ВЫСОЧАЙШЕ учрежденная Особая Высшая Комиссія
для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла
въ Россіи.

В. LXXXIII.

ВѢЧНАЯ МЕРЗЛОТА

и

СООРУЖЕНІЯ НА НЕЙ.

Н. С. Богдановъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія т-ва „Общественная Польза", Бол. Подъяческая, 39.
1912.

ВЫСОЧАЙШЕ учрежденная Особая Высшая Комиссія для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ Россіи.

В. LXXXIII.

ВѢЧНАЯ МЕРЗЛОТА

И

СООРУЖЕНІЯ НА НЕЙ.

Н. С. Богдановъ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія т-ва „Общественная Польза", Бол. Подъяческая, 39.
1912.

I.

Вступленіе.

Вопросъ о вѣчной мерзлотѣ, сравнительно съ другими геологическими вопросами,—еще очень молодой. Лѣтъ 70—80 тому назадъ о вѣчной мерзлотѣ почти ничего не знали; правда, и наши современныя знанія о ней далеко не полны, не выяснено множество очень важныхъ деталей, на многіе факты уживаются противоположныя мнѣнія, и все-таки, между тѣмъ, что извѣстно о мерзлотѣ теперь, и тѣмъ, что было извѣстно во второй четверти прошлаго вѣка,—лежитъ огромная пропасть и, пріятно сознаться, пропасть эту перешли русскіе. При всемъ желаніи съэкономить на патріотизмѣ въ опредѣленіи научныхъ успѣховъ, нельзя не признать огромныхъ заслугъ нашихъ ученыхъ въ области геотермологіи вообще:—за послѣдніе 30—40 лѣтъ Россія сдѣлала въ этой области больше, чѣмъ всѣ остальныя державы вмѣстѣ [1]).

Въ частности, въ вопросѣ о вѣчной мерзлотѣ, опереженіи Россіей другихъ державъ вполнѣ естественно; за исключеніемъ С.-А. С. Штатовъ, Англіи и Даніи (откидывая южное полушаріе) ни въ одной изъ нихъ нѣтъ вѣчно мерзлыхъ почвъ, и ни въ одной изъ поименованныхъ трехъ державъ вопросъ этотъ не является такимъ насущнымъ, такимъ острымъ, какъ въ Россіи.

---

[1]) *Воейковъ*. Метеорологія. 1904. Часть I. стр. 136.

Пространство, занимаемое вѣчно мерзлыми почвами въ Россіи огромно: больше $^2/_3$ всей Сибири. Отсюда прежде всего вытекаетъ то огромное значеніе, какое должна играть вѣчная мерзлота въ переселенческомъ вопросѣ, въ смыслѣ опредѣленія степени ея пригодности подъ сельско-хозяйственную обработку; затѣмъ, гидрографическая физіономія края, устройство водныхъ и сухопутныхъ сообщеній, гражданскія сооруженія, флора, фауна, бытъ жителей,—на всемъ лежитъ глубокій, яркій отпечатокъ вліянія этого геологическаго явленія, все это находится въ особыхъ, незнакомыхъ намъ, европейцамъ, условіяхъ, приспосабливается къ нимъ, вырабатываетъ медленно, постепенно, своеобразныя формы, наиболѣе жизнеспособныя при данныхъ физическихъ условіяхъ существованія.

Въ смыслѣ изученія вѣчной мерзлоты съ точки зрѣнія инженерной и сельско-хозяйственной огромную роль сыграла желѣзная дорога, потому что только въ связи съ постройкой Великаго Сибирскаго Пути начали, впервые можетъ быть, производить наблюденія чисто инженернаго характера надъ вліяніемъ вѣчной мерзлоты на гражданскія и искусственныя сооруженія вообще, а съ открытіемъ Сибирской ж. д. для общаго движенія и заселеніемъ края, сразу во всемъ объемѣ выплылъ наружу вопросъ о значеніи вѣчной мерзлоты въ сельскомъ хозяйствѣ.

Тѣмъ не менѣе, несмотря на все значеніе, которое имѣетъ вѣчная мерзлота для огромнаго края, общей площадью около 7.000.000 кв. верстъ, въ нашей литературѣ почти не имѣется описанія наблюденій, которыя практически могли бы выяснить дѣло, на основаніи которыхъ можно было бы вывести продиктованныя самою жизнью правила о томъ, какъ надо строить дома, искусственныя сооруженія, какъ производить земляныя работы, какъ и какой хлѣбъ надо сѣять и масса другого еще, съ чѣмъ приходится постоянно сталкиваться и что нельзя рѣшать по тѣмъ освященнымъ сѣдымъ европейскимъ опытомъ шаблонамъ, съ которыми мы свыклись.

Большая, сравнительно, хотя и нѣсколько разрозненная литература, трактующая вопросъ о вѣчной мерзлотѣ съ чисто теоретической точки зрѣнія, совершенно не соотвѣтствуетъ объему тѣхъ трехъ-четырехъ статей, разбросанныхъ въ различныхъ повременныхъ изданіяхъ, которыя разсматриваютъ этотъ вопросъ съ точки зрѣнія практической, технической; думается, что краткій общій обзоръ нашихъ теоретическихъ знаній и практическихъ наблюденій надъ вѣчной мерзлотой, надъ вліяніемъ ея на сооруженія и посильный выводъ правилъ производства работъ и постройки сооруженій, указалъ бы изслѣдователямъ-техникамъ, что уже извѣстно и что еще нѣтъ, и облегчилъ бы этимъ наблюденія и выводы, въ которыхъ ощущается у насъ такой сильный недостатокъ.

---

*

II.

Краткій историческій очеркъ вопроса.

Въ 1771 году впервые на берегу р. Вилюя подъ 64° с. ш. и подъ 120° в. д. (Гр.) былъ найденъ въ мерзлой средѣ хорошо сохранившійся трупъ носорога. Къ сожалѣнію, геологическая обстановка находки осталась невыясненной, несмотря на то, что въ это время въ Сибири находился академикъ *Палласъ*.

Въ 1799 году на берегу Ледовитаго Океана на полуостровѣ Быковскомъ, восточнѣе дельты р. Лены подъ 72° с. ш. и 130° в. д. (Гр.) какимъ-то тунгузомъ былъ найденъ второй хорошо сохранившійся трупъ доисторической эпохи, на этотъ разъ мамонта, того самаго мамонта, который семь лѣтъ спустя былъ доставленъ проф. *Адамсомъ* въ Петербургскую Академію Наукъ, и котораго мы можемъ видѣть въ ея музеѣ и теперь.

Эти двѣ находки какъ то сразу подняли вопросъ о сѣверной мерзлотѣ и объ отношеніи къ ней ископаемыхъ животныхъ.

Такія научныя силы, какъ *Кювье*, *Гумбольдъ*, *Ляйэлль*, *Дарвинъ*—отдали дань этому трудному для того времени вопросу и дали первые его этюды, въ большинствѣ сложные, слишкомъ натянутые, потому что были основаны не на точныхъ данныхъ наблюденій, а на рядѣ апріорныхъ предположеній и на крайне неясномъ, только мѣшавшемъ теоретическимъ умозрѣніямъ, описаніи, которое далъ *Адамсъ* геологической обстановкѣ могилы звѣря. Весь этотъ многоязычный споръ, поднявшійся вокругъ мамонта и ледяныхъ сибирскихъ массъ, въ сущности, ничего не далъ и въ своемъ

результатѣ пришелъ къ тому, что можно было бы высказать и до его возникновенія, т. е., къ необходимости тщательнаго изслѣдованія всѣхъ условій на мѣстѣ.

Въ 1838 году Академіи стало извѣстно о попыткѣ купца *Шергина* въ Якутскѣ [1]) добыть воду колодцемъ; о томъ, что онъ, выкопавъ шахту, глубиной въ 382′, не вышелъ изъ предѣловъ вѣчной мерзлоты, и отчаявшись дорыться до воды, бросилъ работу. Академіей былъ посланъ *Шергину* опросный листъ и краткое наставленіе къ производству наблюденій. Свѣдѣнія, присланныя *Шергинымъ*, были, можетъ быть, первыми болѣе или менѣе точными температурными наблюденіями надъ вѣчной мерзлотой.

Въ 1840 г. Академія Наукъ снарядила спеціальную экспедицію во главѣ съ *Миддендорфомъ* для выясненія вопроса о мерзлотѣ и мамонтахъ.

Миддендорфъ сдѣлалъ термическія наблюденія, опредѣлилъ термическія градіенты для мерзлыхъ слоевъ почвы, сдѣлалъ попытки опредѣленія мощности ихъ, пользуясь Шергинской шахтой и тремя другими, вырытыми имъ самимъ: Шиловской, Леонтьевской и Манганской.

Въ 1855 году геотермическія изслѣдованія *Миддендорфа* подверглись строгой критикѣ академика *Бэра*, указавшаго на рядъ недостатковъ въ опредѣленіяхъ *Миддендорфа*.

Дальнѣйшее изученіе о вѣчной мерзлотѣ и ледяныхъ слояхъ пошло быстро и широко; цѣлому ряду изслѣдователей (горн. инж. *Лопатинъ*, горн. инж. *Ячевскій*, *Бунге*, *Толль*, *Черскій*, *Толмачевъ* и др.), изъ которыхъ нѣкоторые заплатили жизнью за міровое любопытство *(Черскій)*, мы обязаны многими цѣнными наблюденіями и провѣркой на мѣстѣ выводовъ; другимъ *(Вильдъ*, *Воейковъ)*—обработкой полученныхъ наблюденій.

Съ момента окончательнаго рѣшенія вопроса о постройкѣ Сибирской ж. д. въ изученіи вѣчной мерзлоты намѣчается начало новой фазы развитія вопроса: наблюденія пересе-

---

[1]) Якутскъ лежитъ подъ 62° 2′ с. ш. и 127° 24′ в. д.

живаются на новую почву практическаго учета вліянія мерзлоты на сооруженія. Однако Сибирская дорога не могла дать много матеріала въ этомъ отношеніи. Съ приступомъ къ постройкѣ Забайкальской ж. д. вопросъ о мерзлотѣ значительно обостряется; тѣмъ не менѣе за полтора десятка лѣтъ, которые отдѣляютъ начало работъ на Забайкальской ж. д. и приступъ къ работамъ по постройкѣ Амурской, несмотря на полное отсутствіе какихъ-либо данныхъ о вліяніи вѣчной мерзлоты на сооруженія, несмотря на рѣзавшую глаза необходимость въ такихъ данныхъ,—Забайкальской дорогой почти ничего не было внесено въ нашу литературу по этому вопросу. Расплывались относы, садились зданія, расползались стѣны, испрашивались кредиты на ихъ починку и пристройку новыхъ частей, регулярно начинавшихъ разрушаться въ свою очередь,—и никто не думалъ о необходимости практической выработки наилучшихъ способовъ производства работъ и наилучше приспособленныхъ къ мѣстнымъ условіямъ типовъ сооруженій, чтобы уничтожить самую причину хронической платы за недостаточную освѣдомленность въ особенностяхъ мѣстной природы.

Огромные дополнительные расходы, связанные съ вѣчной мерзлотой, заставили приступить къ наблюденіямъ, и,—лучше поздно, чѣмъ никогда,—по линіи постройки были устроены метеорологическія станціи, особенной задачей которыхъ является производство геотермическихъ наблюденій.

III.

Общія положенія. Виды мерзлоты. Классификація.

Обязанность желѣзнодорожной техники принять самое дѣятельное участіе въ изученіи этого физико-геологическаго явленія сама собой понятна по тому огромному значенію, какое представляетъ вѣчная мерзлота для желѣзнодорожныхъ линій. Значеніе это начинается задолго до обнаруженія различныхъ дефектовъ въ зданіяхъ и искусственныхъ сооруженіяхъ, построенныхъ на мерзломъ грунтѣ, — съ нею приходится начинать считаться при самомъ приступѣ къ проектированію линіи, именно, — при назначеніи отверстій искусственныхъ сооруженій. Поверхности съ вѣчно-мерзлой подпочвой обладаютъ гораздо меньшей впитывающей способностью, чѣмъ обыкновенная земля, поэтому уровень водъ, протекающихъ по такимъ пространствамъ, всегда очень подвиженъ, быстро повышаясь и падая, въ зависимости отъ интенсивности таянія снѣговъ и количества дождей въ бассейнѣ[1]). Это—первый налогъ на желѣзную дорогу въ пользу вѣчной мерзлоты.

Затѣмъ, постройка, — и новые огромные налоги на дорогу вслѣдствіе измѣненія въ невыгодномъ для производства работъ отношеніи физическихъ качествъ почвы подъ вліяніемъ мороза.

---

[1]) Иногда рѣки періодически совершенно исчезаютъ съ поверхности и идутъ подземнымъ русломъ. Такой случай на примѣрѣ рѣки Иги, вытекающей изъ озера Косоголъ, вслѣдствіе оттаиванія вѣчной мерзлоты подъ русломъ, описалъ горн. инж. Ячевскій въ Извѣстіяхъ Восточно-Сибирскаго Отдѣленія Императорскаго Русскаго Географическаго Общества (т. XVII).

Въ зависимости отъ породы, структуры, степени влажности, мерзлая почва то очень близко подходитъ по своимъ качествамъ къ естественному состоянію, то рѣзко отъ него отличается. Такъ, мерзлая скала отличается отъ скалы въ ея естественномъ состояніи лишь тонкой бѣлой паутиной ледяныхъ кристалловъ на поверхности и ледяными отложеніями въ неровностяхъ излома и трещинахъ, тогда какъ глина, лесъ и другія породы крайняго разложенія основныхъ породъ въ своемъ естественномъ состояніи и въ мерзломъ представляютъ рѣзкую разницу въ физическихъ качествахъ, при чемъ эти качества мѣняются въ зависимости отъ температуры и степени влажности. Въ мерзломъ состояніи такіе грунты почти не отличаются по твердости отъ скалы и часто требуютъ примѣненія взрывныхъ работъ; оттаявши, они превращаются въ жижу, неспособную держаться даже очень пологимъ откосомъ.

Насколько неожиданны тѣ случайности, съ которыми приходится сталкиваться при работахъ съ вѣчной мерзлотой можетъ прекрасно иллюстрировать разсказъ инженера *Мацѣевича* изъ практики постройки Забайкальской жел. дор. о пробной добычѣ каменнаго угля въ бассейнѣ озера Хара-Норъ въ 20 верстахъ отъ ст. Борзя.

Слой угля залегалъ въ вѣчной мерзлотѣ, и чтобы избѣжать водоотлива, необходимость въ которомъ, несомнѣнно, явилась бы при оттаиваніи верхнихъ слоевъ лѣтомъ, пробная выработка производилась зимой. Работа шла довольно успѣшно и въ сравнительно короткій промежутокъ времени было добыто угля около 10.000 пудовъ въ крупныхъ кускахъ.

Уголь свозился на станцію и складывался въ штабеляхъ. Еще при выломкѣ угля во впадинахъ на его поверхности были замѣчены кристаллы льда, было даже замѣчено, что внесенные въ теплую комнату кусочки распадались, но никто не придавалъ этому почему-то никакого значенія.

Къ осени, пролежавшій все лѣто въ штабеляхъ, уголь совершенно распался, превратившись въ угольный песокъ, разносимый вѣтромъ и проваливающійся сквозь самыя

узкія межколосниковыя щели. Все это предпріятіе кончилось тѣмъ, что угольный порошокъ былъ свезенъ въ насыпь.

Выпучиваніе и осадки полотна и сооруженій, сырость, а иногда и появленіе цѣлыхъ озеръ подъ поломъ зданій, уменьшеніе мощности источниковъ водоснабженія, и даже полное изсяканіе ихъ, замерзаніе воды въ трубахъ и кранахъ и разрывы ихъ,—это то наслѣдство, которое остается эксплоатаціи послѣ постройки, и за которое приходится дорого платить каждый годъ.

И отъ большей части этихъ расходовъ можно было бы избавиться, если бы были извѣстны пріемы работъ и тѣ средства, которыми можно бороться съ вреднымъ вліяніемъ мерзлоты.

Въ этомъ отношеніи до сихъ поръ нѣтъ ничего общепринятаго, твердо установленнаго; есть, однако, рядъ наблюденій, рядъ мѣръ,—удачныхъ и неудачныхъ, принимавшихся отдѣльными лицами, и съ этимъ надо считаться; и казалось бы, надо бы было поручить непосредственно заинтересованнымъ въ этомъ дѣлѣ желѣзнымъ дорогамъ—Забайкальской и Амурской — производство не только точныхъ наблюденій надъ температурой почвы на различныхъ глубинахъ и надъ метеорологическими факторами мѣстности вообще, но и разумно поставленныхъ опытовъ надъ вліяніемъ мерзлоты на сооруженія съ ближайшей цѣлью практически выработать наилучшіе пріемы постройки и типы сооруженій.

Что касается до различныхъ видовъ мерзлоты, то мы предлагаемъ слѣдующую простую классификацію, основанную на способѣ происхожденія ея:

Типъ I-й. Каменный ледъ—ископаемые остатки ледниковъ четвертичной эпохи.

Типъ II-й. Наледи—ледяныя поля и отдѣльные ледяные холмы, обыкновенно въ долинахъ рѣкъ.

Типъ III-й. Грунтовая вѣчная мерзлота, обусловленная промерзаніемъ почвы.

Типъ IV-й. Временная мерзлота, держащаяся въ почвѣ лишь въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ послѣ особенно холодной зимы. Этотъ типъ, по существу, является частнымъ случаемъ предыдущаго.

Далѣе мы остановимся на каждомъ типѣ мерзлоты въ отдѣльности, при чемъ относительно признаковъ ихъ слѣдуетъ замѣтить, что очень часто эти типы смѣшаны и иногда рѣшить, къ какому типу относится данная мерзлота, бываетъ очень трудно даже спеціалисту-геологу.

Само собой разумѣется, что гдѣ встрѣчаются типы I-й и II-й мерзлоты, тамъ непремѣнно есть и типъ III-й.

Для техника значеніе всѣхъ четырехъ типовъ далеко не одинаково.

Типъ I-й, имѣетъ наименьшее значеніе; большой интересъ онъ можетъ представить лишь для промышленниковъ мамонтовой и другой ископаемой кости, часто встрѣчающихся въ слояхъ, покрывающихъ каменный ледъ.

Типъ II-й до сихъ поръ не имѣлъ большого значенія для техники путей сообщенія, за исключеніемъ единичныхъ случаевъ, когда его встрѣчали при устройствѣ грунтовыхъ дорогъ въ восточной Сибири; намъ, къ сожалѣнію, неизвѣстно ни одной технической замѣтки по этому поводу. Типъ этотъ часто встрѣчается горнякамъ, въ особенности при развѣдкахъ на золото въ той же восточной Сибири.

Типъ III-й наиболѣе важенъ для желѣзнодорожнаго техника, и потому будетъ подробнѣе другихъ изложенъ, какъ въ теоретическомъ отношеніи, такъ и съ точки зрѣнія инженерно - строительной.

Типъ IV-й, какъ мы сказали, является частнымъ случаемъ III-го типа; мерзлота этого типа имѣетъ обыкновенно видъ отдѣльныхъ острововъ, а не безконечныхъ залежей, какъ мерзлота III-яго типа.

———

IV.

I типъ вѣчной мерзлоты. Каменный ледъ.

Въ теченіе своей долгой жизни земля пережила очень много измѣненій и по конфигураціи выступающей на дневную поверхность суши, и по распредѣленію теплоты въ толщѣ поверхностной коры.

Слѣдовавшіе другъ за другомъ періоды въ своихъ климатическихъ и геодезическихъ особенностяхъ измѣнялись медленно, постепенно, безъ тѣхъ невѣроятныхъ катастрофъ, о которыхъ такъ любятъ разсказывать старые учебники,— и, незамѣтно переходя одинъ въ другой, на промежуткѣ въ десятки тысячъ лѣтъ представляли рѣзкія разницы по топографическимъ и климатическимъ характеристикамъ.

Одинъ изъ періодовъ жизни земли, періодъ, съ котораго человѣчество ведетъ свою, провѣренную наукой, родословную — послѣтретичный (четвертичный, дилювіальный, постпліоценовый) — извѣстенъ въ исторіи климата земли обильными осадками и суровой температурой, таинственныя еще для нашей молодой геологіи причины которой, возникнувъ въ концѣ пліоцена, далеко отбросили къ экватору границу сѣвернаго холода и покрыли толстымъ слоемъ снѣга и льда даже тѣ края, гдѣ въ наши дни зрѣютъ дыни.

Ледъ, покрывавшій безконечныя пространства горной суши сѣвернаго полушарія, имѣвшаго, вѣроятно, совсѣмъ другую физіономію, чѣмъ теперь, не дѣлившагося, вѣроятно, Беринговымъ проливомъ на Европо-Азію и Америку и простиравшагося на сѣверъ, вѣроятно, гораздо дальше современнаго берега Ледовитаго океана,—имѣлъ тотъ же самый

характеръ, какой имѣетъ теперь въ горныхъ ледникахъ со всѣми характерными особенностями его.

Жившіе въ началѣ дилювіальной эпохи въ тогда еще теплыхъ сѣверныхъ окраинахъ огромнаго материка доисторическіе звѣри — мамонты, носороги, пещерные медвѣди, олени, мускусные быки, по мѣрѣ развитія стихійныхъ явленій эпохи, терпятъ рядъ морфологическихъ измѣненій.

Поверхность суши постепенно понижается, покрываясь водою и образуя прибрежные сибирскіе острова. Климатъ дѣлается все суровѣе и суровѣе. Часть звѣрей вымираетъ, другіе, какъ мамонтъ, стараются приспособиться къ перемѣнѣ климата и покрываются шерстью, но и они, наконецъ, погибаютъ, одновременно съ тѣмъ, какъ вода, снѣгъ и морозы уничтожаютъ ихъ пастбища. Погибшіе на ледникахъ звѣри, оттаявшіе своимъ давленіемъ себѣ могилы во льду, покрытые снѣгомъ и послѣдующими наносами продуктовъ разложенія основныхъ породъ, вытаиваются теплѣющимъ, затѣмъ, климатомъ и являются нѣмыми и въ то же время многоговорящими памятниками той эпохи, въ которую мы сами начали свое существованіе.

Въ концѣ дилювіальной эпохи таинственныя причины, управляющія климатомъ земли, стали смягчать суровыя условія начала эпохи дилювія, — ледъ и снѣгъ таяли, граница полярнаго холода укорачивалась, отодвигаясь къ сѣверу.

Теперь мы живемъ въ тотъ періодъ, когда древнія необъятныя пространства ледниковъ еще не исчезли совершенно. Есть еще много областей въ Сибири и Америкѣ, гдѣ сохранились эти остатки, постепенно и медленно разрушаясь подъ вліяніемъ теплѣющаго климата. Эти ледники не имѣютъ теперь той физіономіи, которую они имѣли десятки тысячъ лѣтъ тому назадъ. Большинство всѣхъ тѣхъ признаковъ, по которымъ мы такъ привыкли опредѣлять современные ледники, подъ вліяніемъ атмосферныхъ агентовъ или исчезли, или сильно измѣнились. Таково, напримѣръ, отсутствіе сплошныхъ моренъ, — встрѣчаются лишь

изрѣдка отдѣльные валуны и утесы, отшлифованные когда-то льдомъ или глубоко поцарапанные имъ.

Съ теченіемъ времени поверхность ледниковъ покрывалась конечными продуктами разложенія скалъ — лесомъ, глиной, — на ней зарождалась растительность, появлялась тундра, торфъ, чахлая древесная растительность.

Классическими примѣрами такихъ ископаемыхъ ледниковъ, каменнаго льда, являются Ново-Сибирскіе острова [1]), рѣка Березовка (правый притокъ рѣки Колымы) [2]), Эшшольцева губа (Сѣв. Америка) [3]) и Гренландія [4]).

Дадимъ теперь слово людямъ, видѣвшимъ эти пережитки глубокой холодной старины собственными глазами.

Докторъ *Бунге*, посѣтившій въ 1886 году Большой Ляховскій островъ, пишетъ [5]):

„Тамъ, гдѣ холмы выдаются въ море, они образуютъ круто обрывающіеся мысы съ прекрасными обнаженіями, дающими намъ точную картину строенія этихъ въ высшей степени интересныхъ постпліоценовыхъ образованій. Здѣсь, кромѣ слоистыхъ, болѣе или менѣе песчаныхъ, постоянно промерзшихъ глинистыхъ массъ съ животными или растительными остатками, иногда видны прямо колоссальные ледяные массивы такой мощности, какую мнѣ не приходилось наблюдать ни на Ленѣ, ни на Янѣ. Въ одномъ мѣстѣ вертикально стоящая ледяная стѣна достигала 72′..,

Кромѣ этихъ мощныхъ ледяныхъ массивовъ, повсюду между горизонтальными земляными слоями находятся также горизонтальныя тонкія прослойки прозрачнаго льда.

Въ теченіе лѣта, подъ вліяніемъ солнца, эти обнаженія отчасти стаиваютъ и отступаютъ вглубь острова. Съ громкимъ трескомъ обваливаются то большія, то малыя земляныя массы и, превратившись внизу въ густой кисель, похожій

---

[1]) Бунге, Толль (Толь).

[2]) Толмачевъ.

[3]) Dall, Russel, Brooks.

[4]) Nansen, Nordenscheld, Steenstrup и въ особенности Дригальскій.

[5]) Цитируемъ по Толлю.

на потокъ лавы, стекаютъ по мерзлой почвѣ въ болѣе низкія мѣста и, наконецъ, въ море. Вода отъ растаявшаго льда собирается въ небольшіе ручейки и съ шумомъ стекаетъ по глубоко прорѣзаннымъ русламъ. Въ такихъ мѣстахъ я часто замѣчалъ какой-то — не то гнилостный, не то затхлый запахъ, присущій, повидимому, всей массѣ земли...

Въ обрывахъ выглядываютъ наружу кости, а иногда даже и мягкія части животныхъ четвертичной эпохи...

Въ общемъ, кости рѣдко можно найти въ то время, когда онѣ только что выступаютъ изъ земляныхъ пластовъ, по большей части онѣ вываливаются незамѣтно, затѣмъ снова покрываются оползнями, опять обнажаются—и такъ доходятъ до моря, которое въ этихъ мѣстахъ на большое пространство мелко...

Тамъ, гдѣ поверхность острова, высота котораго возвышается всего на 25′—40′ надъ уровнемъ воды, вдается въ море, берегъ спускается постепенно и своеобразно; волнами и береговымъ теченіемъ онъ здѣсь подмытъ на протяженіи многихъ саженъ и обрывается въ море огромными глыбами, намѣченными ледяными трещинами; море разрушаетъ эти глыбы земли. Берегъ здѣсь сильно расщепленъ, разорванъ, имѣетъ дикій видъ.

Въ такихъ мѣстахъ кости четвертичныхъ животныхъ находятся очень рѣдко; зато повсюду въ землѣ разсѣяны прѣсноводныя двустворчатки и улитки. При взглядѣ на эти обрушивающіяся и оттаивающія мерзлыя массы земли мнѣ приходило на мысль, что—поднимись температура почвы лишь на короткое время выше 0°,—островъ моментально прекратитъ свое существованіе, обратясь въ кашицеобразную массу, расплывшись жидкой грязью по дну моря и оставивши по себѣ воспоминаніе лишь въ видѣ четырехъ холмовъ, возвышающихся теперь надъ его поверхностью [1]). Во всякомъ случаѣ—такова конечная судьба острова, хотя, можетъ быть, и черезъ долгое время“.

---

[1]) Высота отъ 500′ до 1000′; структура гранитная.

Вотъ другое описаніе каменнаго льда (*бар. Э. Толь*):

Отъ Малаго Зимовья, на южномъ берегу Большого Ляховскаго острова [1]), гдѣ я присталъ послѣ переправы черезъ Ледовитый океанъ между Святымъ Носомъ и островомъ, путь мой къ мѣстонахожденію мамонта лежалъ приблизительно на 10 километровъ западнѣе въ сторону южнаго берега вдоль острова. На этомъ пространствѣ на крутыхъ берегахъ, состоящихъ изъ четвертичныхъ отложеній, я могъ различить непрерывную массу каменнаго льда внизу и верхній горизонтъ, состоящій изъ глины, песку и залежей торфа.

Отъ южнаго берега путь мой лежалъ поперекъ острова, вдоль низменности, происшедшей отъ размыва плато въ 100′ высоты, къ мѣстонахожденію мамонта на мысѣ „Толстомъ“ на сѣверномъ берегу острова.

Также и здѣсь можно было прослѣдить подъ горизонтомъ четвертичныхъ образованій непрерывный пластъ прозрачнаго, при падающемъ свѣтѣ сѣро-зеленаго, льда.

Въ нижній ледяной горизонтъ вклиниваются части верхняго горизонта и, смотря по мощности всей ледяной стѣны, полосы слоистой глины то низки—въ 15′ высоты, то мощны—въ 50—70′ и, въ среднемъ,—10′ ширины; въ нихъ почти всегда тонкія прослойки глины чередуются съ ледяными. Надъ ними находятся слои песка, глины или торфа, покрытые слоемъ тундры, т. е. теперешнимъ растительнымъ покровомъ.

Ледъ содержитъ тѣсно расположенные пузырьки воздуха отъ 1—2 mm. въ діаметрѣ. Слоистости не наблюдается. Въ ледяной стѣнѣ мѣстонахожденія мамонта Боярскаго въ сплошномъ льдѣ было найдено включеніе въ 3′ высоты и 2′ ширины, состоявшее изъ различно наслоенныхъ ледяныхъ кусковъ. Отдѣльныя части этого конгломерата, благодаря глинистымъ прослойкамъ, толщиною въ листъ бумаги, были

---

[1]) Идетъ рѣчь о части южнаго берега острова у устья Ванькиной рѣки (у горы Титьки).

окрашены въ болѣе или менѣе темный желтый цвѣтъ, въ зависимости отъ болѣе густого или болѣе рѣдкаго расположенія прослоекъ, между которыми находились молочно-бѣлые, сильно пузыристые ледяные слои...

На томъ же самомъ мѣстѣ береговой стѣны обнаружилось еще другое интересное явленіе. Висячій бокъ ледяныхъ массъ былъ здѣсь раздѣленъ щелью въ нѣсколько сантиметровъ шириною, достигавшею до низа слоя каменнаго льда и образовавшеюся, вѣроятно, вслѣдствіе того, что вода, смѣшанная съ глиной, проникла въ щель въ каменномъ льдѣ и тамъ замерзла...

Ледяная стѣна отступаетъ въ видѣ полукруга, образуя котелъ; такія же образованія *бар. Майдель* замѣтилъ на Шендронѣ. Ледяная стѣна, падавшая прежде отвѣсно въ море, составляетъ теперь задній фасадъ морской поймы, на которой возвышаются ряды конусообразныхъ и пирамидальныхъ холмовъ; это—глинистыя массы, выполнявшія прежде трещины во льду и оставшіяся послѣ стаиванія послѣдняго.

Теперь онѣ снова замерзли и представляютъ картину, похожую на застывшій лавовый потокъ.

Эти картины говорятъ болѣе понятнымъ языкомъ, чѣмъ длинное описаніе. Онѣ показываютъ, что ледъ—несомнѣнно, болѣе древнее образованіе, и что части обнаженія, выдѣляющіяся среди льда въ видѣ темныхъ полосъ, напротивъ, должны быть болѣе молодого происхожденія. Выяснить условія, повидимому находящіяся въ противорѣчіи, т. е. что надъ болѣе молодыми образованіями залегаютъ болѣе старыя, именно—выполненныя глиной полосы, окруженныя льдомъ, мы можемъ не иначе, какъ представивъ себѣ слѣдующія стадіи въ исторіи этихъ четвертичныхъ образованій.

Въ первой стадіи находились здѣсь обширныя ледяныя залежи, покрывавшія, безъ сомнѣнія, весь островъ за исключеніемъ четырехъ горъ. Мощность этихъ ледяныхъ массъ нельзя, къ сожалѣнію, опредѣлить, такъ какъ ихъ основанія нигдѣ нельзя видѣть, кажущаяся же мощность колеблется въ предѣлахъ 20′—70′.

Эта ледяная поверхность была, очевидно, разорвана и расщеплена, или пронизана, тонкими трещинами, которыя прорѣзывали ледъ во всю его толщину.

Во второй стадіи эти трещины и каналы постепенно выполнялись послойно тонкимъ льдомъ, глиной и пескомъ, можетъ быть, эти трещины, заполнившись, покрывались слоемъ льда.

Послѣ того, какъ трещины сыграли свою роль, выступила на сцену дальнѣйшая стадія, въ періодъ которой осадки высохшихъ озеръ, вмѣстѣ съ ихъ фауной, отложились и покрыли отчасти ледъ; или же образовались болота надъ льдомъ на непроницаемой почвѣ, которая постепенно возникала изъ вымытой, или принесенной вѣтромъ, и позднѣе замерзшей глины.

Наконецъ, надъ торфомъ болотъ, на новообразовавшейся глинистой и песчаной почвѣ, появилась современная растительность"...

Далѣе находимъ слѣдующее описаніе структуры каменнаго льда [1]):

„Выглядывающій изъ подъ четвертичныхъ слоевъ, ледъ представляетъ ясно зернистое сложеніе. Въ свѣжемъ разломѣ ледъ сначала (утромъ) былъ безструктуренъ; только въ полдень, когда затѣненная до сихъ поръ ледяная стѣна была освѣщена солнцемъ, можно было замѣтить первыя волосныя трещины, и въ $3^1/_2$ часа пополудни, при $+0{,}7^0$ Ц. въ тѣни, я могъ замѣтить отдѣльныя зерна.

Ледъ состоялъ изъ призматическихъ, въ безпорядкѣ скученныхъ, но плотно сцѣпленныхъ, кусковъ. Поверхность отдѣльныхъ зеренъ была покрыта выемками, посредствомъ которыхъ зерна соединялись другъ съ другомъ на подобіе суставовъ. Отдѣльныя зерна были призматическія, другія были сплющены съ боковъ и на концахъ заострены, или болѣе или менѣе сжаты; поверхности кубическихъ зеренъ

---

[1]) Въ описаніи острова Котельнаго.

были, вслѣдствіе сжатія, выпукловогнутыя. Большія зерна имѣли размѣръ 10 × 5 m/m.“...

Слѣдовательно, не можетъ подлежать никакому сомнѣнію то, что каменный ледъ образовался не путемъ замерзанія водъ—морскихъ или озерныхъ—а имѣетъ снѣжное, фирновое происхожденіе, другими словами, что каменный ледъ есть ничто иное, какъ матеріалъ ископаемаго ледника [1]).

Это же самое было доказано и въ другихъ пунктахъ (см. напр. работы *Дригальскаго* о гренландскихъ ископаемыхъ ледникахъ).

Нѣсколько позднѣе снѣговая природа каменнаго льда была доказана микроскопически и химически *Толмачевымъ* (для ледяныхъ залежей по рѣкѣ Березовкѣ, правому притоку р. Колымы) [2]).

Воспитанное на многихъ историческихъ ошибкахъ, недовѣріе до сихъ поръ мѣшаетъ признать одну изъ многихъ существующихъ гипотезъ о происхожденіи материковаго льда за доказанную истину. Мы ограничились изложеніемъ только одной изъ нихъ, по нашему мнѣнію, наиболѣе простой и наиболѣе логической [3]).

Наибольшее сомнѣніе гипотеза, трактующая материковый ледъ, какъ остатки четвертичныхъ ледниковъ, встрѣ-

---

[1]) Изслѣдованіе о структурѣ льда см.: *Emden*. Ueber das Gletschernkorn. Neue Denkschriften der allgem. schweiz. Gesell. für d. gesammte Natur wissensch. Bd. XXXIII, Abth. I. 1893.

[2]) *Толмачевъ*. Почвенный ледъ съ рѣки Березовки. Научные результаты экспедиціи Имп. Академіи Наукъ для раскопокъ мамонта, 1903. То же въ Зап. Мин. Общ., 1903, 40.

[3]) Одни, напримѣръ, видятъ въ материковомъ льдѣ замерзшія массы морской воды; другіе—замерзшія озера, третьи—замерзшую рѣчную воду; четвертые (Бунге)—думаютъ, что материковый ледъ представляетъ собою затекшую въ щели въ мерзлой почвѣ и замерзшую тамъ воду и проч.

чаетъ въ частомъ отсутствіи тѣхъ признаковъ, опредѣлять которыми всѣ такъ привыкли ледникъ.

Чтобы не отвлекаться отъ поставленной себѣ задачи, мы не будемъ вдаваться въ эти подробности, отсылая читателя къ трудамъ, указаннымъ въ приложенномъ къ книгѣ спискѣ (глава XIV).

V.

II типъ вѣчной мерзлоты. Наледи (Тарыны).

Этотъ видъ мерзлоты имѣетъ гораздо большее практическое значеніе, чѣмъ первый; всего чаще приходится имѣть съ нимъ дѣло горнопромышленникамъ при заложеніи пробныхъ шурфовъ, а иногда и при добычѣ полезныхъ ископаемыхъ. Нашими свѣдѣніями о наледяхъ мы обязаны, помимо нѣсколькихъ мелкихъ статей, главнымъ образомъ, трудамъ *Дитмара*, *Миддендорфа*, *Майделя*, *Ячевскаго* и *Подьяконова*.

Разсмотримъ причины образованія наледей.

Долина рѣки въ самомъ типичномъ, наиболѣе часто встрѣчающемся, случаѣ состоитъ изъ слѣдующихъ лежащихъ другъ на другѣ напластованій. Наверху—сравнительно тонкій слой растительной земли, мха, торфа, вообще—слой съ богатымъ содержаніемъ органическихъ остатковъ; затѣмъ—плывунъ, глина или илъ, далѣе—слой крупнаго песка, гальки, иногда гравія, рѣже—валуновъ, слой, за которымъ идетъ, обыкновенно, глина, лежащая на основной породѣ.

Въ той части долины, гдѣ находится русло рѣки, два верхнихъ слоя обыкновенно отсутствуютъ и размывшій ихъ потокъ лежитъ на слоѣ песка или гравія съ глинистой подпочвой.

Наблюденія показываютъ, что видимый водный потокъ является только частью рѣки, протекающей по долинѣ; часть ея, съ расходомъ, часто гораздо болѣе значительнымъ, чѣмъ расходъ видимаго потока, протекаетъ по толщѣ песчано-галечнаго слоя во всю ширину долины, отдавая види-

мому потоку лишь избытокъ воды, не могущій вмѣститься въ водоносный слой.

Представимъ себѣ, что наступили морозы,—рѣчка стала, на поверхности образовался слой льда. При дальнѣйшемъ пониженіи температуры, если рѣчка не находится въ какихъ-нибудь исключительныхъ условіяхъ, въ родѣ, напримѣръ, обилія въ ней теплыхъ ключей, толщина льда на ея поверхности будетъ увеличиваться, постепенно наращиваясь снизу и стѣсняя живое сѣченіе потока.

Ледъ занимаетъ большій объемъ, чѣмъ вода того же вѣса и температуры, поэтому несомнѣнно, что при установившемся постоянномъ расходѣ, вода будетъ претерпѣвать нѣкоторое давленіе со стороны лежащаго на ней льда. Уменьшеніе живого сѣченія происходитъ одновременно и въ другой части его—подземной, вслѣдствіе промерзанія лежащей надъ водоноснымъ слоемъ почвы и верхней части самаго водоноснаго слоя.

Подъ вліяніемъ этого давленія, которое можетъ возрасти до неопредѣленно большого значенія, вслѣдствіе увеличившагося вдругъ расхода, вода изъ русла выдавливается въ водоносный слой, лежащій по всей ширинѣ долины, поднимается по нему вверхъ и ищетъ прохода черезъ лежащій сверху слой глины. Найдя эти проходы и поднимаясь по нимъ, вода выступаетъ на дневную поверхность въ трещинахъ или въ покрытыхъ снѣгомъ и потому непромерзшихъ мѣстахъ.

Выступившая на поверхность вода въ зависимости отъ степени мороза—или замерзаетъ немедленно, или успѣваетъ стечь по естественному уклону. Выступающая въ одномъ и томъ же мѣстѣ и замерзающая вода образуетъ ледяной бугоръ, и такими буграми покрывается вся долина рѣки. Стекающая съ этихъ своеобразныхъ вулкановъ вода заполняетъ пространства между ними и одновременно наращиваетъ холмы, пока, подъ вліяніемъ какихъ-нибудь причинъ, не уменьшится расходъ воды въ руслѣ настолько, что упавшій напоръ окажется не въ состояніи поднять воду до поверх-

ности наледи. Такова общая картина образованія наледей.

Изъ изложеннаго слѣдуетъ, что, во-первыхъ,—промерзаніе рѣки до дна отнюдь не означаетъ временнаго ея прекращенія, а лишь переходъ теченія изъ открытаго русла въ закрытое, защищенное отъ холода слоемъ разрушенныхъ породъ, растительностью и снѣгомъ; во-вторыхъ, — что наледи не представляютъ собою явленія, специфическаго для Якутской области, какъ думалъ *Майдель*, а могущаго появиться всюду при совокупности часто встрѣчающихся на сѣверѣ условій.

Итакъ, наледь, появившись въ началѣ зимы при первыхъ большихъ морозахъ, въ продолженіе всей зимы продолжаетъ расти, достигая къ концу зимы огромной толщины въ нѣсколько аршинъ, такъ, г. *Подьяконовъ* наблюдалъ ледяной конусъ въ долинѣ р. Налды (лѣвый притокъ р. Амедиги, лѣваго притока р. Алдана) высотою въ 1,25 саж. надъ уровнемъ осенняго горизонта воды въ рѣкѣ.

Вода, стекающая съ ледяныхъ холмовъ, иногда совершенно выравниваетъ все пространство долины, представляющей тогда гладкій, слабо вогнутый ледяной желобъ.

Иногда всѣ выходы, черезъ которые выступаетъ вода, закупориваются ледяными пробками и вода начинаетъ просачиваться по краямъ наледи, по косогорамъ долины, обыкновенно прикрытымъ снѣгомъ.

Толщина наледи находится въ сильной зависимости отъ величины снѣгопада: снѣгъ, пропитываясь водой и леденѣя, значительно увеличиваетъ ее.

Особенно сильный приростъ наледи относится къ концу зимы, къ періоду послѣднихъ морозовъ. Затѣмъ, съ первыми оттепелями, наледь начинаетъ уменьшаться, по поверхности раскидывается цѣлая сѣть ручейковъ, протаивающихъ въ ея толщѣ глубокія борозды, ледъ, лежащій на руслѣ, скоро вскрывается рѣкой, наступаетъ лѣто, и долинная наледь медленно исчезаетъ. Таяніе это настолько медленно, что

наледь иногда не успѣваетъ растаять до наступленія новыхъ морозовъ и становится постояннымъ явленіемъ.

Такія ледяныя поля, покрывающія долины рѣкъ, уменьшаясь лѣтомъ и увеличиваясь зимой, лежатъ неопредѣленно долго, и иногда, покрытыя нанесеннымъ разливомъ толстымъ слоемъ глины и ила, становятся еще менѣе чувствительными къ перемѣнамъ температуры.

На этомъ наносномъ слоѣ развивается растительность; подъ вліяніемъ новыхъ физическихъ условій сама рѣчка, создавшая погребенныя массы льда, мѣняетъ русло или даже исчезаетъ вовсе, а остатки наледи продолжаютъ лежать, почти не измѣняясь въ своемъ объемѣ, если климатическія условія этому благопріятствуютъ.

Такого именно происхожденія тѣ ледяныя массы, которыя наблюдалъ г. *Подьяконовъ* на высокомъ, полуторасаженномъ, обрывистомъ берегу небольшой, безымянной рѣчки, впадающей въ р. Алданъ [1]). Слой льда имѣлъ 6 вершковъ толщины и лежалъ подъ слоемъ растительной земли въ пластѣ глины, на глубинѣ $^5/_4$ аршина отъ поверхности и въ 3 саженяхъ отъ края обрыва. Изъ того, что поверхность земли была покрыта мелкимъ перелѣскомъ, можно думать, что образованіе этого льда относится къ довольно отдаленному времени.

Очень эффектный экземпляръ наледнаго льда находится, по словамъ очевидцевъ, въ 200 верстахъ отъ Якутска въ долинѣ Лены въ видѣ отдѣльно стоящей ледяной горы, представлявшей собою, вѣроятно, водяной вулканъ бывшей здѣсь когда-то наледи; образованія этой ледяной горы не помнитъ никто изъ обитателей Якутска.

Классическое описаніе ледяной долины находимъ у *Миддендорфа*,—это долина р. Селенды въ Становыхъ горахъ [2]). Изъ наледей большихъ размѣровъ, кажется, наиболѣе из-

---

[1]) Извѣстія Императ. Русскаго Географ. Общества. Т. XXXIX, вып. IV. 1903, стр. 329—330.

[2]) *Миддендорфъ*. Сибирское путешествіе, т. IV, стр. 418—426.

вѣстны наледи на рѣчкѣ Тарынъ, лѣвомъ притокѣ р. Олекмы, расположенныя на крутыхъ склонахъ береговыхъ уваловъ. Наледи эти пользуются въ краѣ такою извѣстностью, что слова—Тарынъ и наледь—стали синонимами: по-якутски—тарынъ—значитъ наледь.

Этотъ фактъ нахожденія мощныхъ наледей на крутыхъ береговыхъ увалахъ находится въ полномъ противорѣчіи съ взглядами *Дитмара*, который думаетъ почему-то, что „тарыны образуются лишь въ такихъ частяхъ долинъ, которыя являются либо въ видѣ рѣзко выраженныхъ котловинъ, либо расположены по крайней мѣрѣ совершенно горизонтально". Эти ошибочные взгляды раздѣляетъ и *Майдель*.

Между тѣмъ, по наблюденіямъ горнаго инженера *Подьяконова*, долго работавшаго въ горной части Якутской области, особенно большаго развитія наледи достигаютъ въ верхнихъ частяхъ теченія горныхъ рѣчекъ, имѣющихъ паденіе отъ 0,01 до 0,02, а иногда и на боковыхъ ключахъ съ паденіемъ до 0,05. Это и понятно: чѣмъ больше уклонъ, тѣмъ сильнѣе возможный напоръ, заставляющій воду подниматься и просачиваться или черезъ водяные вулканы или черезъ борта наледи, тѣмъ на большую высоту она будетъ въ состояніи подняться и дать тѣмъ большую толщину наледи.

Факторомъ, сильно вліяющимъ на развитіе наледей является наличіе въ долинѣ рѣки вѣчно мерзлой почвы, значительно уменьшающей водопроницаемость подпочвеннаго русла рѣки. Это вполнѣ подтверждается изслѣдованіями *Майделя* тарына на р. Кыра.

По мнѣнію нѣкоторыхъ путешественниковъ почвенная мерзлота является главной причиной образованія наледей; такъ — *Миддендорфъ* не вполнѣ ясно, а *Майдель* вполнѣ опредѣленно утверждаютъ, что не будь въ долинахъ вѣчно мерзлой почвы, не было бы въ нихъ и наледей. Всѣ эти выводы, основанные исключительно на внѣшнихъ осмотрахъ, далеко не подтверждаются результатами болѣе подробныхъ изслѣдованій. Такъ, въ докладѣ горнаго инженера *Подьяко-*

нова соединенному засѣданію отдѣленій Космографіи (стр. 336—337) читаемъ:

„Во время моихъ поисковыхъ работъ мнѣ пришлось закладывать въ наледяхъ: три линіи шурфовъ по р. Налды и двумъ ея притокамъ, двѣ линіи по р. Куртаху, одну линію по р. Безымянной, впадающей съ лѣвой стороны въ р. Алданъ и одну линію по рч. Кэбактъ — итого 7 линій шурфовъ въ наледяхъ, и всѣми шурфами были встрѣчены талики во всю толщу наносовъ вплоть до тоже талой почвы.

Такъ какъ наледи на р. Налды и особенно на Куртахѣ достигаютъ огромныхъ размѣровъ, оставляя почти на все лѣто ледяныя поля, то констатированіе шурфами отсутствія вѣчной мерзлоты ясно показываетъ, что не она является рѣшающимъ факторомъ при образованіи наледей“.

Своеобразный видъ представляютъ наледи горныхъ ручьевъ очень большого паденія, вытекающихъ обыкновенно совершенно незначительной струей изъ трещинъ крутыхъ скалъ, — къ концу зимы они часто образуютъ эффектные огромной величины ледопады. Ихъ можно наблюдать на склонахъ высокихъ гольцовъ Яблоноваго хребта; извѣстны ледопады на р. Кухчи, притокѣ р. Ботчи (Приморской области).

Остается сказать нѣсколько словъ о наледяхъ большихъ рѣкъ. Изъ большихъ рѣкъ, въ долинахъ которыхъ образуются наледи, особеннаго вниманія заслуживаетъ Лена.

Въ маленькихъ рѣкахъ закрытая часть русла, или водоносный слой долины, имѣетъ обыкновенно большее живое сѣченіе, чѣмъ открытая часть русла, поэтому всякое съуженіе этого послѣдняго, напримѣръ, вслѣдствіе промерзанія, влечетъ сильныя колебанія въ напорѣ скованной льдомъ рѣки и заставляетъ воду энергично реагировать на него образованіемъ наледи; тѣмъ болѣе, что поднять лежащій на поверхности воды ледъ она не въ состояніи, потому что самая ширина рѣки незначительна, а значитъ, не можетъ быть значителенъ и моментъ давленія на него снизу воды.

Иное дѣло большія рѣки. На нихъ образоваться на-

леди вслѣдствіе стѣсненія подземнаго русла—гораздо труднѣе, потому что большая масса воды течетъ по открытому руслу, тѣмъ болѣе, что это стѣсненіе русла совпадаетъ съ обычнымъ уменьшеніемъ расхода воды зимою. Далѣе, большая ширина рѣки позволяетъ водѣ при увеличившемся расходѣ приподнять ледъ, лежащій на ея поверхности. Подъ вліяніемъ этого выпиранія ледъ приметъ видъ выпуклой неправильно-цилиндрической оболочки; такимъ образомъ, вода посрединѣ рѣки окажется на болѣе высокомъ уровнѣ, чѣмъ у береговъ, будетъ выбиваться сквозь трещины во льду и затоплять пойму.

Наледи такого именно характера встрѣчаются на Ленѣ, при чемъ причиной, вызывающей увеличеніе расхода воды являются осенніе дожди въ верхнемъ теченіи рѣки, въ то время, какъ среднее и нижнее теченія уже скованы льдомъ.

VI.

III типъ вѣчной мерзлоты. Мерзлая почва.

Явленіе вѣчно-мерзлой почвы, находясь въ прямой зависимости отъ средней годовой температуры мѣста, зависитъ въ то же время отъ множества другихъ причинъ, усиливающихъ или уменьшающихъ значеніе первой. Поэтому ни для границъ распространенія вѣчной мерзлоты, ни для мощности мерзлаго слоя почвы нельзя дать общаго точнаго рѣшенія. Тѣмъ не менѣе изученіе тѣхъ причинъ, которыя имѣютъ вліяніе на большее или меньшее охлажденіе поверхностнаго слоя земной коры, можетъ въ значительной степени выяснить дѣло и часто дать цифры, правда приблизительныя, но важныя для сравненій и практическихъ выводовъ.

Вопросъ о южной границѣ вѣчно-мерзлаго грунта возникъ одновременно съ вопросомъ о вѣчной мерзлотѣ вообще, т. е. въ началѣ XIX столѣтія.

