперечный профиль насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1509 (144+17)

3: Необходимо установить наблюдения за просадкой насыпи путем установления створа по бровке четного полотна посередине 1 и 2 бермы и по одному поперечному створу на каждом протоке с регулярной нивелировкой как по продольным створам, так и по поперечным, по ранее фиксированным точкам, включая все четыре головки рельса.

4. Необходимо установить на первом (пикет № 1511) и втором (пикет № 1509) протоках у подошвы насыпи на площадке верхней бермы по одной контрольной скважине с обсадкой трубами для наблюдения за уровнем воды в теле насыпи, особенно в период подъема и спада воды, связав эти наблюдения с наблюдениями за колебаниями горизонта воды в протоке. Обсадные трубы должны быть опущены до глин, примерно на первом протоке до отметки 21 м и на втором до отметки 23 м.



Фиг. 68. Поперечный профиль насыпи около ст. Обшаровки на пикете № 1508+70 (144+47).

Помимо изложенного экспертная комиссия указывает на недопустимость присыпки глинистого земляного полотна узкими полосами, параллельными откосу, без разравнивания на полную ширину и безо всякого уплотнения, тем более, когда речь идет об очень высокой насыпи, проходящей по затопляемой пойме и частично отсыпаемой в воду (при пересечении протоков).

## X. Деформации насыпи на болоте близ ст. Невель МБ-Б ж. д.

Описываемые деформации служат ярким примером того, к каким печальным и трудно исправимым последствиям могут привести отсутствие элементарного геологического обследования и неправильное производство работ, отчасти обусловленное полной искаженностью сведений о роде основания.

Если в пределах выемок первоначальные ошибки могут быть исправлены впоследствии, хотя бы дорогой ценой, то в пределах насыпи подобное исправление уже затруднительнее, а там, где насыпь проходит по глубокому болоту, принятие во время эксплуатации достаточно надежных мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна связано с большим риском для движения и обходится чрезвычайно дорого.

Поэтому, чтобы уже при постройке принять соответствующие меры, необходимо при пересечении болотистых районов получить

ясную картину глубины болота, его консистенции и наличия или отсутствия поперечного ската дна, равно как и иметь сведения о характере грунта, подстилающего болото. Это может быть достигнуто только путем бурения легким буром или зондировки специальным стальным болотным зондом, но никак не издавна принятым у наших изыскателей и строителей способом определения глубины болота вешкой с железным наконечником или даже железным щупом. При вдавливании в болото вешки или щупа верхние, более плотные слои торфа, сжимаются и оказывают такое сопротивление, что ни вешка, ни щуп не могут пробиться сквозь сколько-нибудь толстую кору болота и дают абсолютно неверные показания глубины болота, т. к. до нижних разжиженных слоев ни вешка, ни щуп не доходят. На это обстоятельство указывалось уже давно, но рутинно так велась в наши изыскательские приемы, что инструкции для изыскателя вплоть до 1931 г. прямо указывали на вешку, как на орудие измерения глубины болот. Только грандиозные деформации невельского болота, обусловленные совершенно противоположным действительности освещением картины глубины болота и его консистенции, благодаря промеру вешкой, заставили *категорически воспретить* применение вешек для исследования глубины болот.

### 1. Общее описание района

Ветви №№ 7 и 8 Невельского узла пересекают на пикетах<sup>1</sup> № 9 + 50 до 11 (фиг 69 и 82) небольшое по длине, но очень глубокое болото, поросшее низким хвойным лесом. Изыскатели, втыкая вешку, естественно не могли определить глубины болота и сочли торфяной слой очень тонким и чисто поверхностным<sup>2</sup>. На этом основании насыпь возводилась без всяких мер предосторожности, принимаемых на болотах, хотя наличие даже тонкого торфяного слоя обязывало строителей попытаться срезать его на всю предполагаемую толщину; тогда сразу обнаружился бы истинный характер основания насыпи. Разумеется при подобном способе производства работ произошло то, что и должно было произойти, т. е. уже в самом начале постройки насыпь прорвала болотную кору и провалилась глубоко вниз (фиг. 70).

Тогда стали промерять глубину провала, наполнившегося до верха водой, и определили ее в 14 м. Только тогда сделали подробную зондировку болота, показавшую, что болото не только глубоко и жидко, но обладает и значительным поперечным скатом дна.

По мере дальнейших деформаций насыпи, о которых сказано ниже, производились и дополнительные исследования, в результате которых можно дать следующую общую геологическую картину района деформаций.

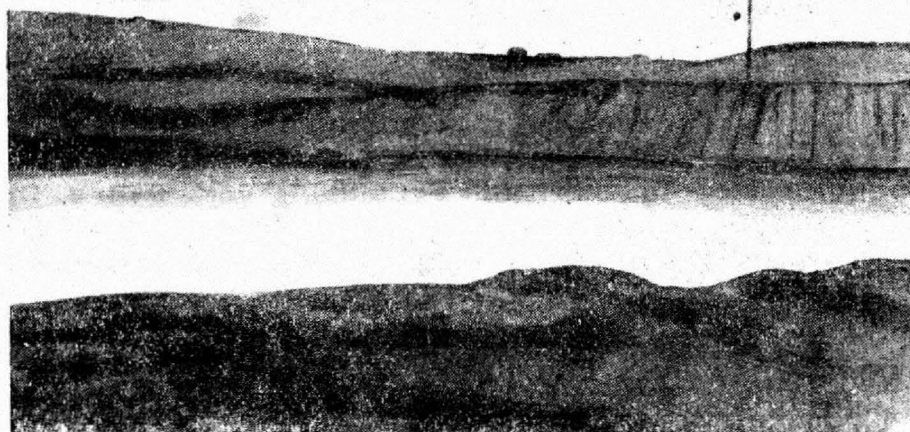
<sup>1</sup> На некоторых планах, вместо этой нумерации, имеется 19 + 50 до 21.

<sup>2</sup> Это показывает на полную неопытность изыскателя, так как низкие сосны в данном районе необычайно характерны именно для глубоких болот, причем как-раз в этих, заросших лесом, болотах верхний слой торфа очень плотен и вешка в него идет на весьма малую глубину.

Описываемое болото расположено в озерном районе, обнимающем юго-западную часть Ленинградской области и северную часть Белоруссии (бассейны правых притоков р. Зап. Двины и бассейн р. Ловати с притоками). Ниже приводится описание, данное геологом Буцько С. С.

„Окружающая поверхность местности выражена формами типичного моренного ландшафта: куполообразные и удлиненные холмы чередуются с полыми формами рельефа, занятыми озерами или торфяными впадинами. Характер отложений в ближайшем соседстве с рассматриваемым болотом представлен в верхней части валунными суглинками красно-бурого цвета мощностью до 5—6 м. Ниже залегают бурые и темно-бурые глины с большим включением галек и гравия кристаллических пород. По всей холмистой поверхности разбросаны многочисленные валуны, иногда превышающие по диаметру 1 м.

Ниже ледниковых отложений залегают породы девонского возраста, преимущественно континентального порядка.



Фиг. 70. Прорыв болотной коры и провал насыпи на Невельском болоте; линия Ленинград—Витебск.

Одни из многочисленных озер данного района имеют характер замкнутых котловин, другие имеют сообщение между собою через небольшие протоки и речки. Описываемое торфяное болото имеет сборный бассейн с площадью, не превышающей 0,5 км<sup>2</sup>; выход расположен в северной части под едва заметным уклоном в систему аналогичных заболоченных пространств, примыкающих с северо-восточной стороны. Очертания берегов болота слабо изрезаны. Наибольшая длина его 300—350 м при ширине в 250 м. Общая площадь, занятая болотом, равна приблизительно 75 000 м<sup>2</sup>. Абсолютная отметка поверхности болота — 169 м.

Данные прежней с'емки показывают, что в срединной части болота дно было несколько приподнято, что нередко встречается

в торфяных болотах. Максимальное превышение соседних точек холмов над уровнем болота достигает 20 м в расстоянии 150 м от его берега. Наибольшая глубина дна болота — 19,65 м от поверхности на абсолютной отметке около 150,00 м, при удалении от линии берега на расстояние 75 м.

Таким образом крутизна склона болота от береговой линии до дна вдвое превышает крутизну склона поверхности холма от его вершины до поверхности болота. Это чрезвычайно характерная картина для болот данного района. В отдельных местах крутизна склона данной поверхности болота доходит до 2:1 (заложение 5 м, глубина 10 м).

Поверхность болота в средней части заросла мелким чахлым сосняком и кустами багульника, и на моховых кочках растет клюква. Прибрежные части лишены древесной растительности и покрыты только мхом и травой.

Вскрытый канавами торфяной покров с поверхности имеет желто-бурую окраску, с глубиной переходящую в темно-бурую; при извлечении на дневную поверхность торф быстро чернеет от окисления на воздухе.

Верхний слой торфа, на глубину до 2 м, обладает довольно значительной связностью и относительно сух; но ниже вся масса торфа разжижена.

Таким образом болота на ветвях №№ 7 и 8 невельского узла относятся к типу заросших озер.

## 2. Производство работ и деформации насыпи.

При наличии описанных выше условий, т. е. очень глубокого болота, сильно разжиженного в нижних слоях, со значительным скатом дна, отсыпка насыпи должна преследовать следующие задачи:

а) возможно скорее и на достаточно большую ширину прорвать верхнюю более плотную корку, которая при прорыве неизбежно отогнется вниз;

б) выдавить из-под насыпи разжиженный слой, чтобы подошва ее опиралась на твердое дно;

в) так как по наклонному скользкому дну насыпь неизбежно будет сползать, то создать с нижней стороны мощный и достаточно устойчивый контрфорс;

г) насколько возможно отвести воду от поверхности болота во избежание размачивания насыпи, имея при этом в виду, что с отсыпкой насыпи на болоте неизбежно сопряжено выпучивание поверхности последнего, тем более значительное, чем глубже болото и круче поперечный скат его дна.

Для достижения указанных целей принимаются следующие меры:

1) верхний слой торфа под будущей насыпью снимается на возможно большую глубину, а в крайнем случае под насыпью делается целая система продольных и поперечных прорезов; эти меры служат для быстрого и возможно равномерного прорыва верхней корки;

2) контрфорс создается в виде бермы, отсыпаемой одновременно с насыпью и составляющей с последней одно целое, причем хоть часть подошвы бермы должна покоиться на ровном дне; отогнутая верхняя корка и сплотненный отжатый слабый грунт болота усиливают действие контрфорса;

3) отсыпка должна вестись с *верховой стороны*, т. к. отжатие происходит в сторону более глубокой части болота, и если сыпать одновременно насыпь по всей площади, то часть торфа может оказаться зажатой под насыпью; проверку достаточности отсыпки можно производить, если насыпь доведена до проектной отметки, или временной нагрузкой насыпи землей или шведским методом взрывов;

4) поверхностный отвод воды с болота должен быть запроектирован заранее, главным образом в отношении отыскания подходящей трассы для выходного русла, хотя бы последнее пришлось делать на очень значительную длину и в отдельных пунктах на большую глубину. Ввиду выпучивания, первоочередные водоотводные каналы имеют целью лишь *временный* отвод воды; они обычно настолько деформируются при выпучивании, что их приходится бросать; окончательная система поверхностных водоотводов в пределах болота сооружается лишь по окончании осадки, а следовательно и выпучивания, причем к тому времени выходное русло должно быть полностью готово.

Разумеется наиболее подходящим грунтом для насыпи в подобном опасном болоте является песок или камень; применение глины не исключено, но при нем надо считаться и с увеличением количества земли, расплзающейся в болоте, и с удорожанием поверхностного водоотвода, т. к. при глинистой насыпи следует осушить верхний слой болота на возможно большую глубину.

При указанном выше методе производства работ массовые провалы земли и очень большая осадка насыпи имеют место лишь в течение первого периода возведения насыпи; затем, когда берма доходит до ровного дна, боковые сдвиги прекращаются или становятся очень небольшими, а вертикальная осадка идет плавно, постепенно уменьшаясь. К моменту сдачи в эксплуатацию такую насыпь можно считать вполне безопасной, хотя вертикальные осадки ее могут длиться годами, но в размере, не угрожающем движению; боковые сдвиги обычно вовсе прекращаются или бывают очень невелики.

В действительности возведение насыпи ветвей №№ 7 и 8 Невельского узла на рассматриваемом болоте велось следующим образом и привело к следующим деформациям.

Желая возможно сократить высоту насыпи, строительство после первого провала и последовавшего затем бурения болота сделало небольшую передвижку трассы влево, т. е. ближе к берегу болота, при оставлении однако трассы на косогорной части дна. Отсыпка была возобновлена с устройством облегчающих равномерную осадку прорезей по верхнему торфяному слою как параллельно, так и нормально оси земляного полотна, причем первые шли не под на-

сыпью, а *вне ее*, довольно далеко от подошвы. Это отдаление совершенно не достигает цели и подобные прорези бесполезны.

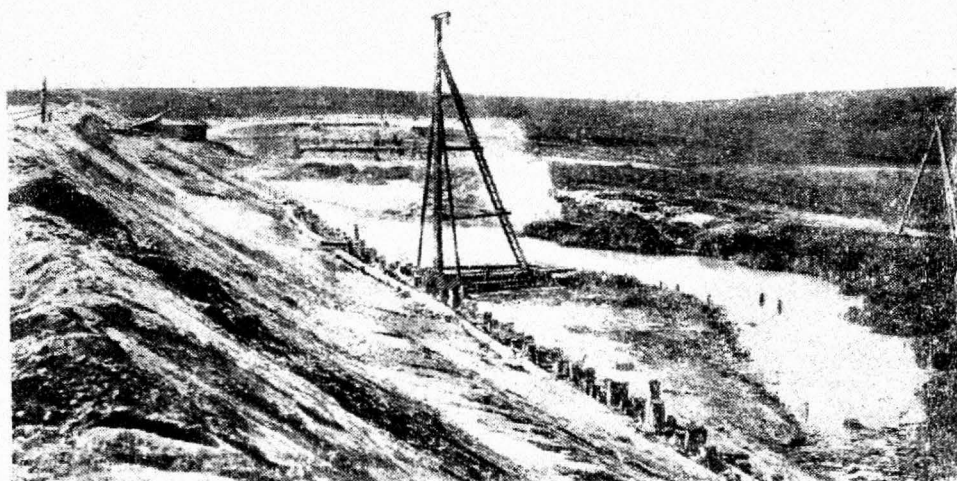
Работы продолжались в 1929 и 1930 гг., причем все время наблюдались сильные осадки и сдвиги вправо почти всей массы отсыпанной насыпи.

9 августа 1930 г. произошла особо сильная осадка почти доведенной до проектных отметок насыпи. Осадку сопровождалась усиленным выпучиванием и растрескиванием верхнего торфяного покрова болота с правой стороны от линии.

При дальнейшей отсыпке, ведшейся более быстрыми темпами до середины сентября 1930 г., сдвиги насыпи продолжались, усиливаясь к моментам подвода отсыпки до проектных отметок.

В том же 1930 г. Фундаментстроем было произведено первое геологическое обследование участка больной насыпи.

В октябре 1930 г. по распоряжению МБ-Б ж. д. был забит справа (по ходу) у нижней части насыпи сплошной свайный ряд с устройством поддерживающих свайных кустов (по три сваи) с низовой стороны от него. После забивки свайного ряда (фиг. 71) смещение земляного полотна в низовую сторону несколько приостановилось.



Фиг. 71. Свайный ряд, забитый с низовой стороны насыпи на Невельском болоте, линия Ленинград—Витебск.

Дальнейшие наблюдения, ведшиеся строительством над сползанием насыпи посредством периодических инструментальных съемок по свайному ряду, дали картину затухающих, но все же продолжающихся перемещений земляного полотна (фиг. 72).

Последние наблюдения, сделанные строительством, относятся к 10 июня 1931 г.

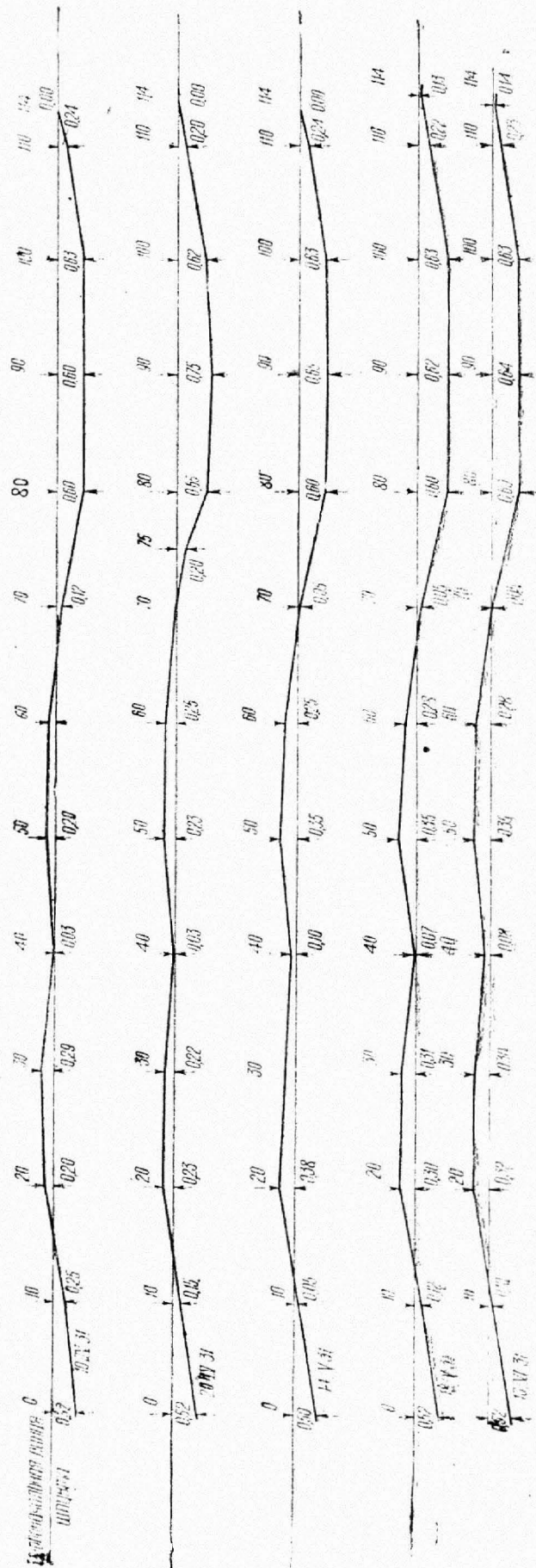
С передачей рассматриваемого участка пути в эксплуатацию систематические наблюдения были прекращены. Дистанцией пути производились лишь ремонтные путевые работы по подьемке и рихтовке пути, но без надлежащего учета этих работ.