Первые изслѣдователи этого вопроса: *Миддендорфъ* [1]), *Бэръ*, *Лопатинъ*, давъ много матеріала, не рѣшили вопроса; слѣдующая въ хронологическомъ порядкѣ попытка принадлежитъ *Fritz'у* цитируемому *Пешелемъ* [2]) и *Гюнтеромъ* [3]). *Fritz* первый, можетъ быть, попытался начертить границу вѣчно-мерзлой почвы; граница эта между Печорой и Байкаломъ—не согласна съ имѣющимися наблюденіями.

---

[1]) *Миддендорфъ* намѣтилъ слѣдующую приблизительную границу мерзлоты: отъ Березова, сѣвернѣе Туруханска, между Олекминскомъ и Витимомъ, на Амчинскъ, далѣе на NO къ Охотскому морю.

[2]) *Ячевскій*. О вѣчно-мерзлой почвѣ въ Сибири.

[3]) *Günter*. Lehrbuch der Geophysik. 1884. I B., S. 302.

Далѣе этимъ вопросомъ занимались *Вильдъ* и *Ячевскій* и этимъ какъ будто заканчиваются попытки теоретически, опираясь лишь на очень небольшое число фактическихъ данныхъ, начертить границу простиранія вѣчной мерзлоты, и положеніе вопроса вступило въ періодъ накопленія результатовъ наблюденій.

Остановимся нѣсколько подробнѣе на результатахъ изслѣдованій *Вильда* и *Ячевскаго*.

Основываясь на наблюденіяхъ надъ температурой почвы въ Петербургѣ и Нукусѣ (на Аму-Дарьѣ), Вильдъ теоретически пришелъ къ выводу, что граница мерзлоты должна совпадать съ изотермой ($-2^0,0 \pm 0,9$).

На прилагаемой картѣ (фиг. 1) [1]) сплошной линіей нанесена граница вѣчной мерзлоты по *Вильду*.

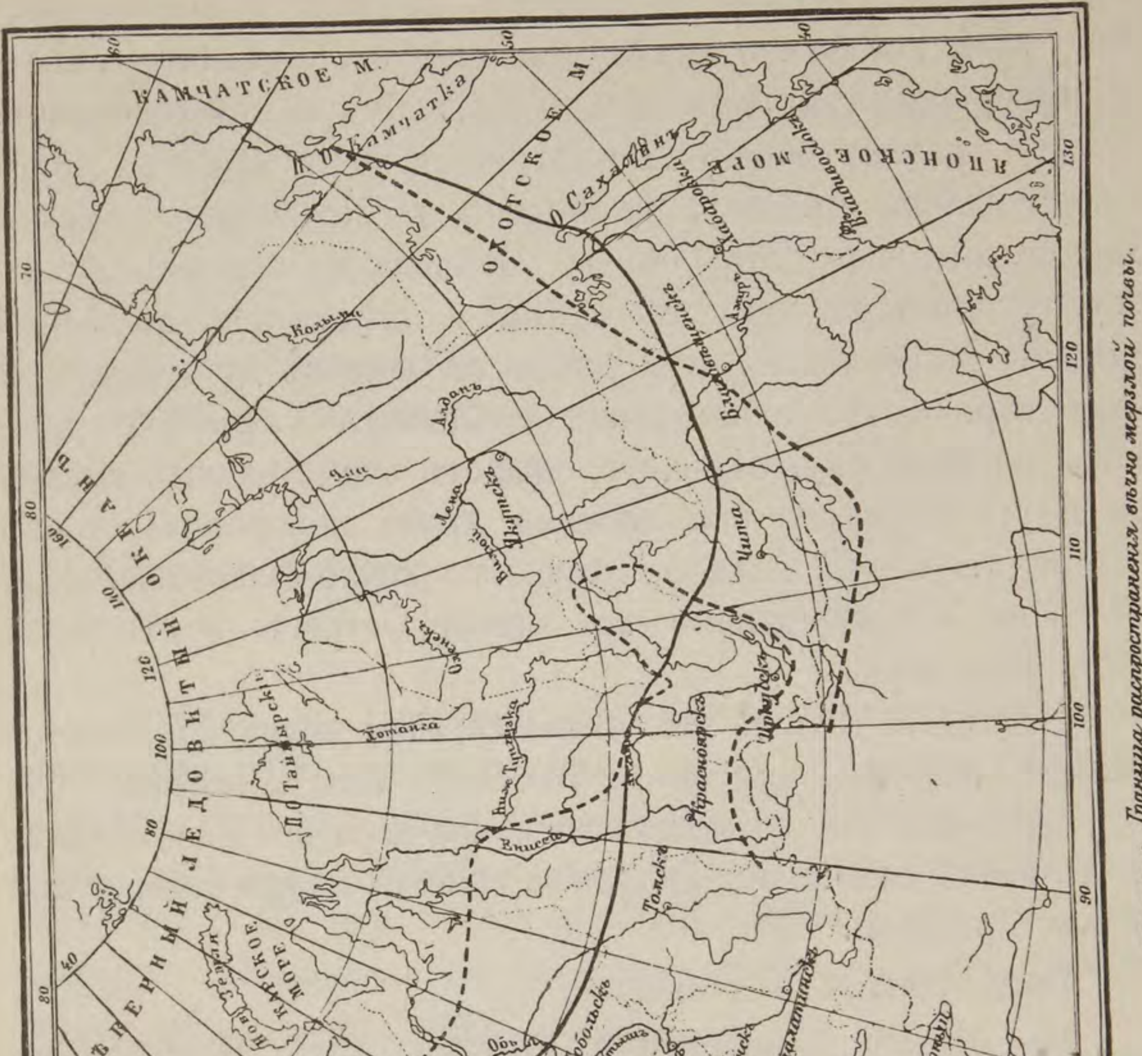
Горный инженеръ *Ячевскій*, критически разобравъ имѣвшійся матеріалъ и дополнивъ его данными собственной практики въ Сибири, далъ болѣе точную границу вѣчной мерзлоты, признавая, что она не занимаетъ постояннаго неизмѣннаго положенія и зависитъ отъ множества факторовъ, изгибающихъ ее то къ сѣверу, то къ югу. Во многихъ мѣстахъ, за отсутствіемъ данныхъ, онъ проводитъ ее гадательно.

На прилагаемой картѣ граница мерзлоты по *Ячевскому* нанесена пунктиромъ.

Начинаясь у устья Мезени и пересѣкая Печору, граница мерзлоты проходитъ, приблизительно, подъ 65°,5 сѣв. широты и, имѣя, вѣроятно, на Уралѣ нѣкоторый выгибъ къ югу, поднимается, затѣмъ, въ сѣверо-восточномъ направленіи до Березова на Оби. На пространствѣ отъ Березова до Туруханска—нѣтъ наблюденій и потому граница проведена по прямой.

Далѣе, пользуясь данными наблюденій *Лопатина* на Средней Тунгузкѣ и *Козицкаго* на Ангарѣ, *Ячевскій* круто изгибаетъ границу къ югу и проводитъ ее по водораздѣлу между правыми притоками нижней Ангары и лѣвыми притоками Средней Тунгузки. Опускаясь по водораздѣлу къ

[1]) *Ячевскій*. О вѣчно мерзлой почвѣ въ Сибири.



—— *Изотерма — 2° Ц.* ---- *Граница распространенія вѣчно мерзлой почвы.*

Граница вѣчной мерзлоты по Вильду. по Ячевскому.

Фиг. 1.

югу, граница доходитъ до бассейна Лены и по водораздѣлу между этой послѣдней и Нижней Тунгузкой поднимается къ NO и пересѣкаетъ Лену между Витимомъ и Олекминскомъ.

По правому берегу Лены граница мерзлой почвы круто поворачиваетъ къ югу, проходитъ по отрогамъ Хамаръ-Дабана на восточномъ берегу Байкала и, заворачивая къ югу, уходитъ въ предѣлы Китая и спускается до Урги, столицы Монголіи. Слѣдуя далѣе на востокъ по параллели этого города, граничная линія встрѣчаетъ Хинганскій хребетъ, по которому, вѣроятно, дѣлаетъ значительный выгибъ къ югу; пересѣкая его, граница круто поворачиваетъ къ сѣверу и, перейдя Амуръ нѣсколько выше Благовѣщенска, идетъ въ NO-направленіи на Удскій Острогъ и сѣверную часть Камчатки.

Изъ этого видно, что вѣчно-мерзлая почва покрываетъ болѣе $^2/_3$ Сибири, или около 7.000.000 квадр. верстъ.

Что касается до мощности вѣчно-мерзлаго слоя почвы, то въ этомъ отношеніи никакихъ общихъ цифръ совершенно нельзя привести.

Вотъ нѣсколько данныхъ:

На сѣверѣ Европейской Россіи, около Пустозерска, *Шренкъ* нашелъ толщину мерзлой почвы въ 8 — $8^1/_2$ саж. Наблюденія *Миддендорфа* дали величину геотермическаго градуса, пользуясь которымъ, онъ вычислилъ глубину, на которой должна быть температура 0° и нашелъ—для Олекминска — 60′, для Шиловской шахты — 300′, для Шергинской—600′, для Манганской —265′.

По мнѣнію *Петерса*, толщина мерзлаго слоя для Шергинской шахты равна не 600′, какъ опредѣлилъ *Миддендорфъ*, а 1000′ *).

Купферъ для Воздвиженскаго рудника даетъ 60′.

Ячевскій на золотыхъ пріискахъ Забайкалья по рр. Ба-

---

*) Слѣдуетъ замѣтить, что не только цифра, данная *Петерсомъ*, но даже цифра *Миддендорфа* преувеличены, о чемъ мы будемъ имѣть случай сказать ниже.

янъ-Зургѣ, Дильмачику и Дорасуну находилъ толщину въ 16 метровъ.

Буреніе артезіанскихъ скважинъ на Головномъ участкѣ Амурской ж. д. дало слѣдующія глубины нижняго предѣла залеганія мерзлоты:

Станція Укурей	13,00	саженъ
„ Бушулей	28,00	„
Разъѣздъ Пашенная	24,80	„
„ Улей	28,25	„
Станція Зилово.	19,00	„
	19,00	„
	22,00	„

Глубина, на которой начинается вѣчно-мерзлый слой, варьируетъ тоже въ очень широкихъ предѣлахъ. Такъ, напримѣръ, при шурфовкѣ балластныхъ карьеровъ на Головномъ участкѣ Амурской ж. д. опредѣлились глубины залеганія въ 0,45 саж. (карьеръ „Шалдура“) и 0,52 саж. (карьеръ „Зудыра“). На Забайкальской ж. д. эта глубина колеблется отъ 0,75 до 1,50 саж.

На Алтаѣ, въ области Чуйскихъ бѣлковъ и Курайскаго хребта, т. е. подъ 50° с. ш., мерзлая почва встрѣчается на глубинѣ 0,50 саж. Это и понятно,—климатъ здѣсь слишкомъ суровъ, потому что высота мѣстности 5500′—6000′ надъ уровнемъ моря.

Въ мѣстностяхъ съ густымъ моховымъ покровомъ мерзлота лежитъ очень близко къ дневной поверхности,—такъ нѣкоторыя выемки и резервы Головного участка Амурской ж. д. дали глубины залеганія въ 0,40 и даже въ 0,30 саж.

Давъ общее понятіе о площади залеганія вѣчной мерзлоты и о мощности мерзлаго слоя, перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію тѣхъ факторовъ, которые обусловливаютъ существованіе вѣчной мерзлоты и такъ или иначе на нее вліяютъ.

VII.

Распредѣленіе теплоты въ почвѣ. Опредѣленіе вѣроятной толщины мерзлыхъ слоевъ.

Количество теплоты, получаемой почвой снизу, со стороны горячаго ядра земли, совершенно ничтожно сравнительно съ количествомъ теплоты, получаемой отъ солнца, и никакого непосредственнаго вліянія на бытъ поверхностнаго слоя она не имѣетъ.

Охлажденный за ночь поверхностный слой почвы съ первыми лучами вставшаго солнца, не переставая излучать въ пространство сконсервированное съ прошлаго дня тепло, начинаетъ воспринимать новое. Нагрѣвается сначала самая поверхность почвы, затѣмъ теплота переходитъ на лежащій подъ нею слой, и такъ далѣе, все глубже,—тѣмъ медленнѣе. чѣмъ меньше теплопроводность породы грунта.

Солнце поднимается выше, интенсивнѣе нагрѣваетъ поверхность земли; съ повышеніемъ температуры увеличивается и отдача ея почвой, но солнце посылаетъ землѣ больше теплоты, чѣмъ земля отдаетъ, и температура почвы растетъ.

Когда солнце достигнетъ наивысшаго положенія и начнетъ склоняться къ западу, и количество теплоты, получаемой землей, начнетъ уменьшаться, между тѣмъ какъ количество теплоты, излучаемой ея поверхностью, все еще продолжаетъ увеличиваться, — такимъ образомъ, долженъ наступить моментъ, когда приходъ теплоты сдѣлается равнымъ ея расходу. Въ этотъ моментъ температура поверхностнаго слоя почвы должна сдѣлаться наибольшей,

и моментъ этотъ не совпадаетъ съ моментомъ наивысшаго стоянія солнца, т. е. съ истиннымъ полднемъ, а будетъ запаздывать и тѣмъ, очевидно, больше, чѣмъ больше теплоемкость почвы и чѣмъ труднѣе происходитъ отдача теплоты ея поверхностью. Далѣе наступаетъ обратный процессъ — періодъ перевѣса расхода теплоты землей надъ приходомъ до утра, когда расходъ сравняется снова съ приходомъ,—этотъ моментъ будетъ моментомъ наинизшей температуры на поверхности почвы.

Теплота отъ поверхности распространяется вглубь постепенно, слѣдовательно каждый нижележащій слой достигаетъ температуры вышележащаго съ нѣкоторымъ запозданіемъ, тѣмъ болѣе значительнымъ, чѣмъ глубже онъ лежитъ. Такъ, по наблюденіямъ *Хомена*, о которыхъ мы будемъ говорить ниже, чтобы пройти отъ поверхности до глубины 60 см., максимумъ температуры тратитъ времени:

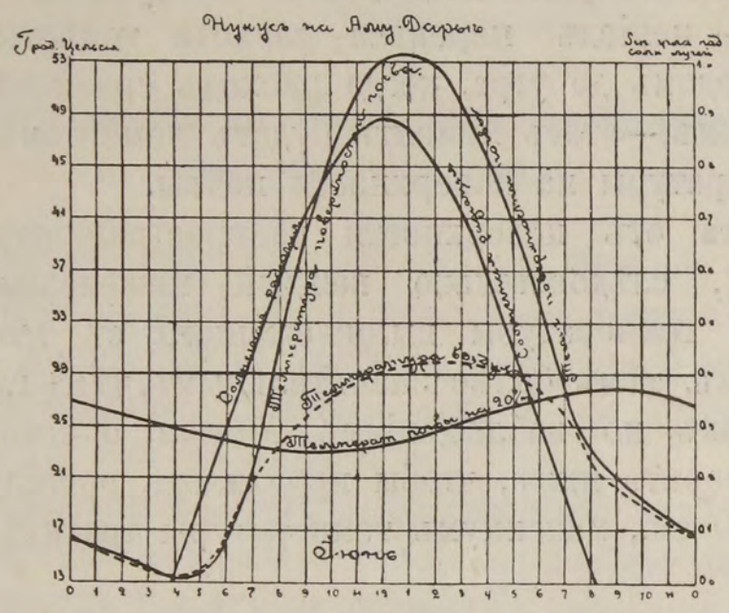
въ гранитѣ	10 ч.	35 м.
» пескѣ	19 »	43 »
» торфѣ	38 »	2 »

а минимумъ:

въ гранитѣ	8 ч.	30 м.
„ пескѣ	16 „	40 „
„ торфѣ	34 „	7 „

Далѣе, всякій вышележащій слой, передаетъ нижележащему не все то количество теплоты, какое онъ самъ получилъ, а меньшее, ибо часть теплоты поглащается имъ самимъ, а часть расходуется на второстепенные химическіе и иные процессы. Ясно поэтому, что амплитуды колебаній температуры будутъ смягчаться съ глубиной и на нѣкоторой глубинѣ температура должна держаться одинаковой высоты въ продолженіи цѣлыхъ сутокъ.

На фиг. 2 изображенъ ходъ температуры почвы въ Нукусѣ, на Аму-Дарьѣ, за іюнь—на поверхности и глубинѣ 20 см.; кромѣ того, изображены температура воздуха и синусъ угла паденія солнечныхъ лучей.



Фиг. 2.

Изъ работъ по изслѣдованію распредѣленія теплоты въ поверхностномъ слоѣ земли выдѣляется работа *Хомена*, производившаго свои изслѣдованія въ окрестностяхъ Гельсингфорса въ трехъ видахъ почвы: въ скалѣ, песчаной, покрытой верескомъ, и торфяной.

Для скалы *Хоменъ* принимаетъ удѣльный вѣсъ равнымъ 2,62 и удѣльную теплоемкость равной 0,195, слѣдовательно, объемную теплоемкость:

$$Qv = 2{,}62 \times 0{,}195 = 0{,}5109.$$

Удѣльный вѣсъ и характеристика песчаной и торфяной почвъ по изслѣдованіямъ *Хомена* опредѣлилась слѣдующими цифрами.

Таблица I.

1 кб. дцм. почвы содержитъ граммъ:

Родъ почвы.	Глубина надъ поверхностью въ см.	Воды.	Перегноя.	Песку.	Глины.
Песчаная	0—10	215	44	1061	4
	10—20	275	29	1231	9
	20—30	275	27	1305	8
	30—40	255	25	1343	7
	40—50	225	23	1415	22
	50—60	240	21	1473	30
	60—70	230	18	1491	31
Торфяной лугъ	0—10	696	171	51	
	10—20	790	148	26	
	20—30	836	134	26	
	30—40	855	126	27	
	40—50	875	129	25	
	50—60	880	122	23	
	60—70	907	119	21	

На основаніи этихъ цифръ *Хоменъ* получаетъ слѣдующія количества малыхъ калорій, необходимыхъ для нагрѣванія на 1° 1 кб. см. почвы на данной глубинѣ:

Таблица II.

Родъ почвы.	Глубина надъ поверхностью въ см.	Число gr. cal., необходимое для нагрѣванія на 1° даннаго вещества въ 1 кб. см. почвы.				Объемная теплоемкость.
		Вода.	Перегной.	Песокъ.	Глина.	
Песчаная покрытая верескомъ почва.	0—10	215	22	207	1	0,44
	10—20	275	15	240	2	0,53
	20—30	275	13	255	2	0,54
	30—40	255	12	262	2	0,53
	40—50	225	12	276	5	0,52
	50—60	240	11	287	7	0,54
	60—70	230	9	291	7	0,53
Торфяной лугъ.	0—10	696	86	10		0.79
	10—20	790	74	5		0.87
	20—30	836	67	5		0.91
	30—40	855	63	5		0.92
	40—50	875	64	5		0.94
	50—60	880	61	5		0.95
	60—70	907	59	4		0.97

*

Изъ таблицы, между прочимъ, видно, что, несмотря на значительно меньшую плотность торфяной почвы сравнительно съ песчаной, объемная теплоемность ея больше; причина этого лежитъ въ большомъ содержаніи воды, обладающей наибольшей теплоемкостью.

Интересную картину получаетъ *Хоменъ*, опредѣляя движеніе теплоты на земной поверхности въ продолженіе дня и въ продолженіе ночи:

Оборотъ тепла на земной поверхности въ kgr. cal. на 1 кв. дцм.

Таблица III.

День.

Дата.	Время наблюденій.	Лучистая теплота, полученная отъ солнца.	Расходъ теплоты, полученной излученіемъ отъ солнца.									
			Теплота, излученная въ пространство.	Теплота, оставшаяся въ почвѣ.			Теплота, затраченная на испареніе.			Теплота, отданная воздуху черезъ конвекцію и проводимость.		
				Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.	Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.	Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.
Августъ												
14-го . . .	5^{50}—17^{00}	48,2	12,0	20,2	8,9	4,4	—	7,0	23,2	16,0	19,5	8,6
15-го . . .	6^{20}—17^{00}	43,0	11,0	16,9	7,2	2,5	—	6,2	19,1	15,1	18,6	10,4
Сентябрь												
2-го	5^{50}—16^{30}	40,7	10,6	14,7	6,9	3,4	—	11,3	14,4	15,4	11,9	12,3
3-го	6^{10}—16^{20}	37,7	9,6	15,1	7,1	3,9	—	11,2	15,4	13,0	9,8	8,8
Октябрь												
1-го	7^{30}—15^{00}	18,4	4,4	8,3	5,4	1,3	—	2,8	3,6	5,7	5,8	9,1
2-го	7^{40}—15^{00}	17,2	4,0	6,6	2,9	1,5	—	3,3	2,8	6,6	7,0	8,9

Таблица IV.

Ночь.

Дата.	Время наблюденій.	Приходъ тепла.				Расходъ тепла.						
		Теплота, полученная излученіемъ отъ солнца.	Теплота, полученная отъ почвы.			Теплота, отданная въ пространство излученіемъ поверхности земли.	Теплота, идущая на испареніе.			Теплота, уступаемая воздуху.		
			Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.		Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.	Гранитъ.	Песокъ.	Торфъ.
Августъ												
14—15. . .	15^{00}—6^{20}	3,7	16,4	8,4	5,0	14,3	—	2,8	3,7	5,8	—5,0	—9,3
Сентябрь												
1—2. . . .	16^{50}—5^{50}	1,8	14,4	7,8	4,1	6,4	—	1,2	1,4	9,8	2,0	—1,9
2—3. . . .	16^{30}—6^{10}	2,4	13,0	6,6	4,3	8,2	—	0,9	0,9	7,2	—0,1	—2,4
Октябрь												
1—2. . . .	15^{10}—7^{10}	1,7	8,6	3,4	1,9	10,2	—	—	—	0,1	—5,1	—6,6

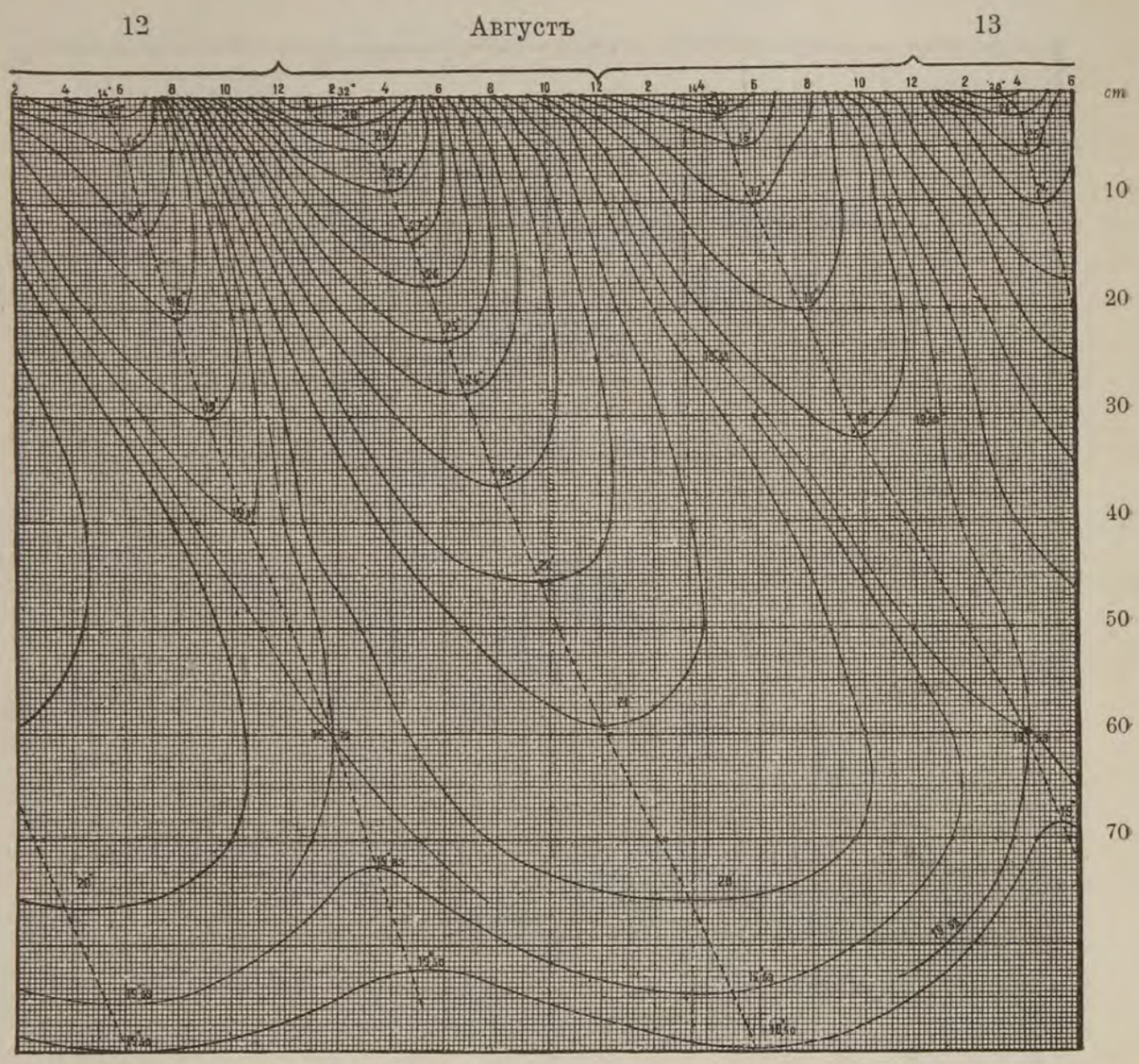
Знакъ (—) въ послѣднихъ двухъ графахъ послѣдней таблицы указываетъ или на то, что поверхность почвы, охлаждаясь вслѣдствіе лучеиспусканія, оказалась холоднѣе окружающаго воздуха и теплота начала переходить отъ воздуха въ почву, или на переносъ теплоты на поверхность посредствомъ росы.

Для нагляднаго представленія о ходѣ теплоты въ почвѣ, мы приводимъ графическое изображеніе результатовъ наблюденій *Хомена* за двое сутокъ надъ температурою въ гранитной скалѣ (фиг. 3).

По оси абсциссъ отложено время по оси ординатъ-глубины въ сантиметрахъ.

Графикъ для песчаной почвы даетъ меньшій уголъ наклоненія линій наибольшихъ и наименьшихъ температуръ къ оси абсциссъ; для торфяной почвы эти линіи

еще сильнѣе наклонены къ оси ординатъ, и, кромѣ того, кривыя равныхъ температуръ лежатъ тѣмъ ближе къ поверхности, чѣмъ теплопроводность почвы меньше.



Фиг. 3. Наблюденія Хомена въ окрестностяхъ Гельсингфорса. Гранитная скала.

Разсматривая годъ, какъ сутки, лѣто, какъ день, зиму, какъ ночь,—легко можемъ представить себѣ измѣненія температуры почвы въ продолженіе цѣлаго года. Эти годовыя измѣненія будутъ, очевидно, совершенно аналогичны суточнымъ измѣненіямъ, и графики суточныхъ измѣненій температуры будутъ до извѣстной степени выра-

жать годовыя измѣненія температуры при условіи примѣненія къ нимъ иныхъ масштабовъ.

Считая, поэтому, общую картину годового оборота тепла въ почвѣ ясной, остановимся на нѣкоторыхъ очень важныхъ обстоятельствахъ.

Разница между максимальной и минимальной годовыми температурами и промежутокъ времени между t_{max} и t_{min} больше соотвѣтственныхъ значеній для сутокъ,— эти причины заставляютъ годовыя измѣненія температуры проникать глубже суточныхъ. Попыткой опредѣлить зависимость между глубинами опредѣленныхъ амплитудъ колебаній температуры занимались многіе ученые.

Наиболѣе, кажется, просто выражаетъ эту зависимость *Fourier* слѣдующей формулой:

$$\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

гдѣ p — глубины, t — времена.

Примѣняя формулу къ суточному и годовому періоду, найдемъ, что годовыя колебанія проникаютъ въ почву въ 19,13 раза глубже суточныхъ.

Зависимость между величинами амплитудъ на разныхъ глубинахъ *Fourier* выразилъ такъ:

$$A = e^{\alpha - \beta p}, \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2)$$

гдѣ $e = 2{,}718$

A — амплитуда колебаній температуры на глубинѣ p

α и β — постоянныя.

Изъ формулы (2) получаемъ другую, болѣе удобную для примѣненій:

$$lgA = a + bp \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

гдѣ a и b — постоянныя, вычисляемыя по даннымъ наблюденій по способу наименьшихъ квадратовъ. Скорость распространенія тепла въ глубь почвы *Fourier* опредѣляетъ слѣдующей формулой [1]):

$$v = 2\sqrt{\frac{K}{T}}\,\pi, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

гдѣ T — долгота періода колебанія.

K — температурная проводимость $= \frac{k}{C}$, гдѣ

k — калорическая проводимость и

C — объемная теплоемкость.

Приведенныя формулы удобны для экстраполяцій, т. е. для вычисленій вѣроятныхъ величинъ на большихъ глубинахъ на основаніи результатовъ наблюденій на малыхъ глубинахъ.

Если нѣтъ никакихъ обстоятельствъ, мѣшающихъ теоретически правильному распредѣленію тепла въ почвѣ, то слой вѣчной мерзлоты долженъ, очевидно, начаться на такой глубинѣ, для которой амплитуда колебаній температуры будетъ примѣрно въ два раза больше, чѣмъ число градусовъ ниже 0^0 для средней годовой, т. е., если напримѣръ, средняя годовая $=(-10^0)$, то вѣчная мерзлота начнется, вѣроятно, съ той глубины, для которой величина температурной амплитуды $= 20^0$ [2]).

Такимъ образомъ, зная среднюю годовую на поверхности и, слѣдовательно, зная и размѣръ амплитуды въ верхнемъ слоѣ мерзлоты, и зная постоянныя формулъ (2) или (3), можемъ по этимъ формуламъ опредѣлить

---

[1]) *Воейковъ*. Метеорологія, стр. 93.

[2]) Для практическихъ цѣлей можно безъ большого вліянія на результаты вычисленій принимать среднюю годовую воздуха у поверхности = температурѣ наивысшаго слоя почвы съ амплитудой 0^0.

примѣрную глубину залеганія мерзлоты. Къ этому вопросу мы вернемся нѣсколько ниже.

Изъ формулы (4) видно, что теплота проникаетъ вглубь почвы медленно, поэтому, аналогично картинѣ суточнаго оборота тепла, моменты наибольшихъ и наименьшихъ температуръ на различныхъ глубинахъ будутъ сдвинуты одни относительно другихъ на промежутки времени, необходимые теплотѣ, чтобы пробѣжать разстояніе между ними, при чемъ дѣло усложняется суточными колебаніями температуры.

Какъ бы то ни было, чѣмъ глубже лежитъ разсматриваемый слой почвы, тѣмъ позднѣе, сравнительно съ поверхностью, достигнетъ онъ t_{max} и t_{min}. Запозданіе это въ нѣкоторыхъ тепловодныхъ грунтахъ настолько велико, что на нѣкоторой глубинѣ можетъ быть t_{min} тогда, когда на поверхности земли t_{max}.

Въ этомъ лежитъ объясненіе того общеизвѣстнаго факта, что пучины въ нѣкоторыхъ мѣстахъ садятся лишь къ осени, и къ началу лѣта бываютъ иногда больше, чѣмъ въ сильные зимніе морозы.

Распространеніе тепла въ почвѣ и даже самое воспринятіе этого тепла ея поверхностью есть очень сложный результатъ многихъ факторовъ, часто или совершенно неизвѣстныхъ, или такихъ, учесть вліяніе которыхъ совершенно точно—немыслимо. Укажемъ на нѣкоторые.

Цвѣтъ почвы.

Безспорно, что отъ цвѣта поверхности зависитъ степень поглощаемости лучей солнца, но какъ это учесть неизвѣстно,—тѣмъ болѣе, что цвѣтъ зависитъ отъ степени влажности почвы и отъ ея состава.

Составъ почвы.

Физическія свойства почвъ зависятъ отъ ихъ состава. Движеніе теплоты совершается всего быстрѣе въ кварцѣ, всего медленнѣе въ гумусѣ, въ глинѣ идетъ съ среднею между ними скоростью. Въ зависимости отъ породы находится, слѣдовательно, и интенсивность колебаній температуры.

По *Хомену* на глубинѣ 60 см. среднія суточныя колебанія температуры составляютъ:

Въ скалистой почвѣ (гранитѣ) . .	1,°36
» песчаной почвѣ	0,°12
» торфяной почвѣ	0,°04

Дѣло усложняется тѣмъ, что обыкновенно почва не представляетъ однородной массы, и породы идутъ въ перемежку.

Родъ поверхностнаго слоя.

Само собой разумѣется, что почва, лишенная растительнаго слоя, почва, покрытая травой и покрытая лѣсомъ — находятся въ совершенно различныхъ условіяхъ воспринятія солнечной теплоты. Наблюденія, производившіяся въ этомъ направленіи, очень неполны и изъ нихъ едва ли можно вывести какіе нибудь практическіе, съ точки зрѣнія нашей задачи, выводы. Въ видѣ иллюстраціи приведемъ нѣсколько цифръ, полученныхъ *Шергинымъ*, который, руководствуясь опроснымъ листкомъ Академіи наукъ, произвелъ наблюденія надъ температурою почвы въ Якутскѣ (62°′2 сѣв. м., 127° 24′ в. д.) въ 1838 г., при чемъ оказалось, что глубина оттаиванія въ сентябрѣ:

въ мѣстахъ лѣсистыхъ . . .	4′2″
» » открытыхъ—песчан. и болотистыхъ	6′3″—6′8″
на лугахъ	5′6″

Въ дополненіе къ своимъ наблюденіямъ *Шергинъ* прибавляетъ, что лѣто 1838 г. было исключительно жаркое,—въ обыкновенное же время почва оттаиваетъ лишь на глубину $3^1/_2$—$4^1/_2$ футъ [1]).

Учетъ вида поверхности на температуру почвы затрудняется еще тѣмъ обстоятельствомъ, что въ почвѣ съ растительнымъ слоемъ влажность гораздо значительнѣе, чѣмъ въ почвахъ, лишенныхъ растительнаго слоя.

Влажность.

Вода—самое теплоемное тѣло въ природѣ; слѣдовательно, теплоемкость почвы должна сильно повышаться въ зависимости отъ увеличенія влажности; теплопроводность также возрастаетъ.

Дождевая вода.

Просачиваясь сквозь толщу почвы со слоями различной температуры, и сама имѣя температуру, близкую къ температурѣ поверхностнаго слоя, дождевая вода вноситъ временно полный безпорядокъ въ распредѣленіе тепла въ почвѣ, — и этотъ временный безпорядокъ долженъ какъ-то отразиться на общемъ годовомъ оборотѣ теплоты.

Поднятіе почвенной воды волосностью.

Почвенныя воды, имѣя температуру тѣхъ слоевъ, среди которыхъ находятся, и поднимаясь вслѣдствіе волосности почвы вверхъ, измѣняютъ температуру верхнихъ слоевъ.

Испареніе.

Испареніе можно раздѣлить на два вида: испаре-

---

[1]) Журналъ Министерства Народнаго Просвѣщенія, 1839 г.

ніе поверхностнымъ слоемъ почвы и испареніе глубокихъ грунтовыхъ водъ.

Первое касается, главнымъ образомъ, дѣятельности растительнаго покрова: травы, деревьевъ. Растительный слой, т. е. деревья и траву, въ которомъ, благодаря испаренію, поддерживается сравнительно низкая температура, можно было бы разсматривать тоже какъ слой почвы, но какую при этомъ слѣдуетъ ввести поправку на толщину—неизвѣстно.

Испареніе съ поверхности снѣга и льда—незначительно, вслѣдствіе ея низкой температуры.

Испареніе грунтовыхъ водъ должно замѣтно вліять на температуру почвы [1]); испареніе сопровождается поглощеніемъ тепла; зимою восходящіе пары встрѣчаютъ холодные слои почвы и, охлаждаясь, переходятъ въ жидкое, а иногда и въ твердое состояніе,—это сопровождается выдѣленіемъ теплоты, такимъ образомъ, случайно можетъ оказаться, что зимой температура вышележащаго слоя будетъ выше температуры нижележащаго.

Конвекціонные токи воздуха.

Конвекціонные токи воздуха въ парахъ и вертикальныхъ трещинахъ въ толщѣ почвы имѣютъ причиной разницу въ плотности воздуха на разныхъ глубинахъ, вслѣдствіе разницы въ температурѣ. Такіе токи стремятся выровнять температуры на различныхъ глубинахъ.

Очевидно, что подобнаго рода воздушные токи могутъ существовать только зимой, когда воздухъ верхнихъ слоевъ почвы тяжелѣе воздуха нижнихъ слоевъ.

Грунтовыя воды.

Говоря о грунтовыхъ водахъ, слѣдуетъ различать два вида ихъ: одинъ—это вода горячихъ ключей, другой—это вода подземныхъ рѣкъ.

---

[1]) *Близнинъ.*—Влажность почвы.—Труды Вольно-Экономическаго Общества, 1890.

— Метеорологическій Вѣстникъ, 1890.

Ключи, несущіе воду изъ глубоколежащихъ, прогрѣтыхъ собственной теплотой земли, слоевъ почвы, далеко не рѣдки въ странѣ вѣчной мерзлоты—гористой Восточной Сибири, и потому вліяніе ихъ, вообще, значительно. Рѣже—такіе ключи прямо выбиваются на поверхность горячей струей, чаще—они впадаютъ въ открытые или скрытые въ таликахъ потоки, повышая температуру ихъ.

Въ главѣ V, говоря о наледяхъ, мы выяснили бытъ рѣки въ зимній періодъ. Мы видѣли, что ледъ, сковывая открытую поверхность русла и наращиваясь снизу, выдавливаетъ воду изъ открытаго русла въ закрытое, подземное, представляющее изъ себя толщу сильнопористыхъ наносовъ, обычно во всю ширину долины.

Вода, какъ по своей огромной теплоемкости, такъ и вслѣдствіе движенія, представляетъ собою чрезвычайно важный факторъ, противодѣйствующій пониженію температуры въ почвѣ, а значитъ, и распространенію мерзлоты.

Такимъ образомъ, оказывается, что толщина мерзлаго слоя, а зачастую даже и самое существованіе его, зависитъ отъ количества подземныхъ водъ. Это обстоятельство даетъ основаніе сдѣлать нѣсколько смѣлую экстраполяцію во времена весьма отдаленныя, именно: такъ какъ ледниковая эпоха характеризуется огромнымъ количествомъ атмосферныхъ осадковъ, а слѣдовательно, и обиліемъ почвенныхъ водъ, то несмотря на то, что поверхность земли была покрыта безконечными по площади и числу ледниками, площадь вѣчно мерзлой почвы и мощность мерзлыхъ слоевъ были, вѣроятно, менѣе значительными, чѣмъ теперь.

Какъ бы то ни было, наблюденія показываютъ, что мерзлота перемѣщается въ почвѣ подъ вліяніемъ перемѣщенія подземнаго русла, точнѣе говоря,—подъ вліяніемъ измѣненій въ потокѣ воды, протекающемъ по слою наносовъ.

Для измѣненія же подземнаго русла рѣки есть много причинъ. Напримѣръ, части этого русла могутъ постепенно затянуться иломъ и сдѣлаться малопроницаемыми,—вода

стянется со всей долины на небольшую ширину, и въ затянутыхъ иломъ мѣстахъ начнетъ развиваться мерзлота. Наоборотъ: какая-нибудь случайная закупорка одного изъ подземныхъ протоковъ можетъ заставить воду, въ поискахъ иного выхода, широко разлиться по долинѣ, пройти въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ мерзлыми слоями и превратить ихъ въ талики.

Встрѣтивъ на своемъ пути илистое или глинистое образованіе, грунтовыя воды обходятъ его, образуя мерзлый островъ среди талаго грунта. Таковъ одинъ изъ способовъ образованія отдѣльныхъ массъ мерзлаго грунта,—мерзлыхъ острововъ.

О другомъ способѣ ихъ образованія мы будемъ говорить ниже, въ главѣ о IV типѣ вѣчной мерзлоты.

Итакъ, грунтовыя воды представляютъ собою настолько могущественный факторъ распредѣленія теплоты въ почвѣ, что онъ одинъ можетъ обусловить ту или иную мощность вѣчной мерзлоты, иногда даже и самое ея существованіе.

Снѣжный покровъ.

До второй половины XIX столѣтія при наблюденіяхъ надъ температурою почвы почему-то почти не обращали вниманія на снѣжный покровъ [1]), между тѣмъ онъ играетъ большую роль въ распредѣленіи теплоты въ верхнихъ, по крайней мѣрѣ, слояхъ земной коры, являясь промежуточной средой между источникомъ тепла — солнцемъ и потребителемъ тепла—земной поверхностью,—днемъ, и между источникомъ тепла — землей и потребителемъ тепла — пространствомъ,—ночью.

Приходится констатировать тотъ печальный фактъ, что, несмотря на огромное значеніе снѣжнаго покрова въ распредѣленіи теплотъ въ почвѣ, до сихъ поръ нѣтъ болѣе или менѣе точныхъ данныхъ о взаимоотношеніи между

---

[1]) Также какъ и на значеніе растительнаго слоя.

толщиной и плотностью снѣжнаго слоя съ одной стороны и мощностью слоя вѣчной мерзлоты—съ другой.

Чтобы дать понятіе о вліяніи снѣжнаго покрова на температуру верхняго слоя почвы, мы приводимъ результаты наблюденій *Воейкова* [1]) въ Богодуховѣ зимой 1888 г., при слоѣ снѣга въ 6—7 см. Эти наблюденія [2]) дали слѣдующія значенія среднихъ суточныхъ температуръ:

Таблица V.

ДАТА.	Воздухъ на поверхности снѣга.	Почва на глубинѣ 10 см.	
		Подъ снѣгомъ.	Безъ снѣга.
11 декабря 1888 г.	— 0,9	—0,6	— 1,3
12 „ „	— 11,7	—1,1	— 3,2
13 „ „	— 23,8	—3,4	— 13,5
14 „ „	— 8,8	—3,0	— 10,5
20 „ „	— 0,5	—1,8	— 2,3
21 „ „	— 11,0	—1,9	— 5,3
22 „ „	— 24,5	—4,5	— 14,7
23 „ „	— 25,3	—6,9	— 18,6

Поднятіе температуры почвы снѣгомъ становится очень понятнымъ, если разсматривать поверхность снѣга, какъ новую поверхность почвы. При этомъ, такъ какъ теплопроводность снѣга много меньше теплопроводности почвы, то добавочный слой почвы, эквивалентный по теплопроводности слою снѣга, будетъ значительно больше толщины послѣдняго.

Снѣгъ, какъ худой проводникъ тепла, защищая поверхность земли отъ охлажденія и имѣя сравнительно

---

[1]) *А. Воейковъ*. О мерзлотѣ въ Сибири по линіямъ предполагаемыхъ желѣзныхъ дорогъ. Журн. Мин. Путей Сообщенія, 1889, № 13.

[2]) См. также: *Wollny*: Der Einflus der Pflanzendecke und Beschattung, Berlin. 1877.

высокую температуру въ своей толщѣ (см. ниже—результаты наблюденій Абельса табл. IX), долженъ имѣть сильно охлажденную поверхность, особенно въ ясную погоду, тѣмъ болѣе, что поверхность эта очень шероховата, т.-е. представляетъ условія, благопріятныя для лучеиспусканія. Всѣ наблюденія показываютъ, что температура поверхности снѣга ниже температуры освобожденной отъ снѣга поверхности земли.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены нѣкоторые результаты наблюденій надъ температурами воздуха, поверхности снѣга и поверхности земли, освобожденной отъ снѣга,—производившихся на русской полярной станціи Сагастырь въ устьѣ Лены [1]).

Наблюденія относятся къ зимѣ 1882—1883 гг.

Показанныя температуры—среднія: по наблюденіямъ въ 6 часовъ утра и 7 часовъ вечера.

Таблица VI.

Періодъ наблюденій.	Облачность 0 и 1.								
	Вѣтеръ 0 и 1.			Вѣтеръ 4 и болѣе.			Общая средняя.		
	Снѣгъ.	Воздухъ.	Почва.	Снѣгъ.	Воздухъ.	Почва.	Снѣгъ.	Воздухъ.	Почва.
Декабрь.	– 47,8	4,9	5,5	—40,6	1,6	3,4	—43,5	3,0	4,2
Январь	—45,8	2,9	5,2	—40,0	1,5	3,9	—42,1	1,5	4,0
Февраль.	—49,8	2,2	6,0	—45,9	1,3	3,4	—47,2	1,6	4,3
Зима	—47,4	3,2	5,4	—43,1	1,5	3,6	—44,7	1,9	4,2

При значительной облачности получаемъ нѣсколько иную картину:

---

[1]) Труды станціи 1882—1884 гг.
— *Воейковъ*. Метеорологія стр. 123.

Таблица VII.

Періодъ наблюденій.	Облачность 9 и 10.		
	Снѣгъ.	Воздухъ.	Почва.
Декабрь	—28,5	2,4	2,6
Январь.	—31,0	0,9	1,0
Февраль	—35,7	1,8	2,9
Зима.	—31,1	1,6	2,3

Въ графахъ для температуръ воздуха и поверхности почвы показано, на сколько температура ихъ выше температуры поверхности снѣга.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся данныя о средней облачности нѣкоторыхъ мѣстностей:

Таблица VIII.

Средняя облачность.

0—безоблачно, 100—небо совершенно покрыто облаками.

	Январь.	Февраль.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Іюль.	Августъ.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Годъ.
Архангельская губернія. . .	77	73	68	67	70	61	**57**	67	75	84	**85**	80	72
Сѣверный Уралъ—60°. . . .	56	56	**52**	57	60	58	57	61	62	**65**	**65**	57	59
Барнаулъ.	70	65	61	**57**	61	61	62	62	61	63	69	**77**	64
Томскъ, Тобольскъ, Ишимъ .	59	54	**50**	56	56	57	54	56	62	68	**70**	65	59
Енисейскъ.	**45**	46	**45**	50	59	54	**45**	49	60	**71**	67	55	55
Нерчинскій заводъ	**14**	15	24	38	46	46	**48**	47	41	39	26	21	34
Урга (Монголія)	**14**	**14**	29	31	36	**46**	45	39	29	24	27	31	30
Николаевскъ на Амурѣ . . .	**37**	**37**	42	56	61	58	59	**63**	54	59	56	48	42

При выясненіи вопроса о вліяніи снѣжнаго покрова на температуру почвы нельзя обойти молчаніемъ вопроса о теплопроводности снѣга, тѣснымъ образомъ связанной

съ его плотностью въ зависимости отъ разныхъ причинъ, варьирующей въ очень широкихъ предѣлахъ.

Въ 1889 г. *S. A. Hjelström* [1]), принимая удѣльную теплоту льда въ 0,5 и плотность снѣга въ 0,183, нашелъ для теплопроводности снѣга среднее значеніе = 0,0304 *C. G. M.*

Въ 1905 г. *Окада* далъ слѣдующія значенія для плотности снѣга:

на глубинѣ	5 см.	0,13
„ „	25 „	0,24
„ „	34 „	0,35

а для теплопроводности въ системѣ *C. G. S.*

на глубинѣ отъ	10 до 20 см.	0,00028
„ „ „	20 „ 30 „	0,00045

Лучшія работы въ этомъ направленіи сдѣланы *Абельсомъ* [2]) въ Екатеринбургской Обсерваторіи (1891 годъ).

Приводимъ нѣсколько интересныхъ цифръ изъ его наблюденій [3]).

Таблица IX.

Температура снѣга.

Часы.	Температура поверхности снѣга.	Плотный снѣгъ.		Рыхлый снѣгъ.	
		Глубина 5 см.	Глубина 10 см.	Глубина 5 см.	Глубина 10 см.
4	— 29,1	— 25,6	— 22,6	— 21,5	— 16,8
5	— 28,3	— 25,8	— 22,4	— 21,6	— 17,1
8	— 27,8	— 25,6	— 22,9	— 21,5	— 17,5
9	— 26,1	— 24,4	— 22,9	— 21,0	— 17,5
13	— 10,0	— 13,8	— 17,1	— 11,1	— 14,3
14	— 10,6	— 12,6	— 15,6	— 10,5	— 13,3
15	— 11,6	— 12,5	— 14,6	— 10,8	— 12,7
16	— 13,9	— 13,0	— 14,1	— 11,7	— 12,4
Средняя .	— 21,4	— 20,2	— 19,1	— 17,2	— 15,2

[1]) Barnes, p. 60. Ларіоновъ, стр. 119.

[2]) *Абельсъ.* Суточный ходъ температуры въ снѣгу. Метеорологическій Сборникъ IV.

[3]) Съ 25-го по 28-е февраля 1891 года.

Изъ таблицы ясна зависимость между плотностью снѣга и его теплопроводностью.

Эту зависимость Абельсъ даетъ въ видѣ такого ряда:

Таблица X.

Плотность снѣга.	Коэффиц. теплопроводн. (Cal. Cm. Min).
0,05	0,0010
0,10	0,0041
0,15	0,0091
0,20	0,0162
0,25	0,0254
0,30	0,0365
0,35	0,0497
0,40	0,0650
0,45	0,0822
0,50	0,1015
...	.....
0,90	0,3289

Наблюденія привели Абельса къ слѣдующимъ выводамъ:

1.

Теплопроводность снѣга есть простая функція его плотности. Если обозначить черезъ R отношеніе коэффиціентовъ теплопроводности къ теплоемкости, то получимъ слѣдующую зависимость между R и плотностью D:

$$R = 0{,}08D.$$

Коэффиціентъ теплопроводности k въ калоріяхъ выражается такъ (въ системѣ *G. C. M.*):

$$k = 0{,}406D^2.$$

2.

Max температуры поверхности снѣга наступаетъ въ февралѣ около 13 час. 10 мин. средняго времени.

*

Чѣмъ глубже, тѣмъ больше запаздываютъ крайнія температуры: черезъ каждые 5 сантиметровъ запаздываніе у minimum'овъ увеличивается, приблизительно, на 1 часъ, а у maximum'овъ—на $1^1/_2$ часа; такимъ образомъ, промежутки времени между крайними температурами стремятся къ тому, чтобы стать равными (12 часовъ).

3.

Днемъ близъ поверхности снѣгъ тѣмъ теплѣе, чѣмъ онъ рыхлѣе.

Въ заключеніе приводимъ таблицу значеній теплопроводности для льда:

Таблица XI.

Изслѣдователь.	Дата.	K въ CGS.
Forbes	1874	0,00220
„	1874	0,00210
Mitchell	1885	0,00500
Neumann	....	0,00573
Straneo	1897	0,00520
„	1897	0,00521

Если мы посмотримъ на карту распространенія вѣчной мерзлоты (фиг. 1, стр. 29), то замѣтимъ, что граница мерзлоты находится въ тѣсной зависимости отъ количества атмосферныхъ осадковъ, или, другими словами,—отъ толщины снѣжнаго покрова: мѣстности съ очень низкой средней годовой температурой, какъ, напримѣръ, сѣверъ Европейской Россіи, часть нижняго теченія Оби, вообще—вся Западная Сибирь—свободны отъ вѣчно мерзлаго слоя почвы, между тѣмъ какъ мѣстности съ болѣе

высокой средней годовой—покрыты мощнымъ слоемъ вѣчной мерзлоты, благодаря недостаточной толщинѣ снѣжной защиты.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приводятся данныя о количествахъ осадковъ.

Таблица XII.

Осадки.

	Январь.	Февраль.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Іюль.	Августъ.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Декабрь.	Годъ; въ сантиметрахъ.
	въ % % отъ годового количества.												
Кемь и Архангельскъ	5	3	4	5	9	10	13	15	14	9	8	5	37—Кемь. 41—Арханг.
Богословскъ. . .	3	4	4	6	11	12	17	16	11	7	5	4	40
Екатеринбургъ и Ниж.-Тагильскъ	2	2	2	4	11	19	21	16	10	5	4	3	36—Екатер. 48—Н.-Тагил.
Златоустъ. . . .	3	3	4	5	9	15	19	16	10	7	5	4	48
Далматовъ, Тобольскъ,Ишимъ	4	3	2	4	9	17	20	15	9	6	6	5	32—Далматов. 43—Тобольскъ —Ишимъ.
Барнаулъ. . . .	3	2	3	4	11	14	17	18	9	8	7	5	24
Енисейскъ . . .	4	3	3	6	8	13	13	17	10	8	8	7	39
Иркутскъ	4	4	3	5	6	14	17	13	12	8	7	8	44
Урга и Кяхта. .	1	0,9	0,9	0,5	5	23	29	25	9	2	1,8	2	26
Нерчинскій заводъ	0,5	0,4	1,5	3	6	16	26	28	12	3	1,8	1,1	39
Аянъ (Охотское море) и Николаевскъ/Амурѣ	3	3	4	6	8	10	10	18	21	8	7	2	88—Аянъ. 48—Ник./Ам.
Петербургъ . . .	5	5	5	5	9	9	14	14	10	9	8	7	47
Москва	6	4	5	7	10	8	14	12	11	7	9	8	55

Замерзаніе и оттаиваніе почвы.

Замерзаніе и таяніе почвы имѣетъ огромное вліяніе на распредѣленіе тепла въ ней. Дѣйствительно, во всякой почвѣ есть большее или меньшее количество воды,—каждый куб. дцм. которой при замерзаніи, т. е. при переходѣ отъ жидкаго состоянія при 0° въ твердое тоже при 0°, освобо-

ждаетъ 80 большихъ калорій, т. е. количество тепла, способное поднять температуру одного литра воды на 80 градусовъ. При таяніи, — наоборотъ, происходитъ поглощеніе тепла безъ измѣненія температуры. Очевидно поэтому, что, начиная съ момента замерзанія заключающейся въ почвѣ воды, картина распредѣленія тепла рѣзко мѣняется: несмотря на все понижающуюся температуру воздуха, температура почвы будетъ оставаться постоянной, пока не замерзнетъ вся вода, заключающаяся въ почвенномъ слоѣ, зависящей отъ внѣшней температуры мощности.

При оттаиваніи происходитъ аналогичное явленіе.

Таблица I (стр. 35) даетъ содержаніе воды въ песчаной почвѣ въ 240, приблизительно, граммъ на 1000 кб. см., а въ торфяной—около 840 граммъ—это можетъ дать представленіе о томъ огромномъ количествѣ теплоты, которое почва выдѣляетъ при замерзаніи и поглощаетъ при оттаиваніи.

Рельефъ поверхности.

Извѣстный метеорологъ *проф. Воейковъ* въ своихъ „Климатахъ земного шара“ приходитъ къ слѣдующимъ выводамъ (стр. 556):

1) Самая холодная зима бываетъ въ широкихъ долинахъ и котловинахъ, такъ какъ холода обыкновенно бываютъ при затишьѣ или слабомъ вѣтрѣ.

2) Горы теплѣе долинъ.

3) Мерзлота въ долинахъ идетъ на большую глубину чѣмъ на холмахъ.

4) Въ тундрахъ на сѣверѣ зима теплѣе, чѣмъ въ лѣсной полосѣ, вслѣдствіе вѣтровъ и отчасти отъ того, что вѣтеръ иногда дуетъ съ моря, гдѣ и зимой бываютъ полыньи.

Разсмотрѣвъ тѣ причины, отъ которыхъ зависитъ положеніе верхней границы вѣчно мерзлаго слоя, обратимся теперь къ нижней его границѣ и разсмотримъ тѣ причины, отъ которыхъ можетъ зависѣть то или иное ея положеніе, а значитъ и мощность слоя вѣчно мерзлой почвы.

Мы видѣли, что съ увеличеніемъ глубины залеганія слоя minimum годовой температуры его растетъ, а maximum—убываетъ, и что на нѣкоторой глубинѣ амплитуда колебаній температуры дѣлается близкой къ 0 и слой почвы на такой глубинѣ имѣетъ постоянную температуру.

Земная кора находится въ сферѣ вліянія двухъ источниковъ тепла: солнца, интенсивность нагрѣванія отъ котораго мѣняется, и внутренней теплоты земли,—источника, вообще говоря, неизмѣняемаго.

Тотъ слой земной коры, въ которомъ амплитуда колебаній температуры 0, есть, практически, граница между сферами вліянія двухъ указанныхъ источниковъ тепла. Слой земли, лежащій выше, находится въ сферѣ вліянія солнечной теплоты, слой лежащій, ниже—въ сферѣ преимущественнаго вліянія внутренней теплоты земного шара.

Такъ какъ послѣдній источникъ тепла, вообще, постояненъ, то слои съ одинаковой температурой должны равноотстоять отъ центра земли, другими словами,—почвенныя изотермы должны являться концентрическими, равноотстоящими отъ центра, кривыми.

На дѣлѣ, однако, распредѣленіе теплоты въ толщѣ глубокихъ слоевъ совсѣмъ не такъ правильно, масса причинъ, изъ которыхъ главныя: различная теплопроводность породъ и подземныя воды—часто совершенно измѣняютъ теоретическую картину хода внутренней теплоты.

Способовъ выраженія быстроты роста температуры почвы съ глубиной существуетъ два:

— первый—есть выраженіе въ метрахъ глубины, на которой температура почвы повышается на 1° Ц. Это число называется *геотермическимъ градусомъ*;

— другой способъ заключается въ выраженіи числа градусовъ, на которые повысится температура почвы при углубленіи на 100 метровъ.

Второй способъ удобнѣе перваго, во-первыхъ—потому, что нагляднѣе, ибо опредѣлитель прямо-пропорціоналенъ интенсивности возрастанія температуры, а не обратно-пропорціоналенъ, какъ по первому способу, во-вторыхъ—цифры второго способа легче сравнимы между собою.

Наблюденія надъ внутренней теплотой земли производятся слѣдующими средствами:

1) Спеціально для этихъ наблюденій сдѣланными шахтами.

Способъ этотъ почти не употребляется. Наибольшая глубина была достигнута шахтою купца *Шергина* въ Якутскѣ (384′ = 117 метр.) [1]).

2) Рудничными шахтами и буровыми безводными скважинами.

Наибольшая глубина достигнута скважиной въ Парушовицахъ, въ Силезіи (2003 метр.).

3) Артезіанскими колодцами и

4) Туннелями.

Dunker, производившій наблюденія въ Шперенбергской скважинѣ, получилъ рядъ:

---

[1]) Шергинъ началъ рыть ее для колодца, но, отчаявшись прорыть слой вѣчной мерзлоты, хотѣлъ-было бросить работу; однако, по просьбамъ Петербургской Академіи Наукъ, шахта была имъ продолжена до указанной глубины.

Другія существующія шахты, вырытыя для наблюденій, достигаютъ всего лишь 36 метровъ.

Таблица XIII.

№№ наблюденій.	Глубина въ метрахъ.	Температура въ Ц°
1	220	21,58
2	283	23,47
3	345	26,43
4	408	26,88
5	471	29,08
6	534	30,92
7	597	33,12
8	660	35,83
9	1064	46,55
10	1269	48,10

На основаніи результатовъ своихъ наблюденій *Dunker* даетъ слѣдующую эмпирическую формулу [1]):

$$T = t + \alpha S - \beta S^2, \text{ гдѣ}$$

T — температура на глубинѣ S.

t — температура слоя постоянной температуры въ градусахъ Реомюра.

α и β = Const.

Въ цифрахъ формула *Dunker*'а получаетъ такой видъ:

$$T^0 = 7{,}18 + 0{,}01298572S - 0{,}00000125791S^2.$$

Формулу *Dunker*'а нельзя назвать удовлетворительною и если мы и привели ее, то только потому, что это была едва ли не первая формула для экстраполяціи глубинныхъ температуръ, и потому еще, что послѣдующія, болѣе точныя формулы явились результатомъ ея провѣрки.

Формула *Dunker*'а рисуетъ, между прочимъ, такую невѣрную картину: температура возрастаетъ до глубины

---

[1]) *Мушкетовъ*. Физическая геологія. 1891. Т. I, стр. 75—79.

1621 метра (5162′), гдѣ достигаетъ 50,°37 Ц. [1]), далѣе она уменьшается, и на глубинѣ 3420 м. (10874′) дѣлается 0.

Henrich, указавъ, что вычисленныя по формулѣ *Dunker*'а температуры отличаются отъ измѣренныхъ на 2°, далъ свою формулу:

$$T^0 = 0{,}0077928S + 11{,}8277,$$

оправдавшуюся наблюденіями въ Шперенбергской скважинѣ до 650 метр.; для большихъ глубинъ, однако, она не совсѣмъ соотвѣтствовала дѣйствительности.

Это заставило *Henrich*'а дать еще болѣе точную формулу, вида:

$$T^0 = a + bS + cS^2 + dS^3, \text{ или, въ числахъ:}$$

$$T^0 = 11{,}419 + 0{,}0084487S - 0{,}000000241986S^2 + \\ + 0{,}0000000000256645S^3$$

Что касается туннелей, то наиболѣе научно были обставлены температурныя наблюденія при прорытіи С.-Готардскаго туннеля, производившіяся *Stapf*'омъ.

Дѣлая наблюденія съ обоихъ концовъ туннеля, *Stapf* настолько вѣрно предсказалъ *max* температуру въ непробуренной еще серединѣ, что разница между предсказанной и дѣйствительно оказавшейся температурами получилась меньше $^1/_2{}^0$ ($t_{max} = 30{,}°8$).

На основаніи своихъ наблюденій *Stapf* далъ слѣдующую эмпирическую формулу:

$$d = 0{,}02159p, \text{ гдѣ}$$

d — приращеніе температуры, начиная отъ части по-

---

[1]) Между тѣмъ какъ наблюденія въ скважинѣ въ Шладебахѣ, близъ Галля (глубиною 1716 метровъ) на глубинѣ 1621 метр. дали температуру 55° Ц. (*Henrich*).

верхности земли, находящейся вертикально надъ мѣстомъ наблюденія въ туннелѣ.

p — глубина въ метрахъ.

Эта формула имѣетъ значеніе для приблизительнаго опредѣленія средней величины роста температуры, отклоненія очень велики:

на сѣверномъ склонѣ, подъ долиной Андерматъ, на примѣръ:

$$d_{100} = 4^{\circ},88,$$

на южномъ склонѣ, подъ горой Лойтамизура:

$$d_{100} = 1^{\circ},6.$$

Наблюденія *Giordano* въ туннелѣ Монъ-Сени дали слѣдующіе ряды [1]):

Таблица XIV.

№ № наблюденій.	Разстояніе отъ южнаго портала въ метрахъ.	Глубина туннеля въ метрахъ.	Температура воздуха.	Температура породъ.
1	500	—	10,5	14,2
2	1000	520	15,3	17,0
3	2000	—	17,8	19,5
4	3000	—	20,3	22,8
5	4000	—	23,0	23,6
6	5000	910	24,5	27,5
7	6000	1370	26,8	28,8
8	6450	1609	30,1	29,5
9	6662	—	—	28,0
10	7000	1447	25,0	27,0

[1]) Болѣе подробныя свѣдѣнія о геотерміи, кромѣ указанныхъ въ концѣ книги, можно найти еще въ слѣдующихъ трудахъ (Мушкетовъ, Физическая геологія, т. I, стр. 657—658):

Bischof—Die Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers. Leipzig, 1837.

Matheucci—Observations relatives à la température des couches

Средняя годовая того мѣста на поверхности, подъ которымъ температура породъ была 29°,5, оказалась равной (—3°).

---

terrestres dans les puits de Monte-Massi. Comptes rendus de l'Académie s. d. Fr. T. XVI, 1843.

Zöppritz—Der gegenwärtige Standpunkt der Geophysik.—Wagner's Geogr. Jahrbuch. B. 8.

Henrich—N. Jahrbuch f. M. G. u. P. 1888.

Dunker—N. Jahrbuch f. G. u. P. 1876. S. 710.

„ — Ueber die Benutzung tiefer Bohrlöcher zur Ermittelung der Temperatur des Erdkörpers und die deshalb in dem Bohrloche I zu Sperenberg auf Steinsalz angestellten Beobachtungen.—Zeitsch. f. d. Gesel. Naturwissensch. B. IV.

„ — Ueber die möglichst fehlerfreie Ermittelung der Wärme des Inneren der Erde und das Gesetz ihrer Zunahme mit der Tiefe.—N. Jahrb. f. M. G. u. P. 1877.

„ — Ueber die Temperaturbeobachtungen im Bohrloche zu Schladebach.—N. J. f. M. G. u. P. 1889. B. I.

Lapparent—Traité de Géologie. Paris. 1893.

Pfaff—Allgemeine Geologie, als exacte Wissenschaft, 1873.

Pfaff—Grundriss d. Geologie, 1875.

Henrich—N. Jahrb. f. M. 1888. H. 2.

„ — Ueber die Temperatur im Bohrloche zu Sperenberg und die daraus gezogenen Schlüsse.—N. Jahrb. 1876.

Henrich und Brauns—Zur Frage über die Temperatur des Erdinneren.—Gaea, 14 Jahrgang.

Huyssen—Die Tiefbohrung im Dienste der Wissenschaft, insbesondere zur Ermittelung der Wärme im Inneren des Erdkörpers.—Verhandlungen des achten deutschen Geographentages zu Berlin am 24—26 Apr. 1889.—Berlin, 1889.

Stapf—Studien über die Wärmevertheilung im Gothard. Th. I. Bern, 1877.

Giordano—Revue de Geologie. B. IX.

Koch—Erdwärme und Tunnelbau im Hochgebirg, Wien, 1882.

Bischof—Gesetz der Temperaturzunahme nach dem Erdinneren.—Ann. d. Phys. u. Chemie. B. XXXV.

Wodsworth—Earth's interior.—American naturalist. 1884.

Beyer—Theoretische Geologie, Stuttgardt, 1888.

Darwin—On the bodily tides... Phils. Trans. T. CLXIII.

Иностранцевъ—Геологія, 1903—5.

Неймаръ—Исторія земли.

Фраасъ—Геологія, 1907.

Въ Сурамскомъ туннелѣ между Кутаисомъ и Тифлисомъ, длиною 4 версты, температура поднималась до 17°,5, за исключеніемъ одного мѣста, гдѣ туннель проходилъ сквозь глинистыя напластованія,—здѣсь температура поднялась до 20°,5. Такъ какъ при этомъ было отмѣчено значительное давленіе грунта на крѣпи, то повышеніе температуры можно отнести за счетъ механической работы давленія.

Въ Парушовицкой скважинѣ (Силезія), глубиною слишкомъ 2000 метровъ—на глубинѣ нашли температуру 69°,3.

На основаніи всѣхъ производившихся надъ температурой глубинъ наблюденій можно придти къ заключенію, что возрастаніе температуры съ глубиною—неравномѣрно, именно: съ увеличеніемъ глубины это возрастаніе замедляется, другими словами—съ глубиной геотермическій градусъ возрастаетъ. Въ среднемъ, принимаютъ геотермическій градусъ отъ 30 до 35 метровъ, или, по второму способу опредѣленія—2°,8—3°,3 возрастанія на 100 метровъ глубины.

То обстоятельство, что приростъ температуры уменьшается съ увеличеніемъ глубины, оказывается не случайнымъ явленіемъ, а физическимъ закономъ, доказаннымъ опытнымъ путемъ *Bischof'ом*, измѣреніями температуры въ толщѣ раскаленнаго остывающаго базальтоваго шара, изображавшаго въ миніатюрѣ земной шаръ.

Обратимся теперь къ температурнымъ наблюденіямъ въ толщахъ вѣчно-мерзлаго грунта.

Первыми и единственными по величинѣ изслѣдованныхъ глубинъ являются наблюденія въ знаменитомъ колодцѣ купца *Шергина* въ Якутскѣ о которомъ мы уже не разъ упоминали.

Точно неизвѣстно, когда *Шергинъ* началъ рыть свой колодецъ,—вѣроятно, въ 1835 году. Дорывшись до глубины 30—32 сажени, и отчаявшись прорыть насквозь, мерзлый слой почвы, *Шергинъ* забросилъ колодецъ.

Объ этой неудачной попыткѣ добыть воду скоро стало извѣстно Петербургской Академіи Наукъ, и она уговорила *Шергина* продолжать рытье колодца, производя одновременно и наблюденія надъ температурою. *Шергину* были посланы наставленія, опросные листки и просьба сдѣлать рядъ дополнительныхъ наблюденій, нѣкоторые результаты которыхъ, именно—о глубинѣ оттаиванія почвы—мы привели выше (стр. 42—43).

Шергинъ продолжалъ рытье своего знаменитаго колодца до глубины 382′ (117 метр.). И на этой глубинѣ все еще была мерзлая почва. Это было въ 1837 году.

Въ 1844 году въ Якутскъ пріѣхалъ *Миддендорфъ* съ спеціальной цѣлью изслѣдовать почвенную температуру.

Его наблюденія въ Шергинской шахтѣ дали слѣдующія значенія среднихъ годовыхъ на глубинахъ:

Таблица XV.

Глубина въ метрахъ.	Средняя годовая температура.	Глубина въ метрахъ.	Средняя годовая температура.
2,1	—11,1	60,9	—4,8
3,7	—10,2	76,2	—4,2
6,1	—10,2	91,4	—3,9
15,2	— 8,3	106,7	—3,4
30,4	— 6,5	116,4	—3,0
45,7	— 5,5	—	—

Что касается до моментовъ наступленія min и max, то оказалось, что для

глубины 2,1 метр. $t_{min} = -21^{\circ},2$ и наступаетъ въ началѣ февраля;
$t_{max} = -3^{\circ},7$ и наступаетъ въ ноябрѣ;
„ 6,1 „ t_{max} бываетъ въ началѣ января;
„ 15,2 „ $t_{max} = -8^{\circ},5$; $t_{min} = -7^{\circ},9$.

По его предположенію, глубина вѣчно мерзлаго слоя простирается до 183 метр. (600′).

Эта цифра, однако, вѣроятно, очень далека отъ истины, точно также какъ и всѣ вообще наблюденія *Миддендорфа* въ Шергинской шахтѣ, несмотря на ихъ научную постановку, отнюдь не выясняютъ, вѣроятно, истинное распредѣленіе теплоты въ вѣчно мерзлой почвѣ.

Дѣло въ томъ, что съ окончанія шахты (1837 г.) до наблюденій *Миддендорфа* (1844 г.) прошло 7 лѣтъ. Все это время шахта оставалась открытой, наружный воздухъ свободно проникалъ въ нее, особенно зимой, когда благодаря разницѣ въ плотности наружнаго воздуха и воздуха въ глубинѣ шахты, она хорошо вентилировалась[1]). Благодаря этому, стѣнки шахты попали въ какое-то среднее положеніе между условіями поверхности земли и условіями глубинныхъ слоевъ. Ясно поэтому, что судить по цифрамъ *Миддендорфа* о распредѣленіи теплоты въ мерзлой толщѣ довольно трудно. Ниже приводимъ цифры, полученныя самимъ *Шергинымъ* при непосредственныхъ наблюденіяхъ во время рытья колодца; по точности опредѣленій онѣ, конечно, уступаютъ цифрамъ *Миддендорфа*[2]).

Таблица XVI.

Время наблюденія.	Глубина колодца въ саженяхъ.	Температура почвы на днѣ колодца.	Температура воздуха надъ дномъ колодца.	Температура наружнаго воздуха.
—	11	—5,5	—	—
—	17	—4,0	—	—
—	31	—2,0	—	—
14 октяб. 1836	43	—1,0	—2,0	—16,0
15 „ „	43	—1,5	—2,0	— 9,0
27 ноябр. „	—	—0,5	—1,0	—26,0
28 января 1837	—	—0,5	—1,0	—34,0
31 марта „	53	—0,5	—0,5	— 2,0 } полдень.
24 апрѣля „	54	—0,5	—0,5	— 7,0 }

[1]) Правда, колодецъ нѣкоторое время закрывался досками, но это мало измѣняло дѣло.

[2]) Горный Журналъ, или собраніе свѣдѣній о горномъ и соляномъ дѣлѣ, съ присовокупленіемъ новыхъ открытій по наукамъ, къ сему предмету относящимся, 1838, ч. II, стр. 121.

Вырытыя самимъ *Миддендорфомъ* близъ Якутска шахты Манганская и Шиловская дали такіе результаты:

Таблица XVII.

Шахта.	Средняя годовая на глубинѣ.		Глубина мерзлоты по *Миддендорфу* въ метрахъ.
	6,1 метровъ.	15,2 метровъ.	
Манганская . . .	— 5,5	— 3,5	82
Шиловская . . .	— 5,5	— 3,8	91

Эти наблюденія, какъ сдѣланныя въ только что вырытыхъ шахтахъ, безспорно заслуживаютъ вниманія.

Миддендорфомъ были заложены скважины еще въ нѣсколькихъ мѣстахъ. Интересны данныя, полученныя имъ изъ скважинъ, заложенныхъ близъ Туруханска, въ сѣверной части Енисейской губ., въ мѣстности съ средней годовой температурой воздуха (— 8°) и средней января около (— 30°).

Буреніемъ, произведеннымъ въ концѣ марта, было установлено, что замерзаніе простирается до слѣдующихъ глубинъ:

скважина I . . . . 43 сант.
„ II . . . . 97 „
„ III . . . . 48 „

Т. е., не можетъ быть никакого сомнѣнія, что лѣтомъ весь этотъ слой протаиваетъ и, слѣдовательно, въ Туруханскѣ съ средней годовой (— 8°) вѣчной мерзлоты не существуетъ. Въ чемъ же секретъ?

Секретъ этотъ при справкѣ о количествѣ зимнихъ осадковъ, другими словами, о толщинѣ снѣжнаго покрова, перестаетъ быть секретомъ. Дѣйствительно, для Туруханска мы

имѣемъ количество зимнихъ осадковъ въ 180 mm., или толщину снѣга въ 2,34 метра.

Сопоставимъ нѣсколько цифръ[1]):

Таблица XVIII.

	Средняя годовая температура C°.	Зимніе осадки.		Толщина снѣга въ метрахъ.	Сумма осадковъ въ m/m.
		mm	% %		
Туруханскъ	—8,00	180,1	39,4	2,34	456,7
Березовъ	—4,53	166,7	35,6	2,16	467,4
Нерчинскій заводъ	—3,73	45,5	11,0	0,59	411,8
Верхнеудинскъ	—2,57	22,4	11,6	0,29	191,7
Урга	—2,53	14,8	7,3	0,19	201,8

И Березовъ и Туруханскъ, несмотря на низкую среднюю годовую, лежатъ внѣ предѣловъ вѣчной мерзлоты, тогда какъ Верхнеудинскъ и Урга съ значительно болѣе теплымъ климатомъ лежатъ въ предѣлахъ ея — единственно потому только, что слабо защищены снѣгомъ.

Эта табличка можетъ служить хорошей иллюстраціей къ тому, что мы сказали раньше о вліяніи снѣжнаго покрова на распредѣленіе теплоты въ толщѣ поверхностнаго слоя земной коры.

Инженеръ *Ячевскій*, закладывавшій буровыя скважины близъ Красноярска, Енисейской губерніи, получилъ слѣдующія температуры[2]):

---

[1]) *Вильдъ*. О температурѣ воздуха и осадкахъ.

[2]) Геотермическія наблюденія въ Сибири. Записки Минералогическаго Общества, ч. XXXI, сер. II.

Таблица XIX.

Глубины въ метрахъ.	Кубековская скважина.	Кемчужская.
8,5	—	4,0
10,7	4,7	—
14,5	—	4,2
14,9	5,0	—
21,3	—	4,6
32,0	5,1	4,9
39,6	—	5,0
44,8	5,5	—
59,5	5,8	—
69,5	6,0	—

Такимъ образомъ, обѣ поверхности, ограничивающія слой почвенной мерзлоты—и верхняя и нижняя—не занимаютъ совершенно опредѣленнаго положенія: даже для опредѣленнаго пункта онѣ мѣняютъ свое положеніе и по временамъ года и во времени вообще, въ зависимости отъ измѣненій въ тѣхъ факторахъ, которые имѣютъ то или иное вліяніе на распредѣленіе температуръ въ почвѣ. Изъ этихъ факторовъ очень незначительная часть имѣетъ постоянный характеръ (внутренняя теплота земли, теплопроводность почвы), большая часть имѣетъ характеръ перемѣнный, зависящій то отъ времени, то отъ другихъ перемѣнныхъ, что, конечно, главнымъ образомъ, и служитъ препятствіемъ для примѣненія услугъ математики къ выясненію вопроса.

Однимъ изъ наиболѣе удобныхъ пріемовъ рѣшенія подобнаго рода вопросовъ является примѣненіе, если можно такъ выразиться, инженерной математики, т. е. графическаго метода рѣшенія.

Этимъ именно путемъ пошелъ инженеръ *Боевъ*, въ своемъ „Изслѣдованіи вопроса о вѣчной мерзлотѣ почвы“, давшій приблизительное рѣшеніе вопроса при простѣйшихъ предположеніяхъ.

Несмотря на неучетъ такихъ важныхъ факторовъ, какъ толщина снѣжнаго покрова, вліяніе котораго сравнительно легко поддается учету, несмотря на большую схематичность картины оборота тепла въ почвѣ, несмотря на пренебреженіе многими факторами, учесть вліяніе которыхъ, правда, очень трудно, но которые, тѣмъ не менѣе, часто совершенно опровергаютъ теоретическія ожиданія,—мы всетаки не можемъ не привѣтствовать работы *Боева*, сдѣлавшаго первую и единственную, кажется, попытку пересадить вопросъ о мощности мерзлыхъ слоевъ изъ области академическихъ мечтаній на практическую, чисто-инженерную почву.

Сущность изслѣдованія инженера *Боева* заключается въ слѣдующемъ. Возьмемъ прямоугольныя координатныя оси и изобразимъ графически формулы, выражающія зависимость между глубиною и температурою земли, часть которыхъ приведена на стр. 57—59 при чемъ, для наглядности, по оси ординатъ, направленной внизъ, будемъ откладывать глубины, а по абсциссамъ—температуры.

Пользуясь полученными кривыми, вообще близкими одна къ другой, начертимъ новую кривую, абсциссы которой будутъ средними изъ абсциссъ начерченныхъ кривыхъ. Подбирая простѣйшія кривыя, наиболѣе близкія по виду къ вычерченной средней кривой, мы видимъ, что ей почти тождественна парабола съ полупараметромъ 0,9 мтр.

По имѣющимся наблюденіямъ надъ интенсивностью внутренней теплоты земли на поверхности, можно считать ее въ $^1/_{30}{}^0$; поэтому мы не выйдемъ изъ предѣловъ самыхъ строгихъ требованій практики, если примемъ, что парабола наша проходитъ черезъ начало координатъ, т. е., что при $h = o$ и $t = o$.

Подставляя въ общее уравненіе параболы:

$$y^2 = 2px$$

*

$y = t$, $x = h$; $p = 0{,}9$, получимъ зависимость между глубиною температурою въ такомъ видѣ:

$$t^2 = 1{,}8\,h.$$

Откуда:

$$t = \sqrt{1{,}8\,h}$$

$$h = 0{,}556\,t^2$$

На основаніи этихъ формулъ получаемъ слѣдующую таблицу распредѣленія температуръ подъ вліяніемъ внутренней теплоты земли:

Таблица XX.

t	h	$h_2—h_1$	t	h	$h_2—h_1$	t	h	$h_2—h_1$
1	0,555		21	245		41	934	
2	2,222	1,7	22	269	24	42	980	46
3	5	2,8	23	293	24	43	1027	47
4	8,9	3,9	24	320	27	44	1075	48
5	13,9	5	25	347	27	45	1125	50
6	20	6,2	26	375	28	46	1175	51
7	27,2	7,2	27	405	30	47	1227	52
8	35,5	8,3	28	435,5	30,5	48	1280	53
9	45	9,5	29	467	31,5	49	1334	54
10	55,5	10,5	30	500	33	50	1389	55
11	67,2	11,7	31	534	34			
12	80	12,8	32	569	35			
13	93,9	13,9	33	605	36	99	5445	
14	109	15,1	34	642	37	100	5555	110
15	125	16	35	680,5	37,5			
16	142	17,2	36	720	39,5	999	554445	
17	160,5	18,3	37	760	40	1000	555555	1110
18	180	19,5	38	802	42			
19	200,5	19,5	39	844	42	1999	2220000	
20	222	21,7	40	888	44	2000	2222222	2222
		22,8			46			
						2999	4996667	
						3000	5000000	3333

Между прочимъ, изъ таблицы видно, что дѣлаемое обычно опредѣленіе внутренней температуры земли на различныхъ глубинахъ по геотермическому градусу въ 30 мтр. можетъ дать или довольно точные результаты, или совершенно невѣрные, въ зависимости отъ глубины залеганія слоя.

A priori можно ожидать, что распредѣленіе внутренней температуры земли въ поверхностномъ слоѣ коры почти не зависитъ отъ высоты мѣста по незначительности самой большой разности высотъ въ сравненіи съ радіусомъ земного шара.

То же даетъ и математика.

Возьмемъ двѣ точки земной поверхности съ разностью высотъ въ 10 километровъ.

Для центра земли, по направленію радіусовъ, проходящихъ черезъ эти точки, имѣемъ:

$$t_1 = 3400^0,\ h_1 = 6.366.738\ mtr;\ t_2 = 3400^0,\ h_2 = 6.356.738 \text{ мтр.}$$

Откуда:

$$3400 = \sqrt{1{,}8 \times 6366738}$$

$$3400 = \sqrt{2p_2 \times 6356738}$$

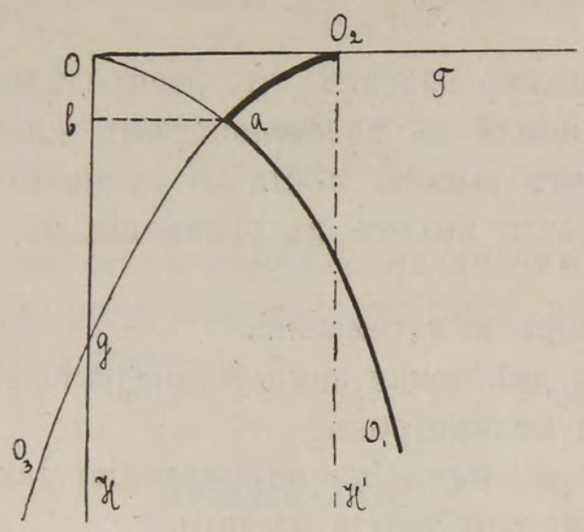
Раздѣливъ второе выраженіе на первое, получимъ:

$$p_2 = 0{,}9014 \text{ мтр.};$$

слѣдовательно, практически, обѣ параболы совпадаютъ и температуры на одинаковыхъ глубинахъ подъ поверхностью отличаются на малыя доли градуса.

Представимъ себѣ теперь, что на землю вліяетъ какая-то внѣшняя теплота. Распредѣленіе температуръ слоевъ земли подъ вліяніемъ этой теплоты будетъ аналогичнымъ распредѣленію температуръ подъ вліяніемъ внутренней теплоты. Поэтому, если второе распредѣленіе выражается

параболой OO_1 (фиг. 4), то первое можно выразить параболой O_2O_3, гдѣ OO_2 температура на поверхности. Представимъ себѣ, что OO_2 есть максимальная температура лѣта. Нагрѣваніе почвы, проникая въ глубь земли, достигаетъ



Фиг. 4.

точки b, для которой ординаты обѣихъ параболъ одинаковы, и дальше продолжаться не можетъ,—дальнѣйшее повышеніе температуры идетъ за счетъ внутренней теплоты земли.

Кривая распредѣленія внѣшней теплоты въ толщѣ земли будетъ, слѣдовательно, выражаться такъ:

$$t = t_0 - \sqrt{1{,}8\ h},$$

гдѣ

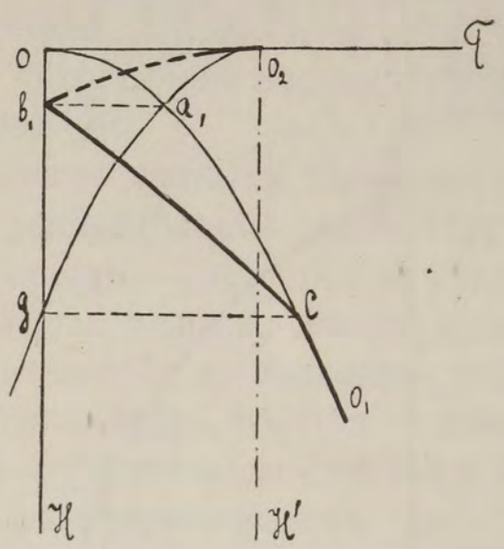
$$t_0 = OO_2.$$

Кривая O_2aO_1 будетъ выражать распредѣленіе теплоты подъ вліяніемъ двухъ источниковъ ея. Если OO_2 есть средняя лѣтняя температура, то кривая O_2aO_1 дастъ картину распредѣленія теплоты подъ вліяніемъ лѣтняго періода.

Представимъ себѣ далѣе (фиг. 5), что OO_2 — отрицательно и равно, положимъ, абсолютной величинѣ минимальной температуры зимы. Въ такомъ случаѣ порабола

O_2O_3 является картиной охлажденія земли подъ вліяніемъ внѣшней причины.

Очевидно, что въ точкѣ b_1, для которой ординаты параболъ OO_1 и O_2O_3 одинаковы, $t_{в'} = 0^0$; для точекъ, лежащихъ глубже точки b_1, нагрѣваніе внутренней теплотой земли будетъ сильнѣе охлажденія и температура станетъ повышаться по абсолютной величинѣ до точки g_1, за которой она пойдетъ по параболѣ CO_1.



Фиг. 5.

Если OO_2 выражаетъ среднюю температуру зимы, то кривая $O_2b_1CO_1$ будетъ изображать картину распредѣленія теплоты въ толщѣ поверхностнаго слоя земли подъ вліяніемъ зимняго періода.

Будемъ называть кривыя O_2aO_1 (фиг. 4) и O_2b_1C (фиг. 5)—суммарными.

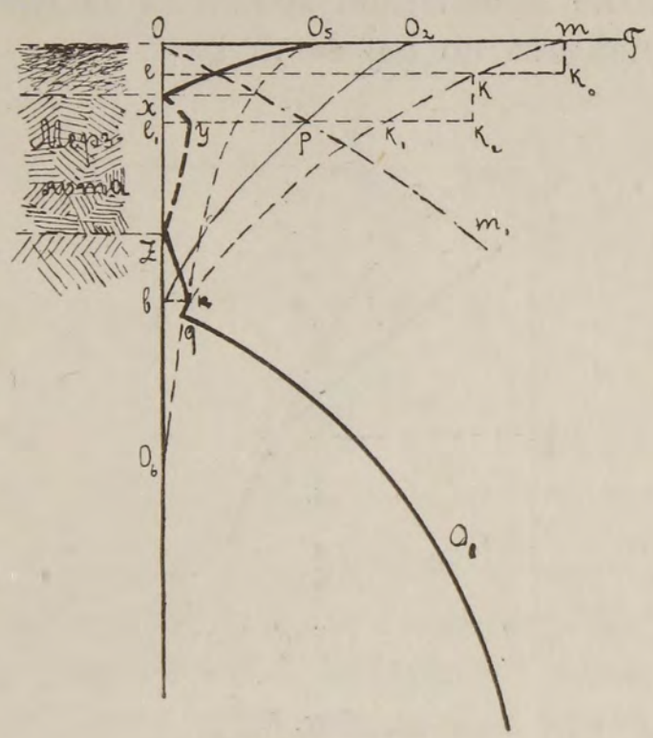
Разсмотримъ теперь, какъ будетъ распредѣлена теплота въ почвѣ подъ вліяніемъ трехъ факторовъ: внутренней теплоты, лѣтняго нагрѣванія солнцемъ и зимняго охлажденія.

Выяснимъ сначала картину распредѣленія температуръ лѣтомъ.

Представимъ себѣ (фиг. 6), что кривая O_2bO_1 есть суммарная кривая зимы, въ родѣ изображенной на фиг. 5,

при чемъ ординаты части O_2b—отрицательны, а части bO_1—положительны.

Пусть, далѣе, кривая O_5nO_6 есть кривая среднихъ лѣтнихъ температуръ. Чтобы изобразить кривую дѣйствительныхъ лѣтнихъ температуръ, мы будемъ считать, что эта



Фиг. 6.

кривая есть средняя кривая между кривой распредѣленія температуръ въ тотъ моментъ, когда почва, нагрѣваясь послѣ зимняго охлажденія, достигла на своей поверхности 0^0, и кривой среднихъ температуръ лѣта.

Сложимъ ординаты кривыхъ O_2b и O_5O_6,—получимъ кривую mn, которую будемъ называть разностною, ибо ординаты ея суть алгебраическія разности среднихъ лѣтнихъ и среднихъ зимнихъ температуръ; эти ординаты, слѣдовательно, изображаютъ собою количества теплоты, получаемой точками глубинной вертикали.

Передача теплоты отъ O къ e будетъ совершаться подъ вліяніемъ разности температуръ:

$$mo - ke = kk_0$$

Отъ e къ e_1 подъ вліяніемъ разности температуръ:

$$ke - k_1e_1 = k_2k_1 \quad \text{и т. д.}$$

Значитъ въ тотъ моментъ, когда почва, нагрѣваясь, достигнетъ на поверхности 0^0, температуры будутъ изображаться кривой Om_1, ординаты которой равны надъ соотвѣтственными точками: k_0k, $k_0k + k_2k_1$ т. д. При чемъ такое распредѣленіе справедливо только до точки e_1, глубже оно идетъ по кривой pbO_1.

Суммируя ординаты кривыхъ $OpbO_1$ и O_5O_6, получимъ искомую кривую распредѣленія температуръ въ толщѣ почвы въ лѣтній періодъ—$O_5xyznqO_1$. Эта кривая имѣетъ: въ частяхъ O_5x и $znqO_1$ положительныя ординаты, а на участкѣ xyz—отрицательныя; въ точкахъ x и z температура $t = 0^0$. Такимъ образомъ, видно, что лѣтомъ почва оттаиваетъ на глубину Ox, что слой почвы xz—остается неоттаявшимъ и что температура въ вѣчно-мерзломъ слоѣ распредѣлена неравномѣрно.

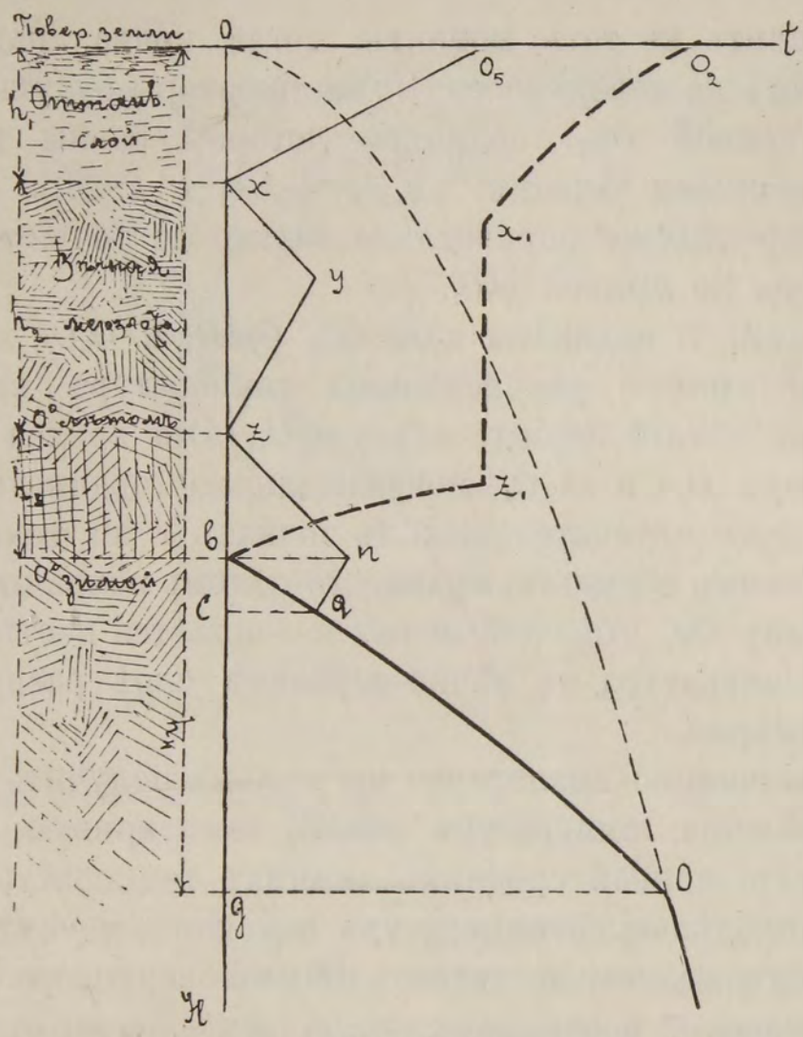
Совершенно аналогично мы можемъ получить графикъ распредѣленія температуръ зимою, какъ кривую, среднюю изъ двухъ: кривой среднихъ зимнихъ температуръ и кривой распредѣленія температуръ въ тотъ моментъ, когда почва, охлаждаясь, достигнетъ 0^0 на поверхности.

На фиг. 7 изображенъ результатъ понятныхъ изъ предыдущаго построеній—кривая $O_2x_1z_1bqO_1$,—на этотъ же чертежъ нанесена и кривая распредѣленія температуръ подъ вліяніемъ лѣтняго періода—$O_5xyznqO_1$.

Изъ чертежа видно, что точки x и z, т. е. предѣлы мерзлаго слоя, непостоянны, другими словами, оттаиваніе мерзлаго слоя совершается съ обѣихъ сторонъ, и сверху и снизу.

Однако, при нѣкоторыхъ соотношеніяхъ величинъ средней лѣтней и средней зимней температуръ точка b

можетъ лечь выше точки Z, т. е. могутъ быть случаи, когда нижняя граница вѣчно мерзлаго слоя будетъ всегда занимать опредѣленное постоянное положеніе. Такой именно случай изображаетъ графикъ температуръ для Якутской области, помѣщенный на отдѣльномъ листѣ.



Фиг. 7.

Напомнимъ, что понятія „лѣто“ и „зима“ по отношенію къ глубиннымъ слоямъ имѣютъ значеніе аналогіи: моменты достиженія максимальныхъ и минимальныхъ температуръ различными глубинами наступаютъ въ разное время, между тѣмъ какъ графики даютъ, такъ сказать, развернутую во времени картину.

Слѣдуетъ отмѣтить замѣчательную точку вертикали— точку c.

Эта точка замѣчательна тѣмъ, что температура ея не измѣняется и постоянно равна cq^0. Всѣ точки, лежащія ниже ея, имѣютъ тоже постоянныя температуры, правильно возрастающія по закону параболы. Эта температура cq^0, какъ результирующая трехъ: средней зимней, средней лѣтней и температуры внутренн ей теплоты—не равна, какъ это обычно считаютъ, средней годовой воздуха, а нѣсколько выше ея.

Въ своей работѣ г. *Боевъ* даетъ примѣры графиковъ для нѣкоторыхъ губерній; на отдѣльномъ листѣ въ концѣ книги помѣщены два изъ нихъ: для Забайкальской и южной части Якутской области.

Въ таблицѣ XXI приведены данныя, выясняющія годовой оборотъ тепла въ почвѣ для южной части Якутской области.

$t_л$ и $t_з$ взяты циркулемъ съ чертежа; t_0 опредѣляется слѣдующимъ пріемомъ:

Средняя лѣтняя . . . . . $t_{лп} = +15^0$
„ зимняя . . . . . $t_{зп} = -33^0$
„ годовая . . . . . $t_{оп} = -8^0$

число лѣтнихъ мѣсяцевъ, т. е. со средней температурой выше 0^0. . . . . a
число зимнихъ мѣсяцевъ, т. е. со средней температурой ниже 0^0 . . . . . b

Имѣемъ:

$$\frac{15a - 33b}{12} = -8; \quad a + b = 12.$$

Откуда:

$$a = 6{,}25; \quad b = 5{,}75.$$

Для данной глубины при средн. лѣтней $t_л$ и средней зимней $t_з$:

$$t_0 = \frac{t_л \cdot 6{,}25 + t_з \cdot 5{,}75}{12},$$

или

$$t_0 = 0{,}52t + 0{,}48\, t_з.$$

Таблица XXI.

Глубина mtr	Зимній періодъ $t_з$	Лѣтній періодъ $t_л$	Средняя годовая t_0	Амплитуда.	Глубина mtr	Зимній періодъ $t_з$	Лѣтній періодъ $t_л$	Средняя годовая t_0	Амплитуда.
0	—33,00	+15,00	— 8,00	48,00	34	—17,25	—10,25	—13,61	7,00
2	—27,50	+ 8,00	— 9,04	35,50	36	—16,25	—10,00	—13,24	6,75
4	—24,75	+ 3,75	— 9,93	28,50	38	—16,25	— 9,75	—12,87	6,50
6	—23,00	+ 1,50	—10,26	24,50	40	—15,75	— 9,50	—12,50	6,25
7,5	—21,75	0 [1])	—10,44	21,75	42	—15,50	— 9,25	—12,25	6,25
8	—21,50	— 0,25	—10,45	21,25	44	—15,00	— 9,00	—11,88	6,00
10	—20,25	— 2,25	—10,89	18,00	50	—13,90	— 8,50	—11,09	5,40
12	—19,00	— 3,55	—10,97	15,45	60	—12,00	— 7,50	— 9,66	4,50
14	—18,00	— 5,25	—11,37	12,75	70	—10,30	— 6,60	— 8,37	3,70
16	—18,00	— 6,50	—12,02	11,50	80	— 8,80	— 5,90	— 7,29	2,90
18	—18,00	— 8,00	—12,80	10,00	90	— 7,30	— 5,25	— 6,23	2,05
20	—18,00	— 9,00	—13,32	9,00	100	— 6,00	— 4,50	— 5,22	1,50
22	—18,00	—10,25	—13,97	7,75	110	— 4,60	— 3,75	— 4,16	0,85
24	—18,00	—11,30	—14,52	6,70	120	— 3,30	— 3,10	— 3,19	0,20
26	— 18,00	—11,12	—14,42	6,88	124	— 3,00	— 3,00	— 3,00	0 [2])
28	—18,00	—10,75	—14,23	7,25	130	— 2,75	— 2,75	— 2,75	0
30	—18,00	—10,50	—14,10	7,50	140	— 1,00	— 1,00	— 1,00	0
32	—17,75	—10,30	—13,88	7,45	150	0,00	0,00	0,00	0 [3])

При построеніи графиковъ и при выводѣ формулъ предполагается, что величины среднихъ температуръ частей года, откладываемыя по оси *T*,—суть температуры поверхности почвы.

Лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ намъ извѣстны температурныя условія поверхностнаго слоя почвы, да и эти свѣдѣнія относятся, обыкновенно, къ тѣмъ мѣстностямъ, гдѣ вѣчной мерзлоты нѣтъ. Поэтому, мирясь съ небольшой погрѣшностью можно принимать среднія температуры воздуха за среднія температуры поверхности почвы.

Далѣе, какъ мы видимъ г. *Боевъ* игнорируетъ цѣлый

---

[1]) Начало вѣчно мерзлаго слоя.

[2]) Начало слоя постоянной температуры.

[3]) Конецъ вѣчно мерзлаго слоя.

рядъ факторовъ, имѣющихъ на изслѣдуемый вопросъ огромное вліяніе.

По отношенію къ теплопроводности *г. Боевъ* дѣлаетъ справедливое замѣчаніе, что плотность по мѣрѣ возрастанія глубины должна увеличиваться, слѣдовательно, теплопроводность массы тоже, а значитъ, законъ распредѣленія внутренней теплоты по параболѣ даетъ выраженіе и этому обстоятельству.

Это замѣчаніе, по существу, мало затрагиваетъ вопросъ о вѣчной мерзлотѣ, потому это вѣчная мерзлота лежитъ, обыкновенно, въ слоѣ рыхлыхъ наваловъ надъ коренными породами (если иногда коренныя породы и выступаютъ на поверхность или близко къ ней подходятъ, то все-таки съ точки зрѣнія строительной техники—мерзлыя сплошныя скалы не представляютъ никакой разницы сравнительно съ скалами лѣтнихъ температуръ); и не спускается до такихъ глубинъ, гдѣ бы увеличеніе давленія могло сказаться замѣтнымъ измѣненіемъ теплопроводности. А если это такъ, то коррективъ на теплопроводность, ненужный для исчисленія внутренней теплоты, пріобрѣтаетъ большое значеніе въ вопросѣ о распространеніи въ почвѣ наружной теплоты. Это съ несомнѣнной ясностью показываютъ и опыты *Хомена*, да и всѣ работавшіе въ мѣстностяхъ съ вѣчной мерзлотой, знаютъ, что въ болѣе теплопроводныхъ грунтахъ толщина мерзлаго слоя, вообще говоря, больше и лѣтомъ верхняя его граница залегаетъ глубже, чѣмъ въ менѣе теплопроводныхъ. Внести поправки въ откладываемыя на графикахъ температуры можно было бы имѣя результаты наблюденій надъ годовыми оборотами теплоты въ почвахъ съ разной теплопроводностью.

Къ сожалѣнію, мы не могли найти въ литературѣ такихъ свѣдѣній.

Не менѣе важенъ вопросъ объ одеждахъ поверхности земли. Здѣсь на первомъ мѣстѣ стоитъ вопросъ объ учетѣ вліянія снѣжнаго покрова; къ счастью, и рѣшается

онъ проще другихъ. Въ самомъ дѣлѣ,—если намъ извѣстна средняя толщина снѣжнаго слоя и средняя его плотность, то извѣстна и средняя теплопроводность (см. таблицу X, стр. 51). По этой теплопроводности можно опредѣлить толщину дополнительнаго слоя почвы, лежащаго, якобы, на поверхности земли и эквивалентнаго по теплопроводности снѣжному покрову. Далѣе, принимая за начало координатъ точку, лежащую не на дѣйствительной, а на фиктивной поверхности земли, строимъ обычнымъ путемъ кривыя температуръ. При этомъ надо замѣтить, что перемѣщеніе на незначительное разстояніе параболые внутреннихъ температуръ совершенно не можетъ отразиться на точности отсчетовъ: какъ мы видѣли на стр. 69, точки, отстоящія по высотѣ даже на 10000 метровъ, чрезвычайно мало разнятся въ интенсивности нагрѣва внутренней теплотой земли (не принимая во вниманіе другихъ факторовъ, разумѣется).

Иначе обстоитъ дѣло съ учетомъ вліянія растительнаго слоя. Принципъ учета этого вліянія можно признать такимъ же, какъ и для снѣга, но какъ это сдѣлать—неизвѣстно, да едва ли будетъ когда-нибудь извѣстно.

Такой же неопредѣленный, не выражающійся математическимъ языкомъ, характеръ носятъ и другія свойства и качества почвы, которыя были указаны выше.

Какъ бы это не было, при наличіи нѣкоторыхъ условій, способъ *Боева* въ состояніи иногда довольно точно нарисовать картину дѣйствительнаго распредѣленія температуръ въ толщѣ почвы.

Дѣйствительно, если сдѣлать подсчетъ для тѣхъ глубинъ Шергинской шахты, для которыхъ имѣются наблюденія *Миддендорфа*, и сравнить эти наблюденія (см. таблицу XV на стр. 62) съ подсчетами, то получимъ такую поучительную картину:

Таблица XXII.