### 3. Результаты обследования инженерно-геологического отряда ЦИСа

В 1931 г. инженерно-геологическим отрядом ЦИСа было произведено обследование болота, давшее следующие результаты.

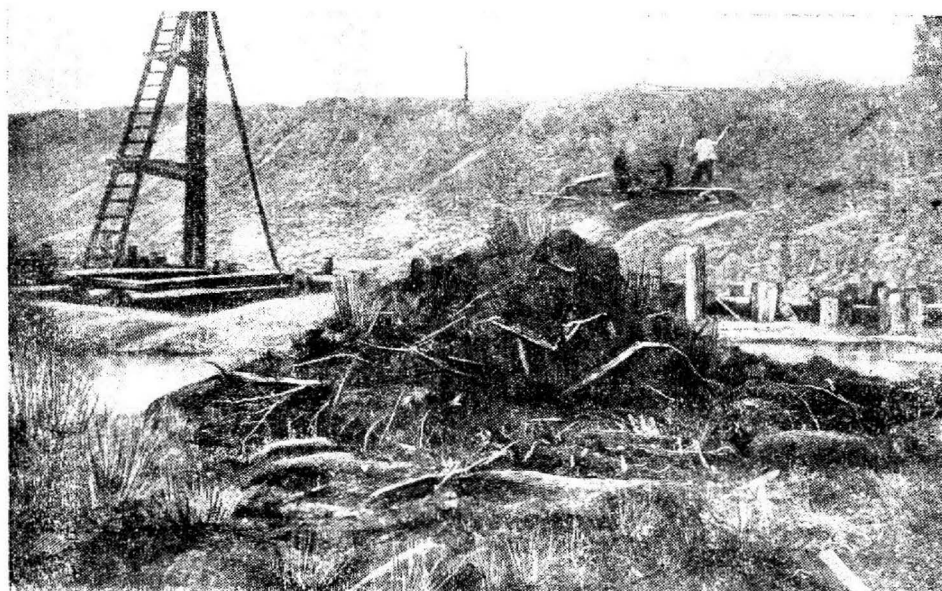
Большая часть поверхности болота покрыта хвойной растительностью. Торфяной покров, как уже упомянуто, в период отсыпки насыпи был разделен параллельными и нормальными полотну прорезями, сохранившимися, несмотря на каменную наброску по поверхности между прорезями, до сего времени, но получившими значительные смещения. Другими словами, эти прорези оказались бесполезными, благодаря их отдалению от насыпи. Вблизи от насыпи, некоторые части верхнего торфяного покрова между прорезями, поставлены напором земляных масс насыпи и каменной нагрузкой в вертикальное положение (фиг. 73). Здесь прорези, сделанные вне насыпи, оказались прямо вредными, т.к. кругом насыпи образовалась замкнутая и заполненная водой яма, а отогнувшаяся верхняя корка не подогнулась под насыпь, уплотняя этим смежные слои торфа, а бесполезно вышла кверху.

Торфяной покров болота представляет собой неровную, выпученную на некотором расстоянии от полотна поверхность, пересеченную целым рядом идущих в самых разнообразных направлениях трещин (фиг. 74).



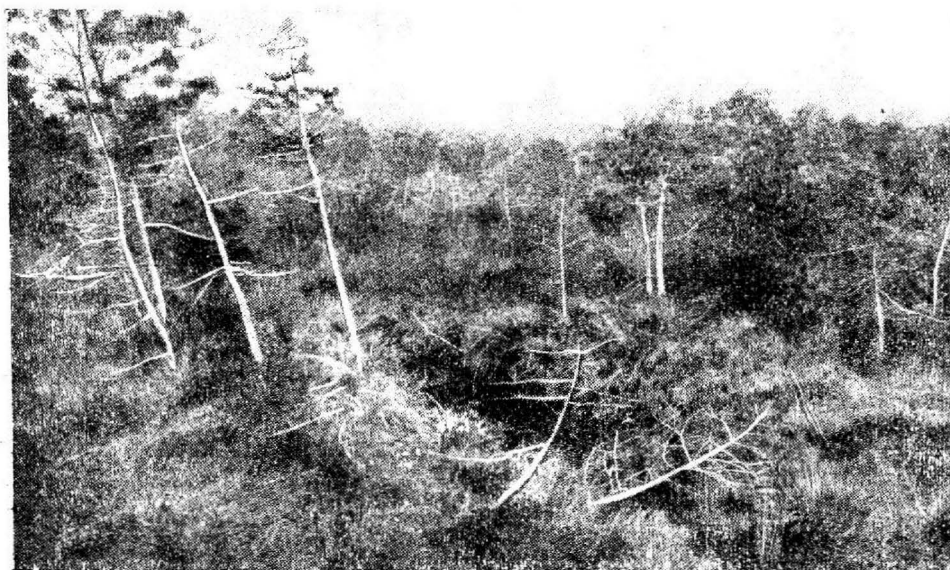
Фиг. 72. График деформаций шпунтового ограждения насыпи на Невельском болоте

В непосредственной близости от полотна (справа по ходу) торфяной покров сдвинут в сторону центра болота, и болотные воды стоят открытым озером (фиг. 75).



Фиг. 73. Деформации торфяного покрова под напором сплывающей насыпи на Невельском болоте; линия Ленинград—Витебск.

Сооружение насыпи на пикетах №№ 9 — 11 462 — 463 км длилось, как было указано выше, почти три года, за каковой срок в насыпь уложено свыше 75 000 м<sup>3</sup> земли.



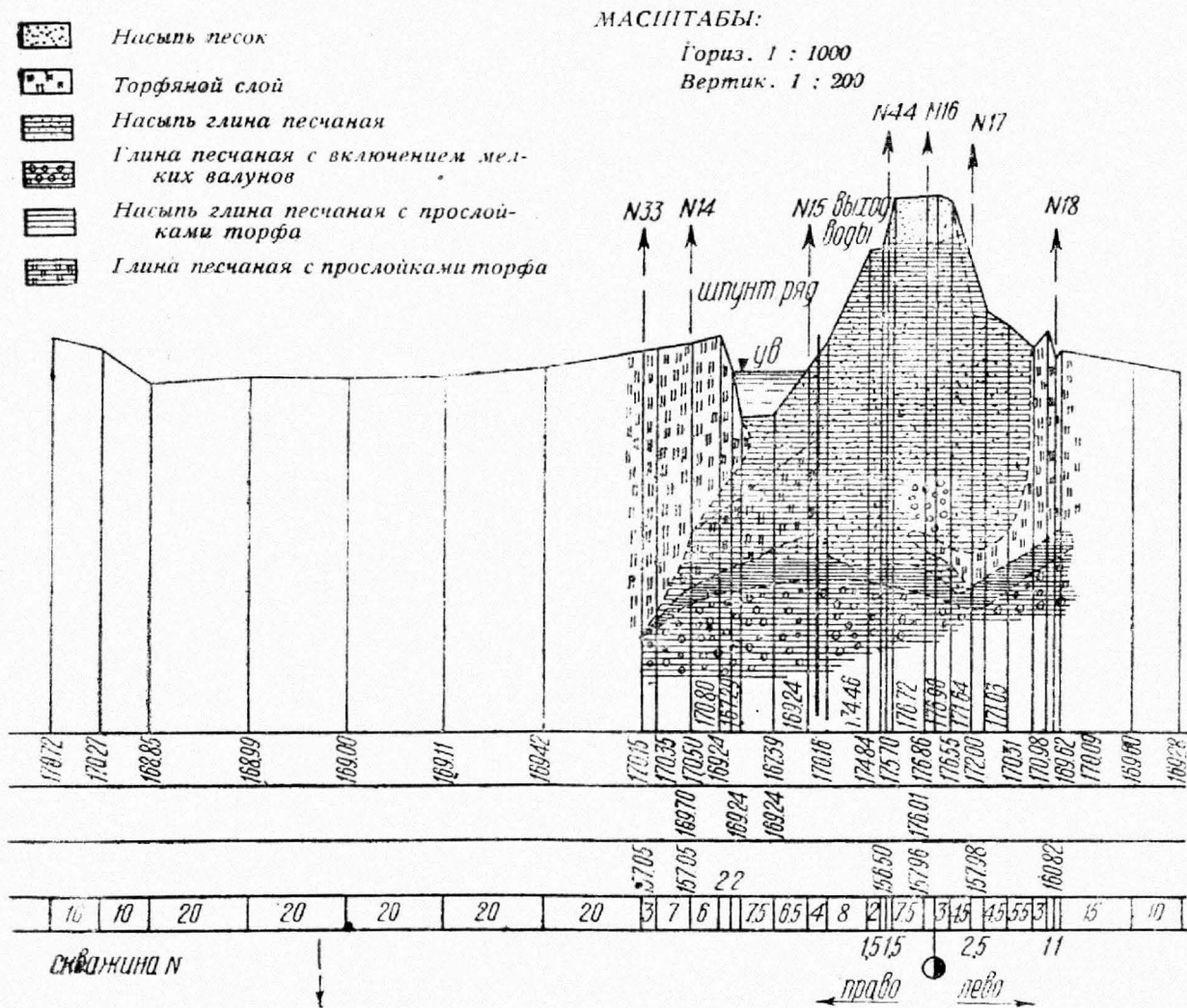
Фиг. 74. Деформации торфяного покрова и повреждения кустарника на Невельском болоте.