Наблюденіе.		Вычисленіе.		
Глубина. Метры.	Средняя годовая.	Зимній періодъ.	Лѣтній періодъ.	Средняя годовая.
0	— 8,00	—33,00	+15,00	— 8,00
2,1	—11,10	—27,65	+ 8,00	— 9,04
3,7	—10,20	—25,16	+ 4,39	— 9,79
6,1	—10,20	—23,00	+ 1,15	—10,26
15,2	— 8,30	—18,00	— 6,00	—11,76
91,5	— 3,90	— 7,25	— 5,00	— 6,08
116,4	— 3,00	— 3,75	— 3,25	— 3,49
124,0	—	— 3,00	— 3,00	— 3,00
150	—	0,00	0,00	0,00

То обстоятельство, что вычисленныя температуры мезлаго слоя въ точкахъ, близкихъ къ его границамъ, близко подходятъ къ наблюдательнымъ, а въ точкахъ срединныхъ значительно разнятся, — понятно.

Дѣйствительно, графикъ показываетъ, что въ слоѣ мерзлоты въ нѣкоторой полосѣ его имѣется minimum. Въ дѣйствительности рѣзко очерченнаго горба кривой температуры, въ почвѣ наблюдаться не будетъ, потому что неравномѣрно распредѣленная по мерзлому слою теплота будетъ стремиться распространиться равномѣрно и измѣненія ея по глубинѣ въ дѣйствительности должно оказаться значительно мягче, чѣмъ на графикѣ.

При наличіи мощнаго слоя мерзлоты способъ *Боева* можетъ имѣть большое значеніе при опредѣленіи глубины залеганія нижняго его предѣла. Это бываетъ очень важно знать при заложеніи буровыхъ скважинъ при устройствѣ артезіанскихъ колодцевъ и проч.

Нельзя не пожелать, чтобы инженеры Амурской ж. д., имѣющіе полную возможность самыхъ широкихъ наблюденій надъ вѣчной мерзлотой, внеся въ схематическую, но удачную по выраженію, формулу *Боева* коррективы, полученные на основаніи разностороннихъ

Таблица XXIII.

Сѣверная широта.	Восточная долгота отъ Гринвича.	Высота надъ уровнемъ моря метры.	НАЗВАНІЕ МѢСТА.	Январь.	Мартъ.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Сентябрь.	Октябрь.	Ноябрь.	Годъ.
78—80	59—73	0	Къ сѣверу отъ Новой Земли	—23,5	—27,6	—18,8	—10,4	1,6	— 6,7	—17,2	—25,4	—15,8
72—74	53—55	80	Западный берегъ Новой Земли	—12,4	—14,2	—13,5	— 3,7	4,7	— 0,2	— 3,5	—13,1	— 7,0
70,50	31	13	Вардё, Сѣверная Норвегія	— 6,0	— 5,0	— 1,6	1,9	8,9	6,5	1,4	— 2,1	0,8
68	24	300	Муоніониска	—17,8	—11,3	— 3,6	3,1	14,0	5,4	— 2,7	—10,3	— 2,7
67	41	50	Орловскій маякъ	—12,2	— 9,7	— 4,5	— 0,1	8,6	4,9	— 0,4	— 5,6	— 2,5
65	35	10	Кемь	—11,3	— 6,3	— 0,4	4,3	14,8	8,1	1,5	— 4,5	0,9
64,50	41	10	Архангельскъ	—13,6	— 7,4	— 1,0	5,0	15,9	8,3	1,5	— 5,7	0,4
61,50	51	100	Устьсысольскъ	—15,2	— 6,6	0,3	6,6	16,5	7,8	0,5	— 6,9	0,3
60	60	190	Богословскъ	—19,4	—10,0	— 0,4	7,3	17,0	7,1	— 0,9	—10,3	— 1,4
57	61	270	Екатеринбургъ	—16,5	— 8,0	1,5	9,4	17,5	8,4	0,9	— 7,0	0,5
55	60	410	Златоустъ	—16,7	— 9,2	0,9	9,0	16,6	8,0	0,9	— 6,8	0,1
71	136	10	Усть-Янскъ	—41,4	—24,6	—18,9	— 9,1	13,3	— 1,9	—19,1	—31,5	—15,9
67,50	134	50	Верхоянскъ	—48,9	—33,9	—14,0	— 0,4	15,4	2,3	—13,9	—39,1	—16,7
66	88	20	Туруханскъ	—26,8	—13,7	— 7,5	— 2,0	15,2	3,7	— 6,0	—17,9	— 6,2
64	65	30	Березовъ	—22,2	—11,8	— 6,1	1,5	16,7	5,5	— 4,1	—15,9	— 4,5
62	130	160	Якутскъ	—42,7	—23,7	— 9,6	4,5	18,8	5,6	— 9,1	—29,8	—11,1
60	118	230	Куручанская и Матчинская—Якутской обл.	—37,2	—17,6	— 7,3	3,1	14,5	3,8	— 6,3	—20,3	— 8,5
59,50	80	60	Нарымъ	—22,2	—11,0	— 2,3	6,2	19,5	8,6	— 1,4	—12,3	— 2,1
59,50	143	10	Охотскъ	—23,7	—13,7	— 5,6	2,3	12,9	8,2	— 3,2	—14,6	— 5,1
59	115	800	Вознесенскій пріискъ	—24,8	—15,0	— 5,1	3,0	16,6	5,4	— 7,4	—17,4	— 5,7
58,50	92	80	Енисейскъ	—24,4	— 8,7	— 2,3	6,4	18,9	7,0	— 1,0	—11,9	— 2,2
58	68	50	Тобольскъ	—19,0	— 9,1	0,5	9,0	19,2	8,9	0,3	— 9,9	— 0,1
56.50	85	70	Томскъ	—19,7	—10,4	— 0,7	7,6	19,1	8,8	0	—12,0	— 0,7
56	69	100	Ишимъ	—20,1	—10,1	— 0,2	10,5	18,9	9,4	0,8	— 9,1	0,1
56	93	170	Красноярскъ	—19,6	— 7,7	1,6	9,6	19,4	9,9	1,5	— 9,5	0,6
54	91	300	Минусинскъ	—22,2	— 6,9	5,1	9,7	20,0	9,6	2,3	— 9,0	0,5
53,50	83	140	Барнаулъ	—19,3	—10,9	0,9	10,6	19,6	9,9	1,4	— 8,9	0,3
53	141	20	Николаевскъ на Амурѣ	—23,2	—13,6	— 3,2	3,8	16,5	10,1	1,5	—10,2	— 2,7
52,50	104	460	Иркутскъ	—20,1	— 8,6	2,4	9,1	18,6	9,6	1,1	—10,5	0
51,50	120	660	Нерчинскій заводъ	—29,4	—12,9	— 0,6	8,1	18,4	8,5	— 1,7	—15,7	— 3,7
50	128	170	Благовѣщенскъ	—25,5	—10,1	1,3	9,4	20,7	10,9	0,6	—13,9	— 1,2
48,50	135	10	Хабаровскъ	—24,9	— 8,4	2,1	9,9	19,9	12,3	3,2	—10,0	0,1
48	107	1150	Урга—столица Монголіи	—24,8	—11,3	1,0	7,8	17,0	8,3	— 2,1	—14,2	— 2,7
46,50	143	10	Анива (на Сахалинѣ)	—12,5	— 4,3	1,6	5,7	15,7	14,2	7,5	— 0,9	3,1
74,50	18 зап.	5	О. Сэбинъ (Восточн. Гренландія)	—24,2	—23,3	—16,5	— 5,4	3,8	— 4,3	—13,8	—18,3	—11,7
64	52 зап.	5	Готхаабъ (Зап. берегъ Гренландіи)	—10,9	— 9,1	— 5,5	0,1	5,5	1,5	— 1,2	— 5,5	— 2,9
78—79	70—73 зап.	5	3 станціи *) „ „ „	—33,6	—34,4	—23,1	8,0	2,9	— 8,6	—18,2	—24,0	—17,2
81,50—82,50	61—65 зап.	5	Гриннелева земля **)	—38,2	—39,1	—27,6	—16,9	3,2	— 8,3	—21,9	—27,6	—19,9
70	92 зап.	5	Бутія (Сѣв. оконечность Америки)	—32,1	—33,3	—18,8	9,0	5,2	— 2,8	—12,6	—21,1	—15,4
59	63 зап.	5	Рама, Лабрадоръ	—17,9	—14,8	— 7,9	0,7	8,1	5,9	0,7	— 2,7	— 3,4
57	92 зап.	5	Факторія Іоркъ	—23,3	—18,3	— 7,4	2,2	13,4	5,6	— 2,9	—11,8	— 5,6
60	30	10	Петербургъ	— 9,4	— 4,0	2,1	8,8	17,8	10,8	4,5	— 1,5	3,7
56	38	160	Москва	—11,1	— 4,8	3,4	11,6	18,9	11,2	4,3	— 2,5	3,9
15,50	36	—	Массава, Восточный Суданъ	25,5	28,0	29,9	37,2	34,6	33,7	32,3	30,0	31,4

*) Полизаръ Хаузъ, Ренеселаръ и Портъ Фулькъ.

**) Дисковери Бе и Флобергъ Бичъ,—по наблюденіямъ англійской экспедиціи

наблюденій, выработали формулу полную, выражающую возможно большее число обстоятельствъ явленія, удобную и точную въ разнообразныхъ вопросахъ практики.

Опредѣленіе верхней границы вѣчно-мерзлаго слоя, разумѣется, несравненно проще, чѣмъ опредѣленіе нижней. Въ этомъ отношеніи заслуживаетъ вниманія практическій пріемъ, практиковавшійся на головномъ участкѣ Амурской ж. д. инженеромъ *Хвастуновымъ*, заключавшійся въ слѣдующемъ.

Въ вырытый шурфъ черезъ опредѣленное разстояніе, сотокъ въ 25 напримѣръ, по высотѣ закапывались по двѣ бутылки, до верху наполненныя и герметически закупоренныя. Черезъ годъ или больше бутылки откапывались:— если бутылка оказывалась лопнувшей и безъ воды, значитъ она лежала въ полосѣ, оттаивавшей и замерзавшей, если бутылка оказывалась лопнувшей, но со льдомъ, то это служило доказательствомъ того, что она лежала въ слоѣ вѣчно мерзломъ.

Въ заключеніе вопроса о распредѣленіи теплоты приводимъ температурныя характеристики нѣкоторыхъ мѣстностей (таблица XXIII, стр. 80 –81).

VIII.

IV типъ мерзлоты. Временная мерзлота.

Мы видѣли, что мощность мерзлаго слоя почвы является функціей весьма многихъ причинъ. Изъ этихъ причинъ — однѣ увеличиваютъ мощность мерзлаго слоя, другія, наоборотъ, уменьшаютъ ее.

Какъ бы ни сильно было вліяніе отдѣльныхъ причинъ и даже ихъ совокупности, все-таки самое первое мѣсто въ ихъ ряду остается за величиной средней годовой температуры мѣста, или, говоря въ частности, за средней температурой минувшей зимы для каждаго лѣта.

Такъ какъ средняя температура зимы (выраженіе — количество морозо-дней въ году, т. е. сумма среднихъ для каждаго морознаго дня температуръ за годъ — точнѣе, можетъ быть, поясняло бы мысль) — не постоянна, то очевидно, что въ той мѣстности, которая, при имѣвшейся въ данномъ году температурѣ, находилась какъ разъ на границѣ мерзлоты, т. е. въ такой, которая къ зимѣ мерзлоты не имѣла, послѣ зимы, болѣе холодной, мерзлый слой переживетъ годъ.

Если случится особенно суровая зима, много болѣе холодная, чѣмъ обыкновенно бываетъ въ данной мѣстности, то образовавшійся слой мерзлоты можетъ достигнуть солидныхъ размѣровъ и не успѣетъ растаять въ теченіе нѣсколькихъ послѣдующихъ лѣтъ.

Это одна изъ причинъ существованія мерзлыхъ слоевъ почвы въ такихъ мѣстностяхъ, въ которыхъ, вообще говоря, по величинѣ средней годовой температуры его

*

ожидать нельзя. На иной видъ мѣняющейся мерзлоты мы указали при выясненіи вліянія на оборотъ тепла въ почвѣ грунтовыхъ водъ.

Если въ почвѣ, недалеко отъ поверхности залегаетъ водоносный слой съ ясно выраженнымъ теченіемъ воды по нему, то, обыкновенно, въ такомъ слоѣ мерзлоты не встрѣчается, или она прикрываетъ лишь водоносный слой до уровня подземныхъ водъ.

Если этотъ уровень, подъ вліяніемъ какихъ-либо причинъ, понизится,—понизится и нижняя граница мерзлаго слоя, а если его не было, и климатическія условія благопріятствуютъ этому,—появится.

Въ нѣкоторыхъ рѣчныхъ долинахъ зимою происходитъ иногда уменьшеніе толщины мерзлаго слоя подъ вліяніемъ ушедшей въ подземные водоносные слои воды изъ открытаго русла, выдавленной оттуда наростающимъ на немъ льдомъ.

Подъ вліяніемъ малоснѣжности зимъ, въ почвѣ, обыкновенно покрытой толстымъ слоемъ снѣга, можетъ развиться мерзлота и продержаться неопредѣленно долго.

Вообще говоря, почти всѣ явленія появляющейся и исчезающей мерзлоты (лежащей больше года) обыкновенно бываютъ вблизи южной границы распространенія вѣчной мерзлоты, ибо здѣсь совокупность климатическихъ и всякихъ другихъ условій, вліяющихъ на существованіе мерзлоты, находится въ неустойчивомъ равновѣсіи, и перевѣсъ того или иного условія сопровождается появленіемъ или исчезновеніемъ мерзлоты.

Разбирая вопросъ о вѣчной мерзлотѣ, нельзя не посвятить нѣсколькихъ словъ извѣстному многимъ, работавшимъ въ сѣверной Сибири, явленію многослойной мерзлоты, состоящей въ томъ, что въ почвѣ залегаетъ не сплошной слой мерзлаго грунта, а два, или нѣсколько слоевъ самой разнообразной мощности, раздѣленныхъ слоями талаго грунта.

Явленіе раздѣльной многослойности можетъ имѣть нѣсколько причинъ своего существованія.

Наибольшее количество этихъ многоэтажныхъ мерзлотъ можно объяснить существованіемъ теченія подземныхъ водъ въ толщѣ мерзлаго грунта неоднороднаго строенія: вода просачивается по водопроницаемымъ прослойкамъ и съѣдаетъ въ нихъ ледяныя заполненія.

Дѣйствительно, въ огромномъ большинствѣ случаевъ, эти прослойки немерзлаго грунта представляютъ собою, такъ называемые,—талики, т. е., или крупнозернистый песокъ, или галечную дресву.

Несравненно меньшее число случаевъ можно объяснить инымъ образомъ.

Въ мѣстностяхъ, вообще не имѣющихъ вѣчно мерзлаго слоя, талый прослоекъ можно объяснить двумя слѣдовавшими непосредственно одна за другой, или черезъ два-три года особенно суровыми зимами.

Далѣе, мы видѣли, что остатки наледей и каменнаго льда, покрытые слоемъ земли, могутъ сохраняться неопредѣленно долгое время. Возможно, что между верхней поверхностью залегающаго льда и мерзлымъ слоемъ лежащаго на немъ грунта окажется непромерзшій слой почвы.

Наконецъ, въ толщѣ каменнаго льда и наледей встрѣчаются горизонтальныя прослойки продуктовъ разложенія основныхъ породъ, попавшихъ туда сквозь вертикальныя трещины,—правда, въ этомъ случаѣ залегающіе въ толщѣ льда прослойки земли почти всегда мерзлые.

Возможно, конечно, нѣкоторые случаи объяснить обвалами, сдвигами и проч., но мы далеки отъ мысли придавать этому объясненію не только общее, но вообще имѣющее право на большое вниманіе значеніе.

IX.

О производствѣ работъ въ вѣчно-мерзлыхъ грунтахъ.

Залегая подъ поверхностью земли на нѣкоторой глубинѣ, вѣчная мерзлота можетъ быть прикрыта сверху самыми разнообразными грунтами и растительнымъ слоемъ— не только моховымъ или травянымъ, но и съ порослями кустарниковъ и даже лѣса, въ зависимости отъ глубины оттаиванія.

Однимъ изъ самыхъ непріятныхъ для инженера прикрывающихъ слоевъ являются каменныя розсыпи. Иногда онѣ имѣютъ видъ остановившихся каменныхъ потоковъ, нагроможденій до 1,5 сажени высоты надъ поверхностью земли разнообразной величины валуновъ, часто достигающихъ вѣса въ нѣсколько десятковъ пудовъ; иногда это— развитыя въ ширину долины съ валунами, лежащими на поверхности земли и вкрапленными въ почву на неопредѣленную глубину. Количество камня въ почвѣ варьируетъ въ самыхъ широкихъ предѣлахъ,—до сплошного агломерата камней съ землистыми заполненіями промежутковъ между ними включительно.

Подобнаго рода каменистыя почвы съ мерзлой подпочвой того же характера въ практикѣ постройки Амурской ж. д., гдѣ онѣ особенно часто встрѣчались, получили названіе „марей“.

Другой видъ непріятнаго для строителя поверхностнаго покрова—это—луга съ кочками. Такихъ кочекъ, какія встрѣчаются въ Восточной Сибири, кажется, нигдѣ въ другомъ мѣстѣ увидѣть нельзя: — высота ихъ достигаетъ поло-

вины человѣческаго роста, а иногда и еще больше. Такія кочки приходится вырубать каждую въ отдѣльности.

До какой степени трудна разработка мерзлыхъ грунтовъ, можно видѣть по цѣнамъ; мы припоминаемъ, что на Забайкальской ж. д. лѣтъ пять тому назадъ за рытье котлованов и канавъ въ мерзлотѣ платили по 10 р. 50 коп. съ куба, на Головномъ участкѣ Амурской ж. д. расцѣнивали работу слѣдуюшимъ образомъ:

Отъ поверхности до вѣчно-мерзлаго слоя	5 руб. съ куба
Разработка мерзлоты въ предѣлахъ первой сажени глубины отъ поверхности земли	8 „ „ „
Разработка мерзлоты глубже одной сажени отъ поверхности земли	15 „ „ „

Достигнувъ разработкой поверхности вѣчно-мерзлаго слоя, приходится оставлять обычные пріемы работъ и переходить къ другимъ, выработаннымъ, главнымъ образомъ, практикой постройки Головного участка Амурской дороги.

Пріемы эти зависятъ отъ породы грунта и нѣкоторыхъ побочныхъ обстоятельствъ, напримѣръ, наличія въ немъ водоносныхъ прослойковъ и степени ихъ водоносности.

Если оставить въ сторонѣ грунты каменистые, то всѣ остальные можно подраздѣлить на двѣ категоріи: песчаные и глинистые, представляющіе весьма различную степень трудности разработки.

Практика показала, что разработка первыхъ гораздо труднѣе разработки вторыхъ.

Дѣло въ томъ, что мерзлые пески представляютъ изъ себя монолитную массу, съ одной стороны — настолько твердую, что ее не беретъ ни ломъ, ни балда, ни клинья, съ другой—настолько упругую, что работа динамитомъ оказывается крайне дорогой вслѣдствіе малыхъ разрушеній породы, производимыхъ отдѣльными взрывами.

Мерзлые глинистые грунты не имѣютъ въ большинствѣ случаевъ характера монолитности: въ разрѣзѣ слои глины чередуются обыкновенно съ ледяными прослойками. Особенностью глинистыхъ мерзлотъ является то, что при ударѣ ломомъ, а еще лучше кувалдой по клину, грунтъ разслаивается и отдѣляется въ видѣ лещадокъ.

Благодаря этой хрупкости и взрывныя работы въ глинистыхъ грунтахъ оказываются обыкновенно дешевле и идутъ гораздо продуктивнѣе, чѣмъ въ мерзлыхъ пескахъ.

Оригинальнымъ пріемомъ разработки выемокъ является способъ пожоговъ.

Заключается онъ въ томъ, что, обнаживъ мерзлоту, на поверхность ея наваливаютъ сухой буреломъ и другой подходящій горючій матеріалъ и поджигаютъ его. Подъ костромъ мерзлота оттаиваетъ, и ее выбираютъ обычнымъ путемъ; затѣмъ разводятъ новый костеръ, выбираютъ новый оттаявшій слой и т. д.

На дѣлѣ этотъ способъ оказался далеко не такимъ практичнымъ, какимъ онъ кажется на первый взглядъ. Дѣло въ томъ, что оттаявшая мерзлота даетъ такую массу воды, что костеръ обыкновенно тухнетъ, не успѣвъ какъ слѣдуетъ разгорѣться, — и вообще, поддерживать горѣніе очень трудно. Съ другой стороны,—малая теплопроводность почвы не позволяетъ теплотѣ проникнуть глубоко и въ среднемъ можно считать, что послѣ каждаго пожога удается выбрать слой не толще 0,10 саж.

Наиболѣе продуктивнымъ способъ пожоговъ оказался на грунтахъ каменистыхъ, т. е. грунтахъ съ большей теплопроводностью. Работа сильно усложняется, если выбираемыя земли богаты водоносными слоями; большая стоимость водоотлива, а иногда и полная невозможность его, заставили выработать способъ производства работъ помощью проморозки.

Такимъ именно способомъ была разработана выемка на 837—844 пикетахъ Головного участка, длиною около 350 саж. и максимальной глубиной—3,06 саж.

Надвигавшаяся укладка заставила открыть работы по всему фронту и идти забоями.

Съ поверхности оказался слой глинисто-каменистаго грунта на толщину 0,35 саж., дальше шла скала. Были примѣнены взрывныя работы. Вслѣдствіе того, что наслоенія были мелки и шли въ разныхъ направленіяхъ и самая порода была крайне трухлява, буренки трудно было пробивать глубже 15 вершковъ. Динамитъ вырывалъ обыкновенно воронку глубиною 0,30—0,40 саж. и ложился по 8 руб. на кубъ,—раза въ 4 больше, чѣмъ на нѣкоторыхъ другихъ выемкахъ участка, разрабатывавшихся взрывными работами.

Въ скалѣ оказалось значительное число водоносныхъ прослоекъ съ такимъ сильнымъ притокомъ воды, что изъ забоевъ приходилось ее постоянно откачивать. Пробовали примѣнить способъ пожоговъ, но обильная вода тушила костры; тогда остановились на проморозкѣ.

Для лучшаго дѣйствія мороза, поверхности выемки очищали отъ снѣга, затѣмъ, проморозивъ, опредѣляли буреніемъ глубину промерзанія и закладывали костры. Пожогъ велся съ расчетомъ оттаять только часть мерзлой оболочки съ тѣмъ, чтобы оставшаяся неоттаявшей служила защитой отъ притока воды.

Въ нѣкоторыхъ забояхъ, однако, и этотъ способъ не помогъ, работы пришлось бросить и ждать конца зимы, когда почва промерзаетъ на такую глубину, что питаніе таликовъ прекращается и является возможность работать динамитомъ.

Кубъ выработаннаго грунта въ этой выемкѣ обошелся[1]).

работа	15 рубл.
динамитъ	8 „
накладные расходы	2 „
	25 рубл.

[1]) Изв. Собр. Инж. П. С. 1911 г. № 3, стр. 5.

Всѣ разработки въ мерзлыхъ грунтахъ имѣютъ прекрасный видъ зимой, но стоитъ только почвѣ прогрѣться— все превращается въ жидкую кашу, въ которой тонутъ не только шпалы, но даже подводы и лошади, и ихъ приходится вытаскивать изъ жидкой массы. Во многихъ мѣстахъ Головного участка видимыя, наружныя шпалы лежатъ на цѣломъ слоѣ другихъ, втопленныхъ въ почву.

Откосы неспособны держаться даже очень пологимъ откосомъ, сплываютъ и заполняютъ кюветы.

Такимъ характеромъ расплываемости отличаются всѣ глинистые грунты, особенно при наличіи водоносныхъ прослойковъ въ нихъ.

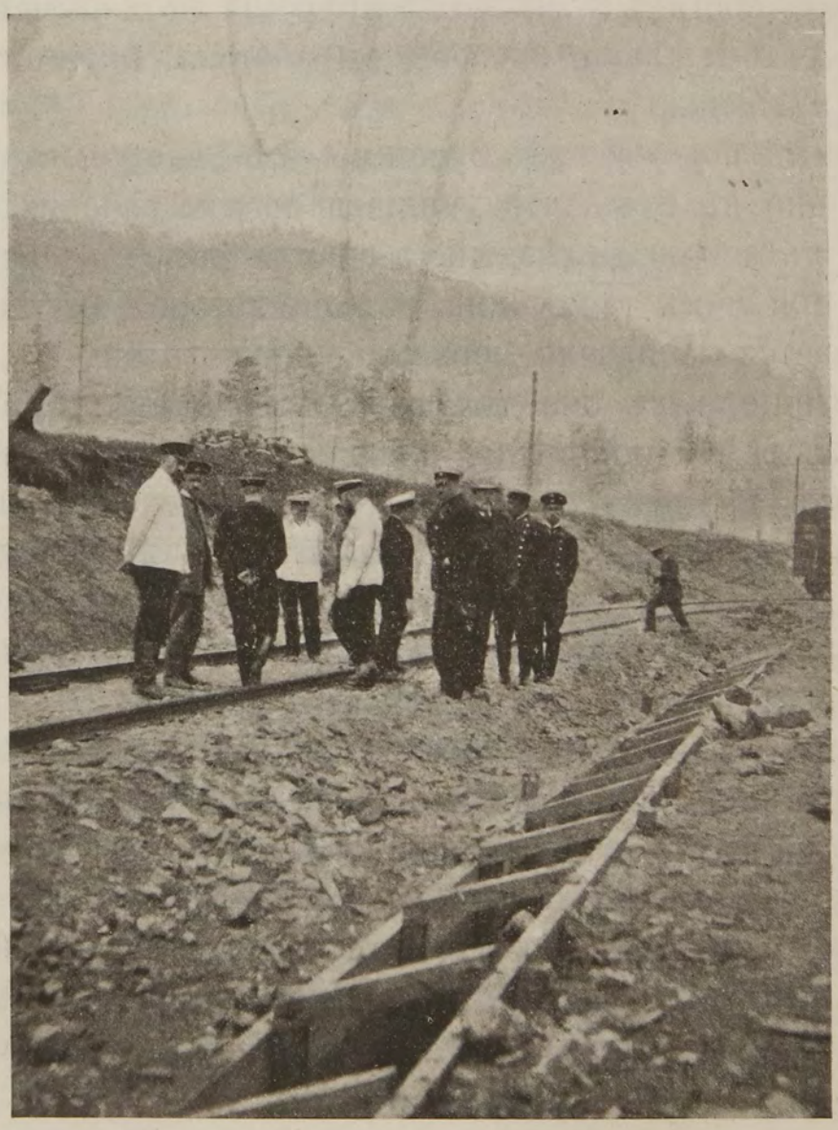
Изъ значительнаго числа подобныхъ выемокъ, испортившихъ много крови строителямъ Амурской дороги, можно указать, какъ на примѣръ, на выемку 95-ой версты Головного участка.

Откосы этой выемки, прогрѣвшись лѣтомъ, сползли въ кюветы. Оползни убрали и, во избѣжаніе повторенія ихъ, придали откосамъ болѣе пологіе уклоны. Тѣмъ не менѣе, поверхностный слой, оттаявъ, снова сползъ, обнажилъ лежащую подъ нимъ мерзлоту, которая, оттаявъ, сползла въ свою очередь. Нагорныя канавы мало помогли дѣлу, рѣшили углубить кюветы; углубили ихъ и одѣли деревянными крѣпями. Эта мѣра произвела желаемое дѣйствіе на одинъ изъ откосовъ, другой продолжалъ плыть.

Въ концѣ концовъ остановились на необходимости возвести непосредственно за кюветомъ подпорную стѣнку изъ сухой кладки безъ засыпки: предполагается, что вода, насыщающая грунтъ откоса, будетъ сквозь стѣнку поступать въ кюветъ и отводиться имъ;—въ какой степени окажется эта мѣра практичной, должно показать ближайшее будущее. Стѣнку начали возводить въ іюнѣ 1911 года; такимъ образомъ, работы въ этой выемкѣ продолжаются четыре года, несмотря на то, что глубина ея, кажется, не больше 1,50 саж. и длина незначительная.

При приступѣ къ работамъ правильнѣе начи-

Фиг. 8.



Фиг. 9.

нать ихъ съ осушающихъ устройствъ, т. е. не только сразу же назначать нагорныя канавы, какъ это обычно дѣлается, но сразу же дѣлать и глубокіе кюветы и одѣвать ихъ крѣпями.

На фиг. 8 изображена фотографія конца выемки 95-й версты Головного участка; на фотографіи видна возводимая подпорная стѣнка изъ сухой кладки. Фиг. 9—изображаетъ фотографію той же выемки; на фотографіи виденъ глубокій кюветъ и его крѣпи.

Въ заключеніе намъ хочется сказать нѣсколько словъ объ особенностяхъ производства буреній въ мерзлыхъ грунтахъ и о томъ, какіе способы выработала въ этомъ отношеніи практика.

Самый простой видъ буренія,—это „нащупываніе". Состоитъ оно въ томъ, что усиліемъ двоихъ рабочихъ погружается въ землю желѣзный, а иногда даже и деревянный щупъ, при чемъ та глубина, дальше которой онъ не идетъ, принимается за начало мерзлаго слоя.

Буреніе, какъ оно дѣлается въ скалистыхъ грунтахъ, въ мерзлотѣ, обыкновенно, идетъ очень плохо, потому что буръ, что называется, „заѣдаетъ",—происходитъ это отъ того, что мерзлые грунты обладаютъ значительной упругостью. Само собой разумѣется, что мы говоримъ о землистой мерзлотѣ: мерзлая скала въ отношеніи буренія ничѣмъ не отличается отъ обыкновенной.

Лучше всего, какъ показала практика, закладывать скважины помощью обыкновеннаго желѣзнаго лома, накаленнаго на кострѣ. Накаленный ломъ ставится на требуемое мѣсто и ударами балды загоняется въ землю.

Послѣ нѣсколькихъ ударовъ ломъ обыкновенно перестаетъ погружаться въ землю. Ему даютъ нѣсколько охладиться, вытаскиваютъ, нагрѣваютъ и погружаютъ снова.

X.

Сущность явленія пученія. Причины. Опыты проф. Войслава. Выводы.

Однимъ изъ непріятныхъ качествъ большого числа мерзлыхъ грунтовъ является способность приподниматься и приподнимать сооруженія, стоящія на нихъ,—зимой и опускать ихъ лѣтомъ. Это — то, что называется выпучиваніемъ. Пученіе не составляетъ характерную особенность грунтовъ съ вѣчно мерзлой подпочвой и является результатомъ замерзанія оттаявшаго лѣтомъ поверхностнаго слоя, тѣмъ не менѣе вопросъ этотъ настолько важенъ, выпучиванія въ грунтахъ съ мерзлой подпочвой такъ часты и такъ велики, что мы не можемъ считать подробный разборъ его выходящимъ изъ рамокъ нашей задачи.

Чѣмъ же можно объяснить явленіе выпучиванія зимой грунта и предметовъ, въ немъ находящихся. Неоспоримъ тотъ фактъ, замѣченный можетъ быть одновременно съ пучинами, что необходимымъ условіемъ образованія пучинъ является присутствіе воды въ пучинистомъ грунтѣ. Однако, рѣшить болѣе или менѣе удовлетворительно вопросъ о той роли, которую играетъ вода въ образованіи пучинъ, оказалось дѣломъ далеко не легкимъ. Приводимый обыкновенно въ объясненіе явленія общеизвѣстный фактъ увеличенія объема воды при замерзаніи, при всей снисходительности, нельзя признать удовлетворительно выясняющимъ дѣло. Дѣйствительно, вода, при превращеніи своемъ въ ледъ, увеличивается въ объемѣ, приблизительно на 9%; увеличиваются въ объемѣ при замерзаніи и всѣ тѣ грунты,

которые способны удерживать въ себѣ воду, и, конечно, такое увеличеніе объема будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше количество впитанной грунтомъ воды,—ясно, однако, что величина прироста объема не можетъ превзойти 9%. Между тѣмъ практика даетъ совершенно иныя цифры, такъ, на нѣкоторыхъ мостикахъ Сибирской ж. д. пролетомъ въ 8 сж. стрѣла вспучиванія доходила до 0,54 сж. (Любимовъ, Очеркъ эксплоатаціи Сиб. ж. д.); высота пучинъ, зарегистрированная на желѣзныхъ дорогахъ, достигаетъ 0,17 сж. (Николаевская), 0,20 (Самаро-Златоустовская) и даже 0,25 (Московско-Казанская) (Любимовъ, Пучины, стр. 5). Опыты проф. Войслава *) надъ образчиками Оксочинскаго грунта выяснили, что хотя увеличеніе объема отъ замерзанія и возрастаетъ съ увеличеніемъ содержанія воды въ грунтѣ, но не пропорціонально ему.

Такъ напримѣръ: увеличеніе объема грунта, содержащаго 10% воды, равно 1,4%, въ то время, какъ грунтъ съ 20% воды увеличивается въ объемѣ на 4,9%.

Принимая же во вниманіе уменьшеніе объема самихъ зеренъ грунта отъ пониженія температуры, найдемъ, что увеличеніе объема должно бы быть не 1,4% и 4,9%, а 0,7% и 1,4%. —

Такимъ образомъ, очевидно, что однимъ увеличеніемъ объема воды при замерзаніи, объяснить увеличеніе объема грунта невозможно.

Далѣе, и ледъ, и самая порода грунта при пониженіи температуры должны сжиматься, уменьшаться въ объемѣ, между тѣмъ наблюденія показываютъ, что высота пучинъ увеличивается въ прямомъ смыслѣ съ пониженіемъ температуры.

Прежде, чѣмъ перейти къ объясненію сущности явленія пученія предпошлемъ нѣсколько цифровыхъ данныхъ, касаю-

---

*) 1890—1891 гг.

щихся плотностей при различныхъ температурахъ и коэффиціентовъ расширенія льда и воды.

Результаты опредѣленій измѣненія объема воды въ зависимости отъ температуры по опытамъ *Despretz*, *Pierre'a* и *Weidner'a* сводятся къ такимъ цифрамъ:

Таблица XXIV.

t	v	t	v
+ 10°	1,002570	— 3°	1,000422
+ 4°	1,000000	— 4°	1,000556
+ 3°	1,000009	— 5°	1,000702
+ 2°	1,000033	— 6°	1,000890
+ 1°	1,000069	— 7°	1,001096
0°	1,000125	— 8°	1,001328
— 1°	1,000212	— 9°	1,001586
— 2°	1,000309	— 10°	1,001855

По *Lussana*, при $t = 0^0$; $v = 1,0001324$; $d = 0,9998676$.

Измѣненіе объема воды при превращеніи ея въ ледъ характеризуется плотностью льда при 0^0.

Одно изъ самыхъ раннихъ опредѣленій льда принадлежитъ *R. Boyle'ю* (1772), который нашелъ, что объемъ воды увеличивается при ея замерзаніи на $11,12^0/_0$.

Затѣмъ *Williams*, *Heinrich*, *Dumas*, *Osann* для плотности льда получали значеніе отъ 0,905 до 0,950.

Въ теченіе прошлаго столѣтія было сдѣлано нѣсколько тщательныхъ опредѣленій плотности льда:

Bruner	(1845)	нашелъ	$0,9180 \pm 0,000039$;
Plücker и *Geissler* . .		»	$0,91580 \pm 0,000008$.
Kopp	(1855)	»	$0,907 \pm 0,007$.
Dufour . . . . и	(1860)	»	$0,9175 \pm 0,0007$
	(1861)	»	$0,9178 \pm 0,0005$.
Bunsen	(1870)	»	$0,91685 \pm 0,00003$.

Закржевскій . . . . . (1892) 0,91666.

Nichols . . . . . (1899):

пластинки искусственнаго льда — 0,91615
естественный ледъ (сосульки) — 0,91807
свѣжевырубл. ледъ изъ пруда — 0,91804
ледъ изъ пруда, пролеж. годъ — 0,91644

Barnes и *Cokoe* (1900—01) — $0{,}916011 \pm 0{,}000065$.

Vincent . . . (1902) 0,9160.

Ledne . . . . (1906) 0,9176.

Принимая плотность льда $= 0{,}916611$ и воды при $0^0 = 0{,}999868$, получимъ, что 1 граммъ воды, имѣющій при 0^0 $v = \frac{1}{0{,}999868}$ кб. см. превращается въ объемъ льда $= \frac{1}{0{,}916611}$ кб. см., т. е., одинъ объемъ воды при 0^0 превращается въ $\frac{0{,}999868}{0{,}916611} = 1{,}0908$ объемовъ льда. Можно считать, слѣдовательно, что вода увеличивается въ объемѣ при замерзаніи на 9% или $^1/_{11}$ своего объема при 0^0 [1]).

Для величины коэффиціента кубическаго расширенія льда имѣемъ слѣдующія данныя [2]):

---

[1]) *H. Barnes.* Ice formation. Chapter II. Physical constants of ice. *А. Ларіоновъ.* О дѣйствіи мороза и атмосферныхъ вліяній на земляные откосы, стр. 106—108.

[2]) *А. Ларіоновъ*, стр. 103.

Таблица XXV.

ИЗСЛѢДОВАТЕЛЬ.	Дата.	Коэфф. кубическаго расширенія льда.
Brunner	1845	0,0001125
Struve	1845	0,0001593
Marchand	1845	0,0001050
Шумахеръ, Портъ и Морицъ	1850	0,0001554
Plücker & Geissler	1852	0,0001584
Pettersson	1883	0,0001680
Andrews	1885	0,0002203 (max.).
„	1885	0,0001064 (min.).
Nichols	1899	0,0001620
Vincent	1902	0,0001520

Заложеніе основаній сооруженій на большой глубинѣ, ниже промерзанія грунта, съ цѣлью избѣжать выпучиванія ихъ, не приводило къ желаемымъ результатамъ: сооруженія выпучивались одинаково сильно, независимо отъ глубины заложенія фундаментовъ, за исключеніемъ рѣдкихъ случаевъ, очень большихъ глубинъ и очень большого вѣса сооруженій. Нѣсколько случаевъ постройки сооруженій на пучинистомъ грунтѣ показали, что борьба съ выпучиваніемъ только углубленіемъ фундамента часто приноситъ вредъ, а не пользу. Такъ, въ нѣкоторыхъ зданіяхъ Александровскаго завода были обнаружены разрывы фундаментовъ, заложенныхъ на глубину 1,25 сж. *). Очевидно, что верхняя часть фундамента вмѣстѣ со всѣмъ зданіемъ поднималась кверху силою тренія пучащаго грунта и отрывалась отъ нижней части, удерживаемой на мѣстѣ силою тренія грунта, лежащаго ниже поверхности промерзанія, и потому не пучащагося.

Прекрасное доказательство того, что выпучиваніе сооруженій совершается силою тренія, даютъ сваи: онѣ выпучи-

*) Протоколъ XIII совѣщательнаго съѣзда инженеровъ службы пути. Москва. 1896.

ваются, несмотря на то, что большая часть ихъ длины лежитъ ниже поверхности промерзанія (въ средней Россіи).

Многіе знаютъ, что зимой на пучинистыхъ мѣстахъ подъ фундаментными стульями, подъ стойками заборовъ и проч. почти всегда лежитъ болѣе или менѣе значительной толщины ледяной прослоекъ.

Этотъ ледяной прослоекъ получился отъ того, что приподнятый пучащимъ грунтомъ предметъ оставилъ подъ собою пустое пространство, которое заполнила вода и замерзла тамъ. А такъ какъ пучины могутъ начаться только послѣ морозовъ, т. е. въ то время, когда поверхность земли будетъ представлять мерзлую, непроницаемую для воды корку, то, очевидно, что, вода, заполнившая пустоту, могла поступить только снизу. Это обстоятельство очень важно и можетъ объяснить многое.

Обратимся теперь къ изслѣдованіямъ профессора *Войслава* надъ пучинистыми грунтами Николаевской ж. д.

Изученіе физическихъ свойствъ грунта состояло въ опредѣленіи:

1) увеличенія объема при замерзаніи,
2) количества содержащейся въ грунтѣ воды,
3) степени водопроницаемости и
4) уменьшенія объема при оттаиваніи.

Кромѣ того, были сдѣланы опредѣленія:

1) уровня грунтовыхъ водъ,
2) профилей грунта и
3) глубины его промерзанія.

Пробы брались изъ пучинистаго грунта у полустанціи Оксочи на 191—192 верстахъ Николаевской жел. дор. съ различныхъ глубинъ. Дѣло усложнялось тѣмъ, что требовалось при взятіи пробы грунта съ любой глубины сейчасъ же помѣщать ее въ герметически закупориваемую банку;—это было достигнуто помощью особой конструкціи бура.

Опредѣленіе увеличенія объема грунта при замерзаніи и уменьшенія объема при оттаиваніи прооизводилось слѣдующимъ образомъ.

Бралась банка съ плотно закупоривающей ее резиновой пробкой. Эта пробка имѣла два отверстія: черезъ одно проходила трубка, которая сообщала внутренность банки съ наружнымъ воздухомъ и имѣла дѣленія, по которымъ можно было отсчитывать уровень жидкости, заполнявшей банку и часть трубки; черезъ другое отверстіе проходилъ термометръ. Шарикъ термометра помѣщался въ середину вырѣзаннаго изъ испытуемаго грунта цилиндра, на который надѣвался тонкій резиновый мѣшокъ, облегавшій его вплотную, края котораго обхватывали трубку термометра и крѣпко на ней обвязывались.

Помѣстивъ приготовленный такимъ образомъ термометръ въ банку и вставивъ вторую трубку, ее наполняли соляровымъ масломъ до тѣхъ поръ, пока оно не наполняло всей банки и, вступивъ въ трубку, не останавливалось на какомъ-нибудь дѣленіи.

Сдѣлавъ отсчетъ, приборъ подвергали замораживанію до (—1°), дѣлали второй отсчетъ; затѣмъ препаратъ оттаивали, доводили до температуры (+1°) и дѣлали третій отсчетъ.

Такимъ образомъ получали увеличенія объема образца при замерзаніи и уменьшенія объема при оттаиваніи. Эти опыты, подтвердивъ фактъ увеличенія объема при замерзаніи, въ то же время дали цифры, во много разъ меньшія наблюдаемыхъ увеличеній объема при замерзаніи въ естественномъ состояніи грунта. Это обстоятельство заставило сдѣлать вторую серію опытовъ въ условіяхъ, болѣе близкихъ къ дѣйствительнымъ. Замороженные образчики грунта клались на блюдечко съ водой, и черезъ короткое время вода оказывалась впитанной въ образчикъ. При повторныхъ замораживаніяхъ и подливаніи воды на блюдечко, образчикъ продолжалъ поглощать ее. Послѣ нѣсколькихъ такихъ замораживаній объемъ породы увеличивался до 40%, при чемъ вся масса породы

представлялась прорѣзанною по всѣмъ направленіямъ довольно толстыми пластинками льда.

Зависимость величины выпучиванія отъ обилія воды очень рельефно выступаетъ на слѣдующемъ опытѣ.

Брались двѣ одинаковыя коробки, внутренность которыхъ была раздѣлена на три отдѣленія двумя дырчатыми перегородками. Среднее отдѣленіе каждой коробки заполнялось плывуномъ одинаковыхъ качествъ, въ боковыя отдѣленія коробокъ наливалась вода. Въ первую коробку вода была налита одинъ разъ и вскорѣ вылита, во вторую вода наливалась три раза, до каждаго замораживанія. Въ результатѣ увеличеніе объема грунта въ первой коробкѣ оказалось едва замѣтнымъ, между тѣмъ какъ во второй коробкѣ грунтъ сильно выпучился, увеличившись въ объемѣ около 20%.

Изслѣдуя условія возникновенія пучинъ, проф. *Войславъ* произвелъ буровыя изслѣдованія на 3, 4, 5, 6, 7 и 8 участкахъ сл. пути Николаевской жел. дор. Заложенныя скважины показали, что на всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ появляются грунтовыя пучины, подъ баластомъ лежитъ слой плывуна съ высокимъ уровнемъ стоянія грунтовыхъ водъ. Въ рядомъ расположенныхъ непучащихъ мѣстахъ грунтъ обыкновенно другого строенія, а если плывунъ, то уровень грунтовыхъ водъ стоитъ низко, ниже глубины замерзанія во всякомъ случаѣ.

Какъ опытами проф. *Войслава*, такъ и всѣми наблюденіями вообще, установлено съ несомнѣнною ясностью, что пучинистымъ грунтомъ является плывунъ и его разновидности.

Плывунъ представляетъ собою супесь или суглинокъ, т. е. вообще—какую-то смѣсь изъ глины и песку, съ очень мелкими зернами песчинокъ. И суглинокъ и супесокъ, являясь разновидностями плывуна, являются и пучинистыми грунтами; чистый песокъ, какъ и чистая глина, пучинамъ не подверженъ. Очевидно, поэтому, что для того, чтобы быть пучинистымъ, грунтъ долженъ обладать свойствомъ связывать въ своей массѣ воду,—это свойство въ наибольшей степени присуще плывуну, илу. Чистая глина, какъ грунтъ, почти не-

способный насыщаться водой, не можетъ и пучить. Песокъ, наоборотъ, воспринимаетъ воду въ неопредѣленно большомъ количествѣ, но эта вода свободно циркулируетъ въ промежуткахъ между отдѣльными песчинками, и, при замерзаніи и увеличеніи объема воды, излишнее количество ея совершенно свободно выдавливается за предѣлы промерзанія.

Какъ же, однако, связать два повидимому противорѣчивыя положенія: то, на которое мы обратили вниманіе въ самомъ началѣ главы, что однимъ фактомъ увеличенія объема воды при замерзаніи нельзя объяснить пученіе грунта; второе то, къ которому мы подошли сейчасъ, что для появленія пучинъ надо, чтобы грунтъ имѣлъ способность напитываться водой и чтобы структура грунта была или пылеобразна (илъ, плывунъ), или чтобы зерна его были разнообразной величины (супесь, суглинокъ), т. е. такой структурой, которая мѣшала бы водѣ свободно циркулировать въ его толщѣ.

Ограничивая этими положеніями предѣлы разсужденія и основываясь на наблюденіяхъ, можно анализировать сущность процесса пученія слѣдующимъ образомъ.

Плывунъ, или илъ, насыщенный водой, замерзаетъ. Не имѣющая свободной циркуляціи въ его толщѣ, вода, увеличившись въ объемѣ при замерзаніи, вспучитъ незначительно грунтъ, давъ въ немъ сѣть мелкихъ трещинъ; число этихъ трещинъ и внутреннихъ пустотъ должно увеличиться при пониженіи температуры вслѣдствіе неодинаковыхъ коэффиціентовъ сжатія породы грунта и лежащихъ въ его толщѣ ледяныхъ жилокъ и прослоекъ.

По волоснымъ трещинамъ поступаетъ вверхъ грунтовая вода, уровень которой высокъ и которая, слѣдовательно, лежитъ непосредственно подъ замерзшимъ слоемъ почвы (иначе грунтъ не былъ бы пучинистымъ), и, заполняя всѣ пустоты въ грунтѣ и замерзая, даетъ вторичную пучину и рядъ трещинъ въ грунтѣ, по которымъ поступаетъ вверхъ новая вода и повторяетъ тактъ процесса.

Единственное, въ чемъ можно было бы сомнѣваться въ

описанномъ процессѣ, это—то, какъ грунтовая вода способна не замерзая протекать по трещинамъ въ мерзломъ грунтѣ, но это сомнѣніе не можетъ имѣть мѣста послѣ опытовъ *Жамена*, доказавшаго, что вода въ волосныхъ трубкахъ ($d = 0{,}6^m/_m$ по опытамъ *Жамена*) не замерзаетъ при значительныхъ степеняхъ охлажденія даже при легкихъ встряхиваніяхъ.

Такимъ образомъ, пученіе грунта не есть слѣдствіе случившагося однажды факта замерзанія воды, насыщавшей грунтъ, а есть результатъ непрерывнаго вліянія одинаковыхъ факторовъ. Какъ результатъ одного фактора—явленіе незначительно; какъ результатъ неопредѣленно большого числа факторовъ, явленіе можетъ достигать неопредѣленно большого значенія.

Становясь на эту точку зрѣнія, инженеръ *Штукенбергъ* дѣлаетъ попытку опредѣлить величину пучины при опредѣленныхъ условіяхъ *).

Пусть, говоритъ онъ, въ массѣ какого-нибудь грунта заключается вода въ объемѣ a; при промерзаніи грунта вода тоже замерзнетъ и займетъ объемъ:

$$a\,(1+0{,}07)\ ^{**)}$$

Вслѣдствіе замерзанія объема воды a въ грунтѣ получились трещины и пустоты, которыя заполнила грунтовая вода въ объемѣ a_1.

При замерзаніи этой второй порціи воды получится объемъ льда:

$$a_1\,(1+0{,}07).$$

Такимъ образомъ, изъ первоначальнаго объема воды a мы имѣемъ теперь объемъ льда, равный:

---

*) Штукенбергъ. О борьбѣ съ пучинами на желѣзныхъ дорогахъ. Журналъ Министерства П. С., 1899 г., кн. 2, стр. 143—144.

**) Инженеръ Штукенбергъ принимаетъ приращеніе объема при замерзаніи воды въ 7%, что, какъ видно изъ приведенныхъ выше цифръ, не совсѣмъ вѣрно.

$$a\ (1+0{,}07)+a_1\ (1+0{,}07).$$

Далѣе, въ грунтъ поступаетъ объемъ воды a_2 потомъ a_3 и т. д. и изъ первоначальнаго объема воды a образуется объемъ льда:

$$v=1{,}07\ (a+a_1+\ldots+a_n)=1{,}07\ \Sigma a_i.$$

Надо при этомъ замѣтить, что съ возрастаніемъ объема льда въ грунтѣ, количество трещинъ должно увеличиваться, поэтому можно предположить, что $a \angle a_1 \angle a_2 \angle \ldots$

Такимъ образомъ, ростъ пучины съ теченіемъ времени прогрессивно возрастаетъ, что и наблюдается въ дѣйствительности.

Предположимъ, для простоты, что $a=a_1=a_2\ldots=a_n$, и что первоначальный объемъ a равенъ кубу съ измѣреніемъ ребра въ 0,001 саж., а затѣмъ предположимъ, что въ 1 часъ прибываетъ объемъ воды:

$$a_i=0{,}001 \text{ куб. саж.}$$

Тогда въ теченіе сутокъ изъ объема воды $a=(0{,}001)^3$ куб. саж. получится объемъ льда:

$$v_1=24\times1{,}07\times(0{,}001)^3=0{,}00000002568 \text{ куб. саж.},$$

а въ теченіе ста дней получимъ уже:

$$V=0{,}000002568 \text{ куб. саж.},$$

что соотвѣтствуетъ кубу съ ребромъ въ 0,0137 саж.

Такимъ образомъ, сторона первоначально взятаго куба увеличилась на

$$r=0{,}0137-0{,}001=0{,}0127 \text{ саж.}$$

Возьмемъ такую породу, гдѣ въ каждомъ изъ 10 прослойковъ песка, напримѣръ, слѣдующихъ одинъ подъ другимъ по вертикальной линіи, были первоначально введены объемы

воды $a = 0{,}001$ куб. саж., тогда черезъ 100 дней получимъ горбъ, высотою:

$$h = 0{,}0127 \times 10 = 0{,}127 \text{ саж.}$$

Остается сказать нѣсколько словъ о возможности притока воды при наличіи слоя вѣчной мерзлоты.

Если толщина мерзлаго слоя почвы незначительна, то вода, необходимая для появленія пучинъ, можетъ проникнуть снизу, сквозь его толщу *). Въ мощномъ же слоѣ очень часто встрѣчаются талые прослойки, несущіе воду; кромѣ того, возможенъ притокъ воды по горизонтальнымъ трещинамъ, изъ рѣчныхъ долинъ.

---

*) Въ мелкозернистыхъ породахъ высота капиллярности = 2 метрамъ; въ пескахъ средней крупности = 0,4 метра, въ грунтахъ съ зернами діаметра большаго, чѣмъ 2 мм., капиллярности почти нѣтъ.

Слѣдовательно, и высоту капиллярности по волоснымъ трещинамъ мерзлаго грунта можно считать не менѣе 2 метровъ.

XI.

Водоснабженіе.

Съ интересующей насъ точки зрѣнія могутъ дать матеріалъ только двѣ желѣзныя дороги: Забайкальская и строящаяся теперь Амурская. Данныхъ о послѣдней еще очень немного, и потому мы остановимся, главнымъ образомъ, на водоснабженіи Забайкальской жел. дороги.

Особенностями водоснабженія Забайкальской ж. д. служатъ:

1) Расположеніе водопріемниковъ, водоподъемныхъ и водоемныхъ зданій, съ ясно выраженнымъ стремленіемъ соединить эти три органа водоснабженія въ одномъ мѣстѣ.

2) Незначительное число отдѣльно стоящихъ гидравлическихъ крановъ; многія водоемныя зданія выстроены около пути и снабжены настѣнными кранами.

3) Отапливаемые водопроводы.

4) Ледотаялка на станціи Сохондо.

1. Водопріемники. Относительное расположеніе водопріемниковъ, водоподъемныхъ и водоемныхъ зданій.

Принятый на Забайкальской ж. д. типъ водопріемника— колодезь, одѣтый деревомъ, болѣе или менѣе хорошо защищенный отъ холода.

Чрезвычайная трудность прокладки трубъ въ слоѣ вѣчной мерзлоты и, главное, полнѣйшее вѣроятіе въ отказѣ ихъ работать въ самый непродолжительный срокъ при непринятіи спеціальныхъ предупредительныхъ мѣръ, заставили стре-

миться къ возможному укороченію длины трубопроводовъ: около 75% всѣхъ станцій съ водоснабженіемъ имѣютъ водопріемники и водоподъемныя зданія на самой станціи въ притыкъ къ водоемному или въ непосредственной близости отъ него и лишь около 25% станцій имѣютъ расположеніе, общепринятое для остальной сѣти, т. е., стоящее на станціи водоемное зданіе и вдали отъ станціи, на берегу водоема, водоподъемное зданіе и водопріемники. При этомъ длина нагнетательной трубы колеблется отъ 80 до 450 саженъ: первая—для станціи Срѣтенскъ (Стрѣтенскъ), вторая—для станціи Онохой.

Типъ расположенія, по которому устроено водоснабженіе большинства станцій, т. е. расположеніе съ водопріемникомъ на самой станціи, можно раздѣлить на три вида, въ зависимости отъ глубины стоянія воды въ немъ.

а) Глубина низкаго горизонта воды въ колодцѣ, не болѣе 3,00 саж.

Насосъ находится въ пристройкѣ къ водоемной башнѣ.

Всасывающая труба черезъ короткую галлерею проходитъ въ находящійся рядомъ колодецъ; разстояніе его до насоса достигаетъ на нѣкоторыхъ станціяхъ до 4 саженъ.

Размѣры водоподъемныхъ зданій и мощность оборудованія таковы:

Таблица XXVI.

Площадь водоподъемнаго зданія въ саженяхъ.	Мощность насоса Вортингтона прямого дѣйствія.	Поверхность нагрѣва въ кв. фут. вертикальнаго котла Лешапеля.
2,05 × 2,05	4 — 6	60 — 90
2,60 × 2,88	8 — 10	120 — 150

б) Глубина низкаго горизонта воды въ колодцѣ между 3,00 и 6,00 саж.

Насосъ помѣщается на днѣ сухого колодца въ водоподъемномъ зданіи, который дѣлается такой глубины, чтобы разстояніе по вертикали между осью насоса и низкимъ уровнемъ воды въ питающемъ колодцѣ было не больше 2,50 саж. Разстояніе колодца отъ водоподъемнаго зданія 3—6 саж.

Насосы—вертикальные, мощностью въ 4, 6 и 8 PH. Котлы—вертикальные, Лешапеля.

в) Глубина низкаго горизонта воды въ колодцѣ больше 6,00 саж.

Въ этомъ случаѣ водоподъемное зданіе выстроено надъ колодцемъ, въ разстояніи глубины низкаго горизонта отъ водоемной башни (т. е. $\geqslant$ 6 саж.). Насосъ—вертикальный помѣщается въ колодцѣ въ 2,50 саженяхъ надъ низкимъ уровнемъ.

Колодцы-водопріемники двухъ размѣровъ: 1,00×1,00 саж. и 2,00×2,00, въ зависимости отъ количества притекающей и отводимой воды; снаружи имѣютъ надстройку въ видѣ будки; колодцы большого размѣра отапливаются печкой, поставленной въ будкѣ.

Неотапливаемые колодцы прикрыты подъ крышей двумя полами съ набивкой между ними нетеплопроводнаго матеріала. Срубъ—изъ 3-хъ и 5-ти-вершковаго кругляка, обыкновенно,—лиственницы.

2. Водоемныя зданія.

Водоемныя зданія по своей конструкціи мало чѣмъ отличаются отъ обычныхъ типовъ. Все различіе сводится къ лучшему предохраненію шатра отъ охлажденія и настѣннымъ кранамъ.

Съ начала эксплоатаціи междупутныхъ гидравлическихъ крановъ почти совсѣмъ не было; водоснабженіе удовлетворяли одни только настѣнные. Не строились они во избѣжаніе прокладки дорого стоящихъ отапливаемыхъ галлерей. Впослѣд-

ствіи усилившееся движеніе вынудило приступить къ ихъ сооруженію. Настѣнные краны открываются помѣщающимся снаружи маховичкомъ; соединенія между нимъ и закрывающимъ клапаномъ и самъ клапанъ находятся внутри зданія.

На деповскихъ станціяхъ водоемное зданіе построено обычно въ притыкъ къ депо и разводящія трубы проведены непосредственно въ него.

3. Трубопроводы.

Низкая температура почвы заставила выработать мѣры, которыя до извѣстной степени могли бы гарантировать исправное дѣйствіе водопровода. При укладкѣ трубъ при постройкѣ дороги былъ выработанъ типъ деревянной галлереи слѣдующаго устройства. Галлерея закладывалась на глубинѣ 1,50 саж. Въ брусья 3 вер.×3 вер., положенные перпендикулярно оси галлереи, врубались продольныя пластины, врубленныя взаимно въ четверть. Изъ пластинъ же нарубались и боковыя стѣнки, сжатыя стойками, врубленными шипами въ поперечныя лаги. Въ образовавшійся лотокъ укладывался слой нетеплопроводнаго матеріала, толщиною 0,07 саж. и на него помѣщалась досчатая квадратнаго сѣченія труба, имѣвшая въ чистотѣ 0,25×0,25 саж. и толщину стѣнокъ въ 2 вершка. Пространство между внутренней досчатой трубой и пластинной оболочкой (0,07 саж.) заполнялось нетеплопроводнымъ матеріаломъ, который насыпался и поверхъ досчатой трубы слоемъ въ 0,07 саж. до краевъ наружныхъ стѣнокъ. Сверху галлерея забиралась пластинами.

Внутри галлереи на пластинныхъ обрубахъ, расположенныхъ попарно по обѣимъ сторонамъ раструбнаго уширенія каждаго стыка, укладывалась водопроводная труба и рядомъ съ ней двѣ трубки парового отопленія.

Короткія галлереи, примѣрно, до 6-ти саженъ, не отапливаются вовсе; принимается, что для ихъ обогрѣванія достаточно теплаго воздуха, свободно поступающаго въ галлерею изъ машиннаго отдѣленія.

Однако, нѣсколько случаевъ порчи трубъ показываютъ, что и для короткихъ галлерей недостаточно одного свободнаго выхода въ машинное отдѣленіе. Дѣйствительно, въ галлереяхъ, благодаря большему вѣсу холоднаго воздуха, занимающаго нижній конецъ ея, совершенно отсутствуютъ конвекціонные токи воздуха, которые только и могли бы уравнивать температуры въ галлереѣ и въ машинномъ отдѣленіи и прогрѣвать первую.

На разстояніи 25 саженъ одинъ отъ другого расположены контрольные колодцы, имѣющіе въ чистотѣ сѣченіе 0,50×0,50 саженъ. Колодцы прикрыты двумя полами и землянымъ холмомъ и опускаются сотокъ на 25 ниже внѣшняго пола галлереи; послѣдняя въ колодцѣ имѣетъ прорѣзъ въ 0,05 саж.

Галлереи незначительной длины, безъ смотровыхъ колодцевъ, имѣютъ уклонъ въ 0,01 къ водопріемнику, а галлереи съ колодцами имѣютъ такой же уклонъ къ каждому колодцу,—это на случай порчи водопроводной трубы.

Второй типъ галлерей оказавшійся практичнѣе перваго имѣетъ въ сѣченіи видъ трапеціи, по полу—0,50 саж., по потолку—0,35 саж. и высотою—0,50 саж. На лежняхъ, длиною 2¼—3 аршина, положенныхъ на разстояніи 0,50 саж. ось отъ оси, изъ 5-ти-вершковыхъ бревенъ, стесанныхъ съ двухъ сторонъ, сдѣланъ настилъ, составляющій полъ галлереи, изъ пластинъ въ 2½—3 вершка, врубленныхъ въ четверть, проконопаченныхъ паклей и осмоленныхъ съ нижней стороны; въ лежни, нѣсколько наклонно, чтобы получить трапецію указанныхъ размѣровъ, врублены стойки съ поперечной насадкой; на полученной, такимъ образомъ, рамѣ изъ 3½×3½ вершковыхъ брусковъ возведены изъ пластинъ стѣны и потолокъ; пластины, также какъ и въ полу, врубались въ четверть, конопатились и смолились.

Послѣ окончанія галлереи и прокладки трубъ, она засыпалась землей на высоту 0,50 саж. Вмѣсто укладки трубъ на поперечныхъ лежняхъ, ихъ укладывали на чугунныхъ рамкахъ самаго простого устройства.

Трубы черезъ опредѣленное разстояніе снабжены компенсаторами, позволяющими имъ безопасно измѣнять длину въ зависимости отъ температуры.

Отопленіе галлерей можно раздѣлить на 4 типа:

1) Короткія галлереи прогрѣваются свободнымъ доступомъ въ нихъ теплаго воздуха изъ помѣщенія водокачки.

2) Въ водоподъемномъ или водоемномъ зданіи ставится котелъ, отъ котораго идутъ въ галлерею двѣ трубки, лежащія по обѣимъ сторонамъ водопроводной трубы; пропускаемымъ по нимъ паромъ галлерея и прогрѣвается. Дымовая труба отъ котла, поставленнаго въ водоемномъ зданіи, проходитъ сквозь бакъ; такимъ образомъ, этотъ котелъ служитъ и подогрѣвателемъ воды въ бакѣ.

3) То же, но по трубкамъ пропускается горячая вода, а не паръ.

4) Отопленіе производится калориферами, разставленными другъ отъ друга на разстояніи 75—100 саж. въ будкахъ площадью 2,00×2,80=5,60 кв. саж. объ одной двери и двухъ окнахъ.

Устройство калориферовъ заключается, въ двухъ словахъ, въ слѣдующемъ: изъ топки горячіе газы поднимаются вверхъ и по двумъ горизонтальнымъ каналамъ поступаютъ въ два ряда вертикальныхъ колодцевъ, пройдя которые, попадаютъ въ другіе два горизонтальные канала, затѣмъ, въ такіе же каналы, лежащіе ниже, которые въ концѣ калорифера соединяются вмѣстѣ и входятъ въ дымовую трубу; холодный воздухъ, войдя въ воздушную камеру, проходитъ между нагрѣтыми стѣнками вертикальныхъ колодцевъ и по мѣрѣ нагрѣванія поднимается вверхъ и по каналу поступаетъ въ галлерею.

4. Водоснабженіе станціи Сохондо.

Станція Сохондо расположена въ 400 саженяхъ отъ берега рѣки Сохондо, водой которой она и пользуется въ

теплое время года. Въ 35 саж. отъ берега находится водоподъемное зданіе; на станціи, у перваго пути,—водоемная башня. Оба зданія соединены отапливаемой двумя калориферами подземной галлерей.

Особенность водоснабженія заключается въ томъ, что количество воды въ началѣ зимы еще, дѣлается недостаточно, къ серединѣ зимы рѣка промерзаетъ насквозь и не только въ открытомъ руслѣ но даже въ маломощномъ слоѣ подземныхъ наносныхъ отложеній и идетъ какими-то иными, должно быть болѣе, глубокими и незначительными въ планѣ прослойками.

Съ цѣлью полученія воды зимой рѣшено было построить ледотаялку.

Чтобы по возможности продлить періодъ снабженія водой обыкновеннымъ, болѣе дешевымъ способомъ, съ одной стороны, и чтобы сократить длину подвоза льда къ водоподъемному зданію, которое было приспособлено подъ ледотаялку,—съ другой, рѣку Сохондо пересѣкли плотиной, которая должна была поднимать къ зимѣ горизонтъ воды: дѣлать глубину болѣе значительной и, слѣдовательно, позже промерзающей, и вызывать разливъ, т. е., искусственно приближать мѣсто добычи льда къ водокачкѣ.

Таяніе льда происходитъ въ двухъ бакахъ, поставленныхъ каждый въ отдѣльномъ помѣщеніи; между этими двумя помѣщеніями находится третье, съ котломъ системы Бабкокъ и Вилькоксъ; питаніе водою этого котла производится насосомъ, который питаетъ и котелъ, приводящій въ движеніе насосъ, перекачивающій воду. Паръ изъ котла проходитъ по змѣевикамъ внутри баковъ.

Ледъ съ рѣки подвозится на саняхъ къ началу эстакады; далѣе, на тележкѣ по рельсамъ, уложеннымъ на эстакадѣ, поднимается на нее и, проходя мимо отверстія въ стѣнѣ противъ бака, по наклонному желобу сталкивается въ него. Подъемъ и передвиженіе тележки по эстакадѣ производится лошадью.

Стоимость одной куб. саж. воды, добытой описаннымъ

путемъ, колеблется отъ 3 до 10 рубл. *)—въ зависимости отъ дальности возки и суровости внѣшней температуры.

Такая чувствительная зависимость между температурой и стоимостью куба воды указываетъ, какъ важно устроить ледотаялку такимъ образомъ, чтобы потеря теплоты наружу была возможно меньше.

Исторія водоснабженія на ст. Сохондо даетъ намъ другое очень важное практическое указаніе для правильнаго расчета.

Именно: несмотря на то, что водонапорная магистраль лежала въ галлереѣ, отапливаемой двумя калорифами, въ которую, кромѣ того, поступалъ еще теплый воздухъ изъ водокачки, вода въ трубѣ, тѣмъ не менѣе, замерзала, трубы лопались и водоснабженіе прекращалось,—это было въ сильные морозы. Объяснить это можно только недостаточной тягой воздуха въ галлереѣ, такъ какъ теплосила калориферовъ была достаточна. Слѣдовательно, или надо ставить калориферы принятаго типа на разстояніяхъ, меньшихъ 100 саженъ, или обезпечить вентиляцію галлерей; надо замѣтить при этомъ, что галлерея на ст. Сохондо состояла изъ корридора, срубленнаго изъ 5—6-вершковыхъ обрубовъ съ проконопаткою швовъ.

Водоснабженіе на Амурской ж. д.

Устройство водоснабженія на Амурской ж. д., а главное—результаты эксплоатаціи его должны представлять исключительный интересъ. Къ сожалѣнію, въ настоящее время по этому вопросу почти ничего нельзя сказать: водоснабженіе, и то еще не законченное совершенно, организовано только въ трехъ пунктахъ Головного участка—Укуреѣ, Бушулеѣ и Зиловѣ, на остальномъ протяженіи оно имѣетъ характеръ исключительно временный, и, кажется, даже не разработано въ проектѣ.

---

*) Фельдтъ. Новый принципъ водоснабженія.

Въ Укуреѣ питающимъ источникомъ является р. Куенга. Рѣка настолько значительная, что не промерзаетъ до дна, и хотя расходъ ея въ очень морозныя зимы сильно уменьшается, тѣмъ не менѣе его хватило бы для нуждъ эксплоатаціи, если бы въ этотъ періодъ не выступалъ на сцену иной факторъ, дѣлающій водоснабженіе неудовлетворительнымъ: именно—въ этотъ періодъ (январь—мартъ) и вообще не очень мягкая вода Куенги, становится черезчуръ жесткой (52° нѣмецкихъ). То же явленіе повышенія жестокости наблюдается и при сильныхъ паденіяхъ расхода лѣтомъ, хотя это послѣднее и бываетъ очень рѣдко, вслѣдствіе обилія лѣтнихъ осадковъ. Поэтому предполагается существующее водоснабженіе оставить лишь какъ временное; основное водоснабженіе рѣшено устроить артезіанское изъ скважинъ, глубиною 56 саж., прорѣзающихъ слой вѣчной мерзлоты. Такихъ скважинъ—двѣ, однако обѣ даютъ столько, сколько давала первая. Предполагается примѣнить очиститель Шейда *).

Характеръ водоснабженія ст. Зилово иной. Станція Зилово лежитъ при впаденіи рѣчки Аркеи въ рѣку Бѣлый-Урюмъ; обѣ рѣки зимой промерзаютъ.

Помощью скважинъ и колодцевъ было опредѣлено общее очертаніе подземнаго потока, въ который превращается зимой Бѣлый Урюмъ, вытѣсненный льдомъ изъ открытаго русла, и построена водосборная галлерея, перерѣзающая подземный водоносный слой. Эта галлерея, собирая воду и зимой и лѣтомъ, подводитъ ее къ водопріемному колодцу, вблизи котораго находится водоподъемное зданіе, перекачивающее воду въ водоемное—на станціи.

Длина водосборной галлереи—259 саж.; разстояніе между водосборнымъ колодцемъ и водоподъемнымъ зданіемъ—13 саж.; длина нагнетательной трубы—120 саж.

Средняя глубина водосборной галлереи—2,50 саж., кро-

---

*) Жесткость воды, доставляемой скважинами, достигаетъ 32° нѣмецкихъ.

мѣ того, надъ нею насыпанъ одернованный валъ высотою 0,50 саж.; дно имѣетъ уклонъ 0,002.

Устройство галлереи въ общихъ чертахъ такое. Забиты двѣ параллельныя стѣнки 0,50 саж. въ свѣту: со стороны притока воды—изъ 1½-вершковыхъ горбылей, съ противоположной стороны—шпунтовая, изъ 2-вершковыхъ досокъ; нижняя часть пространства между ними на высоту сотокъ въ 60 заполнена крупнымъ камнемъ; далѣе, промежутокъ дѣлится вертикальной стѣнкой изъ горбылей на двѣ равныя части—со стороны притока лежитъ камень, внизу крупный, переходящій постепенно къ поверхности въ крупный песокъ, со стороны, противоположной—утрамбованная глина; остальная часть промежутка между стѣнками до поверхности земли, сотокъ, слѣдовательно, около 60 по высотѣ, заполнена утрамбованной глиной. Въ настоящее время производится лишь устройство описаннаго водоснабженія, а потому оцѣнить его практичность можно будетъ только по прошествіи нѣсколькихъ лѣтъ.

XII.

Читинскія мастерскія *).

Читинскія мастерскія являются главными мастерскими Забайкальской ж. д. Когда говорятъ о вѣчной мерзлотѣ, то непремѣнно говорятъ и о Читинскихъ мастерскихъ,—такъ тѣсно связаны они съ вопросомъ о вѣчной мерзлотѣ. Читинскія мастерскія, среди сооруженій, построенныхъ на вѣчной мерзлотѣ, являются яркимъ, поучительнымъ во всѣхъ отношеніяхъ, классическимъ примѣромъ, на которомъ нельзя не остановиться.

Въ настоящее время крытыя помѣщенія мастерскихъ занимаютъ площадь въ 4.283,55 кв. саженъ, общая площадь двора мастерскихъ—42.203,75 кв. саженъ. Протяженіе путей въ крытыхъ помѣщеніяхъ—510 саж.; во дворѣ—3.765 саж. для сообщенія между цехами и для ремонта подвижного состава; кромѣ того, подъ колеснымъ паркомъ—226 саж. одинарныхъ и 532 саж. двойныхъ путей.

Мастерскія обслуживаются 6 силовыми станціями въ общей сложности въ 381ЛС.

1. Главная станція — 2 комплекта парогенераторовъ; каждый генераторъ состоитъ изъ паровой машины компаундъ 90ЛС. и трехфазнаго генератора 57,5КВ. при 250В и 50-ти періодахъ. Парогенераторы, общей мощностью въ 180ЛС., установлены въ отдѣльномъ помѣщеніи, площадью 36 кв. саж.

Энергіею главной станціи питаются источники освѣщенія мастерскихъ, станки, краны и вентиляторы токарнаго, литейнаго, сборнаго, кузнечнаго и вагоннаго цеховъ, за исключеніемъ станковъ деревообдѣлочной, лѣсопилки и пяти станковъ паровозосборнаго цеха.

---

*) Считаемъ пріятнымъ долгомъ выразить глубокую благодарность начальнику сл. пути Забайкальской ж. д. многоуважаемому *Виктору Николаевичу Коргуеву*, подѣлившемуся съ нами своими знаніями и опытностью.

2. Вторая силовая станція находится въ помѣщеніи, площадью 15 кв. саж. и состоитъ изъ одной 80ЛС. горизонтальной паровой машины, приводящей въ движеніе трансмиссію колесно-токарнаго цеха, и трехъ генераторовъ постояннаго тока по 5КВ.

3. Третья силовая станція занимаетъ помѣщеніе въ 7 кв. саж. и состоитъ изъ паровой машины компаундъ 35 ЛС; приводящей въ движеніе два генератора постояннаго тока по 12КВ. при 120В. Энергія расходуется, главнымъ образомъ, на освѣщеніе и только въ незначительной части на моторы.

4. Четвертая силовая станція представляетъ передѣланный въ одноцилиндровую машину паровозъ; мощность около 50ЛС.

Энергія идетъ на приведеніе въ движеніе станковъ деревообдѣлочной, кромѣ того, паръ котла расходуется на лѣсосушилку и отопленіе деревообдѣлочной.

5. Пятая силовая станція—30ЛС. локомобиль, приводящій въ движеніе лѣсопильныя рамы.

6. Шестая силовая станція — 6ЛС. паровая машина, обслуживающая водоснабженіе.

Машины первыхъ трехъ силовыхъ станцій питаются паромъ изъ центральной котловой, площадью 70 кв. саж.; здѣсь установлены 6 котловъ системы Бабкокъ и Вилькоксъ: пять по 117,76 кв. метр. поверхности нагрѣва и одинъ въ 102,11 кв. метр. Паромъ этой котловой обслуживаются паровые молота кузницы, а зимой—отопленіе цеховъ: паровозосборнаго, колесноо-токарнаго, токарнаго и вагоннаго, за исключеніемъ деревообдѣлочной.

Четвертая силовая станція, оборудованная передѣланнымъ паровозомъ, совмѣщаетъ въ своемъ помѣщеніи и кочегарку; таково же и помѣщеніе для локомобиля лѣсопилки.

Шестисильная водокачальная машина и дренажный насосъ Вортингтона питаются вертикальнымъ котломъ Лешапеля, поверхностью нагрѣва въ 90 фт.^{2}

Локомобиль лѣсопилки и паровозъ-машина деревообдѣ-

лочной отапливаются отбросами лѣсопилки и деревообдѣлочной; всѣ же остальные котлы отапливаются углемъ.

Что касается отопленія мастерскихъ, то цехи—сборный, вагонный, токарный и бандажный имѣютъ паровое отопленіе: отапливаются мятымъ паромъ отъ горизонтальной машины, вагонный—исходящимъ паромъ отъ молотовъ; складъ моделей имѣетъ водяное отопленіе. Днемъ сборный и бандажный цеха отапливаются мятымъ паромъ отъ горизонтальной машины, вагонный—исходящимъ паромъ отъ молотовъ; ночью, въ сильные морозы для отопленія пользуются свѣжимъ паромъ отъ главной котловой.

Кузница, литейная, котельная, мѣдницкая, арматурная и главная контора отапливаются печами на дровахъ.

Водоподъемное зданіе оборудовано котломъ Лешапеля и горизонтальной паровой машиной въ 6ЛС., приводящей въ движеніе вертикальный насосъ; въ сосѣднемъ деревянномъ помѣщеніи, стоящемъ надъ дренажнымъ коллекторомъ, рѣчь о которомъ впереди, имѣется резервный котелъ, работающій только во время ремонта и промывки перваго.

Насосъ подаетъ воду изъ артезіанской скважины въ бакъ, откуда она 4'' трубами разводится по цехамъ: сборному, бандажному и вагонному, а также и въ кочегарку; по другимъ трубамъ, уложеннымъ на 1½-саженной глубинѣ, вода подводится къ новой кузницѣ съ отвѣтвленіями въ литейную и складъ моделей. Котламъ деревообдѣлочной и лѣсопилки лѣтомъ вода подается по 1½'' трубамъ временнаго водопровода, зимой подвозится въ бакахъ.

Изъ дренажнаго колодца вода откачивается двумя насосами—центробѣжнымъ съ электромоторомъ въ 5ЛС. и паровымъ—Вортингтона. Отдѣльныя части мастерскихъ имѣютъ такіе размѣры.

Паровозосборный цехъ. Главное зданіе—длиной 36,82 саж., шириной 19 саж.—имѣетъ два ряда поперечныхъ стойлъ съ ручной тележкой по срединѣ; общее число стойлъ—23.

Въ паровозосборной, по недостатку мѣста въ котельной, производятся и котельныя работы; одно стойло приспособлено для взвѣшиванія. Подъемными кранами паровозосборная не оборудована: подъемка производится вручную на домкратахъ Беккера.

Для заправки паровозовъ служитъ особое помѣщеніе— 18,5 × 3,28 саж. на два паровоза съ тендерами; этимъ же помѣщеніемъ пользуются и для окраски паровозовъ, потому что особой малярной нѣтъ.

Изъ 16 станковъ паровозосборной—5 приводятся въ движеніе моторами постояннаго тока, 5—моторами трехфазнаго тока, 5—приводныхъ и 1 ручной.

Цеховая контора (общая для сборнаго и котельнаго цеха), инструментальная и кладовая арматурныхъ частей, помѣщаются въ зданіи, площ. 42,39 саж.

Котельный цехъ. Въ главномъ зданіи котельнаго цеха (15×8,5), раздѣляющемся поперечной стѣной на двѣ части въ 11 и въ 4 саж. длиной, можетъ помѣститься 5 паровозныхъ котловъ; помѣщеніе недостаточно, поэтому часть котловъ ремонтируется—зимой въ сборномъ цехѣ, лѣтомъ—на дворѣ.

Цехъ оборудованъ электрическимъ мостовымъ краномъ, подъемной силой въ 15 тоннъ.

Гидравлическое испытаніе котловъ зимой производится въ сборной, потому что котельный цехъ плохо отапливается и не имѣетъ водопровода. Проба же паромъ производится даже зимою на дворѣ.

Около главнаго зданія котельной имѣется отдѣльное помѣщеніе (8,16×3,5) для ремонта арматуры, съ 3 станками.

Ремонтъ дымогарныхъ трубъ производится въ зданіи (5,47×9), расположенномъ на противоположной (котельной) сторонѣ двора мастерскихъ; прямого пути, соединяющая эти два зданія, нѣтъ и доставка трубъ на вагонеткахъ совершается черезъ пути вагоннаго двора. Оборудованіе состоитъ изъ 8 станковъ.

Для ремонта тендеровъ никакого помѣщенія нѣтъ: и лѣтомъ, и зимой ремонтъ ихъ производится, главнымъ обра-

зомъ, на дворѣ, только иногда, зимой, освобождается подъ тендеръ одно стойло въ сборномъ цехѣ.

Токарный (механическій) цехъ временно помѣщается въ отдѣленіи вагоннаго и занимаетъ, вмѣстѣ съ конторою, площадь въ 278,13 саж.^{2} Помѣщеніе темное и холодное: температура при сильныхъ морозахъ не выше 4°. Станки установлены въ 7—9 рядовъ—большая часть на деревянныхъ фундаментахъ, приводятся въ движеніе групповыми и единичными моторами.

Всѣхъ станковъ—100 штукъ.

Пилозубное отдѣленіе помѣщается въ деревянной пристройкѣ, площадь его—20 саж.^{2}, оборудованіе—5 станковъ.

Къ токарному цеху пристроено временное холодное помѣщеніе, въ которомъ производится закаливаніе напильниковъ и цементація паровозныхъ частей; площадь его—18 саж.^{2}.

Колесно-токарный цехъ. Цехъ занимаетъ бывшее помѣщеніе токарнаго, литейнаго и мѣдницкой, общей площадью 295 саж.^{2}; помѣщеніе холодное; оборудованіе состоитъ изъ 22 станковъ.

Вагонный цехъ. Главный каменный корпусъ цеха покрываетъ площадь въ 1.188 кв. саж., имѣетъ свѣтовой фонарь и дѣлится на 4 части:

1) Первая половина зданія обслуживается телѣжкой, на которой умѣщаются лишь вагоны товарные и IV класса. Этимъ помѣщеніемъ пользуются для работъ по металлической обшивкѣ, кровлѣ классныхъ вагоновъ и окраскѣ товарныхъ, при чемъ подъ окраску остается не болѣе 8 мѣстъ. Помимо работающихъ здѣсь плотниковъ, слесарей, жестянщиковъ и проч., въ общемъ, около 120—130 человѣкъ, здѣсь же помѣщается и инструментальная вагоннаго цеха на 550 человѣкъ.

2) Малярная для классныхъ вагоновъ на 6 мѣстъ съ 3 приводными краскотерками и запасомъ малярныхъ матеріаловъ, требующихъ храненія въ тепломъ помѣщеніи, изъ расчета на 60 человѣкъ на 4—6 дней.

3) Временное помѣщеніе токарнаго цеха—на 9 стойлъ.

4) Вспомогательная малярная съ лакировочнымъ по дереву отдѣленіемъ на 2 мѣста.

Въ теплое время года, когда работы по металлической обшивкѣ и кровлѣ классныхъ вагоновъ производятся на путяхъ подъ открытымъ небомъ, мѣста для малярныхъ работъ хватаетъ. Иное дѣло, въ холодное время года, когда работы приходится производить въ главномъ корпусѣ, въ этотъ періодъ для малярныхъ работъ чувствуется недостатокъ мѣста, особенно остро сталъ ощущаться этотъ недостатокъ съ 5-го февраля 1911 года, послѣ того, какъ выгорѣло малярное отдѣленіе на 6 мѣстъ.

Оборудованіе составляетъ 26 станковъ.

Столярно-обойное отдѣленіе занимаетъ площадь въ 199 сж.^{2} Здѣсь помѣщается контора вагоннаго цеха и отдѣленіе стекольное.

Оборудованіе состоитъ изъ 3 станковъ.

Вспомогательная кузница вагоннаго цеха въ 49 саж.^{2}, представляетъ деревянный баракъ, обшитый по наружной и внутренней поверхности кровельнымъ желѣзомъ; одна половина зданія занята подъ кузницу на 4 огня, другая—слесарной бригадой для ремонта отопленія. Оборудованіе состоитъ изъ 10 станковъ.

Деревообдѣлочная занимаетъ площадь въ 105 саж.^{2} Въ этомъ зданіи помѣщаются всѣ деревообдѣлочные станки, за исключеніемъ лѣсопильныхъ рамъ. При деревообдѣлочной имѣется парильно-сушильный барабанъ.

Оборудованіе составляютъ 19 станковъ.

При деревообдѣлочной находятся два сарая въ 107 кв. саж. для склада сухихъ лѣсныхъ матеріаловъ.

Лѣсопилка—представляетъ собою деревянный сарай въ 72 сж.^{2} съ 2 лѣсопильными рамами, приводящимися въ движеніе 30-сильнымъ локомобилемъ.

Лѣсосушилка—деревянный сарай, площадью 30 кв. саж. отапливаемый отъ котла деревообдѣлочной.

Литейный цехъ. Чугунно-мѣдно-литейное помѣщеніе

имѣетъ размѣры: 17,41×9 саж. Въ одной части этого зданія установленъ вентиляторъ и бѣгунки, въ другой находится кладовая и обрубочная мѣдныхъ отливокъ, въ третьей— мѣдно-литейная (29 сж.²), въ четвертой — изготовляются стержни, пятую часть занимаетъ чугунно-литейная, оборудованная электрическимъ мостовымъ краномъ въ 10 тоннъ и двумя вагранками, работающими на коксѣ, общей производительностью въ 250 пуд. въ часъ. Мѣдно-литейная оборудована тремя плавильными горнами.

Около зданія литейной находится помѣщеніе для храненія моделей.

Кузнечный цехъ—помѣщается въ двухъ корпусахъ: каменномъ, площадью въ 139 кв. саж., и изъ волнистаго желѣза въ 135 сж.².

Оборудованіе состоитъ изъ 40 горновъ и 18 станковъ.

Производительность Читинскихъ мастерскихъ за три послѣднихъ года выразилась слѣдующими цифрами:

Таблица XXVII.

	1908	1909	1910
Паровозы.			
Большой ремонтъ	40	46	48
Пассажирскіе вагоны.			
Большой и средній ремонтъ	89	122	125
Срочный ремонтъ	12	11	1
Срочный осмотръ, ревизія буксъ и текущій ремонтъ	2	11	30
Товарные вагоны и платформы.			
Большой ремонтъ	112	272	294
Срочный осмотръ и исправленія поврежденій при крушеніяхъ . . .	254	391	202
Ревизія буксъ и текущій ремонтъ. .	127	113	270

Количество рабочихъ по всѣмъ цехамъ и отдѣленіямъ таково:

Таблица XXVIII.

	1908	1909	1910
Мастеровыхъ.	894	904	917
Учениковъ.	54	57	52
Чернорабочихъ.	155	141	156

Оставляя въ сторонѣ разборъ плана мастерскихъ съ точки зрѣнія раціональности расположенія отдѣльныхъ цеховъ (достойна вниманія, напримѣръ, необходимость, для подачи котловъ изъ котельной въ сборную, выѣзжать со двора мастерскихъ и производить маневры на деповскихъ путяхъ, или передвиженіе дымогарныхъ трубъ изъ помѣщенія для ихъ ремонта въ котельную черезъ забитый работой вагонный паркъ), обратимся теперь къ исторіи мастерскихъ.

Зданія мастерскихъ были начаты постройкой лѣтомъ 1896 г.

Фундаменты заложены на глубинѣ отъ 0,85 до 1,21 саж. отъ обрѣза фундаментовъ (отмѣтка 312,75) на слоѣ гравелистаго песка, признаннаго хорошимъ грунтомъ *). Фундаментъ и цоколь были сложены изъ бутоваго камня на известковомъ растворѣ; цоколь облицованъ штучнымъ камнемъ; стѣны—кирпичныя, на известковомъ растворѣ. Матеріалы были употреблены хорошіе и кладка сложена удовлетворительно, какъ это усматривается изъ всѣхъ актовъ, относящихся до опредѣленія качествъ того и другого.

Изъ прилагаемаго схематическаго плана мастерскихъ и нанесенныхъ на него горизонталей мѣстности (отдѣльный листъ чертежей) видно, что территорія мастерскихъ представляетъ собою котловину, гдѣ легко можетъ скапливаться по-

*) Актъ о заложеніи 10 мая 1896 г.

верхностная вода; по показаніямъ старожиловъ на теперешней территоріи мастерскихъ вода, дѣйствительно, почти не высыхала, превращая котловину въ болотце. Вода эта не только атмосферная, но доставляется, и въ большей своей части, рѣкой Читой, въ поймѣ которой лежатъ мастерскія, въ разстояніи, приблизительно, 400 саженъ отъ берега.

Если обратиться къ разрѣзамъ почвы и собрать всѣ данныя, которыя были добыты большимъ числомъ шурфовъ и скважинъ, заложенныхъ, кстати сказать, только въ самые послѣдніе годы, то получится такая картина.

Общее направленіе пластовъ идетъ съ юга на сѣверъ и съ болѣе слабымъ уклономъ съ запада на востокъ.

Напластованія идутъ въ слѣдующемъ порядкѣ послѣдовательности:

1. Навалъ—слой толщиною отъ 0 до 1,48 саж., причемъ наибольшая толщина расположена въ направленіи съ сѣверо-запада на юго-востокъ по діагонали площади мастерскихъ; толщина навала измѣняется довольно рѣзкими переходами.

2. За слоемъ навала слѣдуетъ слой песка съ галькой, мощностью отъ 0,66 до 2,00 саж. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, у нижней границы слоя, встрѣчается крупный рѣчной песокъ.

3. Далѣе слѣдуетъ слой сѣро-синей жирной глины, мощностью не менѣе 8 саженъ; въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на 5-ой—6-ой сажени попадаются прослойки песку и гальки.

Рѣка Чита протекаетъ въ общемъ направленіи съ сѣверозапада на юго-востокъ; паденіе рѣки весьма значительное,—до 0,001, съ легкими перепадами въ нѣкоторыхъ мѣстахъ. Уровень грунтовыхъ водъ на территоріи мастерскихъ не горизонталенъ и приблизительно параллеленъ напластованіямъ: съ болѣе сильнымъ паденіемъ съ юга на сѣверъ и съ болѣе слабымъ съ запада на востокъ. Глубина этого уровня отъ обрѣза фундамента, отъ 1,25 саж. до 2,25 саж.

Постройка зданій, за исключеніемъ небольшихъ недо-

дѣлокъ, была закончена лѣтомъ 1898 г., однако въ теченіе двухъ лѣтъ они продолжали оставаться необорудованными.

Ни въ одномъ документѣ, относящемся къ этому времени, нѣтъ никакихъ указаній ни на трещины въ стѣнахъ зданій, ни на какія-либо выпучиванія грунта или неравномѣрныя осадки. Надо, поэтому, полагать, что пустовавшія зданія благополучно просуществовали два года; слѣдуетъ замѣтить при этомъ, что зима 1899—1900 г.г. была особенно лютая, державшая нѣсколько дней подрядъ ртуть ниже—45° Р.

Лѣтомъ 1900 г. мастерскія были оборудованы и было устроено паровое отопленіе. Въ іюлѣ мастерскія были открыты, а въ концѣ сентября освидѣтельствованы и приняты въ эксплоатацію *). Ни о какихъ недостаткахъ акты не говорятъ.

Однако, уже въ октябрѣ этого же 1900 г., съ наступленіемъ сильныхъ морозовъ, впервые въ стѣнахъ зданій начали появляться трещины, изъ которыхъ нѣкоторыя шли до подошвы фундамента.

Въ актѣ отъ 9 декабря 1900 г. читаемъ, что въ стѣнахъ зданій обнаружено 17 трещинъ, изъ которыхъ самая значительная (съ просадкой стѣны въ 7") шла по лицевой сторонѣ токарнаго цеха. Трещины были обнаружены въ слѣдующихъ частяхъ, кромѣ токарнаго цеха: въ вагоносборной, въ паровозо-сборной, въ кузнечной, литейной, котельной, механической, въ машинномъ отдѣленіи, въ столярной, въ кладовой при столярной и въ стѣнѣ, отдѣляющей столярную отъ деревообдѣлочной.

Для предотвращенія дальнѣйшаго разрушенія стѣнъ, было рѣшено отвести конденсаціонную воду изъ трубъ парового отопленія въ особые непроницаемые желѣзные резервуары, установленные подъ поломъ зданій, и перекачивать, затѣмъ, эту воду насосами въ котлы, или на другія надобности мастерскихъ.

---

*) См. акты комиссіи подъ предсѣдательствомъ инженера Волкова.

Весной это было приведено въ исполненіе за счетъ строительныхъ кредитовъ дороги *).

Мѣра эта не предохранила зданія отъ новыхъ трещинъ, появившихся въ 1901 году.

Изъ протоколовъ засѣданій комиссіи, состоявшей изъ агентовъ эксплоатаціи при участіи начальника работъ по сооруженію Забайкальской ж. д. инженера *Пушечникова*, видно, что, кромѣ существовавшихъ по прежнимъ актамъ трещинъ, комиссія обратила вниманіе на сильное разстройство арки воротъ паровозосборнаго цеха, причемъ признала полезной мѣрой отводъ отъ стѣнъ конденсаціонной воды паровыхъ машинъ.

Комиссіей было констатировано наличіе слѣдующихъ значительныхъ трещинъ:

1) *Паровозо-сборный цехъ.* Въ поперечной и продольной стѣнахъ.

2) *Токарный цехъ.* Въ продольной стѣнѣ на протяженіи 7,5 саж. (около поглощающаго колодца), осадка стѣны 0,03 саж.

3) *Деревообдѣлочная.* Въ стѣнѣ у конденсаціоннаго колодца; ширина трещины до 0,01 саж.

4) *Котловая, машинная и деревообдѣлочная.* Значительныя трещины въ стѣнахъ, обращенныхъ къ конденсаціонному колодцу.

5) Мелкія трещины почти во всѣхъ зданіяхъ.

Кромѣ упомянутаго отвода конденсаціонной воды отъ стѣнъ, комиссія признала нужнымъ переложить части стѣнъ, давшія значительныя трещины, съ устройствомъ фундаментовъ на цементномъ растворѣ и углубленіемъ ихъ до 1,20—1,50 саж.; остальныя трещины залить цементнымъ растворомъ. Стоимость этихъ работъ была исчислена въ суммѣ 21.390 рубл., которая и была переведена инж. *Пушечниковымъ* въ распоряженіе эксплоатаціи.

---

*) См. журналъ Комитета Управленія желѣзныхъ дорогъ отъ февраля 1901 г., за № 114.

Въ іюнѣ 1901 г. было замѣчено отклоненіе отъ вертикали дымовой трубы мастерскихъ, высотою 15,30 саж.; 20 іюня отклоненіе оси трубы отъ вертикали, проведенной черезъ середину основанія, было опредѣлено равнымъ 0,12 саж. *въ сторону мастерскихъ*; къ іюню слѣдующаго года это отклоненіе достигало уже 0,50 саж., а къ 24 іюля— 0,54 саж.! —

Трубу осмотрѣла комиссія, состоявшая изъ начальника дороги, начальника сл. пути, старшаго инженера по новымъ работамъ, начальника мастерскихъ, главнаго контролера и начальника участка сл. пути, и рѣшила разобрать верхнюю часть ея; въ іюлѣ 1902 г. это было исполнено.

Въ рапортѣ инженера *Пушечникова* Управленію по сооруженію ж. д. отъ 10 января 1903 г. *) за № 49984 находимъ въ первый, кажется, разъ за все время существованія мастерскихъ, правильный взглядъ на истинную природу явленій. Въ этомъ рапортѣ инженеръ *Пушечниковъ* причины поврежденій объясняетъ отапливаніемъ зданій въ зимнее время, вслѣдствіе чего, вѣчная мерзлота, расположенная подъ подошвою фундаментовъ стѣнъ, колоннъ, станковъ, паровыхъ машинъ и проч., подъ вліяніемъ теплоты отапливаемыхъ помѣщеній, оттаиваетъ и, благодаря обилію грунтовыхъ водъ, превращается въ жидкую массу, выпираемую подъ тяжестью лежащей на ней нагрузки. Зданія при этомъ даютъ неравномѣрную осадку, слѣдствіемъ которой и являются трещины.

Чтобы предотвратить дальнѣйшее разрушеніе сооруженій, инженеръ *Пушечниковъ* находилъ необходимымъ подведеніе подъ всѣ наружныя и внутреннія стѣны, подъ колонны, станки, котлы и машины каменныхъ фундаментовъ на цементномъ растворѣ, глубиною до 1,70 саж. (!?).

---

*) По актамъ видно, что за мѣсяцъ передъ этимъ (11 декабря 1902 г.) было новое обслѣдованіе мастерскихъ особой комиссіей, которая, между прочимъ, указала на текучія грунтовыя воды, какъ на возможную причину осадокъ стѣнъ и, слѣдовательно, трещинъ.

Стоимость работъ была исчислена въ 124.190 рубл. и деньги переведены изъ строительнаго капитала въ распоряженіе эксплоатаціи дороги *).

Съ начала строительнаго сезона 1903 г. было приступлено къ расширенію зданій главныхъ мастерскихъ на 1.146,46 сж.². Вновь возводимыя зданія были основаны на фундаментахъ съ глубиною заложенія отъ 1,70 до 2,00 саж. и шириною подошвы въ 1,05 саж.

Въ іюлѣ, когда строящіяся зданія были еще далеко не закончены, въ нихъ уже появились трещины;—это обстоятельство заставило прекратить работы по расширенію мастерскихъ. Одновременно съ этимъ произошелъ знаменательный фактъ;—многочисленныя однообразныя явленія были, наконецъ, замѣчены, и рѣшено было,—*въ виду того, что глубокое заложеніе фундаментовъ не предохраняетъ зданій отъ разрушенія*,—не производить утвержденныхъ Министромъ Путей Сообщенія по представленію Комитета Управленія по сооруженію работъ по углубленію фундаментовъ въ старыхъ зданіяхъ, и отпущенный строительнымъ управленіемъ кредитъ на это, въ размѣрѣ 124.190 рубл., не былъ использованъ.

Къ 1903 году относится и измѣненіе внѣшней физіономіи зданій, именно—было рѣшено, помимо пріостановки работъ по расширенію мастерскихъ, до слѣдующаго года, облегчить тѣ зданія, на которыхъ появились трещины, разобравъ фронтоны. Тѣ немногія зданія, которыя трещинъ не имѣли (заправочная, модельная и котельная) были закончены.

Передъ началомъ строительнаго періода слѣдующаго, 1904 г., всѣ зданія были осмотрѣны новой комиссіей, которая пришла къ заключенію о необходимости слѣдующихъ работъ **):

1. Разобрать стѣны старой деревообдѣлочной, столяр-

*) См. журналъ Комитета Управленія по сооруженію ж. д. отъ 12 апрѣля 1903 г. за № 274.

**) См. акты осмотровъ 21—23 іюня 1904 года.

ной и части токарно-слесарнаго цеха, несущія значительныя трещины и наклонившіяся наружу,—и замѣнить ихъ деревянными.

2. Разобрать до высоты боковыхъ стѣнъ передній фронтонъ (со стороны пути) корпуса вагоно-сборнаго цеха и замѣнить его деревяннымъ.

3. Разобрать до уровня боковыхъ стѣнъ фронтоны новыхъ пристроекъ къ зданіямъ вагоно-сборнаго и паровозо-сборнаго корпусовъ и, вмѣсто предполагавшихся желѣзныхъ стропилъ, установить деревянныя, на деревянныхъ же колоннахъ, при чемъ, для избѣжанія значительной высоты зданій, примѣнить систему зубчатаго покрытія. Заготовленныя металлическія стропила для паровозо-сборнаго цеха назначить для предполагаемыхъ новыхъ мастерскихъ въ Верхнеудинскѣ или въ Иннокентьевской, а пока — хранить на складѣ.

Для предупрежденія значительнаго прогрѣванія подпольнаго пространства въ паровозо-сборномъ цехѣ и заправочной, — примѣнить систему выпусковъ изъ кочегарныхъ ямъ.

4. Предположенные въ зданіяхъ заправочной, модельной и литейной кирпичные сводчатые потолки на металлическихъ балкахъ, во избѣжаніе разрушенія при осадкѣ зданія, замѣнить деревянными, съ подшивкой ихъ по войлоку кровельнымъ желѣзомъ или толемъ. Теплыя кровли литейной и котловой подшить по войлоку кровельнымъ желѣзомъ—въ видахъ безопасности въ пожарномъ отношеніи.

5. Закончить кровлю новаго зданія деревообдѣлочной, сдѣлавъ въ немъ деревянный теплый потолокъ на деревянныхъ колоннахъ, или, вмѣсто потолка, теплую кровлю, если окажется, что стропила имѣютъ достаточный запасъ прочности.

Во избѣжаніе увеличенія трещинъ въ стѣнахъ при помѣщеніи въ этомъ зданіи деревообдѣлочныхъ станковъ и приводовъ и возможнаго перерыва въ работахъ, крайне нежелательнаго въ виду значительнаго усиленія работъ ма-

стерскихъ,—помѣстить въ немъ, взамѣнъ деревообдѣлочной, столярную, обойную и жестяницкую, а подъ деревообдѣлочную построить вблизи лѣсопилки временный деревянный баракъ, площадью 105 сж.^{2}. Постройка этого барака казалась тѣмъ болѣе необходимой, что во время замѣны стѣнъ старой деревообдѣлочной трудно было избѣжать перерыва въ работѣ цеха.

6. Въ виду значительной цѣнности мастерскихъ и насущной надобности въ нихъ, необходимо принять всѣ возможныя мѣры къ прекращенію дальнѣйшаго разрушенія стѣнъ.

Что касается послѣдняго, то комиссія опредѣленно указываетъ на двѣ причины этого разрушенія: во-первыхъ— неравномѣрное оттаиваніе мерзлоты, во-вторыхъ — обиліе грунтовыхъ водъ,—и на средство прекратить, или, по крайней мѣрѣ, значительно уменьшить дальнѣйшее разрушеніе стѣнъ, путемъ осушенія площади мастерскихъ.

Разбираясь въ средствахъ осуществить такое осушеніе, комиссія указываетъ, что въ данномъ случаѣ ни открытыя канавы, ни закрытые дренажи не достигли бы цѣли, потому что подошва фундаментовъ стѣнъ находится на одномъ уровнѣ съ меженнимъ горизонтомъ воды въ р. Читѣ, слѣдовательно, при подъемѣ горизонта рѣки, вода не могла бы вытечь изъ отводной канавы и, поднимаясь въ ней, опять напитывала бы площадь мастерскихъ; поэтому примѣнить дренированіе возможно только при условіи откачки дренажной воды.

Далѣе, открытыя канавы заняли бы очень много мѣста, закрытые дренажи, заложенные въ мерзлотѣ, промерзали бы, поэтому, по мнѣнію комиссіи, единственнымъ раціональнымъ типомъ дренажа представляются отапливаемые коллекторы, вода изъ которыхъ поступала бы въ сточный колодецъ, откуда выкачивалась бы и отводилась открытой канавой. При этомъ указывалось на то, что водою сточнаго колодца можно пользоваться для водоснабженія; это обстоятельство имѣло, дѣйствительно, значеніе, потому что вода,

добываемая артезіанской скважиной отличается значительной жесткостью.

Приблизительная стоимость устройства дренажа изъ отапливаемыхъ паромъ коллекторовъ была исчислена въ суммѣ 25.500 рублей.

Указанныя комиссіей работы были утверждены и постройка разрѣшена *).

Лѣтомъ 1904 г. былъ построенъ отапливаемый коллекторъ, длиною 212,70 саж., огибающій территорію мастерскихъ съ трехъ сторонъ: со стороны путей и съ двухъ перпендикулярныхъ къ нимъ сторонъ.

Очень скоро, однако, выяснилось, что заложенный коллекторъ далеко не выполняетъ своего назначенія. Причиной этого, какъ впрочемъ и слѣдовало ожидать, явилось то, что территорія мастерскихъ напитывалась водой съ четвертой, неперерѣзанной коллекторомъ стороны, съ той, слѣдовательно, которая обращена къ рѣкѣ. Это обстоятельство поставило на очередь вопросъ о постройкѣ второго коллектора, который вмѣстѣ съ первымъ образовалъ бы замкнутое вокругъ мастерскихъ кольцо.