Отсыпавшаяся насыпь ложилась на косогорную часть дна болота и задерживалась с обеих сторон уплотнявшимся отжимаемым торфом. Последнее обстоятельство послужило причиной сохранения



ление торфа, сползла в этом месте по косогору дна в сторону больших глубин болота, распространяясь на расстояние до 110—120 м от оси полотна и заполняя не только „чашку дна“, но даже подходя с некоторым подъемом к противоположному скату болота (см. фиг. 81).

Это явление вполне естественно, т. к. в насыпь шел глинистый грунт, легко расползающийся и в отдельных местах могущий преодолеть боковое сопротивление торфа, особенно при наличии поперечного ската дна.

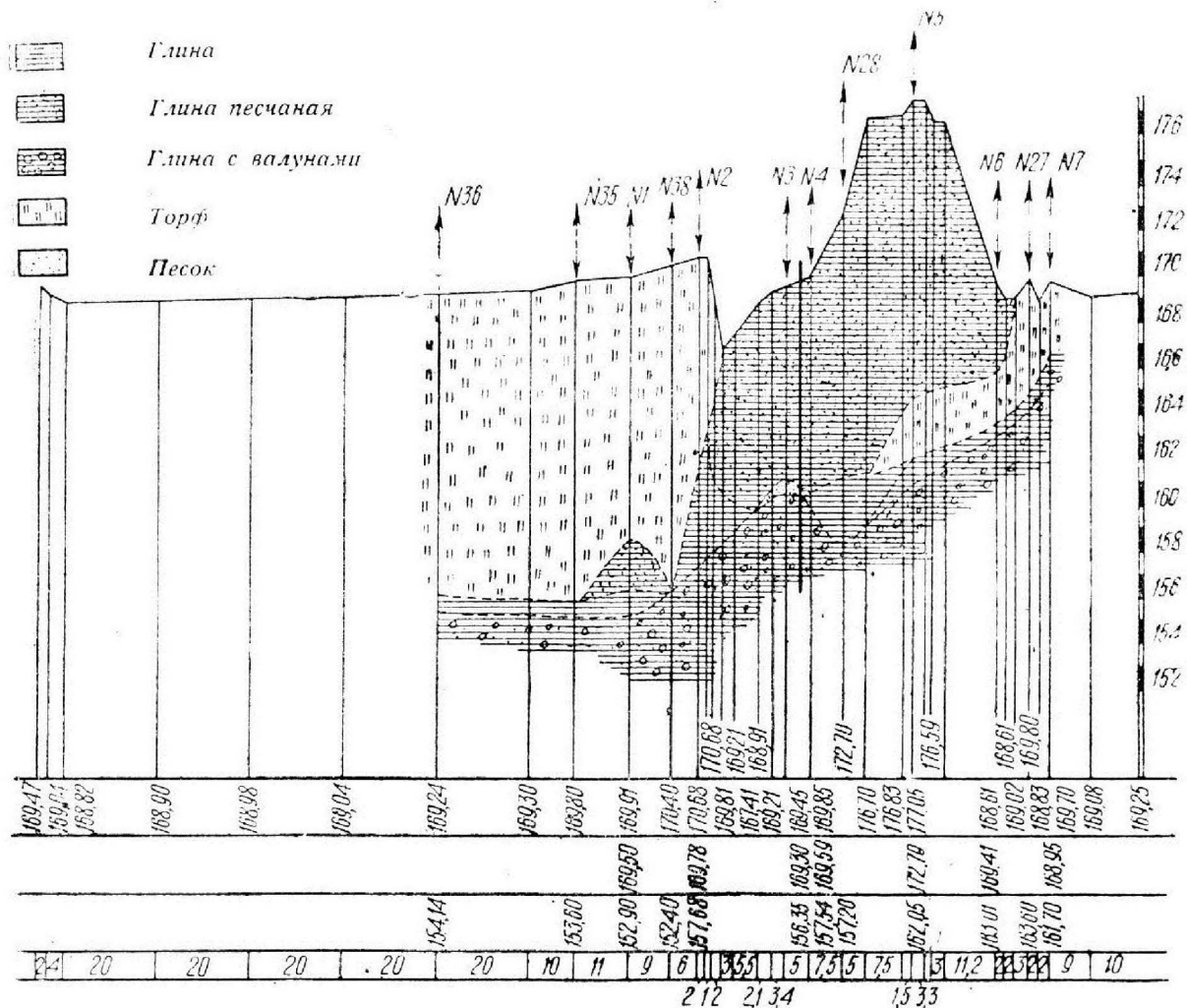


Фиг. 77. Поперечный геологический разрез на пикете № 0+62,5 линии Ленинград—Витебск.

Как указывалось выше, для предупреждения сползания насыпи дорогой был забит с низовой стороны у места пересечения откоса насыпи с поверхностью болота сплошной свайный ряд из 6—7-вершковых бревен, поставленных вплотную друг к другу и скрепленных в верхней части двумя горизонтальными схватками на болтах. Значительная глубина болота потребовала применения наращенных свай; в большей части наращивание сделано дважды.

В непосредственной близости у сплошного свайного ряда с низовой стороны забит ряд свайных кустов, по три сваи в кусте, через каждые 1,5 м в средней части болота (31 куст) и через 2 м по краям (10 и 23 куста); общая конструкция ясна из фиг. 83.

Сплошной ряд представляется в настоящее время в виде изгибающейся линии, с отклонениями от первоначального прямого направления до метра.



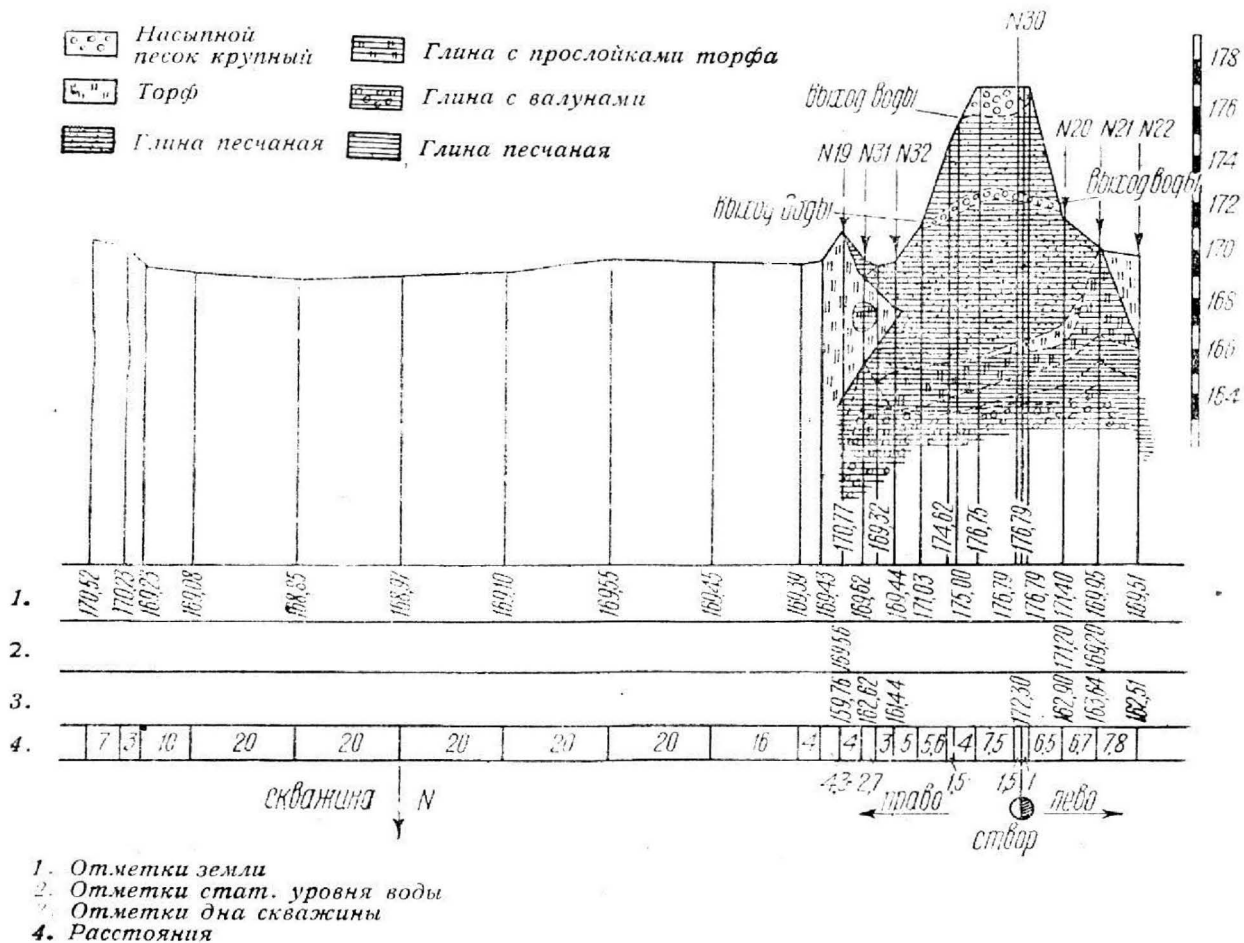
Фиг. 78. Поперечный геологический разрез на пикете № 0+10 линии Ленинград—Витебск.