Этотъ второй коллекторъ, длиною 283,73 саж. былъ построенъ черезъ два года—въ 1906 году. Коллекторъ сводитъ принятую воду въ колодезь, изъ котораго она поднимается Вортингтоновскимъ насосомъ въ открытую сточную канаву и отводится отъ территоріи мастерскихъ до болота на протяженіи, приблизительно, 500 саж. Самотекъ невозможенъ: отмѣтка дна коллектора 309,94,—отмѣтка меженняго горизонта воды въ рѣкѣ и болотѣ—310,82. Количество ежедневно откачиваемой воды сильно колеблется, именно:—отъ 15.000 до 75.000 ведеръ. Вода, протекая по открытой канавѣ широкимъ слоемъ, замерзаетъ, и канава требуетъ частой околки и чистки, на что тратится 6.000—7.000 р. въ годъ. Общую конечную стоимость дренажныхъ работъ можно считать въ 97.741 руб.

---

*) См. рапортъ начальника дороги отъ 3 іюля 1904 г. за № 2416 и журналъ техническаго совѣщанія при Управленіи ж. д. отъ 24 іюля 1904 г. за № 478.

Надо замѣтить, что въ іюлѣ 1905 года, т. е. за годъ до постройки послѣдняго звена коллектора, Читинскія мастерскія осматривалъ инженеръ *Пушечниковъ*, уже въ качествѣ командированнаго на Забайкальскую ж. д. главнаго инспектора. По его мнѣнію, устройство дренажа съ четвертой стороны было совершенно излишне, вмѣсто него *Пушечниковъ* рекомендовалъ устройство глинянаго шпунта для прекращенія подтока воды извнѣ къ фундаментамъ зданій.

На эту работу была составлена смѣта въ суммѣ 22.400 р. и утверждена Министромъ.

Шпунтъ однако не былъ осуществленъ, какъ можно думать, потому, что трудно было достигнуть непроницаемости основанія его, безъ чего, конечно, весь смыслъ шпунта терялся бы. Вмѣсто него было рѣшено заложить коллекторъ.

Сѣченіе кольцевого коллектора не однообразно по всей длинѣ, а именно—по длинѣ АБВГ (см. планъ) онъ устроенъ изъ бетонныхъ колецъ яйцевиднаго сѣченія съ утолщеннымъ дномъ. Высота коллектора (наружная)—144 см.; толщина стѣнки 10 см.; толщина дна 29 см.; ширина его внутри коллектора 18 см.; длина колецъ (звеньевъ);—0,40 см.

Новая часть коллектора, именно—на протяженіи ГДЕА, устроена иначе. Дно и стѣнки коллектора сложены изъ бутовой кладки: дно—толщиною 0,15 саж. и стѣнки—толщиною 0,20 саж. Сѣченіе коллектора прямоугольное, за исключеніемъ потолка, представляющаго желѣзобетонную сводчатую плиту съ стрѣлой въ 0,05 саж. и толщиною 0,06 саж. Ширина сѣченія—0,76, внутренняя ширина въ свѣту—0,36 саж. Высота всего сѣченія—0,75, высота внутренняя по оси—0,54 саж. (полъ имѣетъ вогнутую цементную смазку со стрѣлою въ 0,03 саж.). Длина звеньевъ—1,00 саж.

Отверстія устроены: въ старомъ типѣ—по три круглыхъ въ каждомъ швѣ—по оси потолка и по бокамъ, въ новомъ типѣ швы безъ отверстій,—они расположены въ шахматномъ порядкѣ въ боковыхъ стѣнкахъ въ плоскостяхъ, отстоящихъ на 0,35 саж.; форма отверстій въ новомъ типѣ—прямоугольная—0,05×0,05 саж. Арматура потолочныхъ покрытій—изъ

*

желѣзныхъ прутьевъ d=½''; въ продольное вертикальное сѣченіе попадаетъ 20 прутьевъ.

Въ 1904 году были закончены почти всѣ остававшіяся недоконченными зданія; было рѣшено, между прочимъ, не возводить въ будущемъ никакихъ большихъ каменныхъ построекъ.

Изъ части токарнаго цеха, назначенной къ разборкѣ, были вынесены токарные станки и размѣщены въ пристройкѣ и вагоносборному цеху, той самой пристройкѣ, которая предназначалась подъ малярную мастерскую. Затѣмъ, изъ-за экономіи на переносѣ станковъ, было рѣшено оставить станки въ этой пристройкѣ, а на 36.000 рублей, отпущенныхъ на постройку новаго деревяннаго зданія токарнаго цеха, взамѣнъ разобраннаго каменнаго, построить баракъ для малярной мастерской, площадью 202,20 кв. саж. Это было приведено въ исполненіе въ 1907 г.

Къ 1905 году относится первый опытъ примѣнить волнистое желѣзо. Въ этомъ году начала строиться изъ волнистаго желѣза кузница; въ слѣдующемъ году кузница была закончена. Въ этомъ же году разрушилась часть коллектора. Въ 1907—1908 гг., тоже изъ волнистаго желѣза, построена котельная. Оба зданія дали неравномѣрныя осадки, хотя, сравнительно, и незначительныя.

Несмотря на то существенное вліяніе, которое должны были имѣть на зданія геологическіе факторы почвы, изученія почвенныхъ условій территоріи мастерскихъ за все время развала зданій, начиная съ ихъ постройки до 1908 г., въ сущности не производилось и тѣ данныя, которыми располагало въ этомъ отношеніи управленіе Забайкальской ж. д. были добыты косвеннымъ путемъ: во время рытья котлованов подъ фундаменты, укладки коллектора и т. д.

Въ началѣ 1908 г. въ управленіи дороги была выработана программа изученія характера почвы площади мастерскихъ и лѣтомъ этого же года, согласно этой программы, вопросъ былъ выясненъ на мѣстѣ, помощью многочисленныхъ скважинъ и колодцевъ.

Резюмируя изложенное въ докладахъ командированныхъ для этой цѣли лицъ и рапортахъ начальника мѣстнаго участка сл. пути, которому были поручены дальнѣйшія наблюденія, приходимъ къ слѣдующимъ выводамъ:

1. Фундаменты зданій, построенныхъ въ 1908 г., заложены на наносномъ грунтѣ (галька съ пескомъ), но не вездѣ однородномъ.

2. Фундаменты зданій, построенныхъ въ 1903—1904 гг. заложены на неоднородномъ грунтѣ, частью на глинѣ, частью на галькѣ.

3. Вѣчная мерзлота залегаетъ, повидимому, гнѣздами. Верхняя ея поверхность, начинаясь, до постройки зданій на глубинѣ 1,00—1,50 саж. въ 1903 г. опустилась до 1,50—2,50 саж. Въ 1908 же году уровень мерзлоты внѣ зданій поднимается до 1,50 саж. и подъ зданіями опускается до глубины 5—8 саж.

4. Осадки зданій происходятъ отъ оттаиванія мерзлоты, при чемъ грунтъ неравномѣрно уплотняется.

5. Водонепроницаемый слой, залегающій подъ водоноснымъ, имѣетъ простираніе съ З. на В., начинаясь съ западной стороны на отмѣткѣ 312,00 и заканчиваясь на восточной отмѣткой 310,00.

6. Въ зданіяхъ зарегистрировано около 300 трещинъ.

Въ 1908—1909 гг. было произведено много мелкихъ работъ:

1. Отводъ отъ зданій поверхностныхъ водъ и водъ отъ разныхъ крановъ для предупрежденія проникновенія влаги къ фундаментамъ.

2. Для той же цѣли была произведена планировка части площади и замощеніе ея около зданій *).

3. Трещины въ стѣнахъ зданій были перенумерованы, залиты цементнымъ растворомъ и установлено правильное наблюденіе за ихъ измѣненіями.

---

*) Отводъ воды былъ тѣмъ болѣе необходимъ, что, вслѣдствіе осадокъ, полъ нѣкоторыхъ зданій лежитъ ниже поверхности земли.

4. Часть временныхъ подпорокъ и подкосовъ замѣнена постоянными, часть снята совсѣмъ.

5. Часть стѣны бандажно-токарной, просѣвшая на 0,28 саж. на протяженіи 10 саж. переложена. При заложеніи фундамента обнаруженъ сильный притокъ воды. Фундаментъ заложенъ на бетонномъ слоѣ, лежащемъ на ростверкѣ на сваяхъ, забитыхъ ручной бабой до отказа на глубину 1,00 саж. ниже подошвы фундамента. Глубина заложенія фундамента 1,70 саж.

За зиму 1909—1910 гг. зданія дали, сравнительно, незначительныя измѣненія, а именно:

Переложенная часть стѣны бандажно-сборной осталась безъ измѣненія;

паровозосборная: одна новая трещина въ контрофорсѣ и двѣ въ стѣнахъ;

заправочная: четыре новыхъ трещины;

вагоносборная: три трещины; незначительное поклоненіе поперечной стѣны;

токарно-бандажная—четыре трещины;

—всѣ трещины незначительныя.

Было отмѣчено еще одно интересное явленіе: уменьшеніе наклоненія водоемнаго зданія, а именно:

въ началѣ	1909 г.	. . . .	0,100 саж.
„ концѣ	„ „	. . . .	0,090 „
„ маѣ	1910 „	. . . .	0,075 „

Въ 1910 году Читинскія мастерскія осматривала комиссія подъ предсѣдательствомъ инженера *Яшанова*, при участіи мѣстныхъ инженеровъ.

Результаты подробнаго осмотра мастерскихъ показали слѣдующее *).

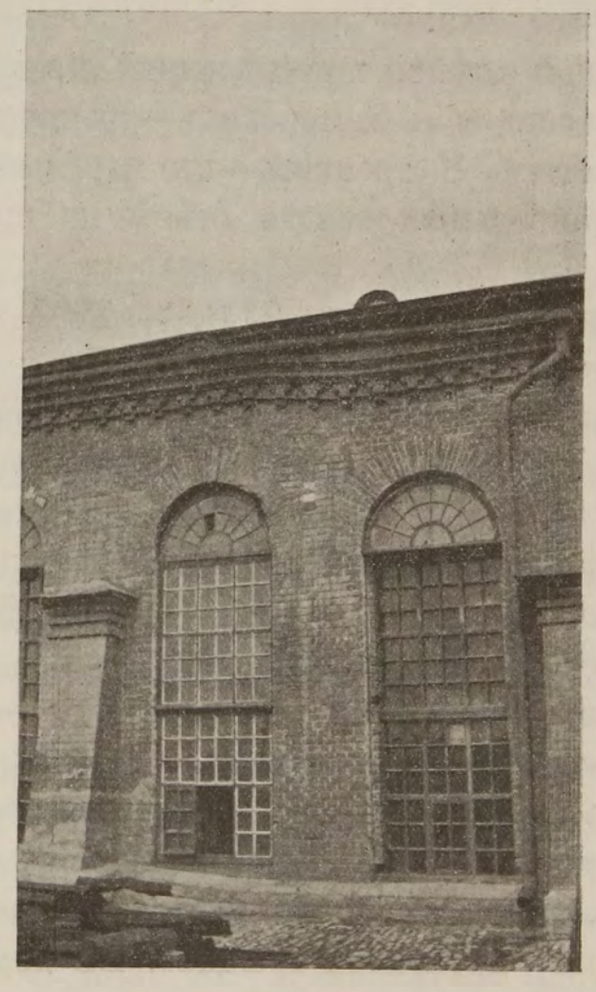
---

*) См. акты осмотровъ и журналы засѣданій названной комиссіи отъ 7 до 16 іюля 1910 г.

Мы указываемъ только крупныя деформаціи.

I. Каменное зданіе паровозоосборной, состоящее изъ трехъ частей:

а) Заправочная,—возведенная управленіемъ Забайкальской ж. д. при расширеніи мастерскихъ въ 1903—05 гг. Съ южной стороны—5 трещинъ въ перемычкахъ и одна въ цоколѣ, идущая до подошвы фундамента; съ 1909 г. замѣтныхъ измѣненій нѣтъ. Причина образованія трещинъ—не-



Фиг. 10.

равномѣрная осадка фундамента; наибольшую осадку въ 0,07 саж. дала средняя часть стѣны, у которой былъ расположенъ поглощающій колодецъ, засыпанный въ 1908 г. Въ трехъ другихъ стѣнахъ трещины незначительны. Наибольшая осадка фундамента сѣверной стѣны около 0,07 саж. у западнаго ея конца.

б) Часть главнаго зданія паровозосборной, возведенная строительнымъ управленіемъ въ 1896 — 98 гг. Каменный фронтонъ замѣненъ досчатымъ въ 1908 г. Наибольшее количество трещинъ въ восточной стѣнѣ—22, главнымъ образомъ, въ перемычкахъ и подоконникахъ. Наибольшая осадка—въ 0,11 саж.—въ средней части стѣны. Подлежитъ перекладкѣ около 17 саж.

На фиг. 10 представлена деталь юго-восточной стѣны паровозосборнаго цеха.

Въ сѣверной стѣнѣ, примыкающей къ зданію, возведенному при расширеніи мастерскихъ—трещинъ почти нѣтъ; въ западной стѣнѣ 8 трещинъ—въ перемычкахъ и подоконникахъ, наибольшая осадка стѣны по срединѣ—около 0,06 саж.

в) Каменная пристройка 1903 — 1905 гг. Восточная стѣна—трещинъ почти нѣтъ, осадка 0,07 саж у южнаго конца. Сѣверная стѣна—трещинъ почти нѣтъ, осадка 0,08 саж. у западнаго конца. Западная стѣна—трещины на высотѣ верха контрфорсовъ, имѣетъ горизонтальный переломъ, положеніе стѣны признано опаснымъ. Деревянныя колонны, поддерживающія деревянныя стропила, осѣли. Необходима перекладка стѣны на протяженіи 14 саж. Стѣнка, ограждающая яму для тележки, неравномѣрно осѣла и требуетъ перекладки.

2. Каменное зданіе токарнаго цеха—1896 — 9 г. Западный конецъ южной стѣны въ 1908 г. переложенъ съ углубленіемъ и усиленіемъ фундамента. Въ переложенной части трещинъ нѣтъ, за исключеніемъ мѣста сопряженія со старой частью: по стыку проходитъ трещина. Въ другихъ стѣнахъ трещинъ очень мало.

3. Каменное зданіе механическаго цеха, составлявшее продолженіе зданія токарнаго цеха, построено въ 1896—98 гг.; въ 1907 г. разобрано вслѣдствіе серьезныхъ поврежденій въ стѣнахъ; зданіе токарнаго цеха со стороны разобранной части ограждено деревянной стѣной. Фундаменты станковъ тоже подвергались, по даннымъ Управленія, перекладкѣ, вслѣдствіе неравномѣрныхъ осадокъ.

4. *Каменное зданіе, въ которомъ находятся машинное и бандажное отдѣленія и кузнечный цехъ*, постройки 1896—98 гг. Восточная стѣна—незначительныя трещины, наибольшая просадка фундамента у южнаго конца стѣны (0,18 саж.), примыкающей къ зданію токарнаго цеха, у мѣста расположенія сточнаго колодца. Каменный фронтонъ надъ этой частью стѣны замѣненъ въ 1907 г. досчатымъ. Сѣверная стѣна прилична. Западная стѣна—трещинъ мало; наибольшая просадка фундамента—0,16 саж.—у южнаго конца стѣны на протяженіи 5 саж. въ мѣстѣ примыканія къ бывшей котловой. Южный конецъ стѣны, примыкающей къ токарному цеху переложенъ на протяженіи 2 саж. въ 1902 г.; въ переложенной части трещинъ нѣтъ.

5. *Каменное зданіе бывшей котловой*, примыкающее къ машинному отдѣленію, постройки 1896—98 гг. Трещинъ мало. Наибольшая осадка, 0,18 саж. — вблизи существовавшаго ранѣе конденсаціоннаго и спускного колодца. Комиссія признала цѣлесообразнымъ устройство въ зданіи электротехнической мастерской при условіи, не передавать на стѣны никакихъ дополнительныхъ нагрузокъ. Кредитъ въ распоряженіи Управленія дороги есть.

6. *Каменное зданіе вагоносборнаго цеха* состоитъ изъ двухъ частей:

а) Главная часть построена въ 1896—98 гг. Въ южной стѣнѣ—11 трещинъ (перемычки); наибольшая осадка фундамента—0,18 саж. у восточнаго конца, вблизи существовавшаго сточнаго колодца; каменный фронтонъ въ 1903 г. замѣненъ деревяннымъ. Состояніе стѣны настолько плохо, что необходима перекладка. Восточная стѣна—21 трещина, преимущественно въ южной части вблизи мѣста бывшаго колодца, наибольшая осадка—0,19 саж.—находится здѣсь же. На протяженіи около 18 саж. отъ южнаго конца стѣны требуется перекладка. Въ сѣверной стѣнѣ измѣненій нѣтъ. Западная стѣна—22 трещины (перемычки и подоконники), почти всѣ—отъ середины до южной оконечности, наибольшая осадка—0,16 саж.—у южнаго конца. Необходимо пере-

ложить южную половину стѣны. Двѣ внутреннія поперечныя стѣны, вслѣдствіе ихъ отклоненія отъ вертикальнаго положенія, разобраны въ 1903 г. въ верхнихъ щипцовыхъ частяхъ.

б) Часть каменнаго зданія, построенная въ 1903—05 гг. Восточная стѣна—поврежденій нѣтъ. Сѣверная—незначительныя трещины въ перемычкахъ и подоконникахъ, наибольшая осадка—0,05 саж.—въ средней части. Западная стѣна—одна трещина около углового пилястра, осѣвшаго на 0,03 саж.

7. *Каменное водоемное зданіе*, построенное въ 1896—98 гг. Состояніе удовлетворительное, несмотря на отклоненіе стѣны отъ вертикальнаго положенія на 0,07 саж. на высотѣ 5 саж.

8. *Каменное водоподъемное зданіе*, постройки 1903—05 гг. въ стѣнахъ у перемычекъ—6 незначительныхъ трещинъ.

9. *Каменное зданіе столярнаго, обойнаго и жестяницкаго отдѣленій*, постройки 1903—05 гг. Южная стѣна—въ восточномъ концѣ 7 горизонтальныхъ трещинъ, идущихъ по первой трети стѣны по высотѣ, необходима перекладка 8 пог. саж. стѣны; западный конецъ на протяженіи 9 саж., вслѣдствіе значительнаго перелома въ стѣнѣ, былъ разобранъ вмѣстѣ съ фундаментомъ, теперь приступлено къ перекладкѣ этой части стѣны съ устройствомъ песчанаго основанія и бетоннаго съ рельсами ростверка. Восточная стѣна—трещинъ 13 штукъ, опасныхъ нѣтъ, наибольшая просадка—0,07 саж.—по срединѣ стѣны. Сѣверная стѣна—трещинъ мало (перемычки), у восточнаго конца наибольшая просадка—0,04 саж. Западная стѣна—была переложена въ 1907 г., теперь—незначительныя трещины, наибольшая просадка—0,06 саж.—у южнаго конца стѣны.

10. *Каменное двухъэтажное зданіе для склада моделей*, постройки 1903—05 гг.—удовлетворительно.

11. *Каменное зданіе литейной*, постройки 1903—05 гг.—несмотря на наличіе трещинъ и неравномѣрную осадку

(углы осѣли: 0,02, 0,07, 0,08 и 0,02 саж.), зданіе, въ общемъ, удовлетворительно.

12. *Каменное зданіе слесарной*, постройки 1907—08 гг.—незначительныя трещины, состояніе зданія удовлетворительное.

13. *Зданіе кузницы* изъ волнистаго желѣза, постройки 1904—05 гг.—наибольшая просадка фундамента—0,05 саж. у воротъ въ восточной стѣнѣ. Зданіе требуетъ уменьшенія теплопроводности стѣнъ.

14. *Зданіе котельной* изъ волнистаго желѣза, постройки 1907—08 гг.—имѣетъ незначительную просадку въ восточной стѣнѣ. Необходимо уменьшить теплопроводность стѣнъ.

15. *Деревянныя зданія* и службы временнаго характера на каменныхъ и деревянныхъ столбахъ, въ большей части недавней постройки,—вполнѣ удовлетворительны.

Комиссія не довольствовалась внѣшнимъ осмотромъ зданій и результатами произведенныхъ до нея геологическихъ изысканій и заложила 11 колодцевъ и въ 7 мѣстахъ отрыла дренажный коллекторъ.

Результаты сопоставленія полученныхъ разрѣзовъ подтвердили правильность той картины напластованій, которая, въ общемъ, была выяснена колодцами и скважинами, заложенными въ разное время и которая въ короткихъ словахъ нами уже изложена.

Не лишены интереса произведенныя обнаженія коллектора.

Было обнаружено, что у шурфа № 6 основаніе коллектора расположено на глинѣ и что коллекторъ по всей своей высотѣ залегаетъ въ пластѣ песка съ галькой; у шурфа № 7 коллекторъ залегаетъ на всю свою высоту въ пластѣ глины; у шурфа № 1 коллекторъ залегаетъ въ глинѣ на половину своей высоты; у шурфа № 2—на $^1/_3$ высоты,—въ этихъ участкахъ коллекторъ имѣетъ яйцевидную форму.

У шурфа № 3 коллекторъ залегаетъ на всю свою вы-

соту въ слоѣ песка съ галькой, при чемъ и основаніе коллектора покоится на томъ же песчаномъ слоѣ; у шурфовъ № 4 и № 5 коллекторъ на всю свою высоту залегаетъ въ песчаномъ слоѣ, а основаніе коллектора лежитъ на глинѣ.

Изъ ознакомленія съ результатами осмотра обнаженій можно придти къ заключенію о крайне небрежной постройкѣ коллектора, эта небрежность, безъ сомнѣнія, значительно уменьшила полезное его вліяніе.

Дѣйствительно, всѣ тѣ участки коллектора, которые полной высотой сѣченія пролегаютъ въ глинѣ, очевидно, правильно работать не въ состояніи; далѣе,—деревянныя крѣпи и доски, поддерживавшія землю при рытьѣ котлована, не разобраны и засыпаны на мѣстѣ; были обнаружены отверстія съ невынутыми изъ нихъ деревянными пробками, оставшимися въ звеньяхъ коллектора отъ набивки ихъ; съ боковъ коллектора не сдѣланы отсыпи изъ крупнаго камня, и песокъ можетъ свободно проходить въ отверстія коллектора и засорять его.

Такое засореніе и было обнаружено въ нѣсколькихъ мѣстахъ; такъ, въ новой части коллектора на мѣстѣ работъ по перекладкѣ провалившихся на протяженіи 1 саж. сводчатыхъ перекрытій (мѣсто № 3) при первоначальномъ осмотрѣ было найдено, что коллекторъ занесенъ почти на всю высоту, хотя въ данномъ случаѣ значительная часть навала попала, вѣроятно, не черезъ боковыя отверстія, а черезъ разрушенное покрытіе. Послѣ очистки вода пошла слоемъ въ 0,06 саж.

Въ угловомъ колодцѣ, у шурфа № 5 воды оказалось 0,05 саж.

Осмотрѣнныя въ нѣсколькихъ мѣстахъ сводчатыя покрытія оказались съ трещинами. По заявленію начальника участка сл. пути покрытія и въ неосмотрѣнныхъ мѣстахъ не въ лучшемъ состояніи и на нѣкоторыхъ звеньяхъ требуютъ перекладки.

Единственное объясненіе неудовлетворительной работы желѣзобетонныхъ перекрытій комиссія усмотрѣла въ

худыхъ качествахъ употребленнаго въ дѣло бетона. Не отрицая возможности этого, вѣрнѣе, однако, центръ тяжести объясненія перенести на неудовлетворительную работу, ибо, какъ извѣстно, желѣзобетонъ только при самомъ тщательномъ выполненіи работаетъ великолѣпно, но за то при небольшихъ даже упущеніяхъ становится матеріаломъ крайне ненадежнымъ.

Что касается до стараго участка коллектора, то въ верхней его части (шурфъ № 2) воды не оказалось. Въ шурфѣ № 1 и шурфѣ № 6, ближайшемъ къ выходу, воды оказалось на 0,14 саж., т. е. почти на $^1/_4$ высоты сѣченія коллектора.

При этомъ въ шурфѣ № 1—0,04 саж. изъ 0,14 приходилось на слой наносовъ.

Въ результатѣ комиссія пришла къ заключенію, что въ общемъ, мѣры борьбы съ разрушеніемъ зданій, принимаемыя Управленіемъ Забайкальской ж. д.,—правильны, и что за послѣдніе два года разрушеніе зданій явно пріостанавливается.

Съ одной стороны это обстоятельство, а съ другой—разрѣзы почвы—показываютъ, что въ настоящее время почва подъ зданіями мастерскихъ пришла въ равновѣсіе и нѣтъ причинъ предполагать измѣненія установившагося равновѣсія.

Въ іюнѣ 1911 года Читинскія мастерскія осматривала Подкомиссія Особой Высшей Комиссіи для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ Россіи, подъ предсѣдательствомъ *О. Р. фонъ-Экеспарре*, обслѣдовавшая Забайкальскую ж. д. Подкомиссіей былъ, между прочимъ, поднятъ вопросъ о необходимости выясненія выгодности постройки мастерскихъ въ Верхнеудинскѣ или Мысовой (откуда предполагается линія на Кяхту) и о приспособленіи Читинскихъ мастерскихъ только для ремонта вагоновъ.

Осенью 1911 года Читинскія мастерскія осматривалъ Министръ Путей Сообщенія *С. В. Рухловъ* проѣздомъ на постройку Амурской ж. д.

XIII.

ЗАКЛЮЧЕНІЕ.

I. Деформаціи земляныхъ массъ.

Мы видѣли, что перемѣщенія верхней границы вѣчномерзлаго слоя почвы, т. е. передвиженіе ея вверхъ зимой и передвиженіе внизъ весной сопровождаются деформаціями поверхности почвы:—пучинами и осадками

Изъ всего того, что было сказано о пучинахъ, вытекаетъ, что появленіе ихъ (а слѣдовательно, и осадокъ—слѣдствія пучинъ) обусловливается совокупностью слѣдующихъ трехъ факторовъ:

А. Мелкозернистой водопроницаемой структурой грунта (плывунъ, илъ, супесь, суглинокъ).

Б. Обиліемъ воды въ немъ.

В. Охлажденіемъ почвы на нѣсколько градусовъ ниже 0.

При наличіи этихъ трехъ факторовъ неизбѣжно появленіе вспучиванія грунта (а затѣмъ—осѣданія). Если какой-нибудь изъ этихъ трехъ факторовъ будетъ отсутствовать—не будетъ и пучинъ, а потому, для борьбы съ ними, необходимо тѣми или иными средствами этого достигнуть.

Отсюда естественно вытекаетъ, что всѣ существующіе способы борьбы съ пучинами можно раздѣлить на три категоріи, въ зависимости отъ того, противъ какого именно изъ указанныхъ трехъ факторовъ они направлены.

Сдѣлаемъ попытку классифицировать ихъ именно съ этой точки зрѣнія.

А. Измѣненіе структуры грунта.

Разсматривая сущность явленія вспучиванія грунта, мы пришли къ заключенію, что грунты, обладающіе свойствомъ пучиться, должны быть водопроницаемыми, т. е., должны имѣть зернистую структуру, и, кромѣ того, должны обладать способностью удерживать находящуюся въ нихъ воду въ связанномъ состояніи, другими словами, должны имѣть такую структуру, которая не давала бы водѣ возможности свободно циркулировать въ толщѣ грунта, а это обусловливается—или крайней мелкозернистостью структуры (илъ, плывунъ) или неодинаковостью зеренъ грунта (супесь, суглинокъ), когда кусочки глины могутъ занимать часть пустотъ между песчинками.

Этотъ анализъ указываетъ два пути для борьбы съ выпучиваніями почвы:

1) или замѣнить пучинистый грунтъ такимъ, который былъ бы неспособенъ удерживать въ себѣ воду, другими словами, замѣнить данный грунтъ другимъ, болѣе водопроницаемымъ;

2) или замѣнить пучинистый грунтъ такимъ, который былъ бы неспособенъ воспринимать въ себя воду, т. е., такимъ, который былъ бы водонепроницаемъ.

Первое достигается замѣною пучинистаго грунта пескомъ (чѣмъ крупнѣе, тѣмъ лучше), второе—замѣною чистой глиной.

Теоретически оба указанные способа одинаково хороши, одинаково радикальны, однако, первый — замѣна пескомъ—болѣе удобенъ какъ по нѣкоторому преимуществу въ быстротѣ работъ, такъ и потому, что хорошій песокъ, обыкновенно, легче найти, чѣмъ хорошую жирную глину.

Замѣну эту слѣдуетъ производить, вообще говоря, до

глубины промерзанія въ мѣстностяхъ, не имѣющихъ вѣчно мерзлаго слоя почвы, и до глубины оттаиванія въ мѣстностяхъ съ вѣчно-мерзлымъ слоемъ, при чемъ замѣна на такую глубину можетъ оказаться недостаточной, потому что, замѣняя одинъ грунтъ другимъ, мы измѣняемъ и теплопроводность и теплоемкость поверхностнаго слоя почвы, а значитъ, измѣняемъ и положеніе границы промерзанія и оттаиванія.

Глубина оттаиванія вѣчномерзлаго слоя, какъ мы видѣли, зависитъ отъ множества причинъ и сильно варьируетъ; что же касается до глубинъ промерзанія, то вотъ нѣсколько данныхъ, опредѣленныхъ практикою нашихъ желѣзныхъ дорогъ (см. табл. XXIX).

Б. Осушеніе грунта.

Обиліе воды въ грунтѣ можетъ быть слѣдствіемъ двухъ причинъ:

1) или высокаго уровня подземныхъ водъ (вода стоитъ);

2) или притока подземныхъ водъ, другими словами—непосредственнаго сосѣдства водоносныхъ слоевъ (вода течетъ).

Отсюда, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, и два пути для осушенія грунта, т. е. для борьбы съ деформаціями земляныхъ массъ:

1) пониженіе уровня подземныхъ водъ и

2) уничтоженіе притока воды.

1. Пониженіе уровня подземныхъ водъ.

Въ результатѣ мѣръ, направленныхъ къ пониженію уровня грунтовыхъ водъ, должно быть пониженіе этого уровня ниже горизонта промерзанія. Эта же самая цѣль можетъ быть достигнута и другимъ путемъ, именно—оста-

Таблица XXIX.

Названіе дороги.	Средняя стоимость ремонта въ пучинныхъ мѣстахъ на версту дороги (рублей).	Стоимость работъ по уничтоженію пучинъ на пог. саж. въ рубляхъ.	Глубина промерзанія въ саженяхъ.	Наибольшая высота пучинъ въ саженяхъ.
Сѣверный раіонъ.				
Сѣверо-Западныя	22,09	—	0,65—0,80	0,150
Николаевская	40,37	32—50	0,90	0,170
М.-В.-Р. (Рыбинскъ—Бологое)	159,32 [1]		0,80	—
Сѣверныя	56,86	—	0,75	—
Пермская	62,55	—	0,90	0,125
Средній раіонъ.				
Риго-Орловская	33,76	—	0,90	—
Московско-Брестская (Москва-Смоленскъ)	17,27 [2]	1,20 [3]	0,90	0,120
Московско-Курская	19,80	—	0,80	0,100
Московско-Нижегородская		—	0,75—1,00	0,080
Московско-Казанская	6,37	—	0,70	0,250
Сызрано-Вяземская	14,11	40	0,50—1,00	0,170
Полѣсскія	16,48	3,00 [4]	0,50	0,250
Южный раіонъ.				
Юго-Западныя	16,77	—	0,40	—
Лодзинская	1,73	—	0,40	0,035
Привислинскія	0,27	—	0,30—0,60	0,080
Закавказская	0,75	—	0,03	—

[1]) Московская сѣть.
[2]) Для всей линіи.
[3]) За кубъ.
[4]) Съ 1901 по 1911 г., израсходовано 57.560 рубл. на замѣну 18.294 куб. саж. на протяженіи 38,8 верстъ.

вленіемъ безъ измѣненія уровня грунтовыхъ водъ и поднятіемъ горизонта промерзанія. По своему существу этотъ второй путь относится къ третьей категоріи мѣръ борьбы съ пучинами и мы тамъ его разсмотримъ подробно. Укажемъ только, что поднятіе горизонта промерзанія можетъ быть достигнуто увеличеніемъ толщины поверхностнаго слоя, помощью, напримѣръ, утолщенія балластнаго слоя на желѣзнодорожномъ полотнѣ.

Пониженіе уровня подземныхъ водъ достигается двумя способами:

1) или устройствомъ глубокихъ канавъ (углубленіе кюветовъ),

2) или устройствомъ дренажей.

1) Углубленія кюветовъ нормальнымъ профилемъ можно достигнуть очень небольшого, поэтому, при необходимости имѣть болѣе или менѣе значительную глубину приходится переходить къ спеціальнымъ профилямъ. На многихъ дорогахъ выработаны весьма раціональные типы кюветовъ прямоугольнаго сѣченія съ деревянными одеждами, и потому мы на этомъ останавливаться не будемъ.

2) Типы дренажей желѣзнодорожнаго полотна, закладываемыхъ съ цѣлью понизить уровень грунтовыхъ водъ, можно подраздѣлить на два вида:

а) дренажи боковые, подъ кюветами и

б) дренажи центральные, по оси полотна.

Какъ одни, такъ и другіе строятся обыкновенно или изъ камней насухо, или изъ гончарныхъ трубъ.

Вторые, особенно при значительныхъ діаметрахъ трубъ, служатъ гораздо дольше первыхъ, обыкновенно быстро затягиваемыхъ наносами.

Сравнивая между собою оба вида дренажей—боковые и осевой—слѣдуетъ отдать преимущество второму, какъ болѣе долговѣчному: лежащіе подъ дномъ кюветовъ дренажи трудно предохранить отъ затягиванія.

*

Вообще, устройство дренажей отнюдь нельзя рекомендовать какъ по ихъ недолговѣчности и трудности починки, сводящейся обыкновенно къ перекладкѣ заново, такъ и по значительной стоимости, особенно при затруднительности боковыхъ короткихъ выпусковъ. Поэтому, прежде чѣмъ строить дренажъ, необходимо сдѣлать сравнительный подсчетъ стоимости нѣсколькихъ способовъ уничтоженія пучинъ, съ цѣлью выяснить возможность выбрать болѣе совершенный, хотя, можетъ быть, и нѣсколько болѣе дорогой.

Очень крупнымъ недостаткомъ дренажей является еще то, что дренажъ не можетъ кончиться тамъ, гдѣ кончается водоносный слой, а долженъ быть доведенъ до естественнаго стока, что по мѣстнымъ условіямъ можетъ представить значительныя затрудненія.

2. Уничтоженіе притока воды.

Классическимъ способомъ отвода воды является устройство нагорныхъ канавъ.

Для успѣшнаго дѣйствія отводящей канавы необходимо, чтобы она врѣзывалась въ водонепроницаемый слой, потому что въ противномъ случаѣ грунтовая вода будетъ обходить канаву подъ ея дномъ.

Дѣйствіе канавы зимой становится неудовлетворительнымъ, потому что промерзшіе откосы и дно канавы представляютъ непроницаемую корку, сквозь которую вода не можетъ проникнуть въ канаву.

Съ одной стороны—это обстоятельство, съ другой—затруднительность содержанія въ приличномъ видѣ откосовъ и уклона дна открытой канавы заставили во многихъ случаяхъ перейти къ типу закрытой канавы, т. е., попросту, къ нагорному дренажу.

Дренажъ, первое время особенно, работаетъ даже зимою (при достаточной глубинѣ, уклонѣ и сѣченіи). впол-

нѣ удовлетворительно, но быстро засоряется наносами, въ особенности въ плывучихъ грунтахъ.

Кромѣ того, и глубокая отводная канава и продольный отводный дренажъ имѣютъ общій для всѣхъ видовъ дренажей недостатокъ большого отношенія безполезной длины къ общей, о чемъ было сказано выше.

Наиболѣе, повидимому, совершенный способъ отвода воды есть способъ продольной перемычки, заключающійся въ слѣдующемъ.

Со стороны притока воды роется неглубокая канава вдоль полотна или сооруженія, имѣющая поперечные выходы къ естественнымъ скатамъ.

Между этой продольной канавой и полотномъ, или сооруженіемъ вообще, вырывается глубокая возможно узкая канава, перехватывающая всѣ водоносные прослойки и врѣзающаяся въ водонепроницаемый грунтъ, и забивается жирной размятой глиной.

Въ первой, неглубокой, открытой канавѣ въ откосѣ ея со стороны притока воды вырываются на взаимномъ разстояніи сажени въ 3 вертикальные колодцы и заполняются камнемъ.

Дѣйствіе такого устройства заключается въ слѣдующемъ.

Грунтовая вода, идя по направленію къ сооруженію, проходитъ подъ дномъ открытой канавы и встрѣчаетъ непроницаемую перемычку изъ глины. Не имѣя выхода, она начнетъ скапливаться передъ перемычкой и черезъ вертикальные, заполненные камнемъ, колодцы въ откосѣ открытой канавы будетъ переливаться въ эту канаву и отводиться ею и боковыми канавками въ сторону.

Расположеніе вертикальныхъ колодцевъ въ откосѣ канавы, а не въ ея днѣ, предохраняетъ ихъ отъ быстраго засоренія.

При устройствѣ перемычки необходимо обращать особенное вниманіе на правильное положеніе ея осно-

ванія: должна быть тщательно устранена всякая возможность обхода водой перемычки по ея нижнему шву.

В. Мѣры противъ охлажденія грунта.

Мѣры, направленныя къ поддержанію въ почвѣ температуры выше замерзанія можно раздѣлить на двѣ категоріи:

а) Мѣры, направленныя къ сохраненію въ почвѣ теплоты, накопленной въ ней въ теченіе теплаго періода года.

б) Нагрѣваніе почвы.

а) Къ первой категоріи мѣръ относятся покрытія разнаго рода нетеплопроводными матеріалами поверхности земли.

Въ ряду такихъ матеріаловъ наибольшее вниманіе заслуживаетъ снѣгъ. Особенно важное значеніе можетъ имѣть снѣгъ въ мѣстностяхъ безъ вѣчной мерзлоты или вблизи ея границы по той простой причинѣ, что въ мѣстностяхъ съ вѣчной мерзлотой снѣга обыкновенно бываетъ слишкомъ мало. Что снѣжный покровъ дѣйствительно способенъ предохранить почву отъ переохлажденія, доказывается многочисленными наблюденіями. Опредѣлить толщину его, достаточную для достиженія этой цѣли теоретически—затруднительно, ибо охлажденіе почвы, помимо качествъ почвы, зависитъ и отъ качествъ снѣга, ее покрывающаго и даже, какъ мы видѣли изъ данныхъ *Абельса* — отъ степени облачности.

Чтобы дать хотя очень приблизительное понятіе о значеніи снѣжнаго покрова, какъ предохранительнаго отъ переохлажденія почвы средства, укажемъ на слѣдующее. Ни въ Туруханскѣ, ни въ Березовѣ вѣчной мерзлоты нѣтъ—оба находятся на ея границѣ; въ Туруханскѣ средняя годовая температура (—8° С), количество зимнихъ осадковъ 180,1 mm. или 39,4% отъ годового, толщина снѣжнаго покрова 2,34 метра; въ Березовѣ средняя годовая температура (—4,53° С), зимнихъ осадковъ 166,7 mm. или 35,6% отъ годового количества. Толщина снѣга 2,16 метра.

Искусственное увеличеніе толщины снѣжнаго покрова съ цѣлью борьбы съ переохлажденіемъ грунта въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ можетъ, конечно, имѣть значеніе и въ строительной техникѣ, но главное значеніе оно должно имѣть въ области агрономіи.

Вопросъ объ искусственномъ увеличеніи толщины снѣга на поляхъ представляется намъ вопросомъ исключительной важности не только для раіоновъ съ вѣчномерзлой подпочвой, но и для всѣхъ тѣхъ мѣстностей, которыя или лежатъ въ зонахъ вредныхъ для воздѣлываемыхъ растеній морозовъ, или страдаютъ отъ недостатка влаги.

Что касается того, какъ искусственно утолстить слой снѣга на поляхъ, то наиболѣе практичными представляются два способа.

Первый способъ—это ставить поперекъ вѣтра драневые щиты, совершенно такіе, какіе употребляются на желѣзныхъ дорогахъ для защиты полотна отъ снѣжныхъ заносовъ.

Второй способъ—новый, появившійся какихъ-нибудь два года тому назадъ и давшій блестящіе результаты при примѣненіи его сибирскими переселенцами къ своимъ полямъ.

Способъ этотъ заключается въ томъ, что покрытое снѣгомъ на небольшую глубину поле разрѣзается особымъ снѣжнымъ плугомъ рядомъ параллельныхъ бороздъ, непремѣнно перпендикулярныхъ направленію господствующаго вѣтра. Плугъ—самой простой конструкціи, сколачивается изъ досокъ и оковывается по швамъ желѣзными поковками; плугъ тащутъ лошади или быки.

Когда поле занесется снѣгомъ на такую высоту, что борозды и снѣжные валы по бокамъ ихъ сравняются, — распашку повторяютъ и т. д.

Повторяемъ, что способъ этотъ далъ самые благопріятные результаты, а потому нельзя не пожелать — съ одной стороны, самаго широкаго распространенія его среди

нашего крестьянства, а съ другой—выясненія его пригодности для защиты желѣзнодорожнаго полотна отъ снѣжныхъ заносовъ и сравнительную стоимость новаго способа съ старымъ способомъ щитовой защиты.

Кромѣ снѣга, матеріалами, годными для прикрытія поверхности почвы, могутъ служить шлаки и щебень, особенно щебень изъ обожженой глины, какъ наименѣе теплопроводный изъ всѣхъ видовъ щебней.

Изъ шлаковъ особеннаго вниманія заслуживаютъ паровозные [1])—во-первыхъ, какъ даровой продуктъ, встрѣчающійся въ большомъ количествѣ на каждой дорогѣ съ угольнымъ отопленіемъ, во-вторыхъ—какъ матеріалъ, соединяющій въ себѣ качества хорошаго балласта и малую теплопроводность.

Паровозные шлаки, обладая вѣсомъ кубическаго метра въ 1100—1200 кгр. (песокъ около 2000 кгр.), имѣютъ теплопроводность въ 2,50—3,00 раза меньше теплопроводности обыкновенныхъ земель; отсюда получаемъ, въ зависимости отъ глубины промерзанія, приблизительную толщину слоя шлаковъ, необходимую для предохраненія почвы отъ замерзанія.

Другимъ подходящимъ для нашей цѣли матеріаломъ является щебень изъ обожженой глины.

Подобнаго рода щебень въ большомъ употребленіи за границей (какъ балластъ) въ мѣстностяхъ бѣдныхъ естественнымъ камнемъ. У насъ искусственный щебень въ довольно крупныхъ размѣрахъ употребляется сравнительно уже давно въ юго-западномъ краѣ для починокъ шоссе.

Въ желѣзнодорожной практикѣ можно отмѣтить случай приготовленія щебня изъ обожженой глины въ значительныхъ размѣрахъ въ 1896—1898 гг. для устройства дренажей на 84 и 96-ой верстахъ Уссурійской ж. д., описанный инженеромъ *Кнорингомъ* въ докладѣ XVI Совѣщательному Съѣзду инженеровъ сл. пути.

---

[1]) Угольная нажига.

Изъ американской практики заслуживаетъ вниманія слѣдующій способъ. приготовленія щебня.

Для обжига снимаютъ слой растительной земли и, обнаживъ пластъ глины, выбираютъ ее въ требуемомъ количествѣ.

Въ полученномъ рвѣ складывается костеръ изъ дровъ, старыхъ шпалъ и каменноугольной мелочи, на который накладывается слой глины. Когда костеръ разгорится на него кладутъ новый слой угольной мелочи, на него слой глины и т. д. Вмѣсто того, чтобы производить обжигъ одновременно по всей длинѣ разработки, можно начать обжигъ съ одного конца и постепенно наращивать костеръ съ другого.

Полученные послѣ обжига комья разбиваются на куски требуемой величины.

По американскимъ даннымъ [1]), одною тонною угольной мелочи можно обжечь, въ среднемъ, 4 — 5 куб. ярдовъ ($3^1/_2$—4 куб. метра) глины; нѣкоторыя же дороги, какъ, напримѣръ, линія Чикаго-Бурлингтонъ-Квинси, дали норму въ 8 куб. ярдовъ на 1 тонну угля; стоимость, въ зависимости отъ цѣнъ на матеріалъ и рабочія руки, колеблется отъ 35 до 85 центовъ за куб. ярдъ (около 2 р. 50 коп. за куб. сажень).

б) Нагрѣваніе почвы.

Въ этомъ отношеніи заслуживаетъ вниманія пріемъ, описанный проф. *С. Д. Карейшей* въ докладѣ V Совѣщательному Съѣзду инженеровъ пути, примѣненный къ двумъ пучинистымъ мергелистымъ выемкамъ — на 629-ой и на 631-й верстахъ Юго-Западныхъ ж. д. зимой 1886/7 г.

Пріемъ этотъ заключается въ слѣдующемъ.

Въ полотнѣ пути, вдоль нижней бровки балласта были вырыты канавы, шириною 0,30 саж., глубиною 0,50 саж. и длиною: на 629-ой верстѣ—8 саж., а на 631-ой—75 саж.

---

[1]) *Ларіоновъ*. О дѣйствіи мороза и атмосферныхъ вліяній, стр. 123.

Дну канавъ былъ приданъ нѣкоторый уклонъ, за нулями онѣ имѣли выпуски наружу. Канавы наполнялись конскимъ навозомъ, и для поддержанія тлѣнія въ нихъ оставлялись отдушины на взаимномъ разстояніи 2—3 саж., представлявшія вертикально поставленные тонкіе снопы соломы. Какъ показали наблюденія, пучины, достигавшія раньше высоты 0,06 саж., прекратились.

Стоимость описаннаго устройства выразилась: для 629-й версты въ 3 рубля, а для 631-й версты—въ 18 рублей.

По свидѣтельству инженера *Козырева* [1]), ему удавалось этимъ же способомъ уничтожать выпучиваніе легкихъ наружныхъ крылецъ, фундаментъ которыхъ былъ заложенъ выше фундамента домовъ, и которыя выпучивались настолько, что затрудняли открытіе входныхъ дверей.

II. Сооруженія на вѣчной мерзлотѣ.

А. Вліяніе сооруженій на режимъ мерзлой почвы.

Вѣчно-мерзлая почва, обладая сопротивленіемъ разрыву въ 15 кгр/см.^{2} и раздробленію въ 30 кгр/см.^{2}, казалось бы, не оставляетъ желать лучшаго съ точки зрѣнія надежности основанія для любого рода сооруженій. На самомъ дѣлѣ, однако, именно съ этой-то точки зрѣнія ее приходится отнести къ категоріи самыхъ ненадежныхъ почвъ.

Очевидно, что причина превращенія прекрасныхъ строительныхъ качествъ вѣчной мерзлоты въ самыя отрицательныя—лежитъ въ самихъ сооруженіяхъ.

Лѣтомъ на разрѣзѣ почвы мы различаемъ два слоя; верхній—обыкновенную землю и нижній—мерзлоту. Мы видѣли, что положеніе границы, ихъ раздѣляющей, есть сложная производная отъ многихъ самыхъ разнообразныхъ

---

[1]) Извѣстія Собранія Инженеровъ путей сообщенія 1891 г., стр. 319.

причинъ, среди которыхъ одно изъ первыхъ мѣстъ занимаетъ теплопроводность почвы.

Ясно, что положеніе этой границы уравновѣшиваетъ совокупность всѣхъ факторовъ, отъ которыхъ зависитъ, и должно мѣняться при измѣненіи каждаго изъ нихъ.

Удаливъ нѣкоторый объемъ земли и замѣнивъ его гораздо болѣе теплопроводнымъ фундаментомъ зданія, мы совершенно измѣняемъ естественный режимъ почвы, и граница мерзлоты въ предѣлахъ зданія должна, очевидно, измѣнить свое положеніе, что и влечетъ, обычно, тѣ послѣдствія, отъ которыхъ страдаетъ сооруженіе.

Оставимъ пока въ сторонѣ выпучиваніе зданій: это явленіе было въ достаточной степени подробно разсмотрѣно въ предыдущей части этой главы и въ сущности оно не представляется явленіемъ, характеризующимъ именно—вѣчную мерзлоту, а характеризуетъ вообще замерзаніе почвы.

Вліяніе сооруженія на вѣчную мерзлоту далеко неодинаково въ различныя времена года, и, кромѣ того, это вліяніе въ значительной степени зависитъ какъ отъ характера грунта, такъ и отъ характера сооруженія.

Прежде всего вспомнимъ, что большинство мерзлыхъ грунтовъ (илъ, плывунъ, супесь, суглинокъ), оттаявъ, превращаются въ жидкую, кашицеобразную массу, не обладающую сколько-нибудь замѣтнымъ сопротивленіемъ давленію и неспособную держаться даже самымъ пологимъ откосомъ.

Лѣтомъ солнечная теплота, нагрѣвая наружныя стѣны сооруженія, передается на фундаментъ и черезъ него на окружающій грунтъ. Если фундаментъ былъ заложенъ на слоѣ вѣчной мерзлоты, то на нѣкоторую толщину кругомъ фундамента она оттаетъ, превратится въ жижу и зданіе попадетъ въ опасныя для устойчивости условія.

При этомъ, такъ какъ солнце можетъ нагрѣвать меньше половины площади всѣхъ наружныхъ стѣнъ, то зданіе всегда будетъ имѣть тенденцію къ односторонней осадкѣ.

Изъ описанія разрушеній въ зданіяхъ Читинскихъ мастерскихъ видно, что въ большинствѣ случаевъ въ наибольшей степени осѣли южные углы зданій и что наибольшее количество трещинъ встрѣчается въ стѣнахъ, обращенныхъ на югъ, чаще, чѣмъ въ стѣнахъ, обращенныхъ къ другимъ странамъ свѣта.

Что оттаиваніе вѣчномерзлой глинистой почвы превращающейся при этомъ въ жижу при достаточномъ обиліи грунтовыхъ водъ, является прямой причиной разрушенія сооруженій,—въ этомъ теперь не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія. Это было доказано еще въ 1903 году въ Читинскихъ маст , когда шурфы обнаружили подъ стѣнами съ большимъ числомъ трещинъ—значительное оттаиваніе, а подъ стѣнами съ малымъ числомъ трещинъ — незначительное.

Если фундаментъ зданія заложенъ не на слоѣ вѣчной мерзлоты, а выше его, тогда возможность оттаиванія верхней поверхности мерзлаго слоя въ видѣ канавокъ по линіямъ фундамента будетъ зависѣть отъ мощности промежуточнаго слоя и его теплопроводности.

Прекрасный примѣръ такого случая мы встрѣчаемъ все въ тѣхъ же Читинскихъ мастерскихъ. Такъ, при разборкѣ фундамента (сѣченіе: $0{,}50 \times 0{,}67$; $h = 0{,}92$) разрушившейся стѣны столярной мастерской для перекладки ея въ 1910 г., выяснилось, что слой глины оттаялъ подъ фундаментомъ на глубину 0,25 саж. отъ поверхности слоя. Въ этомъ мѣстѣ слой глины начинается на глубинѣ 2,05 саж. отъ дневной поверхности; слѣдовательно, имѣемъ нѣкоторое основаніе судить о необходимой толщинѣ промежуточнаго слоя, который надо оставить между фундаментомъ и поверхностью мерзлоты. Какъ на примѣръ сооруженій, стоящихъ на достаточно мощномъ промежуточномъ слоѣ, можемъ указать на старое паровозное зданіе на ст. Чита. Здѣсь слой песка и гальки между фундаментомъ и вѣчно-мерзлой глиной имѣетъ толщину 2,89 саж. На зданіи не замѣтно ни малѣйшихъ слѣдовъ деформаціи, несмотря на обиліе грунтовыхъ водъ въ галечномъ слоѣ.

глубина заложенія фундамента этого зданія всего 0,85 саж. Отсюда можно сдѣлать весьма поучительный выводъ, что слѣдуетъ уменьшать глубину заложенія фундамента, чтобы увеличить толщину промежуточнаго слоя въ случаяхъ высокаго залеганія мерзлой глины.

Если представимъ себѣ сооруженіе съ внѣшними и внутренними стѣнами, то въ этомъ случаѣ оно будетъ находиться въ еще болѣе сложныхъ и еще болѣе невыгодныхъ для устойчивости условіяхъ, ибо температура наружныхъ стѣнъ мѣняется въ зависимости отъ измѣненій температуры наружнаго воздуха, а внутреннія имѣютъ круглый годъ одинаковую температуру; къ этому прибавляется еще нагрѣваніе почвы черезъ полъ.

Содержащія до 40—50% льда мерзлыя земли подъ вліяніемъ нагрѣванія черезъ фундаментъ и полъ сооруженія могутъ дать огромныя массы воды. Вспученная прослойками льда почва при оттаиваніи осѣдаетъ и покрывается этой водой. Практика постройки и эксплоатаціи Забайкальской ж. д. знаетъ не одинъ примѣръ, когда послѣ вскрытія половъ обнаруживали подъ зданіями цѣлыя глубокія озера воды.

Насколько позволяютъ судить немногія наблюденія, можно думать, что появленіе или непоявленіе воды подъ полами жилыхъ и иныхъ теплыхъ зданій зависитъ отъ глубины оттаиванія почвы лѣтомъ, отъ характера основанія и отъ времени возведенія зданія.

Въ почвахъ, глубоко оттаивающихъ, при закладкѣ въ періодъ наибольшаго оттаиванія можно быть спокойнымъ за отсутствіе съ будущемъ лужъ подъ полами, если, разумѣется, котлованы не рѣжутъ водоносныхъ слоевъ.

При малыхъ глубинахъ оттаиванія раціонально вести постройку такимъ образомъ, чтобы зданіе, заложенное въ періодъ наибольшаго оттаиванія грунта, имѣть возможность отапливать въ первую же зиму, хотя бы въ нижнихъ этажахъ.

Въ этомъ случаѣ, если подъ полами почва и оттаетъ

на глубину, нѣсколько большую глубины естественнаго оттаиванія, и получится нѣкоторое количество свободной влаги, то все же гораздо меньше, чѣмъ получилось бы при промораживаніи зданія.

Что касается до характера основанія, то слѣдуетъ отмѣтить, что вопросъ этотъ имѣетъ огромное значеніе и совершенно не съ той точки зрѣнія, съ которой оцѣниваются достоинства основаній въ обыкновенныхъ грунтахъ.

Мѣрка оцѣнки основанія въ случаѣ мерзлоты очень простая: чѣмъ основаніе водопроницаемѣе тѣмъ оно хуже, при наличіи неглубокаго залеганія мерзлой глины подъ основаніемъ.

Если мощность водопроницаемаго слоя очень значительна, тогда онъ годенъ подъ основаніе, но если только мощность его недостаточна и подъ нимъ лежитъ слой мерзлой глины,—такой слой, будь онъ галечный, дресвяной, песчаный, необходимо забраковывать, ибо пока онъ мерзлый—все хорошо, но стоитъ только ему подъ вліяніемъ теплоты, передаваемой черезъ фундаментъ и полъ, оттаять, какъ сейчасъ же, подъ вліяніемъ просачивающейся изъ верхняго слоя воды начнетъ оттаивать и глина и превращаться въ жидкую грязь,—и въ зданіи начнутся всевозможныя осадки, сдвиги и другія непріятности.

Весьма поучительный примѣръ въ этомъ отношеніи представляютъ Читинскія мастерскія. Глубина заложенія фундаментовъ подъ ними отъ 0,92 до 1,21 саж., а подъ дымовою трубою 2,10 саж.,—глубина солидная, а она не могла спасти зданія отъ расползанія.

Припомнимъ разрѣзъ почвы подъ мастерскими. сверху—слой навала, толщиною, въ среднемъ, 0,70 саж.; далѣе, мелкая, переходящая въ крупную, галька, толщиной отъ 0,66 до 2,60 саж.; наконецъ, глина,—неопредѣленно большой мощности.

Ясно, что мощный слой гальки, на которомъ былъ заложенъ фундаментъ и который понравился строителямъ, можетъ быть, не одною своей мощностью, но и тѣмъ, что

его пришлось, вѣроятно, разрабатывать динамитомъ, являлся опаснымъ, въ присутствіи залегающей подъ нимъ мерзлой глины.

Остается сказать нѣсколько словъ о неотапливаемыхъ, холодныхъ сооруженіяхъ. Типичнымъ представителемъ такихъ сооруженій является мостовой устой.

Наблюденія показываютъ, что осадокъ и выпучиваній устоевъ или не бываетъ совсѣмъ, или они очень незначительны.

Причину этого можно видѣть въ томъ, что устои представляютъ слишкомъ незначительную поверхность для нагрѣванія солнцемъ: почти вся его поверхность прикрыта конусами и затѣнена фермами.

Зато въ устояхъ замѣчено другое своеобразное явленіе, именно: наклоненіе къ рѣкѣ зимою и выправленіе лѣтомъ. Явленіе можно объяснить замерзаніемъ пучинистой засыпки.

Б. Нормальные типы сооруженій.

Невозможно, разумѣется, дать полный списокъ правилъ постройки сооруженій на вѣчной мерзлотѣ, — различныя мѣстныя условія даютъ и различныя заданія для рѣшенія этой задачи, и потому прежде всего эти условія мѣстности и должны быть изучены возможно тщательнѣе.

Однако, общія свойства многихъ мерзлыхъ почвъ даютъ и общія директивы постройки. И эти общія положенія должны лежать въ основѣ разработки раціональныхъ типовъ построекъ на вѣчной мерзлотѣ; а такая разработка намъ необходима, ибо, несмотря на постройку Забайкальской и Амурской жж. дд., т. е. линію общею длиною около 4 тысячъ верстъ, мы только вступаемъ въ эпоху строительства въ далекой холодной окраинѣ отечества.

Начнемъ съ мѣръ противъ выпучиванія сооруженій.

Какъ мы видѣли, выпучиваніе сооруженій является слѣдствіемъ приподниманія ихъ пучащимся грунтомъ, при чемъ поднятіе это совершается помощью тренія о стѣнки фундамента.

Разъ это такъ, простая логика подсказываетъ естественныя мѣры борьбы съ выпираніемъ зданій: во-первыхъ—оштукатуриваніе фундаментовъ (цементомъ, напримѣръ) съ цѣлью придать имъ гладкую поверхность, и во-вторыхъ — засыпка котлована не вынутой при рытьѣ пучинистой землей, а крупнозернистымъ пескомъ, гравіемъ или щебнемъ;—это въ томъ случаѣ, когда подошва фундамента лежитъ ниже границы промерзанія, если первая лежитъ выше второй,—необходимо дойти котлованомъ до границы промерзанія и заложить щебеночное или песчаное основаніе.

Съ выпучиваніемъ свай, что имѣетъ огромное значеніе для деревянныхъ мостовъ, можно было бы бороться тѣмъ, что забой вести не на поверхности земли, а въ котлованѣ, выбранномъ на глубину промерзанія или оттаиванія и заполняемомъ потомъ пескомъ, галькой, дресвой или щебнемъ.

Кстати,—два слова о качаніяхъ мостовыхъ устоевъ:—засыпку необходимо дѣлать изъ непучинистаго грунта, и при этомъ въ такомъ количествѣ, чтобы по сторонамъ крыльевъ выступали на откосахъ полосы ея.

Если по мѣстнымъ условіямъ можно ожидать оттаиванія мерзлоты внутри периметра зданія и появленія воды, — необходимо озаботиться заложеніемъ приспособленій, отводящихъ ее.

Вообще желательно, въ предвидѣніи возможныхъ случайностей, не дѣлать сплошныхъ фундаментовъ, а оставлять въ нихъ вертикальные прорѣзы.

Желательно также устройство въ нижнихъ этажахъ непроницаемыхъ половъ.

Немаловажное значеніе имѣетъ вѣсъ сооруженія.

Такъ какъ единственная бѣда, которую мы можемъ ждать, — это — разжиженіе основанія, а значитъ, и пони-

женіе его прочности, то представляется вполнѣ цѣлесообразнымъ принять мѣры къ возможному облегченію вѣса сооруженія. Поскольку эти мѣры касаются самой конструкціи сооруженія, ихъ можно раздѣлить на двѣ категоріи: 1) употребленіе въ кладку легковѣсныхъ матеріаловъ и 2) устройство въ стѣнахъ и фундаментахъ воздушныхъ колодцевъ.

Это относится къ каменнымъ зданіямъ, деревянныя же конструкціи прекрасно удовлетворяютъ и условію легкости и условію малой теплопроводности.

Воздушные колодцы въ толщѣ стѣнъ, облегчая вѣсъ сооруженія, имѣютъ еще одно очень большое достоинство— они понижаютъ теплопроводность стѣнъ.

Какъ мы видѣли, причиной неустойчивости зданій, сооруженныхъ на вѣчной мерзлотѣ, служитъ оттаиваніе ея подъ фундаментомъ, вслѣдствіе нагрѣванія его внутренной теплотой помѣщеній или солнечной.

Намъ припоминаются разсказы Забайкальскихъ „чалдоновъ“ о неудачныхъ попыткахъ строительства Якутскихъ поселенцевъ. Начали эти поселенцы обстраиваться, поставили избяные срубы, заложили по всѣмъ правиламъ европейскаго искусства печи, — и послѣ нѣсколькихъ недѣль топки, печи эти или разваливались совсѣмъ, или опускались въ землю. Потомъ якуты научили ихъ класть печи на мѣстный ладъ: возводить ихъ на деревянномъ срубѣ, зарытомъ въ землю, а не на каменномъ фундаментѣ.

Что касается дымоходовъ въ стѣнахъ, то обводку ихъ воздушной раздѣлкой надо признать совершенно необходимой.

Для дымовыхъ фабричныхъ трубъ приходится признать наиболѣе раціональной конструкцію изъ двухъ концентрическихъ оболочекъ—внутренней и наружной, соединенныхъ въ шахматномъ порядкѣ сводиками въ полкирпича. Такая труба (18 саж.) построена инженеромъ Мацѣевичемъ для кирпичнаго завода около Иркутска.

Подобнаго рода конструкцію изъ двухъ концентриче-

скихъ оболочекъ легко осуществить примѣненіемъ желѣзобетонныхъ кладней [1]).

Другимъ способомъ предохранить фундаментъ отъ прогрѣванія служитъ прокладываніе изолирующихъ слоевъ изъ нетеплопроводныхъ матеріаловъ. Такихъ слоевъ должно быть нѣсколько по высотѣ фундамента, а также и въ цоколѣ, хотя бы по шву стѣны съ цоколемъ и цоколя съ фундаментомъ.

Въ таблицѣ XXX приводимъ данныя о теплопроводности нѣкоторыхъ матеріаловъ.

Чтобы предохранить мерзлоту подъ фундаментомъ отъ оттаиванія, полезно, было бы выбирать котлованъ на большую глубину и устраивать искусственное основаніе изъ какого-нибудь подходящаго малотеплопроводнаго матеріала, напримѣръ, кварцеваго песка, паровознаго шлака или щебня изъ обожженной глины.

Какія бы предохранительныя мѣры ни принимались, сооруженіе на вѣчной мерзлотѣ будетъ всегда, разумѣется, въ болѣе неустойчивомъ, невыгодномъ для работы, положеніи, чѣмъ сооруженіе на обычномъ грунтѣ, поэтому, помимо принятія мѣръ, направленныхъ на борьбу съ нежелательными свойствами мерзлыхъ грунтовъ, было бы раціонально самимъ сооруженіямъ придавать такую конструкцію, которая бы возможно меньше страдала отъ выпучиваній, неравномѣрныхъ осадокъ и проч. Для нѣкоторыхъ сооруженій, напр. водопропускныхъ трубъ подъ полотномъ дорогъ, туннелей и нѣкоторыхъ другихъ — подобнаго рода конструкція выработана: въ этихъ сооруженіяхъ вредное вліяніе неравномѣрныхъ осадокъ на цѣлость всего сооруженія предотвращается сквозными вертикальными щелями. Можетъ быть, по этому же пути можно было бы итти при проектированіи многихъ другихъ сооруженій на вѣчномерзлыхъ грунтахъ.

---

[1]) См. по этому вопросу: Н. С. Богдановъ—Желѣзобетонныя постройки изъ кладней, Спб. 1912.

Таблица XXX.

Матеріалы.	Коэффиціентъ теплопроводности.	Примѣчаніе.
Асфальтъ	0,150	Коэффиціентъ теплопроводности есть количество калорій, прошедшихъ въ данномъ матеріалѣ въ 1 часъ разстояніе въ 1 метръ черезъ сѣченіе въ 1 квадратный метръ.
Бутовая кладка	1,30—2,10	
Бумага	0,034	
Вода	0,500	
Воздухъ (неподвижный)	0,040	
Войлокъ	0,032	
Гипсъ молотый и высушенный на воздухѣ	0,500	
Глина обожженная плотная	0,800	
„ измельченная	0,150	
Дерево:		
Дубовое (поперекъ волокъ)	0,210	
Еловое (вдоль волокъ)	0,170	
„ (поперекъ волокъ)	0,093	
Древесная зола	0,060	
Древесный угольный порошокъ	0,080	
Известнякъ мелкозернистый	2,000	
Коксъ плотный	5,000	
„ измельченный	0,160	
Кирпичная кладка	0,690	
Металлы:		
Желѣзо	60,000	
Латунь	90,000	
Мѣдь	300,000	
Олово	53,000	
Свинецъ	30,000	
Цинкъ	110,000	
Ледъ	2,000	
Мраморъ	2,800	
Мѣлъ (порошокъ)	0,090	
Опилки сосновыя	0,045	
Песокъ	0,270	
Песчаникъ	1,300	
Пробка	0,260	
Пухъ	0,040	
Стекло	0,800	
Толь кровельный	0,120	
Хлопокъ	0,040	
Цементъ	0,060	
Шерсть	0,040	
Шиферъ (аспидъ)	0,290	

Съ точки зрѣнія подвижности обращаютъ на себя вниманіе металлическія конструкціи. Едва ли могутъ представиться на практикѣ какія-либо затрудненія при сооруженіи такихъ, напримѣръ, зданій, какъ зданія мастерскихъ, изъ металлическихъ фермъ съ двойной обшивкой какими-либо нетеплопроводными матеріалами — извнѣ и снаружи. Сооруженіе при этомъ можетъ быть спроектировано такимъ образомъ, чтобы вліянія взаимныхъ перемѣщеній отдѣльныхъ частей его на устойчивость всей постройки были или совершенно незначительны, или, во всякомъ случаѣ, учтены расчетомъ.

Считаемъ полезнымъ обратить вниманіе еще на одно обстоятельство.

Вслѣдствіе присутствія подъ поверхностью земли вѣчно-мерзлаго слоя, поглощательная способность поверхности бассейновъ рѣкъ чрезвычайно незначительна. Результатомъ этой малой поглощательной способности являются высокіе, быстро растущіе и быстро спадающіе паводки. Такъ, въ началѣ постройки западной части Амурской ж. д. одинъ изъ паводковъ на Бѣломъ Урюмѣ у станціи Сбѣги достигъ 2,50 саж. и снесъ временные мосты. Поэтому, при выработкѣ формулъ расхода воды въ зависимости отъ ливней для отдѣльныхъ районовъ Россіи (какъ давно это надо было бы уже сдѣлать, и какъ дорого мы платимъ за то, что это еще не сдѣлано!), необходимо мѣстности съ вѣчной мерзлотой выдѣлить въ особую группу и дать имъ свой коэффиціентъ поглощаемости въ зависимости отъ глубины залеганія вѣчной мерзлоты.

III. Водоснабженіе.

Богатый матеріалъ для изученія вопроса о раціональномъ способѣ водоснабженія должна дать Амурская ж. д. До настоящаго времени русская техника имѣла слишкомъ мало практики въ устройствѣ водоснабженія въ мѣстностяхъ съ вѣчно-мерзлымъ грунтомъ, — иностранная разу-

мѣется, совершенно несвѣдуща въ этомъ вопросѣ,—чтобы можно было указать оказавшіеся наиболѣе практичными пріемы. Для насъ лично, представляются особенно интересными результаты работъ скважинъ, добывающихъ воду изъ водоносныхъ слоевъ, лежащихъ ниже вѣчно-мерзлаго слоя-потому что способъ добыванія воды такими скважинами представляется намъ способомъ, почти всюду примѣнимымъ, ибо подъ слоемъ вѣчной мерзлоты почти всегда лежатъ водоемные слои, и на этомъ именно способѣ приходится останавливаться при техническихъ или экономическихъ недостаткахъ другихъ способовъ.

Вопросъ о водоснабженіи, вопросъ, вообще говоря, важный, получаетъ исключительное значеніе на далекомъ сѣверѣ, поэтому нельзя не пожелать, чтобы при производствѣ изысканій онъ былъ изучаемъ самымъ тщательнымъ образомъ, и не только во время окончательныхъ изысканій, но и во время первыхъ, рекогносцировочныхъ, чтобы къ моменту постройки можно было и выбрать наиболѣе дешевый и надежный способъ водоснабженія и, въ зависимости отъ удобства водоснабженія съ точки зрѣнія жесткости воды, напримѣръ, передвинуть, можетъ быть, станціи. Важность вопроса о водоснабженіи едва ли возможно умалять, а между тѣмъ многіе ли изъ работавшихъ на изысканіяхъ могутъ сказать, что вопросъ этотъ до постройки изучается такъ, какъ требуетъ его важность, что вопросъ этотъ не отодвигается часто на задній планъ,—такъ, по крайней мѣрѣ, бывало до сихъ поръ.

Многіе мѣстные крестьяне скептически относятся къ желѣзнодорожному водоснабженію въ районѣ Головного участка Амурской ж. д. По ихъ разсужденію такое водоснабженіе ненадежно. Возможно, конечно, что они относятся недовѣрчиво только потому, что раньше никогда не видѣли ни устройства водосборныхъ галлерей, ни артезіанскихъ скважинъ,—выяснить это трудно; съ другой стороны и желѣзнодорожная практика не имѣетъ за собой въ этомъ отношеніи опытности, чтобы чувствовать себя

вполнѣ компетентной въ самостоятельныхъ рѣшеніяхъ вопросовъ водоснабженія и не прислушиваться къ мнѣніямъ мѣстныхъ жителей. По мнѣнію мѣстныхъ старожилъ, гораздо надежнѣе пользоваться ключами. Ключи, незамерзающіе даже въ самыя лютыя зимы, дѣйствительно, встрѣчаются въ районѣ Амурской ж. д. довольно часто. Насколько, однако, удобно ихъ утилизировать для станціоннаго водоснабженія, сказать трудно, ибо никакихъ изслѣдованій въ этомъ направленіи не производилось.

Существуетъ два способа помѣшать замерзанію воды въ трубахъ: или нагрѣвать ее, какъ это практикуется уже на Забайкальской [1]) и выстроенной части Амурской ж. д., или поддерживать въ нихъ постоянное теченіе. Этотъ послѣдній способъ, кажется, не былъ примѣненъ.

Постоянное теченіе въ трубахъ можетъ быть достигнуто двумя путями—или изъ трубъ вода должна постоянно выливаться, или въ различныхъ мѣстахъ трубы должны быть поддерживаемы различныя температуры. При этомъ надо помнить, что если труба имѣетъ уклонъ, то слѣдуетъ подогрѣвать верхній ея конецъ; только при этомъ условіи мы усилимъ конвекціонные токи въ водѣ; подогрѣваніе нижняго конца не можетъ принести никакой пользы дѣлу.

И тотъ и другой способъ, т. е. и постоянное теченіе воды въ трубѣ и конвекціонные токи, проще получить, если устроить кольцевой водопроводъ; съ точки зрѣнія конструкціи, едва ли окажется затруднительно дать практическое осуществленіе тому и другому.

Разъ и теоретически и, что гораздо важнѣе, горькимъ опытомъ доказано, что зданіе, сооружаемое на вѣчной мерзлотѣ, далеко нельзя считать обезпеченнымъ въ статическомъ равновѣсіи, логично принимать мѣры къ уменьшенію числа дорогихъ и грузныхъ сооруженій, какими являются водоемныя башни. Отсюда естественное пред-

---

[1]) Кстати отмѣтить, что въ настоящее время на Забайкальской ж. д. производятся работы по замѣнѣ сгнившихъ деревянныхъ галлерей—бетонными, на что управленіе дороги испрашивало на 1911 г. 52.950 рубл. (на замѣну 706 пог. саж.).

почтеніе, которымъ должны пользоваться пневматическія оборудованія, которыя свободно могутъ быть помѣщены въ зданіяхъ легкой конструкціи приспособленныхъ къ вѣчной мерзлотѣ типовъ.

Посмотримъ, въ какой мѣрѣ соотвѣтствуютъ дѣйствительной потребности эксплоатаціи дорогъ дѣйствующія въ настоящее время техническія условія на устройство водоснабженія.

По § 77 этихъ правилъ (по редакціи 1905 г., № 46465/223/8444)—наибольшее разстояніе между станціями водоснабженія должно быть опредѣлено съ такимъ расчетомъ, чтобы на разстояніи между двумя водоснабженіями, съ пропускомъ одного промежуточнаго, не могъ быть израсходованъ объемъ воды въ 400 куб. ф. При этомъ къ § 77 приложена табличка, по которой можно опредѣлить въ куб. фут. расходъ воды на поѣздо-версту при различныхъ обстоятельствахъ плана и профиля.

Посмотримъ, что даетъ намъ дѣйствительность.

Въ маѣ и сентябрѣ 1905 года на участкѣ Москва-Волоколамскъ были произведены точныя наблюденія надъ расходомъ воды при опытныхъ поѣздкахъ на паровозахъ серіи Тк (о четырехъ спаренныхъ осяхъ и одной телѣжкѣ), при чемъ оказалось слѣдующее *) (см. табл. XXXI).

---

*) См. докладъ инженера Штольцмана въ собраніи инженеровъ путей сообщенія 27 октября 1906 г.

Кромѣ упомянутаго доклада. см. также:

Кашкинъ. Къ вопросу о паровозной и электрической тягѣ на линіяхъ въ безводной мѣстности.

Желѣзнодорожное Дѣло, № 5, 1905 г.

Фельдтъ. Мнѣніе о постройкѣ водоснабженій на строящихся желѣзнодорожныхъ линіяхъ и примѣненіе его къ дорогамъ эксплоатируемымъ.

Желѣзнодорожное Дѣло, 1899. № 42.

Фельдтъ. Къ вопросу объ устройствѣ водоснабженія желѣзныхъ дорогъ.

Желѣзнодорожное Дѣло, 1900, № 11.

Фельдтъ. Новый принципъ водоснабженія. Къ преніямъ по докладу

Таблица XXXI.

	Товарные поѣзда.		Товаро-пассажирскіе поѣзда.		
Составъ поѣзда. . . . . .единицъ.	50	50	32,5	29,5	27
Вѣсъ поѣзда (безъ паровоза). . . тоннъ.	961	773	542	491	395
Средняя скорость хода поѣзда (безъ остановокъ). . . . . верстъ.	14,5	18,5	22,9	22,8	24,3
Средній расходъ воды на одну версту. . . . . пудовъ.	13,8	10,7	8,9	8,0	7,8
Средній расходъ воды на одну версту. . . . . куб. фут..	8,0	6,2	5,2	4,6	4,5
Средній расходъ на 1 виртуальную версту при среднемъ виртуальномъ коэффиціентѣ обоихъ направл. 2,05 . куб. ф.	4,0	3,1	2,6	2,3	2,2

инженера Кашкина „О проведеніи линій желѣзной дороги въ безводной мѣстности“.
Желѣзнодорожное Дѣло, 1906, № 4.

Борзовъ. Замѣтки о желѣзнодорожныхъ и простѣйшихъ водоснабженіяхъ. Москва, 1901.

Борзовъ. Вопросъ о разстояніяхъ между пунктами водоснабженія, какъ одинъ изъ спорныхъ вопросовъ желѣзнодорожнаго строительства, и удачныя попытки его рѣшенія.
Желѣзнодорожное Дѣло, 1904, № 41.

Гололобовъ. Докладъ VIII Отдѣлу Имп. Русск. Технич. Общества 11 декабря 1903 г. по вопросу: „Примѣненіе перегрѣтаго пара въ паровозахъ на германскихъ, англійскихъ, американскихъ и русскихъ жел. дорогахъ“.

Изъ доклада и преній по нему видно, что уже съ 1896 года, обращались паровозы, которые расходовали воды на 15—20%, менѣе паровозовъ нашего настоящаго „нормальнаго“ типа.

Изъ таблицы, приложенной къ докладу инж. Гололобова, видно,

Паровозъ съ емкостью тендера въ 410 куб. футъ, принятый за основаніе при составленіи министерской таблички, приложенной къ § 77 правилъ техническихъ условій, встрѣчается теперь рѣдко и то почти исключительно для потребностей станціонной работы; другими словами,—это типъ отжившій и отдѣльные, еще сохранившіеся паровозы этого типа доживаютъ свой вѣкъ и ждутъ сдачи въ ломъ.

Приведемъ нѣсколько цифръ, касающихся вмѣстимости тендеровъ линейныхъ паровозовъ.

На нашихъ дорогахъ очень много паровозовъ съ тендерами, вмѣщающими 830—890 куб. футъ воды.

На Среднеазіатской ж. д. товарные паровозы серій Пк и Пх имѣютъ 4-осные тендера на 983 куб. фут. воды.

Паровозы завода Болдвина типа Micado дороги Чикаго-Бурлингтонъ-Квинси [1]) . . . . . 1090 фут.[3]

Паровозы типа Pacific дороги Миннеаполисъ-С.-Поль-Р.-Сольтъ-Мери [2]) . . . . . 1000 фут.[3]

Курьерскіе паровозы съ перегрѣвателемъ типа 4—6—2 дороги Чикаго-Сѣверо-Западной [3]) . . . . . 1100 фут.[3]

Паровозы завода Болдвина типа Micado, 2—8—2, дороги Иллинойсъ центральной [4]) . . . . . 1200 фут.[3]

Паровозы компаундъ системы Маллета Американскаго паровознаго общества, типа 0—8—0—0—8—0 [5]) 1730 фут.[3]

Маллетовскіе паровозы, типа 0—8—0—0—8—0, съ

что товарные паровозы новой конструкціи расходуютъ на 1000 груженыхъ осе-километровъ 1149—1259 кгр. воды, при составѣ поѣздовъ въ 90—107 осей, что даетъ около 4—4,65 фут. [3] на дѣйствительную поѣздоверсту, а на виртуальную, даже въ предположеніи самаго легкаго профиля опытныхъ участковъ, не болѣе 3,25 фут. [3].

[1]) Railw. Eng. Rev; 1911, № 19, стр. 418.

[2]) Railw. Eng. Rev., 1911 №, 29, стр. 653.

[3]) The Engineer, 1911, № 2897, стр. 28.

[4]) Railw. Eng. Rev., 1911, № 34, стр. 750.

[5]) Bulletin Int. Eisbn Kong. Verb., 1911, № 8, стр. 1036.

перегрѣвателями, дороги Делаваръ-Гудзонъ (несущіе службу толкачей) [1] . . . . . 1200 фут³.

Сочлененные Маллетовскіе паровозы, типа 2—8—0—0—8—2, дороги Южной Тихоокеанской [2]—1300 фут³.

Паровозы мастерскихъ Топика дороги Атчисонъ-Топика-Сантафе, типа 2—10—0—0—10—2 [3]—1600 фут³.

и т. д.; примѣровъ паровозовъ съ тендерами, вмѣщающими болѣе 1000 куб. ф., можно привести сколько угодно.

Такимъ образомъ, разъ мы строимъ новую дорогу, не стѣснены выборомъ типа паровозовъ и можемъ, слѣдовательно, выбрать типъ этотъ наиболѣе экономичнымъ для условій дороги, то, казалось бы, незачѣмъ останавливаться на такихъ типахъ, которые признаются дорогими въ эксплоатаціи и устарѣвшими, и, значитъ, не зачѣмъ придерживаться рутинныхъ расчетовъ, основанныхъ на старыхъ, завѣдомо невыгодныхъ основаніяхъ.

Устройство водоснабженія въ мѣстностяхъ съ вѣчномерзлой почвой стоитъ огромныхъ денегъ, огромныхъ денегъ стоитъ и эксплоатація его, и примѣнять къ дорогамъ, проходящимъ по такимъ мѣстностямъ, единыя всероссійскія условія расчета, по меньшей мѣрѣ, расточительно.

Если примемъ виртуальный коэффиціентъ Амурской дороги въ 1,75, расходъ на поѣздо-версту 5 куб. футъ объемъ тендеровъ въ 1000—1100 куб. фут. и допустимъ, что паровозъ долженъ израсходовать между двумя наборами воды не болѣе 850 куб. ф., то разстояніе между дѣйствующими водоснабженіями получимъ:

$$l = \frac{850}{5 \times 1{,}75} = 97 \text{ верстъ.}$$

Если принять разстояніе между депо въ 160 верстъ, при которомъ нормы отдыха паровозныхъ бригадъ можно

---

[1]) Railw Eng. Rev., 1911, № 26, стр. 585.

[2]) Railw. Eng. Rev., 1911, № 27, стр. 613.

[3]) The Engineer, 1911, № 2889, стр. 495.

безупречно выдержать *), и допустить, что, кромѣ деповскихъ станцій, водоснабженіе устроено лишь на одной промежуточной, то разстояніе между водоснабженіями получимъ въ 80 верстъ.

При этомъ послѣднемъ условіи и всѣхъ остальныхъ условіяхъ прежнихъ получимъ расходъ воды паровозомъ между станціями съ водоснабженіемъ:

$$v = 5 \times 1{,}75 \times 80 = 700 \text{ куб. футъ.}$$

Слѣдовательно, при вмѣстимости тендера въ 850 куб. фут., т. е. такой вмѣстимости, которая не только достинута, но даже значительно превзойдена на нѣкоторыхъ нашихъ дорогахъ (Среднеазіатская; см. выше), разстояніе между пунктами постояннаго водоснабженія получается почти въ три раза больше устраиваемыхъ согласно техническихъ условій.

Само собой разумѣется, что говорить о большихъ разстояніяхъ между пунктами водоснабженія можно только относительно тѣхъ дорогъ, на которыхъ главное назначеніе водоснабженія—обслуживать паровозы, къ такимъ именно дорогамъ принадлежитъ и Амурская; иное дѣло дороги съ развитой коммерческой жизнью, какъ, напримѣръ, дороги южной полосы Россіи, гдѣ водоснабженіе приходится часто устраивать не только для потребностей паровозовъ, но и для потребностей, ничего общаго съ ихъ питаніемъ не имѣющихъ, напр., для водопоя перевозимаго скота, для пожарной безопасности и т. д.

Опредѣливъ максимальное возможное разстояніе между пунктами водоснабженія въ зависимости отъ выбраннаго объема тендера, можно назначить его болѣе точно, исходя

*) При хозяйственной постановкѣ сл. движенія, разумѣется; при маломъ количествѣ мѣстныхъ грузовъ, т.-е., какъ разъ для такихъ условій, въ которыхъ находятся жел. дороги Восточной Сибири, можно было бы итти даже дальше и допустить разстояніе между депо въ 180 верстъ.

изъ равенства стоимостей годовой эксплоатаціи съ погашеніемъ и процентами на строительный капиталъ для двухъ предположеній:

1) разстояніе между пунктами водоснабженія незначительное; малый объемъ тендера, слѣдовательно, нѣсколько большій вѣсъ перевозимыхъ товаровъ;

малая коммерческая скорость, вслѣдствіе необходимости набора воды въ пути;

большое число паровозовъ на линіи;

большое число стойлъ въ депо и мастерскихъ, лишнее число бригадъ, рабочихъ и проч.;

большое число пунктовъ водоснабженій;

2) разстояніе между пунктами водоснабженія значительное;

большой объемъ тендера, слѣдовательно, нѣсколько меньшій вѣсъ перевозимыхъ товаровъ;

большая коммерческая скорость: нѣтъ надобности набирать воду въ пути;

меньшее число паровозовъ на линіи;

меньшее число стойлъ въ депо, мастерскихъ, меньшее число бригадъ, рабочихъ и проч.;

меньшее число пунктовъ водоснабженій.

Въ мѣстностяхъ съ вѣчной мерзлотой устройство и содержаніе пункта водоснабженія стоитъ такъ дорого, что на результатѣ указаннаго расчета должно сильно отражаться уменьшеніе ихъ числа.

Однимъ изъ серьезныхъ препятствій къ доведенію разстояній между пунктами водоснабженія на Амурской жел. дор. до наивыгоднѣйшей наибольшей длины, указываемой расчетомъ, можетъ явиться указаніе на возможность войны на Дальнемъ Востокѣ, и, слѣдовательно, на необходимость командировки на Амурскую жел. дор. паровозовъ съ другихъ дорогъ съ маломощными тендерами.

Этого указанія не пришлось бы сдѣлать, если бы паровозный инвентарь нашихъ желѣзныхъ дорогъ отвѣчалъ

современнымъ требованіямъ работы. Давно уже выяснена выгодность работы большихъ сильныхъ паровозовъ новыхъ типовъ съ большемѣрными тендерами, а между тѣмъ, если обратимся къ инвентарю нашихъ желѣзныхъ дорогъ, то увидимъ, что на 1 мая 1909 г. число паровозовъ, проработавшихъ болѣе 25 лѣтъ *), (табл. XXXII), составляетъ 27% отъ общаго числа ихъ. Когда изъ числа линейныхъ паровозовъ будутъ исключены всѣ старые и замѣнены паровозами новыхъ типовъ,—а это придется сдѣлать въ самомъ ближайшемъ будущемъ, ибо на этомъ дороги много теряютъ,—то сама собою отпадаетъ и возможность появленія на перегонахъ Амурской ж. д. маломощныхъ паровозовъ другихъ дорогъ.

Обратимся теперь къ другимъ обязательнымъ требованіямъ, предъявляемымъ министерскими правилами.

Вторымъ требованіемъ, заставляющимъ больно сжиматься сердце инженера-хозяина, является требованіе устраивать двойной комплектъ водоснабженій.

Почему появилось это требованіе? Желали, очевидно, обезпечить дорогу водой на случай порчи одного или нѣсколькихъ водоснабженій. Мы далеки отъ мысли отрицать возможность разнаго рода порчъ, — онѣ, конечно, будутъ случаться, какъ бы хорошо ни устраивали водоснабженіе; надо, однако, полагать что, во всякомъ случаѣ, дополнительныя затраты на дополнительныя устройства, обезпечивающія непрерывность снабженія дороги водой, должны находиться въ соотвѣтствіи съ размѣрами дѣйствительно случающихся на эксплоатируемыхъ дорогахъ порчъ, а не опредѣляться весьма „надежнымъ“, правда, но идущимъ въ разрѣзъ съ мотивами инженерно-экономическихъ расчетовъ требованіемъ устройства двойного числа водоснабженій.

Если мы обратимся къ даннымъ практики русскихъ желѣзныхъ дорогъ, то увидимъ, что случаи прекращенія

---

*) *Кульжинскій* и *Элькинъ*. Паровозный паркъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.

ТАБЛИЦА XXXII.

НАЗВАНІЕ ДОРОГЪ.	Число паровозовъ. Пассажирскихъ и товаро-пассажирскихъ.								Число паровозовъ. Товарныхъ.														
	2/3	3/3	2/4	3/4	Всего.	Число паровозовъ отопляемыхъ. Нефтью.	Углемъ.	Дровами.	3/3	3/4	4/4	3/5	6/6	Всего.	Число паровозовъ отопляемыхъ. Нефтью.	Углемъ.	Дровами.	Станціонныхъ 2/2 2/3 3/3 3/4.	Танковыхъ 2/3 3/3.	Узколейныхъ 3/3.	Паровозовагоновъ 2/4.	Итого 6+15+19+20+21+22.	Процентное отношеніе числа паровоз. со служб. свыше 25 л. къ общему числу паров.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Баскунчакская	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	7	—	—	11	11	—	—	—	—	—	—	11	100%
Екатерининская	46	—	—	—	46	—	46	—	98	—	99	—	—	197	1	196	—	—	—	—	—	243	15%
Закавказскія	20	—	13	—	33	25	8	—	50	—	—	25	45	120	120	—	—	2	—	—	—	155	26%
Либаво-Роменская	20	—	—	—	20	—	20	—	61	—	—	—	—	61	—	61	—	—	—	—	—	81	19%
Московско-Брестская	25	—	—	—	25	2	23	—	167	—	20	—	—	187	—	187	—	—	5	—	—	217	42%
Моск.-Курско-Нижегородская	76	—	—	—	76	76	—	—	71	—	53	—	—	124	73	51	—	—	—	—	—	200	30%
Николаевская	3	—	35	—	38	—	17	21	32	—	226	—	—	258	2	176	80	—	—	—	—	296	36%
Пермская	—	—	—	16	16	—	16	—	79	—	90	—	—	169	3	138	28	—	15	—	—	200	38%
Полѣсскія	14	—	—	—	14	—	—	14	101	—	25	—	—	126	—	79	47	—	—	—	—	140	41%
Привислинскія	56	—	—	—	56	—	56	—	220	—	58	—	—	278	7	271	—	—	13	—	—	347	46%
Риго-Орловская	42	—	—	—	42	—	38	4	99	—	1	—	—	100	—	82	18	—	—	—	—	142	27%
Самаро-Златоустовская	19	—	—	—	19	19	—	—	71	8	36	—	—	115	115	—	—	5	—	—	—	139	23%
Сызрано-Вяземская	4	—	—	—	4	4	—	—	3	—	—	—	—	3	—	3	—	—	—	—	—	7	1%
Сѣверныя	15	—	—	—	15	15	—	—	63	—	—	—	—	63	37	7	19	—	—	11	—	89	17%
Сѣверо-Западныя	171	—	15	—	186	2	140	44	383	—	—	—	—	383	4	267	112	4	—	—	—	573	60%
Юго-Западныя	127	8	—	—	135	10	125	—	349	—	89	—	—	438	—	435	3	—	29	—	—	602	40%
Южныя	64	—	—	—	64	—	64	—	153	—	71	—	—	224	—	227	—	3	—	4	2	297	20%
Забайкальская	—	—	—	—	—	—	—	—	26	—	—	—	—	26	—	21	5	2	—	—	—	28	4%
Сибирская	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	18	—	—	90	—	90	—	—	—	—	—	90	7%
Средне-Азіатская	49	—	—	—	49	40	9	—	169	—	—	—	—	169	144	25	—	—	—	—	—	218	40%
Ташкентская	—	—	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	—	61	61	—	—	—	—	—	—	61	13%
Итого	751	8	63	16	838	193	562	83	2,332	8	793	25	45	3,203	278	2,313	312	16	62	15	2	4,136	27%

Въ томъ числѣ узкокол. 15 паръ широкол. 4119, паровозовваг. 2.

водоснабженія по отдѣльнымъ причинамъ распредѣляются слѣдующимъ образомъ:

порча гидравлическихъ крановъ . .	20—30%
„ котловъ и насосовъ	15—20%
„ напорныхъ трубъ.	10—20%
„ водопріемниковъ	10%
другія причины	20—30%

Если подсчитаемъ количество дней бездѣйствія водоснабженія, вслѣдствіе порчъ, то увидимъ, что оно колеблется отъ 0,8 до 6% въ годъ.

Эти цифры рѣзко оттѣняютъ нехозяйственность устройства двойного комплекта водоснабженій: очевидно, что было бы совершенно достаточно—съ одной стороны, уменьшить коэффиціентъ перерыва работъ (6%)—оборудованіемъ водоснабженій двойными комплектами гидравлическихъ крановъ, котловъ, насосовъ и двойными трубопроводами, общая стоимость чего едва ли бы поднялась выше 35—40% отъ всей стоимости оборудованія одного пункта водоснабженія; съ другой стороны—вмѣсто устройства полнаго оборудованія запасныхъ, обычно не работающихъ, пунктовъ, — ограничиться самой примитивной добычей воды, безъ которой все равно трудно обойтись, разъ на станціи живутъ служащіе. Это послѣднее дало бы экономію процентовъ въ 85 — 90, а всего, слѣдовательно, для двухъ пунктовъ водоснабженія: дѣйствующаго и запасного—получили бы экономію, примѣрно, въ 50%, это—экономія на строительныхъ затратахъ, а какую сумму составитъ еще ежегодная экономія на эксплоатаціи?—во всякомъ случаѣ, для длинной линіи, вѣроятно, цифру настолько почтенную, что она имѣетъ полное право на вниманіе.

Немудрено поэтому, что стоимость 1 куб. сажени воды, добываемой собственными средствами желѣзныхъ дорогъ, сравнительно съ себѣстоимостью городской воды,— несоразмѣрно велика. Такъ, стоимость 1 куб. саж. воды, не считая, ни погашенія, ни процентовъ на затраченный

капиталъ, ни расходовъ на высшую администрацію, составляетъ 36—42 коп.; если же принять во вниманіе всѣ расходы, то желѣзнымъ дорогамъ 100 ведеръ обходится самимъ, въ среднемъ, въ 30 коп., тогда какъ въ Петербургѣ, напримѣръ, себѣстоимость воды городскому управленію около 4—5 коп.,—воды профильтрованной и перегнанной по трубамъ большой длины въ дома.

На Головномъ участкѣ Амурской ж. д., открытомъ въ настоящее время для общаго пользованія, устроено водоснабженіе въ трехъ пунктахъ: Укуреѣ, Бушулеѣ и Зилово. Протяженіе всего участка 183 версты, разстоянія между пунктами водоснабженія, приблизительно, 50—60 в., т. е. много меньше, чѣмъ могли бы быть.

IV. Министерство Путей Сообщенія и метеорологія.

Инженеры такъ привыкли пользоваться установленными правилами и формулами расчетовъ, формулы эти кажутся такими простыми и понятными, что какъ-то исчезаетъ представленіе о томъ огромномъ трудѣ, который надо было затратить на кропотливое собираніе данныхъ и обработку ихъ, о томъ черномъ трудѣ, который несли часто не-инженеры, представители другой науки.

Одною изъ наукъ, имѣющихъ огромное значеніе для строительной техники, является геологія и въ частности тотъ отдѣлъ ея, который составляетъ область вѣдѣнія метеорологіи.

Многіе вопросы, составляющіе спеціальность инженеровъ путей сообщенія, до такой степени тѣсно связаны съ метеорологіей, что въ тѣхъ случаяхъ, когда метеорологія не въ силахъ оказать помощь своими данными и выводами, нельзя сдѣлать не только точныхъ, но даже сколько-нибудь приблизительныхъ подсчетовъ,—и за всякій пробѣлъ въ метеорологическихъ свѣдѣніяхъ, за всякую неполноту и неточность метеорологическихъ дан-

ныхъ, приходится расплачиваться ошибками строительства, а значитъ, и терпѣть болѣе или менѣе значительные денежные убытки.

Едва ли найдется много такихъ инженеровъ изъ строившихъ Забайкальскую ж. д. и теперь Амурскую,—прекрасныхъ техниковъ, всесторонне знающихъ свое дѣло,—которые, выстроивъ какое-нибудь крупное сооруженіе въ незнакомыхъ условіяхъ мѣстности, и черезъ нѣсколько лѣтъ, познакомившись съ ними болѣе подробно, были бы въ состояніи сказать, что, случись строить имъ это сооруженіе второй разъ,—они не могли бы выстроить его дешевле.

Такимъ образомъ, Министерство Путей Собщенія за отсутствіе коллективнаго опыта на далекой окраинѣ и за отсутствіе правильно обоснованныхъ источниковъ, откуда можно было бы черпать необходимыя данныя, несетъ постоянный налогъ, можетъ быть, не очень большой для каждаго пункта, но большой въ своей суммѣ для всего фронта работъ на окраинѣ.

А какой суммы достигаютъ единовременныя потери, въ родѣ, напримѣръ, сноса паводками мостовъ, расчитанныхъ по нормамъ, хорошимъ для Европейской Россіи и совершенно неудовлетворительнымъ для мѣстностей съ вѣчной мерзлотой, — или Читинскихъ мастерскихъ, гдѣ общая сумма потерь на постройкѣ, починкахъ, перекладкахъ стѣнъ и затрудненіяхъ въ эксплоатаціи навѣрно близко подошла къ милліону рублей?

И всѣ эти невольныя ошибки будутъ повторяться и государство будетъ за нихъ расплачиваться до тѣхъ поръ, пока не будетъ извѣстна намъ метеорологическая физіономія края.

Инженеры путей сообщенія, работающіе на Забайкальской и Амурской ж. д., являясь піонерами культуры въ краѣ, самыми обязанностями своей службы поставлены въ условія легкаго накопленія многочисленныхъ и разнообразныхъ метеорологическихъ данныхъ, насущно необхо-

димыхъ прежде всего имъ самимъ, а затѣмъ и окружающимъ переселенцамъ.

На половину только одной той суммы, которая потеряна на Читинскихъ мастерскихъ, Министерство Путей Сообщенія могло бы прекрасно оборудовать метеорологическими станціями всю Забайкальскую и всю Амурскую жел. дор. и тѣмъ застраховать себя до извѣстной степени отъ денежныхъ потерь въ будущемъ и принести, помимо этого, самую существенную пользу государству, давъ полезный матеріалъ для улучшенія сельскаго хозяйства на далекой окраинѣ.

Тѣ двѣ-три метеорологическія станціи, которыя Министерство, вынужденное необходимостью, въ самое послѣднее время открыло вдоль линіи Амурской жел. дор., не могутъ удовлетворить потребности въ метеорологическихъ данныхъ края, необходимо признать осуществленіе цѣлаго ряда ихъ и обязательнымъ и прямо выгоднымъ съ чисто коммерческой точки зрѣнія.

XIV.

Литература *).

1. *Абельсъ*. Суточный ходъ температуры въ снѣгу. Метеорологическій Сборникъ IV. Наблюденія Екатеринбургской обсерваторіи.

2. Акты и другіе матеріалы техническаго отдѣленія сл. пути Забайкальской ж. д. и архива Министерства Путей Сообщенія.

3. *Н. Андреевъ*. Сѣверный Ледовитый Океанъ. Матеріалы по гидрологіи, собранные въ періодъ съ 1889 г. по 1893 г.

Записки Императ. Русск. Географическаго Общества. Т. XXXIV, № 1, 1900.

4. *Baer*. Materialen zur Kenntniss des unvergänglichen Boden-Eises in Sibirien.

5. *Baer*. Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches.

IX Bändchen. L-te Abtheilung, 1885. (Разборъ сочин. Миддендорфа—Путешествіе по Восточной Сибири—стр. 658—690).

6. *Baillairge*. О случаяхъ разрушенія подпорныхъ стѣнъ отъ замерзанія засыпки. Engineering News. February, 1901.

7. *H. Barnes*. Ice-formation with special reference to anchor ice and frazil. New-Jork, 1906.

*) Въ списокъ вошли нѣкоторыя работы, которыя не разбираютъ непосредственно вопроса о вѣчной мерзлотѣ, но изученіе которыхъ можетъ помочь правильному уясненію тѣхъ или иныхъ частностей явленія, или производства наблюденій.

8. *A. Bialovesky.* Ice-period on the Altai Range. Nature, 1887.

9. *Н. Боевъ.* Изслѣдованіе вопроса о вѣчной мерзлотѣ почвы. Бюллетени Политехнич. Общ., издаваемые Имп. Моск. Технич. Училищемъ. 1897 г. №№ 1 и 2.

10. *Боровскій.* Новый способъ уничтоженія пучинъ. Журналъ Мин. Путей Сообщенія 1893, кн. 5—6.

11. *Брейтигамъ.* Данныя о вскрытіи и замерзаніи рѣкъ въ Сибири.

12. Burnt Clay Ballast. Railroad Gazette. 1893 p. 897 и 1886, № 4.—О покрытіи грунта щебенкой изъ обожженной глины для предохраненія его отъ мороза.

13. *П. Ваннари.* О температурѣ почвы въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Россійской Имперіи.
Зап. Им. Ак. Наукъ, ф.-м. отд. Т. V. 1897.

14. *А. Варнеркъ.* Распредѣленіе абсолютныхъ наибольшихъ и наименьшихъ температуръ и ихъ амплитудъ на пространствѣ Россійской Имперіи.
Зап. Имп. Ак. Наукъ, ф.-м. отд. Т. V. 1897.

15. *Вильдъ.* О метеорологическихъ наблюденіяхъ *Чекаловскаго* въ Восточной Сибири.
Изв. Имп. Р. Г. Общ. Т. 7, № 9, 1871.

16. *Вильдъ.* О температурѣ воздуха въ Россійской Имперіи. СПБ. 1882.

17. *Вильдъ.* Осадки въ Россійской Имперіи. СПБ. 1888.

18. *Wild.* Ueber die Boden-temperaturen in St.-Petersburg und Nukuss. Repertorium für Meteorologie. T. VI, № 4.

19. *Wild.* Ueber die Winter-Isotermen in Ost-Sibirien. Repertorium für Metheorologie. Bd. IX, № 14.

20. *Wild.* Ueber die Differenzen der Bodentemperaturen mit und ohne Vegetations-resp. Schnee-decke nach den Beobachtungen im Konstantinowschen Observatorium zu Pavlowsk.

Записки Имп. Академіи Наукъ, физико-математ. отдѣленіе. Т. V, 1897.

21. *Воейковъ.* Снѣжный покровъ, его вліяніе на почву, климатъ и погоду, способы изслѣдованія.

Зап. Имп. Р. Г. Общ. по общей географіи. Т. XVIII, № 2.

О Сибири идетъ рѣчь на страницахъ: 17, 35, 75, 78, 85, 90, 104, 173, 175, 194.

22. *А. Воейковъ.* Труды Комиссіи Импер. Русск. Технич. Общества по вопросу о желѣзной дорогѣ черезъ всю Сибирь.

Желѣзнодорожное Дѣло, 1889, г. № 30.

23. *А. Воейковъ.* Климаты земного шара.

24. *А. Воейковъ.* Новѣйшія изслѣдованія ледниковъ и причинъ ихъ измѣненія.

Зап. Имп. Р. Г. Общ. Т. XII, 1882.

25. *А. Воейковъ.* О мерзлотѣ въ Сибири по линіямъ предполагаемыхъ желѣзныхъ дорогъ.

Журналъ Мин. Путей Сообщенія, 1889 г. Вып. IV, стр. 246—252.

26. *А. Воейковъ.* Климатическія условія ледниковыхъ явленій, настоящихъ и прошедшихъ.

Записки Минералогическаго Общества. 1881.

27. *А. Воейковъ.* Метеорологія. СПБ. 1904.

28. *A. Woeikof.* Gletscher und Eiszeiten in ihren Verhältnisse zum Klima. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin. XVI, 1881.

29. *Войславъ.* Изслѣдованіе причинъ пученія.

Извѣстія Собр. Инжен. П. С. 1891, стр. 300—311.

*

30. *Wollny*. Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Berlin, 1877.

31. *Восточная Сибирь*, томъ изъ „Россіи“, изданія Девріена.