Свайный ряд сыграл свою роль в прекращении больших подвижек, причем роль эта была тройкая: а) так как свайный ряд был забит сквозь насыпанную глину, то он позволил при дальнейшей отсыпке глине, находящейся с его верхней стороны (т. е. непосредственно под полотном) несколько уплотняться; б) он образовал нечто в роде вертикальной диафрагмы, равномерно распределяющей горизонтальное давление от насыпи на глину, лежащую ниже шпунтового ряда и на сплотненный торф; в) сваи оказывают механическое сопротивление земляной массе, находящейся с их верхней стороны; само по себе это сопротивление конечно недоста-

точно, но оно и должно рассматриваться лишь как дополнительное к сопротивлению глинистых и торфяных масс, лежащих с низовой стороны свайного ряда.

Откосы насыпи в период обследования имели вид чрезвычайно бугристых поверхностей, не имеющих определенного, постоянного уклона.

Во многих местах по откосам как в верхних, так и в нижних частях имелись значительные выходы воды, идущей из тела насыпи. Откосы в этих местах выпучены, покрыты рядом преимущественно концентрических трещин и оказывались разжиженными настолько, что вешка свободно уходила в них при самом незначительном нажиме на 1 — 1½ м. Проход по таким местам откоса невозможен, нога сразу погружается в месиво грунта по колено.



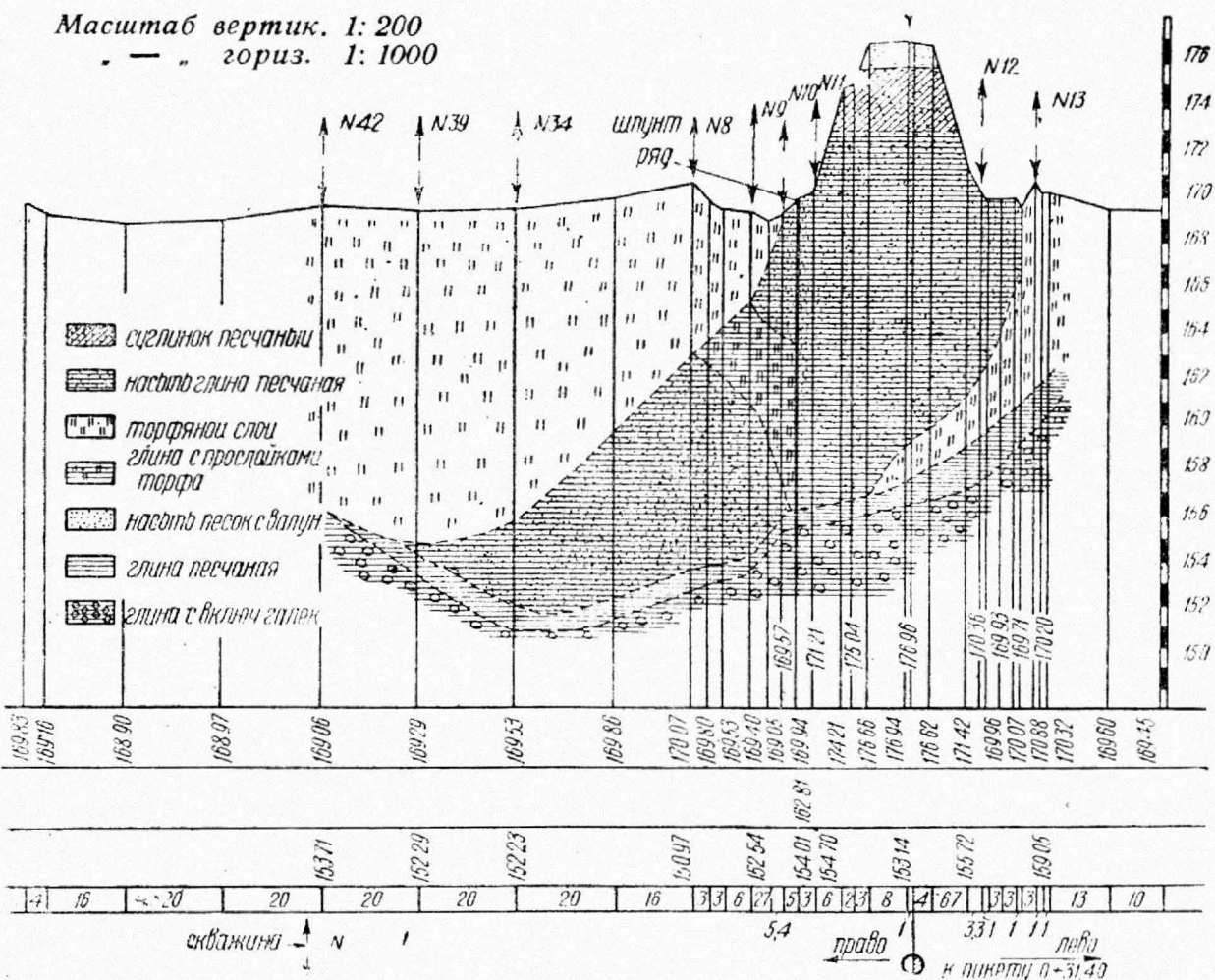
Фиг. 79. Поперечный геологический разрез на пикете № 0+82,5 линии Ленинград—Витебск.

За время производства обследовательских работ (с 3 по 19 сентября) незначительные первоначально трещины раскрылись до 20 — 30 см и далее по ним произошли обрушения; земляные массы сползли к концу обследования на 5 — 6 м и размокли уже внизу до состояния грязевого месива.

Путь дает постоянную осадку, исправляемую посредством поднятия балластного слоя.



вопросов: а) возможность перетрассировки ветвей №№ 7 и 8 за пределы болота, имеющего ничтожную площадь; б) в случае невозможности этого, выяснение выгоды засыпки болота песчаным грунтом, который можно добывать по другую сторону ст. Невель; конечно пришлось бы считаться с дальностью возки, но зато работы были бы закончены гораздо скорее, не потребовалось бы свайного сплошного ряда и безопасность насыпи была бы вполне гарантированной; в) способ понижения воды в болоте (отвод поверхностных вод); на самом деле строительство ограничилось прокопкой небольшой канавы к соседней трубе и вовсе не подумало о том, как из этой трубы сделать дальнейший выпуск, чтобы можно было углубить канаву; вопрос же о самостоятельном выпуске из болота остался вовсе неосвещенным и по сие время.

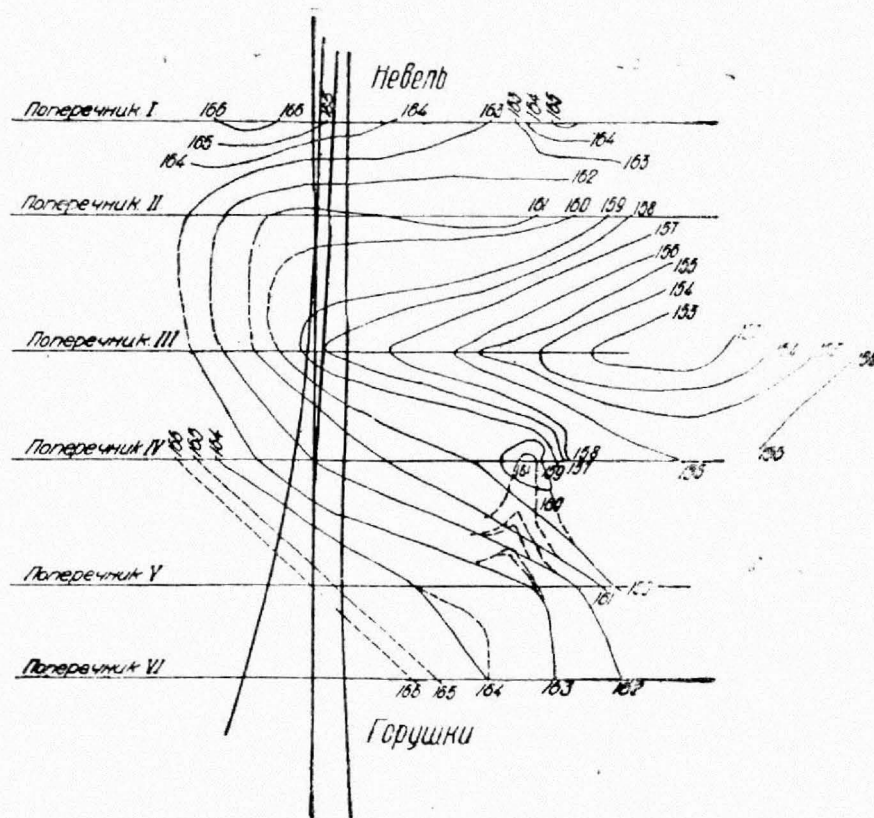


Фиг. 81. Поперечный геологический разрез на пикете № 10+33,3 линии Ленинград—Витебск.

Помимо того, конечно, строительство должно было хоть сколько-нибудь считаться с требованиями производства работ на болотах описанного типа.

Но так как дело сделано и насыпь испорчена с начала и до конца, ЦИСу и его экспертной комиссии пришлось считаться со сложившейся обстановкой и наметить подходящие к ней меры.

Экспертная комиссия отвергла такие предложения инженерно-геологического отряда, как отсыпка каменного контрбанкета с низовой стороны насыпи (ввиду ее практической невыполнимости), забивка на болоте коротких свай под бермой, присыпаемой к полотну (ввиду полной бесцельности подобной забивки) и устройства дренирующих прорезей в насыпи (ввиду отсутствия надежного основания). Взамен того экспертная комиссия признала наиболее гарантирующим безопасность движения перенос полотна на новую трассу, находящуюся с верховой стороны существующей линии; при этом наличие уже отсыпанной насыпи позволяет не вы-



Фиг. 82 План Невельского болота. Масштаб 1 : 1000.

носить новой трассы целиком за пределы болота, т. к. существующее полотно может играть роль контрфорса по отношению к новому. Однако, ввиду того что возможность перетрассировки не освещена, экспертная комиссия выработала ряд мер и на случай оставления линии на существующей трассе, оговорив, что полной гарантии в исключении возможных деформаций дать невозможно при наличии тех условий, в которых отсыпана насыпь. Меры эти следующие:

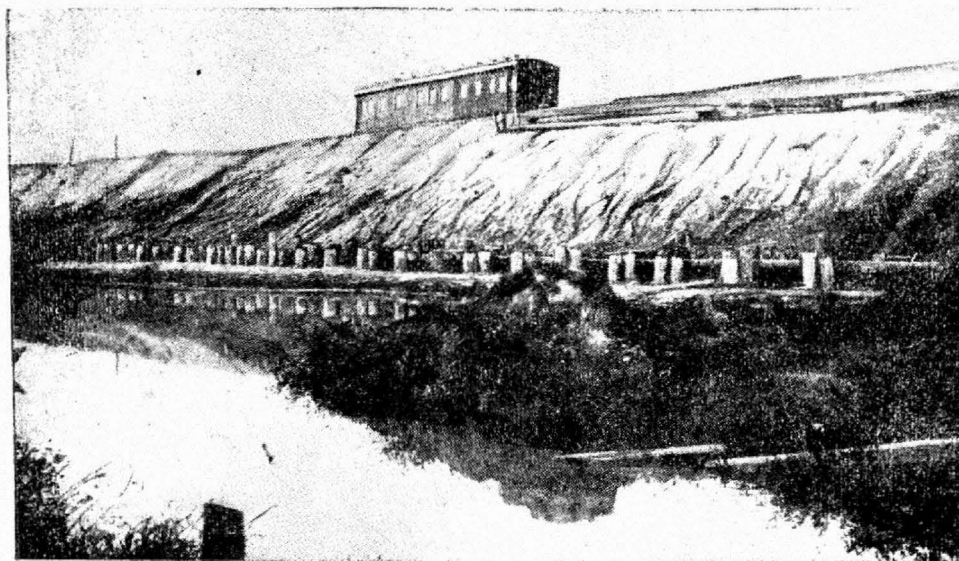
а) Присыпка с низовой стороны (за свайным рядом) большой бермы, по возможности — песчаной или щебенистой, опирающейся на ровную поверхность дна. Отсыпку бермы комиссия рекомендо-

вала делать с низовой стороны, постепенно приближаясь к насыпи, во избежание значительных, может даже катастрофических, повреждений насыпи в случае нарушения ее равновесия новой отсыпкой.

Как видно, первоначальная ошибка в производстве работ потребовала в дальнейшем такого способа производства их по устройству контрфорса в виде бермы, который вообще нежелателен, но при данных условиях неизбежен.

б) Срезка верхнего слоя болота на возможно большую глубину до начала присыпки бермы для облегчения равномерности погружения отсыпаемого грунта.

Следует заметить, что эта мера, по существу совершенно необходимая, практически должна осуществляться с большей осторожностью, т. к. срезка верхнего слоя неизбежно, правда, на короткое время, пока не насыпано достаточного количества грунта, ухудшает условия равновесия; поэтому срезку необходимо производить короткими участками и немедленно засыпать срезанный участок.



Фиг. 83. Свайный ряд и кусты свай, забитые с низовой стороны насыпи на Невельском болоте.

в) В последующем — применение мер, указанных в пп. а и б, и с верховой стороны. Однако можно думать, что там эти меры будут излишны и принятие их будет нужно лишь в том случае, если наблюдения покажут длительную осадку и сдвижку верхового откоса.

г) Постепенная замена верхней части насыпи хорошим балластом на толщину не менее 3 м для уничтожения балластных корыт, ослабляющих и без того ненадежную насыпь; предварительно должны быть установлены наиболее пониженные точки балластных корыт.

д) Приведение в порядок откосов насыпи над поверхностью болота.

К этим мероприятиям, по мнению эксперта Л. Н. Бернацкого, следует добавить достаточный поверхностный водоотвод для уда-

ления воды, застаивающейся у подошвы насыпи, для чего должны быть произведены изыскания отводной канавы (может быть возможен спуск параллельно линии через резерв к соседней трубе и далее — через ее русло, почти наверное с углублением его и даже лотка трубы). Мотивы этого дополнения изложены выше.

Помимо того экспертная комиссия признала необходимым производство систематических наблюдений за описанной насыпью, являющейся несомненно опасным местом.

## **XI. Насыпь на 493 км линии Золотоноша-Мироновка**

### **1. Общее описание деформаций. Способы производства работ**

Насыпь 493 км на пикете № 4928 — 29 длиной 250 м пересекает глубокий, с крутыми скатами овраг Лемищева Левада и имеет в своем теле трубу отверстием 3,5 м. Отсыпка насыпи до 1917 г. произведена над трубой с отметки 111,78 до отметки 133,82 при проектной отметке 134,93, а в остальной части дороги (пикет № 4928) с отметки 116,30 до отметки 131,09 при проектной отметке 134,86 (см. фиг. 2 и 3 к описанию Трощинского косогора линии Золотоноша-Мироновка).

В 1931 г. отсыпка насыпи возобновилась, но до конца не была доведена вследствие деформаций, происшедших в пределах пикета № 4928 с низовой стороны на протяжении 30 м и не доходя около 5 м до оси трубы.

Первый спływ насыпи произошел 10 августа 1931 г. непосредственно после ливня, который продолжался в течение 3 ч. 10 м. Сползла нижняя часть насыпи, примерно с отметки 127. После этого оползня работы по отсыпке насыпи деятельно продолжались.

Второй спływ в насыпи в том же месте произошел 3 сентября, т. е. спустя 24 дня после первого, во время сухой хорошей погоды (фиг. 84).

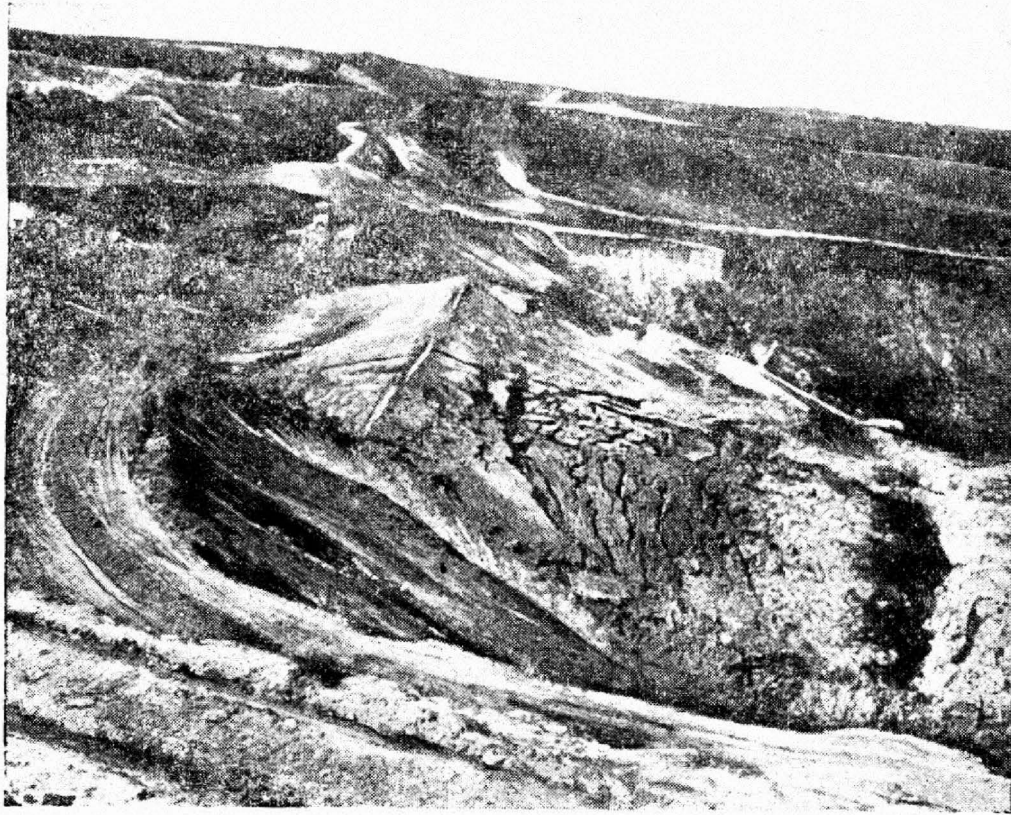
Третий оползень, который произошел в декабре, был уже предусмотрен комиссией акад. Резниченко, т. к. уже во время ее работ вверху насыпи появилась трещина.

Работы по отсыпке насыпей всего данного района в 1931 г. велись вопреки техническим условиям производства земляных работ, а именно — отсыпкой земли сверху, с высоты нескольких метров не только при вагонетной, но даже и при грабарной возке, что исключило возможность уплотнения слоев определенной толщины ездой грабарок или движением по передвигаемому узкоколейному пути.

Достаточно посмотреть на фотоснимки насыпи (фиг. 87), чтобы стало ясно, что такой метод отсыпки при хорошем ливне может повести к более чем вероятному сплзанию всей сверху насыпанной земли.

Сперва насыпь 493 км отсыпалась с торцов, причем в начале насыпи и в период работ еще стояла примигивная эстакада, с которой грунт ссыпался вниз.

Деформированная насыпь пикетов № 4928—29 отсыпалась вначале грабарями сверху досыпанной насыпи или с наезженных для грабарок дорог. По укладке узкой колеи, уже после оползня, грунт сверху насыпи ссыпался и вагонетками.



Фиг. 84. Сплыв нижней части насыпи на пикете № 4928 линии Золотоноша-Мироновка.

Когда после сильного ливня 10 августа насыпь сплыла, оставив после себя вертикальный оползневый обрыв, параллельно оси пути для осушки грунта были вырыты канавы и одновременно продолжалась энергичная отсыпка насыпи и над оползнем, в целях смычки насыпи по его краям и образования проезда для грабарок. По возобновлении проезда продолжалась отсыпка грунта сверху на нижележащий оползневой материал без уборки его и без устройства поперечных дренирующих выпусков.

## 2. Геологическое строение

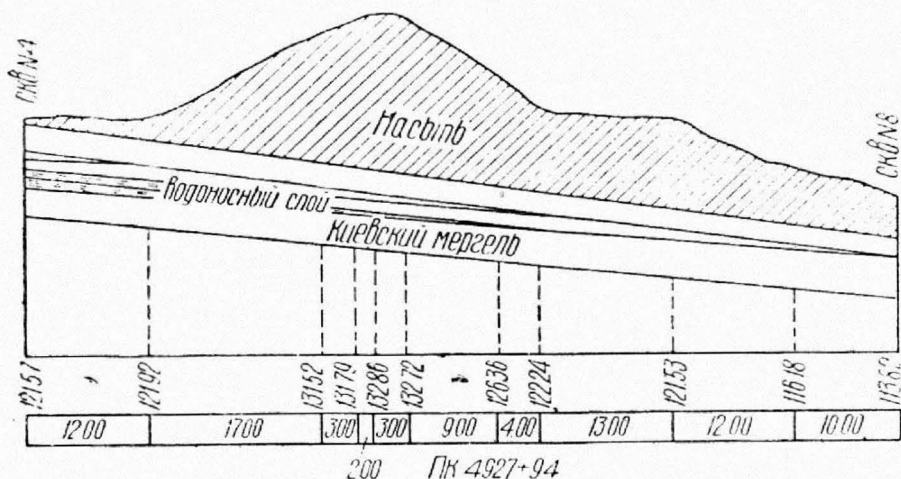
По данным комиссии акад. Резниченко (фиг. 85), насыпь, состоящая из перемешанных песка, глины и лёсса покоится на слое овражного аллювия, под которым залегает киевский мергель. В то время как в верховой скважине обнаружены в аллювии и мергеле два водоносных слоя, в нижней скважине воды вовсе не найдено. Однако на основании всего двух скважин (против № 4927 + 94), конечно нельзя утверждать, что под насыпью

выклинивается водоносный слой, т. к. направление подземного тальвега могло и не совпасть с направлением геологического разреза.

Инженерно-геологический отряд ЦИСа построил геологический разрез на пикете № 4927 + 86,5, т. е. очень близко к разрезу акад. Резниченко. Этот разрез (фиг. 88) характеризуется следующими моментами.

Скважина № 16 заложена влево от оси в расстоянии около 22 м в верхней части оврага, имея глубину 10,56 м; сверху до отметки 116,68 идут водопроницаемые породы (толщина 8,17 м), а ниже — мергеля.

Скважина № 19 заложена вправо от оси, имея глубину 19,85 м; до отметки 113,17 идут водопроницаемые грунты (толщиной 14,18 м), а ниже — водоупорный слой мергелей.



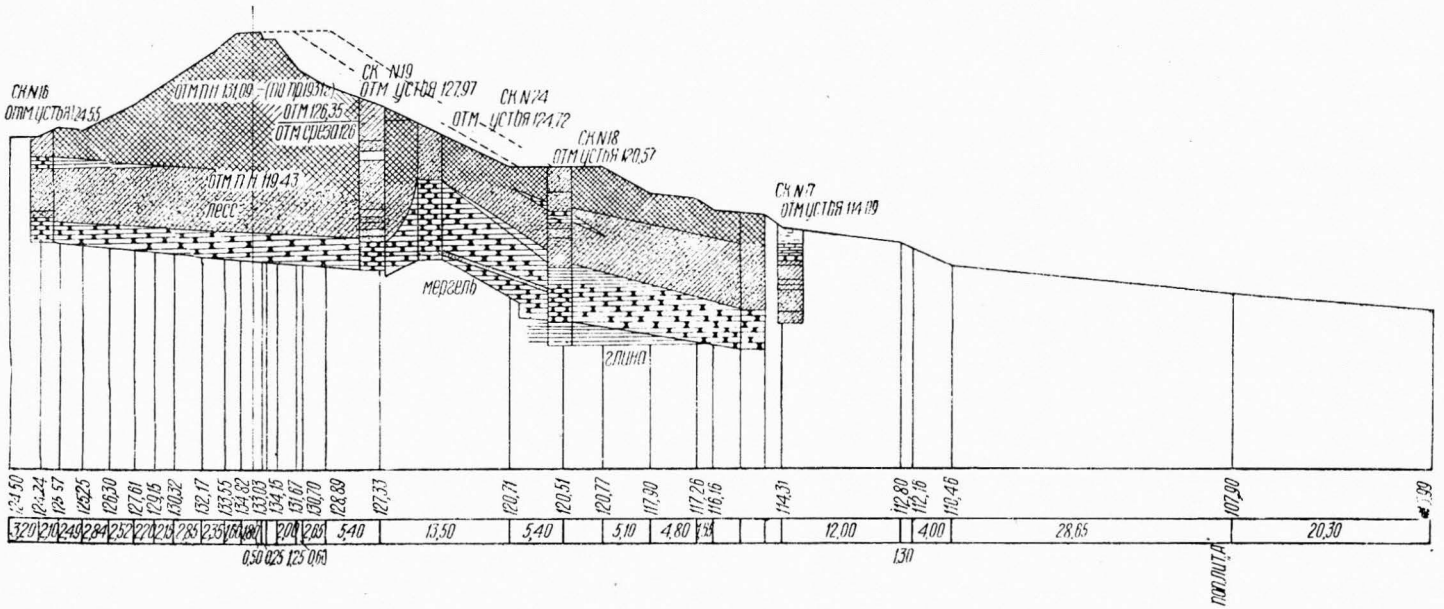
Фиг. 85. Поперечный геологический разрез № 2 на пикете № 4927 + 94 линии Золотоноша—Мироновка.

Заложенная вправо смежная скважина № 24 (на расстоянии 5 м от скважины № 19) дает резкое изменение в поверхности мергелистого горизонта, где последний поднимается до отметки 120,05.

Далее на расстоянии 5 м от скважины № 24 заложена скважина № 18, на глубину 18,20 м; на глубине 4,3 м, на отметке 116,27, пройден мергелистый слой мощностью около 1 м, который, вероятно, является частью насыпи. Ниже этого слоя продолжают водопроницаемые слои мощностью около 4 м и на отметке 110,57 идут глины, а ниже — мергеля.

Наконец, у подошвы насыпи заложена скважина № 17 глубиной 9,54 м. На глубине 2,4 м (отметка 111,69) встречен небольшой слой мергеля мощностью 0,65 м, а ниже идут опять водопроницаемые породы.

Так как дно трубы лежит на абсолютной отметке 118,22 у входа (влево от оси пути) и на 114,59 у выхода (вправо от оси), то в левой части трубы (верховой) водоносный слой над мергелями мощностью около 3 м оказывается лежащим ниже уровня дна трубы. Имея в виду, что под правой частью насыпи имеет место



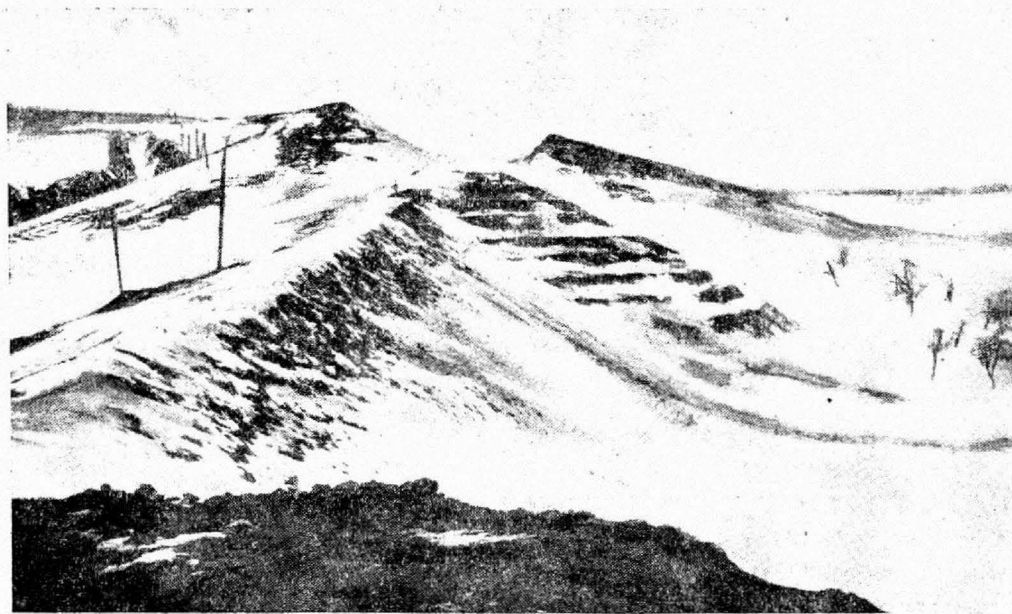
Фиг. 86. Поперечный геологический разрез на пикете № 4927 + 86,5 линии Золотоноша—Мироновка

резкий подъем мергелей (скважина № 24), не трудно видеть, что таким образом существует преграда для нормального течения грунтовых вод под насыпью.

Таким образом оба разреза, довольно значительно расходясь в деталях, дают общую одинаковую картину преграждения выхода грунтовых вод и скопление последних под насыпью.

### 3. Расположение трубы

Для лучшего уяснения общей картины насыпи необходимо иметь в виду, что труба расположена не на наиболее пониженных точках русла, а вынесена в сторону, так что у входа лоток ее находится на 4,62 м выше естественного русла, а у выхода — на 7,65 м выше последнего. Таким образом под насыпь по старому руслу легко проникает вода, напитывая и насыпь, и нижележащий естественный грунт.



Фиг. 87. Вид незаконченной насыпи, возводимой боковой присыпкой в низовую сторону.

Подобный метод вынесения труб с заложением их лотка на отметке гораздо более высокой, чем отметка естественного русла, практиковался до 1918 г.<sup>1</sup> неоднократно и почти всегда имел самые печальные последствия, т. к. вода, прежде чем попасть в трубу, образовывала скопление на дне оврага, а оттуда под напором проникала в тело насыпи, размачивая последнюю как раз в тех местах, где высота насыпи наибольшая (т. е. над старым руслом).

Вынос искусственного сооружения в сторону от естественного русла бывает очень часто вполне целесообразным (например при плохом основании), но вынесенное сооружение должно иметь такую отметку лотка, которая позволила бы всей воде из водо-

<sup>1</sup> В 1918 году были введены соответствующие коррективы в технических условиях.

тока при всех условиях проходить полностью в сооружение, не допуская ее просачивания под насыпь. Поэтому с устройством вынесенного сооружения тесно связана плотная засыпка старого русла с обратным от насыпи уклоном верха засыпки.

Ничего этого не было сделано на пикете № 4928.

#### 4. Причины деформаций и меры предупреждения их в дальнейшем

Экспертная комиссия ЦИСа совместно с представителем комиссии акад. Резниченко (геолог Молоков-Журский) пришла к следующим выводам о причинах деформаций и мерах к их предупреждению, причем выводами этими в основном подтверждаются предположения инженерно-геологического отряда ЦИСа.

1. Геологическое строение местности, в связи с ее топографией, исключает возможность скольжения одних слоев основания по другим, да и самый характер деформации, без выпучивания естественного грунта, не позволяет остановиться на подобном предположении. Несомненно, что причиной первого сплыва насыпи было насыщение ее водой после сильного ливня при неправильном производстве работ; в дальнейшем отсыпка велась также неправильно, но при еще более неблагоприятных условиях, т. е. на сплывший и разжиженный грунт, не убранный и не осушенный. Это не могло не вызвать последующих сплывов.

Инфильтрация по старому засыпанному руслу способствовала и способствует насыщению насыпи водой.

2. На основании изложенного должны быть приняты следующие меры:

а) посредством шурфования сплывших земляных масс установить залегание разжиженных мест, срезать и убрать таковые, производя засыпку однородным сухим фильтрующим грунтом, горизонтальными слоями с уплотнением;

б) срезать нарушенную часть насыпи со стороны деформаций, соответственно со схемой на фиг. 87, поскольку в теле насыпи обнаружены пласты батской глины и произвести досыпку вновь по возможности хорошим грунтом;

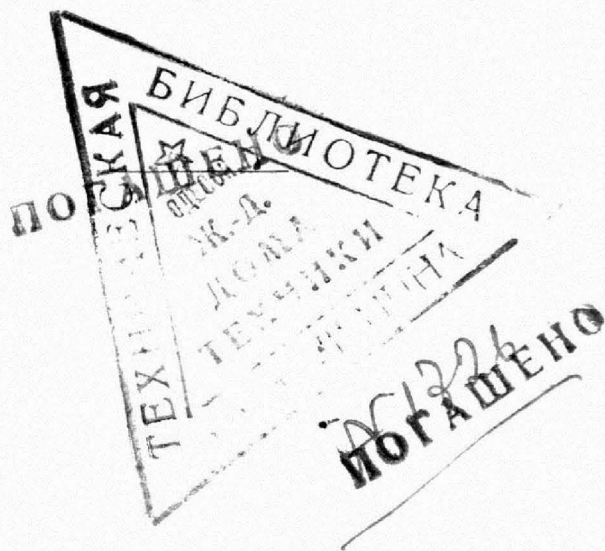
в) в целях перехвата поверхностных и грунтовых вод вырыть в овраге выше трубы поперечную канаву, укрепленную каменным лотком, со спуском в основную трубу, для чего в последней углубить лоток на ширину 0,75—1 м и на глубину от 1 до 3 м.

г) по дну старого русла, ныне засыпанного, устроить осушительную штольню размерами 1 × 1,2 м, ниже уровня старого русла не менее чем на 1 м.

К сказанному выше следует добавить, что поперечный по руслу лоток (п. „в“, 2) должен быть снабжен с верхней стороны дренажем в том или ином виде (т. е. или в виде отверстий в стенке лотка, или в виде самостоятельного щебенчатого дренажа на бетонном основании, прислоненном к стенке).

К сожалению теперь невозможно установить, не имеет ли места напительвание насыпи водой из ключей по скатам оврага, засыпанного насыпью. Если ключи были, то шурфование покажет сильную разжиженность насыпи в отдельных местах на такой глубине, что намеченную выше штольню придется снабдить одним или несколькими отростками, осушающими эти места.

Засыпка ключей насыпью без предварительного дренирования, хотя бы элементарного, есть непростительный для строителя промах. И однако он был обнаружен при засыпке оврага Зайвий у пикетов №№ 4930—4934, что заставило экспертную комиссию ЦИСа внести в свое заключение о недопустимости подобной засыпки и о необходимости устройства дренажа в тех местах, где ключи уже пересыпаны.



---

Редактор. Я. И. Придорогин.

Техред. В. Н. Чернякова

---

Упол. Главлита В—72711. ЖЦИЗ 3. 382 ж.—6.

Зак. тип. 15117

---

Тираж 2330. Разм. бум. 62×94. 1/16 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub> п. л. + вкл.

53040 зн. в п. ч.

---

Сдано в набор 3/Х 1933 г.

Подп. к печати 31/І—34 г.

---

1-я Типография Трансжелдориздат, Б. Переяславская, 46.

# ТРУДЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИН-ТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (ЦИС)

ВЫШЛИ В СВЕТ В 1933 г. В ИЗДАНИИ ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТА

1. Срибный М. Ф. Нормы сопротивления движению естественных водостоков и расчеты отверстий больших мостов по способу бытовых морфологических характеристик. Стр. 148. Ц. 4 р. 50 к.
2. Технические условия проектирования станций. Стр. 128. Ц. 2 р. 25 к.
3. Рябухо А. М. Расчет и проектирование подходных русел к мостам на косогорах. Стр. 104. Ц. 3 р.
4. Гибшман Е. Е. Железобетонные рамные эстакады. Стр. 88. Ц. 2 р. 50 к.
5. Чесноков А. И. Выбор снарядов по механизации свайной бойки. Стр. 48. Ц. 1 р. 80 к.
6. Струве Н. Н. Руководство по тяговым расчетам при тепловозной тяге. Стр. 50. Ц. 1 р. 50 к.
7. Справочник изыскателя. III издание. Стр. 223. Ц. 3 р. 95 к.
8. Болдаков Е. В. Инструкция для применения привязных поплавков при гидрометрических изысканиях и угломеров Болдакова. Стр. 22. Ц. 50 к.
9. Сергеев М. В. и Шоминов И. Новые соединения в деревянных фермах больших пролетов. Стр. 79. Ц. 2 р. 40 к.
10. Протодяконов М. М. Протекание воды в малых мостах и трубах. Стр. 91. Ц. 2 р. 40 к.
11. Савельев В. Л. и Гродецкий И. А. Организация экскаваторных работ. Стр. 32. Ц. 30 к.
12. Протодяконов М. М. Приемы трассирования железнодорожных линий. Стр. 48. Ц. 1 р. 10 к.
13. Болдаков Е. В. и Бодров П. П. Краткое руководство по гидрометрическим изысканиям мостовых переходов. Стр. 95. Ц. 2 р. 20 к.
14. Болдаков Е. В. и Срибный М. Ф. Краткое руководство по изысканиям и проектированию мостовых переходов. Стр. 91. Ц. 2 р. 40 к.
15. Срибный М. Ф. Фильтрующие искусственные сооружения [и гидравлика турбулентной фильтрации]. Стр. 139. Ц. 3 р. 50 к.
16. Бломериус Н. С. Механизация земляных работ в зимних условиях. Стр. 63. Ц. 1 р. 40 к.
17. Ордуянц К. С. и Попов. Производство инженерно-геологических обследований при изысканиях и сооружении железных дорог. Стр. 91 + вклейка. Ц. 2 р.
18. Рабинович И. М. К теории статически неопределимых ферм. Стр. 120. Ц. 2 р. 75 к.

Цена 2 р. 25 к.  
перепл. 40 к.



---

Издания Трансгелдериздата  
продаются в магазинах  
Книгообъединения ОГИЗа  
Единичные экземпляры вы-  
сылают наложенн. платежом  
„КНИГА-ПОЧТОЙ“,  
Москва, 64.

---