32. *E. Geinitz*. Die Eiszeit, 1907.

33. *Гельмерсенъ*. Замѣчаніе о колодцѣ, вырытомъ въ Якутскѣ. Горный Журналъ или собраніе свѣдѣній о горномъ и соляномъ дѣлѣ, съ присовокупленіемъ новыхъ открытій по наукамъ, къ сему предмету относящимся. 1838 г., ч. II, стр. 121—128.

34. *М. Гербановскій*, Священникъ. О климатѣ Якутской Области.
Якутскія епархіальныя вѣдомости. 1890 г., № 19, стр. 294—303.

35. *J. Granö*. Beiträge zur Kentniss der Eiszeit in der Nordwestlichen Mongolei und einigen ihrer südsibirischen Grenzgebirge, Geomorphologische Studien aus den Jahren 1905, 1906, 1907 und 1909. Academische Abhandlung. Helsingfors, 1910.
Здѣсь подробныя указанія на литературу ледяного періода южной части Восточной Сибири.

36. *Günther*. Lehrbuch der Geophysik. 1884.

37. *W. Davis*. The Sculpture of mountains by glaciers. Scottish Geographical Magazine. 1906.

38. *W. Dall*. A fossil Glacier of Jakutat Bay, Alaska. Proceedings of the Royal Geogr. Soc. Vol. XX, 1880.

39. *W. Dall*. Notes on Alaska and vicinity of Bering-Strait. American Journal of Science. Vol. XXI, 1881.
Геологическое описаніе ледяныхъ массъ Эшшольцевой губы.

40. *Dunker*. Ueber die Benützung tiefer Borlöcher zur Ermittelung der Temperatur des Erdkörpers und die deshalb in dem Borloche I zu Sperenberg auf Steinsalz angestellten Beobachtungen.

Zeitschrift für d. Ges. Naturwissenschaften (2 Ser.). Band VI, s. 319.

41. *Elias Ney.* Narrative of a journey through Western Mongolia.

Journ. of the K. Geogr. Soc. XLIII. 1873.

42. *Залѣскій.* Къ вопросу о мерзлой почвѣ и ледяныхъ слояхъ Сибири.

Протоколы Томскаго Общества Естествоиспытателей. 18 января, 1893 г.

43. *Залѣскій.* Геотермическія наблюденія на Ильинскомъ пріискѣ Забайкальской области во время командировки 1894 г.

Вѣстникъ золотопромышленности и горнаго дѣла. 1895 г., № 1.

44. *Залѣскій.* Наблюденія надъ температурою воды колодцевъ во время научной экспедиціи лѣтомъ 1893 г. отъ Барнаула до Кулундинской степи.

Извѣстія Имп. Русск. Геогр. Общ. Т. XXX, 1894 г.

45. *Западная Сибирь.* Томъ изъ „Россіи" изданія Девріена.

46. Зимнее содержаніе шлюзовъ.

Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1893 г., кн. 5—6, стр. 149—167.

47. *Иностранцевъ.* Геологія.

48. *Инструкція* для наблюденій надъ плотностью снѣга.

Метеорологическій Вѣстникъ, 1892 г.

49. *Инструкція* для изученія мерзлоты почвы въ Сибири. Редакц. Мушкетова.

Приложеніе къ Извѣстіямъ Р. Геогр. Общ. Т. XXXI. Вып. I, 1895.

50. *L. Jacewsky.* Der Eisboden von Sibirien.

Litteraturbericht in Petermann's Mittheilungen, 1891, № 317.

51. *С. Д. Карейша.* Объ осушеніи полотна съ цѣлью уничтоженія пучинъ.

Протоколъ V Совѣщ. Съѣзда Инж. сл. пути. Москва, 1889.

52. *Клоссовскій.* Температура почвы на юго-западѣ Россіи.

Одесса. 1888. (Здѣсь вообще о наблюденіи температуры почвы).

53. *Книповичъ.* Основы гидрологіи европейскаго Ледовитаго океана.

Записки Импер. Русск. Геогр. Общ. Т. XLII. 1906 г.

Много данныхъ о температурѣ побережья; литература по гидрологіи Ледовитаго океана.

54. *Ѳ. Кнорингъ.* О дренированіи насыпи на 84 и 96 верстахъ Уссурійской ж. д.

Труды XVI Совѣщ. Съѣзда Инж. сл. пути, 1898 г.

55. *Н. Козьминъ.* О ледниковыхъ явленіяхъ въ Олекминско-Витимской горной странѣ.

Извѣстія Вост.-Сиб. Отд. Имп. Русск. Геогр. Общ. Т. XXI, № 1.

56. *Н. Козьминъ.* О явленіяхъ вѣчной мерзлоты въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Восточной Сибири.

Извѣстія Вост.-Сиб. Отд. Имп. Русск. Геогр. Общества. Т. XXIII, №№ 4 и 5, стр. 46.

57. *П. Крапоткинъ.* Отчетъ объ Олекмо-Витимской экспедиціи.

Записки Имп. Р. Г. Об. Т. III. 1873 г.

58. *P. Krapotkin.* The Desiccation of Eur-Asia.

Geogr. Journal. T. XXIII. 1904.

59. *Крыловъ.* Путевыя замѣтки объ Урянхайской землѣ.

Записки Им. Р. Г. Общ. XXXIV. 1903.

60. *Kupfer.* Note relative à la temperature du sol et l'air aux limites de la culture des céréales.

Bull. de la classe phis.-math. de l'Académie d. Sc. 1845. T. IV, №№ 78 и 79.

61. *Kupfer.* Mittlere Luft-und Bodentemperatur im Östlichen Russland.

Ann. d. Phys. und Chem. Bd. XV. S. 176.

62. *Ларіоновъ.* О дѣйствіи мороза на земляные откосы.

Журн. Мин. Пут. Сообщ. 1909, кн. 2, стр. 83.

63. *Левандовскій.* Зимнее содержаніе шлюзовъ въ Финляндіи. Журн. М. П. С. 1886, кн. 1.

64. *H. Leder.* Eine Sommerreise in der nördlichen Mongolei im Jahre 1892. Mitt. d. G. G. XXXVIII. 1895. Wien.

65. *Э. Лейстъ.* О температурѣ почвы въ Павловскѣ.

Записки Имп. Ак. Наукъ. Т. LXVI. 1891.

66. *Э. Лейстъ.* О температурѣ почвы въ Павловскѣ.

Метеорологическій Вѣстникъ. Т. I, № 7.

67. Листокъ для собиранія свѣдѣній о донномъ льдѣ и пояснительная къ нему записка.

Изданіе Имп. Русск. Геогр. Общ.

68. *Ліонъ.* О вліяніи плывуна и глины на образованіе желѣзнодорожныхъ пучинъ.

Журн. Мин. Пут. С. 1894, кн. 2.

69. *Ліонъ.* Осушеніе пучинистой выемки.

Журналъ Мин. Путей Сообщенія. 1893 г., кн. 3, отд. 1.

70. *Лопатинъ.* Объ изборожденныхъ и отшлифованныхъ льдомъ валунахъ и утесахъ по берегамъ Енисея къ сѣверу отъ 60° с. ш.

Записки Имп. Русск. Геогр. Общ. Т. IV. 1871, стр. 291—328.

71. *Лопатинъ.* Нѣкоторыя свѣдѣнія о ледяныхъ слояхъ въ Восточной Сибири.

Приложеніе къ XX т. Записокъ Академіи Наукъ. 1877, стр. 1—32.

72. *Лопатинъ.* О ледяныхъ слояхъ въ Восточной Сибири. XXIX томъ Записокъ Академіи Наукъ. 1876.

73. *Любимовъ.* Пучины на желѣзныхъ дорогахъ и мѣры къ ихъ устраненію. СПБ. 1897.
Также XLI выпускъ Сборника Инст. Инжен. Путей Сообщ.

74. *Любимовъ.* Очеркъ эксплоатаціи Сибирской жел. дор. въ первые три года послѣ соединенія Западно-Сибирскаго участка съ Средне-Сибирскимъ.
Изв. Собр. Инж. П. С. 1904.

75. Лѣтописи Главной Физической Обсерваторіи.

76. *Маакъ.* Вилюйскій округъ. СПБ. 1882.

77. *Майдель.* Путешествія по Якутской области.

78. *В. Мацѣевичъ.* Случаи возведенія сооруженій на вѣчной мерзлотѣ.
Извѣстія Общества Гражданскихъ Инженеровъ. СПБ. 1907. Январь.

79. Метеорологическія и геологическія наблюденія и выводы— рядъ статей въ Морскомъ Сборникѣ, Журналѣ Министерства Государственныхъ Имуществъ, Извѣстіяхъ, запискахъ и отчетахъ Русскаго Географическаго Общ., Извѣстіяхъ и Запискахъ Акад. Наукъ, Лѣтописяхъ Главн. Физич. Обсерваторіи, Метеорологическомъ Сборникѣ, Repertorium für Meteorologie (изд. Академіи), Метеорологическомъ Вѣстникѣ, Журналѣ Русск. Физико-Химическ. Общ., Сборникѣ Трудовъ Кабинета Физической Географіи Импер. СПБ. Унив.; Sitzungsberichte der Rgl. Preussischen Akad. der Wiss., Math. naturwiss. Klasse; Annuaire de la Société Météorol. de France; Bull. of the Geolog. Soc. oft. America; Journ. of the Royal Meteor. Soc., Zeitschr. der Oest. Gesell. für Meteor.; Geographische Mitth. (Petermanns); Geogr. Abhandlungen; Alpine Journal; Archives des Sc. phys. et naturelles; Bull de la Soc. de Geogr.; The Geogr. Journ.; Journ. of the R. Geogr. Soc.; Mittheil. der Rais. Königl. Geogr. Gesell. in Wien; Zeitschr. der Gesell. für Erdkunde; Zeitschift für Gletscherkunde; Scottish Geograph.

Magazine; Nature; Deutsch. Geogr. Blätt.; American Journ. of Sc.; Proceed. of the R. Geogr. Soc.; Ежегодн. по геол. и минерал. Россіи; Геолог. изслѣд. въ золотоносн. обл. Сибири; Горномъ Журн.; Запискахъ Зап.-Сиб. Отдѣла Им. Р. Г. Общ.; Зап. Имп. Р. Минерал. Общ.; Зап. Сиб. Отдѣла Им. Р. Геогр. Общ.; Землевѣдѣніи—органѣ геогр. отд. Имп. Общ. люб. естествозн., антроп. и этногр.; Изв. Восточн. Отд. Имп. Р. Г. Общ.; Трудахъ геологич. части Кабин. Его Велич.; Изв. Имп. Томск. Унив.; Трудахъ Имп. СПБ. Общ. естествоиспытателей; Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ; Трудахъ съѣзд. естеств. и врачей.

80. *Middendorf.* Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens. I Band. I Theil. S. 85—183.

81. *Миддендорфъ.* Путешествіе на сѣверъ и востокъ Сибири. 1862. Ч. I. Отдѣлъ III.

82. *E. Michaelis.* An Ice-Period in the Altaï-Mountains. Nature. 1886.

83. *Mohn und Nansen.* Wissenschaftliche Ergebnisse von Nansen's Durchquerung von Grönland. 1888.
Ergänzungsheft № 105 zu „Petermann's Mittheilungen". 1892.

84. *И. Мушкетовъ.* Физическая геологія. СПБ. 1891—1905.

85. *Никольскій.* Островъ Сахалинъ и его фауна позвоночныхъ животныхъ.
СПБ. 1889 г. Прилож. къ LX т. Зап. Имп. Акад. Наукъ.

86. *Nordenscheld.* Die Umsegelung Asiens und Europas.

87. *Nordenscheld.* Wissenschaftliche Erdgebnisse der Vega-Expedition.

88. О причинахъ появленія пучинъ и о мѣрахъ къ ихъ уничтоженію.
Протоколы 3-ей комиссіи I совѣщательнаго съѣзда инженеровъ сл. пути.

89. О пучинистыхъ мѣстахъ въ полотнѣ желѣзной дороги. Записка Инспекціи жел. дорогъ.

Приложеніе къ протоколу XIII сов. съѣзда инж. сл. пути.

90. *Обручевъ*. Геологическія изслѣдованія Олекминско-Витимской горной страны.

Изв. Восточ.-Сиб. Отд. Имп. Р. Геогр. Общ. Т. XXII. 1891.

91. *Обручевъ*. Почвенный ледъ и условія сохраненія труповъ послѣтретичныхъ животныхъ на сѣверѣ Сибири.

Изв. Вост.-Сибирск. Отдѣла Им. Р. Г. Общ. Т. XXIII, № 2, 1892.

92. Описанія путешествій М. Геденштрема, Ф. Врангеля, К. Дитмара, Г. Майделя, А. Бунге (каменн. ледъ Сѣв. Сибири), капитана Н. Юргенса, K. Steenstrup, Дригальскаго (гренландскій каменный ледъ).

93. *Пассекъ*. Мѣстныя условія, климатъ и вѣчно-мерзлые грунты Головного участка Западно-Амурской ж. д.

Извѣстія Собранія Инженеровъ Путей Сообщенія. 1911 г., № 3.

94. *Penck und Brückner*. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig. 1901—1909.

95. *Penk*. Die Eismassen der Eschschulz-Bai.

Deutsche Geogr. Blätt. IV Jahrg. Bremen. 1881.

96. *Пилипенко*. Къ вопросу о ледниковомъ періодѣ на Алтаѣ. Ежегодн. геологіи и минералогіи, XII, 1910.

97. *Poisson*. Théorie mathématique de la chaleur, Paris, 1835.

98. *Подьяконовъ*. Наледи Восточной Сибири и причины ихъ возникновенія.

Извѣстія Имп. Русск. Геогр. Общ. 1903. Т. XXXIX, вып. IV.

99. *И. Поляковъ*. О Сахалинѣ.

Изв. Имп. Русск. Геогр. Общ. Т. XIX, стр. 22 и 26.

100. Почва и климатъ Камчатки.
СПБ. Вѣдомости, 1836 г., № 184.

101. *Н. И. Прохоровъ.* О результатахъ наблюденій надъ мерзлой почвой сѣверо-востока Амурской области.
Докладъ, читанный въ Институтѣ Инж. Путей Сообщенія 15 января 1911 г.

102. Работы Кейзерлинга, Бардо-де-Марни и А. Штукенберга по вопросу о ледниковомъ періодѣ сѣвера Россіи.

103. *W. Ramsay.* Geologische Beobachtungen auf der Halbinsel Kola, Fennia 3, № 7, 1890. Данныя наблюденій, подтверждающія существованіе на полуостровѣ Кола ледниковъ въ дилювіальный періодъ.

104. *Richardson.* The Polar Regions, Edinburgh, 1861.
Зоологія полярной области, данныя о распространеніи мерзлоты по рѣкѣ Меккензи и на мысѣ Майтлэндъ.

105. *J. Russel.* Notes on the surface Geology of Alaska.
Bull. of the Geol. Soc. of America, Vol. I. 1890. Здѣсь, между прочимъ, литература, преимущественно на англійскомъ языкѣ.

106. *Sauer.* Reise nach den nördlichen Gegenden vom Russischen Asien und America unter commodor Billing's in den Jahren 1785 bis 1794. Weimar, 1803.

107. *Seeman.* Narrative of the voyage of H. M. S. „Herald". London. 1853. Каменный ледъ Эшшольцевой губы.

108. *Seton-Karr.* The Alpine Regions of Alaska.
Proceedings of the R. Geogr. Soc. Vol. IX, № 5, May 1887.

109. *Stapff.* Studien ueber die Waermevertheilungen im Gotthard. Bern. 1877.

110. *Suess.* Antlitz der Erde.
Описаніе залеганія льда въ Эшшольцевой губѣ.

111. *Толль.* Ископаемые ледники Ново-Сибирскихъ островов, ихъ отношеніе къ трупамъ мамонтовъ и къ ледниковому періоду. На основаніи работъ двухъ экспедицій, снаряженныхъ Имп. Ак. Наукъ въ 1885—1886 и 1893 гг.
Записки Имп. Р. Геогр. Общ. Т. XXXII, № 1, 1897.

112. *Толль.* Объ ископаемыхъ ледникахъ на Новой Землѣ.
Записки Академіи Наукъ, т. 75; тетр. 1, 1894.

113. *Толль.* Объ ископаемыхъ ледникахъ.
Зап. Им. Р. Г. Общ. Т. XXX, вып. 4, 1894.

114. *Толль.* Сообщеніе о путешествіи на Ново-Сибирскіе острова.
Petermann's Mtt. T. 40, 1894.

115. *Толмачевъ.* Къ вопросу о ледниковомъ періодѣ въ Сибири.
Труды Общ. естествоиспыт. Протоколы. Т. XXX. 1899.

116. *Толмачевъ.* Формы поверхности и строенія земной коры въ предѣлахъ Западной Сибири.
„Россія", т. XVI. Западная Сибирь. СПБ. 1907.

117. *Topham.* Expedition to Mount St. Elias, Alaska.
Alpine Journal. Vol. XIV, № 105. Aug. 1889.

118. Труды русской полярной станціи въ Сагастырѣ въ устьѣ Лены.
Часть II: выпускъ 1—метеорол. наблюденія за 1882—83 гг.; 1886.
выпускъ 2—метеорол. наблюденія за 1883—84 гг.; 1887.

119. Труды русской полярной станціи въ Кармакулахъ на Новой Землѣ.
Часть II. Метеорологическія наблюденія, 1886 г.

120. *Турцевичъ.* О мѣрахъ противъ пучинъ на Николаевской ж. д.
Протоколъ XII совѣщательнаго Съѣзда Инженеровъ сл. пути.

121. *Федоровъ, Е. С.* Замѣтки о нахожденіи мѣловыхъ и валунныхъ отложеній въ пріуральской части Сѣверной Сибири.
Извѣстія Геологическаго Комитета. Т. VI. 1887.

122. *Фигуринъ,* медико-хирургъ. Записки, веденныя во время описи береговъ Сѣверо-Восточной Сибири.
Записки Государственн. Адмиралтейскаго Департамента, V. 1823.

123. *Фитингофъ.* О Кударинскомъ землетрясеніи 30 и 31 дек. 1861 г. развѣдки буреніемъ.
Горный Журналъ 1865 г. Т. III.

124. *Fourier.* Theorie analytique de la chaleur. Paris, 1822.

125. *Heim.* Gletscherkunde.

126. *Höfer.* Graf Wilczek's Nordpolfahr. Peter. Mitth. 1875. B. 21.
Описаніе вѣчныхъ ледяныхъ полей на Новой Землѣ въ котловинѣ между цѣпью Петермана и гребнями Драшевскимъ и Бессельскимъ.

127. *Höfer.* Ibid. B. 20, 1874. Гипотеза древняго оледенѣнія на основаніи найденныхъ авторомъ полированныхъ скалъ на островѣ Гельмерсена.

128. *Хоменъ.* Оборотъ тепла въ почвѣ.
Сборникъ Трудовъ Кабинета Физ. Геогр. Имп. Петерб. Ун., вып. 2.

129. *Хоменъ.* Оборотъ тепла въ почвѣ.
Метеорологическій Вѣстникъ. 1898.

130. *Homen.* Der tägliche Wärmeumsatz im Boden.-Leipzig. 1897.

131. *Ѳ. Чернышевъ.* Travaux executés au Timane en 1890. Compte-rendu préliminaire. Bull. d. Com. Géol. St.-Pet. 1891.
Вопросъ о ледниковомъ періодѣ въ области восточнѣе Бѣлаго моря въ низменности между Тиманомъ и Ураломъ.

132. *Черскій.* Мнѣніе о бывшемъ въ послѣтретичный періодъ

весьма значительномъ распространеніи водъ Ледовитаго Океана въ Сибири.

Изв. Сиб. Отд. И. Р. Г. Общ. 1877. Т. VIII.

133. *Черскій.* О геологической исторіи Сѣверной Азіи.
Труды СПБ. Общества Естествоиспытателей. Т. XVIII, вып. 2.

134. *Черскій.* Къ вопросу о слѣдахъ древнихъ ледниковъ въ Восточной Сибири.
Изв. Вост.-Сибирск. Отд. И. Р. Г. Общ. Т. XII. 1882.

135. *Черскій.* Предварительный отчетъ объ изслѣдованіяхъ въ области Колымы, Индигирки и Яны.
Прилож. къ LXXIII т. записокъ Ак. Наукъ. № 5, 1893.
О слѣдахъ древнихъ ледниковъ въ Верхоянскихъ горахъ.

136. *Tschersky.* Wissenschaftliche Resultate der Neusib. Exp. Abth. IV.
Beschreibung der Sammlung posttertiarer Säugethierreste.
Mém. de l'Acad. Imp. d. Sc. VII. Ser. T. XL, № 1. СПБ.

137. *Шергинъ.* Температура почвы въ Якутскѣ.
Журналъ Мин. Народн. Просв., 1839, ч. 21, № 2.

138. *Шмидтъ.* Einige Mittheilungen über die gegenwärtige Kenntniss der glacialen und postglacialen Bildungen im silurischen Gebiete von Ehstland, Oesel und Ingermanland.
Zeitsch. d. Deutsch. Geol. Gesell. 1884.

139. *Шмидтъ.* Resultate der Mammuthexpedition.
Mém. de l'Acad. Imp. d. Sc. T. XVIII, № 1, 1872. СПБ.

140. *Schrenck.* По вопросу о находкѣ мамонта въ сѣв. Сибири.
Bull. de l'Académie Imp. des Sciences de St.-Pét. T. XVI. 1871 г.

141. *Штукенбергъ.* Замѣтка о пучинахъ на желѣзныхъ дорогахъ.
Журналъ Мин. Путей Сообщенія. 1885, кн. 10.

142. *Шульгинъ.* Къ вопросу о пучинахъ. Инженеръ. 1901, кн. 2.

143. *Щукинъ*. Образованіе льда на днѣ Ангары и другихъ рѣкъ Восточной Сибири.

Отечественн. Записки. 1846. Т. 49, № 11.

144. *Эдельштейнъ и Герасимовъ*. Инструкція для изученія древняго оледенѣнія въ альпійскихъ странахъ. 1909.

Изданіе Имп. Р. Г. Общества.

145. *Ясинскій*. О новѣйшихъ изслѣдованіяхъ причинъ пученія желѣзнодорожнаго полотна и мѣрахъ къ ихъ устраненію.

Извѣстія Собранія Инж. Пут. Сообщенія. 1891, №№ 13—14.

146. *Ячевскій*. О вѣчно-мерзлой почвѣ въ Сибири и ледяныхъ слояхъ.

Изв. Имп. Р. Г. Общ. Т. XXV. В. 5, 1889.

147. *Ячевскій*. О гидравлической разработкѣ золотыхъ промысловъ въ Восточной Сибири.

Протоколы Общ. Горн. Инж. Вып. 2.

148. *Ячевскій*. Программа для собиранія свѣдѣній о вѣчно-мерзлой почвѣ и ледяныхъ слояхъ. 1889. Изданіе Имп. Р. Геогр. Общества.

149. *Ячевскій*. Исчезновеніе рѣки Иги, вытекающей изъ озера Косоголъ, вслѣдствіе оттаиванія вѣчно-мерзлой почвы подъ русломъ.

Изв. Восточно-Сиб. Отд. Имп. Р. Г. Общ. Т. XVII.

150. *Ячевскій*. Замѣтки о геотермическихъ наблюденіяхъ въ Сибири.

Записки Имп. СПБ-скаго Минерал. Общ. Т. XXXI, 2 сер., стр. 161.

151. *Ячевскій*. Сѣверный Енисейскій Горный Округъ, 1894 г. № 1.

152. *Квашнинъ-Самаринъ*. Морзлота, какъ факторъ почвообразованія и геологическій дѣятель.

Матеріалы по изученію русскихъ почвъ, 1911 г.

153. *Кузенева*. Эволюція болотъ и опытъ ихъ классификаціи.

Журн. Почвовѣд., 1912.

154. *Н. И. Прохоровъ.* Наблюденія надъ мерзлотой.

Труды метеорологическаго съѣзда при Иркутской Обсерваторіи, 1911 г.

155. *Н. И. Прохоровъ.* Докладъ о мерзлотѣ въ геологической секціи XII съѣзда естествоиспытателей и врачей.

Труды XII съѣзда (Москва).

156. *В. Е. Тимоновъ.* Описаніе Амурскаго воднаго бассейна.

157. *Тове и Ивановъ.* Экономическое обслѣдованіе пріисковъ (4 тома).

158. *Фельдтъ.* Новый принципъ водоснабженія.

Н. Богдановъ.

Выработанная горнымъ инженеромъ *Ячевскимъ*, разсмотрѣнная и одобренная къ руководству Императорскимъ Русскимъ Географическимъ Обществомъ въ 1890 году

Программа

для собиранія свѣдѣній о вѣчно-мерзлой почвѣ и ледяныхъ слояхъ.

1.

Точное обозначеніе мѣстности и времени наблюденія (годъ, мѣсяцъ, день и часъ).	Напримѣръ:—Забайкальской области Нерчинскаго округа пріискъ такой-то; названіе рѣчки, на которой онъ расположенъ, съ обозначеніемъ, послѣдовательно, въ какую она впадаетъ (напримѣръ: Узурь-Малагай, правый притокъ Дорасуна, впадающаго съ лѣвой стороны въ р. Тургу, правый притокъ Нерчи).

2.

a) Направленіе теченія рѣки (напримѣръ:—съ запада на востокъ).
b) Ширина долины рѣки.
c) Количество воды въ рѣкѣ.
d) Время замерзанія и вскрытія рѣки.

3.

Условія залеганія и работы на пріискѣ.
a) Гдѣ расположенъ пріискъ (въ долинѣ или на увалѣ).
b) Какъ разрабатывается пріискъ (открытыя или подземныя работы).
c) Толщина шурфовъ.
d) Толщина пласта.
e) Родъ почвы (ребровикъ, известнякъ, дресва, галечникъ?).

4.

Есть ли на пріискѣ вѣчно-мерзлая почва?

Если есть, то на всемъ ли пріискѣ или только въ нѣкоторыхъ его частяхъ и въ какихъ именно. (Въ этомъ послѣднемъ случаѣ было бы желательно имѣть планъ пріиска съ обозначеніемъ на немъ странъ свѣта и нанесеніемъ отъ руки тѣхъ мѣстъ, гдѣ наблюдается талый и мерзлый грунтъ).

5.

При производствѣ развѣдки наблюдалась ли мерзлая почва:

a) до самой почвы розсыпи,

b) или надо было работать шурфы промораживаніемъ.

Примѣчаніе. Въ послѣднемъ случаѣ желательно имѣть указанія, на какихъ глубинахъ въ различныхъ шурфахъ былъ встрѣченъ талый грунтъ.

6.

Не наблюдается ли при разработкѣ пріиска среди шурфовъ пласта ледяныхъ слоевъ, массъ или жилъ.

a) Не бываютъ ли ледяные слои только въ шурфахъ или только въ пластѣ.

b) Какимъ представляется ледъ въ этихъ ледяныхъ включеніяхъ: плотный или пористый, чистый или съ примѣсью глины и песку.

7.

Въ случаѣ мерзлаго грунта—нѣтъ ли на пріискѣ или вблизи его ключей, незамерзающихъ во всю зиму; крайне желательно указаніе на ихъ температуру, съ обозначеніемъ, по какому градуснику она отсчитана (т. е., Р. или Ц., былъ ли онъ кѣмъ-нибудь провѣренъ, и въ этомъ случаѣ—каковы его поправки).

8.

Какой толщины снѣжный покровъ зимою и когда бываютъ большіе дожди.

Примѣчаніе. Кромѣ того, желательно получить всякія свѣдѣнія по этому вопросу, какія отвѣчающій на данную программу считалъ бы полезнымъ прибавить.

Особенно желательно производство наблюденій въ концѣ лѣта и осенью.

Инструкція

для изученія мерзлоты почвы.

* * *

Въ концѣ 1894 года Управленіе по сооруженію Сибирской желѣзной дороги обратилось въ Императорское Русское Географическое Общество съ просьбою составить инструкцію для изслѣдованія вѣчно мерзлой почвы, распространенной въ нѣкоторыхъ частяхъ желѣзнодорожной полосы.

Отдѣленіе Физической Географіи избрало изъ своей среды особую комиссію [1]), а эта послѣдняя привлекла къ участію въ своихъ работахъ нѣкоторыхъ изъ инженеровъ, какъ участвовавшихъ уже въ желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ въ Сибири, такъ и тѣхъ, которымъ предполагается поручить производство изслѣдованій.

Путемъ многостороннихъ обсужденій выяснилось, что инструкція должна съ одной стороны отвѣчать требованіямъ строго научнаго изученія вопроса, съ другой же она должна возможно полно и отчетливо способствовать правильному рѣшенію запросовъ практики. Кромѣ того было установлено, что инструкція должна быть по возможности подробная.

Въ инструкцію включено не только изученіе **вѣчной мерзлоты**, но и изученіе **временной мерзлоты** и ежегоднаго **промерзанія почвы**. При этомъ подъ **вѣчною мерзлотою** понимается такой, остающійся вѣчно мерзлымъ, грунтъ, существованіе котораго обусловлено совокупностью цѣлаго ряда естественныхъ факторовъ, дѣйствующихъ непрерывно на обширной площади въ теченіи геологическаго періода исторіи земли.

---

[1]) Въ составъ комиссіи подъ предсѣдательствомъ И. В. Мушкетова вошли: д. члены: К. И. Богдановичъ, А. И. Воейковъ, Э. А. Коверскій, В. А. Обручевъ, М. А. Рыкачевъ, баронъ Э. В. Толль, Ю. М. Шокальскій (секретарь Отд. Физ. Геогр.), І. Б. Шпиндлеръ, Л. А. Ячевскій и приглашенные инженеры г.г.: Адріановъ, Сергѣевъ, Тове и Егоровъ.

Временною мерзлотою можно назвать включенія мерзлаго грунта среди талой почвы, существующія, благодаря случайному сочетанію нѣкоторыхъ факторовъ, на небольшой площади и незначительный промежутокъ времени; при томъ уничтоженіе этихъ включеній мерзлаго грунта находится во власти человѣка.

На границахъ распространенія вѣчной мерзлоты могутъ быть случаи, когда наблюдатель не всегда можетъ рѣшить вопросъ, съ какимъ типомъ мерзлой почвы онъ имѣетъ дѣло. Такъ что раздѣленіе на вѣчную и временную мерзлоту имѣетъ чисто условное значеніе и введено главнымъ образомъ только съ тою цѣлью, чтобы будущія наблюденія имѣли въ виду эту разницу и доставили бы болѣе полныя и положительныя данныя, по которымъ можно было бы точнѣе опредѣлить и выяснить различіе между временной и вѣчной мерзлотой.

Слова **грунтъ, почва** употребляются здѣсь въ значеніи нѣкотораго поверхностнаго слоя земной коры, независимо отъ петрографическаго его состава. Мерзлымъ можетъ быть какъ гранитъ, такъ и рѣчной галечникъ, какъ слюдяный сланецъ или діабазъ, такъ и мергель, песчаникъ, глина и т. д.

При многихъ желѣзнодорожныхъ сооруженіяхъ необходимо знать глубину зимняго промерзанія почвы, и такъ какъ изученіе этого явленія весьма удобно соединить съ изученіемъ мерзлой почвы вообще, то поэтому приложены необходимыя наставленія и въ этомъ отношеніи.

Кромѣ того, принимая во вниманіе заявленіе инженеровъ-строителей, даны указанія для изученія колодцевъ, какъ въ термическомъ, такъ и въ гидрологическомъ отношеніяхъ.

Комиссія полагаетъ полезнымъ обратить вниманіе изслѣдователей на краткую программу изданную Императорскимъ Русскимъ Географическимъ Обществомъ еще въ 1890 г. и озаглавленную: **Программа для собиранія свѣдѣній о вѣчно мерзлой почвѣ и ледяныхъ слояхъ.** Она можетъ быть особенно полезна при собираніи распросныхъ свѣдѣній, которыми ни въ какомъ случаѣ пренебрегать не слѣдуетъ, а напротивъ того тщательно заносить ихъ въ свои дневники.

Хотя настоящая инструкція вызвана потребностями Сибири, но она можетъ служить руководствомъ и въ другихъ областяхъ Россіи.

---

* * *

Изученіе вѣчно мерзлой почвы распадается на два отдѣла: 1) на изученіе мерзлой почвы какъ явленія, обусловленнаго сочетаніемъ цѣлаго ряда физическихъ факторовъ, и 2) на изученіе ея вертикальнаго и горизонтальнаго распространенія.

Для изученія связи, имѣющейся между существованіемъ вѣчно мерзлой почвы и физическими агентами ее обусловливающими, необходимо устроить особыя станціи, на которыхъ самымъ точнымъ образомъ регистрировался бы ходъ главнѣйшихъ физическихъ дѣятелей и производились бы наблюденія надъ свойствами вѣчно мерзлаго слоя.

Для изученія горизонтальнаго распространенія вѣчно мерзлой почвы достаточно ограничиться экскурсіонными или ходовыми наблюденіями, органически связанными со станціонными.

Станціонныя изслѣдованія.

а) Общія замѣчанія.

Имѣющіяся въ настоящее время данныя указываютъ, что вѣчно мерзлая почва представляетъ сложную функцію географическаго положенія мѣстности, ея абсолютной высоты, климатическихъ особенностей, снѣжнаго покрова, конфигураціи, геологическаго состава, гидрологическихъ свойствъ. Количественное вліяніе того или другого фактора на существованіе и особенности вѣчно мерзлой почвы въ настоящее время не можетъ быть опредѣлено даже съ отдаленнымъ приближеніемъ, а потому при выборѣ мѣстъ для устройства такихъ геотермическихъ станцій необходимо руководствоваться тѣмъ положеніемъ, чтобы наши наблюденія позволили по возможности выдѣлить количественное значеніе каждаго изъ факторовъ.

Руководствуясь такимъ основнымъ взглядомъ и признавая, что изученіе вѣчно мерзлой почвы было бы крайне важно, какъ въ предѣлахъ амурскаго, такъ и забайкальскаго участковъ Сибирской желѣзной дороги, комиссія рекомендуетъ устроить четыре постоянныхъ станціи, изъ которыхъ двѣ долинныя и двѣ горныя.

Для поясненія идеи и деталей устройства станціи, прежде всего приведемъ описаніе устройства долинной станціи, расположенной на рѣкѣ, текущей въ меридіанальномъ направленіи.

Въ долинѣ такой рѣки будемъ имѣть два склона, изъ которыхъ одинъ будетъ обращенъ на востокъ, другой на западъ. Слѣдовательно

будутъ на лицо различныя условія инсоляціи, дѣйствія тепла, вѣтровъ, атмосферныхъ осадковъ. Въ орографическомъ, геологическомъ и гидрологическомъ отношеніяхъ оба склона, по всей вѣроятности, окажутся различными; растительный покровъ, вѣроятно, также не будетъ одинаковъ. Отъ лица, устраивающаго станцію, будетъ зависѣть выбрать такое мѣсто, гдѣ эти различія выступаютъ наиболѣе рѣзко.

Вторая долинная станція должна быть устроена на рѣкѣ, имѣющей широтное направленіе.

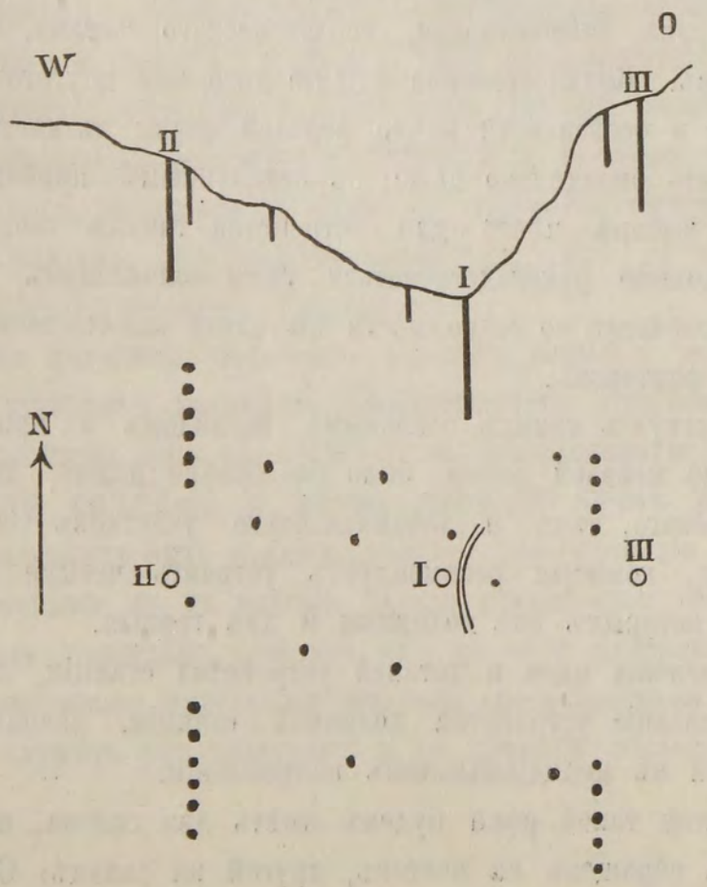
Горныя станціи должны быть расположены по возможности на разныхъ абсолютныхъ высотахъ и въ различныхъ орографическихъ и геологическихъ условіяхъ.

б) Устройство станціи.

Для поясненія устройства станціи приведемъ болѣе подробно описаніе устройства одной долинной станціи.

а) Въ крестъ простиранія долины должны быть заложены три **глубокія буровыя скважины** (фиг. 11):

Фиг. 11.



I. Въ долинѣ рѣки, на первой луговой террасѣ.

II. На W отъ первой на наивысшей террасѣ, и въ разстояніи отъ первой возможно большемъ [1]).

III. На E отъ первой на наивысшей точкѣ берега.

Устья скважинъ должны быть связаны нивеллировкою и привязаны къ реперу; районъ расположенія буровыхъ скважинъ долженъ быть снятъ на планъ въ горизонталяхъ, въ масштабѣ не болѣе 25 саженъ въ дюймѣ; должна быть составлена геологическая карта его и разрѣзъ съ точнымъ опредѣленіемъ паденія пластовъ, направленія отдѣльностей и трещиноватости породъ.

Желательно, чтобы былъ пройденъ вѣчно мерзлый слой. Если этотъ слой окажется не особенно мощнымъ, то слѣдуетъ продолжать буреніе въ подлежащемъ таломъ грунтѣ до глубины не менѣе 50 саж., а если возможно, то и болѣе.

Устье скважинъ должно быть закрѣплено желѣзными трубами, но вообще къ крѣпленію болѣе глубокихъ горизонтовъ слѣдуетъ прибѣгать только въ крайности.

Буреніе скважинъ можно производить любымъ способомъ, но діаметръ скважинъ не долженъ быть великъ, лучше всего ограничиться $2^1/_2$ дюймами, при каковомъ діаметрѣ можно вести буреніе до 50 саженъ.

При производствѣ всѣхъ буреній брать самымъ тщательнымъ образомъ и по возможности чаще пробы, причемъ желательно имѣть образцы не буровой муки, а кусочки пройденныхъ породъ.

Образцы снабжаются ярлыками съ номерами и отмѣтками, соотвѣтствующими номерамъ и знакамъ въ буровомъ журналѣ.

При буреніи обращать вниманіе на водоносность проходимыхъ слоевъ.

b) Кромѣ трехъ глубокихъ скважинъ слѣдуетъ провести **рядъ мелкихъ скважинъ**, предназначенныхъ для изученія хода термическихъ явленій въ верхнихъ горизонтахъ почвы. Скважины эти нужно бурить по возможности безъ промывки.

---

[1]) Въ этомъ частномъ случаѣ предполагается рѣка, текущая съ N на S, т. е. рѣка, у которой развиты террасы на западномъ берегу.

Мелкія скважины должны быть расположены рядами, какъ это показано черными точками на горизонтальномъ планѣ (фиг. 11). Устья ряда скважинъ должны быть на одной горизонтали.

Скважины, расположенныя къ N (кверху) отъ линіи II—III, предназначаются для изученія вліянія растительнаго и снѣговаго покрововъ въ томъ видѣ, въ какомъ они проявляются безъ вліянія человѣка; скважины къ югу должны быть расположены такъ, чтобы съ одной стороны онѣ могли обнаружить лѣтомъ вліяніе растительнаго покрова и его отсутствія, а зимою ходъ температуры въ мѣстности, освобожденной отъ снѣга.

Глубины этихъ маленькихъ скважинъ должны быть = 0,8—1,6—2,4—3,2—5,0—10,0 метра [1]).

Ряды этихъ мелкихъ скважинъ должны быть расположены по склонамъ долины вдали отъ глубокихъ (50—100 саж.) такъ, чтобы онѣ были внѣ вліянія людей. Разстояніе между отдѣльными скважинами въ одной и той же серіи не слѣдуетъ дѣлать болѣе 0,5 метра.

Кромѣ того, какъ по склонамъ долины на разныхъ горизонтахъ, такъ и въ самомъ тальвегѣ слѣдуетъ провести нѣсколько скважинъ, какъ это примѣрно показано на планѣ (фиг. 11) рѣдкими точками или крестиками, эти скважины должны способствовать изученію вліянія разныхъ особенностей долины, въ частности одну скважину слѣдуетъ расположить у рѣки для опредѣленія вліянія воды на термическія свойства почвы. Глубина этихъ скважинъ должна быть одинаковая, именно 2,4 метра.

Всѣ мелкія скважины діаметромъ въ 1″ или 1,5″ должны быть закрѣплены водонепроницаемыми трубками съ плотно пригнанными донышками. Для этой цѣли можно рекомендовать или эбонитовыя трубки, или соотвѣтственно приспособленныя гуттаперчевыя (гладкіе пріемные рукава), или же трубки, склеенныя изъ хорошей бумаги (ватманской) и пропитанныя водоупорнымъ веществомъ. Обсадныя трубки выводятся надъ поверхностью земли на одинъ метръ и закрываются крышками, чтобы въ нихъ не могла попасть атмосферная вода.

---

[1]) Глубины 0,8—1,6 и 3,2 метра установлены для того, чтобы ихъ можно было сопоставлять съ наблюденіями Главной Физической Обсерваторіи.

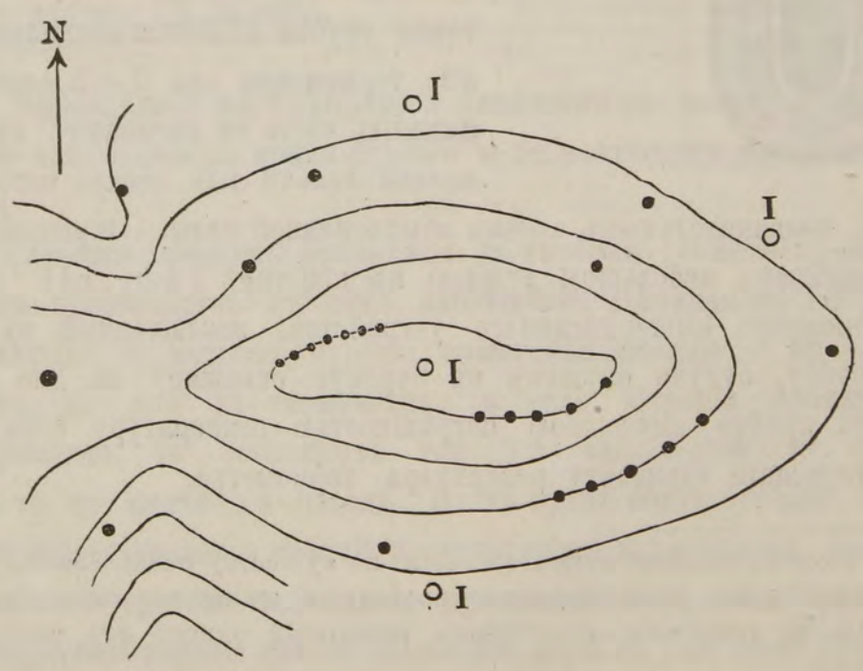
Всѣ мелкія скважины должны быть связаны съ глубокими скважинами нивелировкою и нанесены на планъ, на которомъ кромѣ указаннаго выше, должны быть отмѣчены: лѣсъ, кусты, луга, прогалины и т. д.

c) **При выборѣ мѣста** для устройства станціи изслѣдователь долженъ обращать самое строгое вниманіе, чтобы выбрать такое мѣсто, которое обѣщаетъ дать наиболѣе полный отвѣтъ на поставленный вопросъ. При распредѣленіи скважинъ на данной станціи нужно также взвѣсить внимательно всѣ условія. Напр. на горныхъ станціяхъ слѣдуетъ утилизировать всѣ склоны, въ случаѣ, если имѣются контакты породъ, то не упустить, чтобы часть скважинъ заложить въ разныхъ породахъ и по возможности въ одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ и т. д.

Что касается выбора мѣстъ для устройства станціи, то, предполагая, что изслѣдованія захватятъ Забайкальскую и Амурскую области, можно остановиться примѣрно на Яблоновомъ хребтѣ на долинахъ рр. Нерчи, Зеи, Ингоды и Шилки.

Для лучшаго поясненія устройства горной станціи приложенъ планъ расположенія скважинъ на горной станціи. Обозначенія на немъ такія же, какъ и на рисункѣ долинной станціи (фиг. 12).

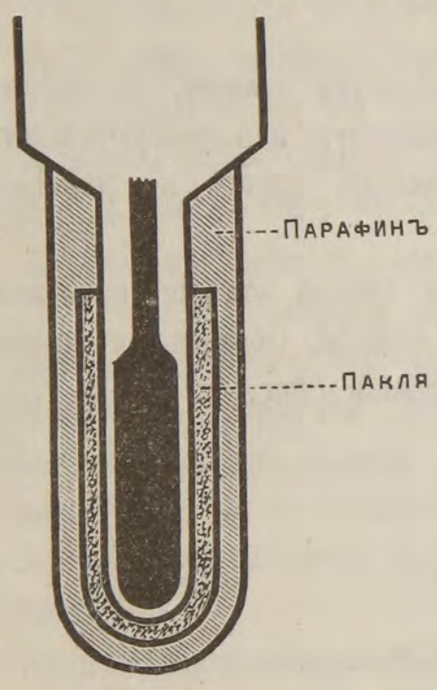
Фиг. 12.



в) Производство наблюденій.

a) Наблюденія надъ температурою какъ въ мелкихъ, такъ и въ глубокихъ скважинахъ слѣдуетъ производить **исключительно ртутными термометрами** съ дѣленіями на десятыя доли градуса, резервуары которыхъ снабжены особою оболочкою, дѣлающею ихъ мало чувствительными къ быстрымъ перемѣнамъ температуры.—Оболочка резервуара термометра дѣлается изъ слоя пакли, покрытаго слоемъ парафина. Такую оболочку можетъ сдѣлать самъ изслѣдователь, нужно имѣть только въ виду, чтобы употреблять не перегрѣтый парафинъ; лучше всего для перваго опыта взять термометръ рыночной работы. Толщина парафиновой оболочки дѣлается отъ 5 до 10 мм. Для поясненія описанія прилагается рисунокъ въ крупномъ масштабѣ (фиг. 13).

Фиг. 13.



b) Приспособленный такимъ образомъ термометръ заключаютъ въ эбонитовую трубку съ донышкомъ внизу, закрывающуюся крышкою сверху; наружный діаметръ эбонитовой трубки долженъ быть немногимъ меньше внутренняго діаметра обсадной трубы. Эбонитовая трубка дѣлается нѣсколько длиннѣе термометра (на 3—5 сант.) и въ нижнюю часть ея засыпаютъ нѣсколько мелкой гальки или песку, который закрываютъ незначительнымъ слоемъ обыкновенной ваты. Открытый конецъ трубки снабженъ небольшою дужкою на шарнирѣ (фиг. 14) [1]).

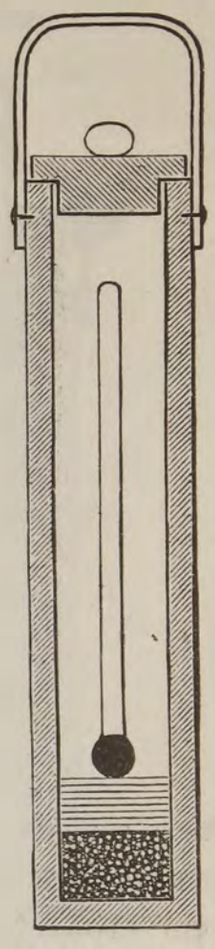
Термометръ вышеописаннаго устройства, заключенный въ эбонитовую трубку, будучи опущенъ въ буровую скважину на дно ея, покажетъ съ крайне ничтожною погрѣшностью температуру слоя почвы, соотвѣтствующаго горизонту резервуара термометра.

---

[1]) Рекомендованныя приспособленія по существу очень близки къ употребляемымъ Главн. Физ. Обсерват.; введенныя же въ нихъ измѣненія проэктированы на основаніи нѣкоторыхъ испытаній одного изъ членовъ Комиссіи.

c) Для того, чтобы устранить въ обсадной трубѣ движеніе воздуха и предотвратить обмѣнъ тепла выше термометра, можно или прикрѣпить трубку съ термометромъ къ небольшой штангѣ, имѣющей діаметръ, близкій къ внутреннему діаметру обсадной трубки, или же привязать трубку съ термометромъ къ бичевкѣ, на которой нанизанъ рядъ деревянныхъ шариковъ или гуттаперчевыхъ кружковъ. Бичевку или штангу прикрѣпляютъ къ крышкѣ, постоянно закрывающей устье скважины.

Фиг. 14.



Рисунки поясняютъ это устройство достаточно наглядно (фигуры 15 и 16).

Приспособленные такимъ образомъ термометры вполнѣ цѣлесообразны для измѣренія температуры на днѣ скважинъ, достигающихъ глубины 10 саж. Но для того, чтобы термометръ принялъ температуру соотвѣтственнаго слоя и чтобы послѣ подниманія и опусканія термометра возстановились тепловыя условія даннаго слоя нужно держать термометръ на днѣ скважинъ не менѣе 6 час., или, еще лучше, 12 часовъ.

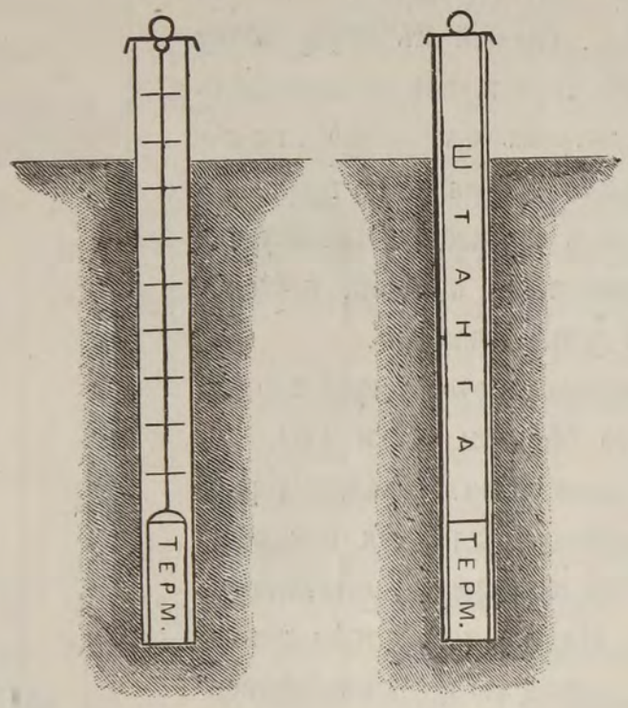
d) **Наблюденія въ глубокихъ скважинахъ** распадаются на два цикла: на наблюденія во время буренія и на наблюденія послѣ окончанія скважинъ.

e) Глубокія скважины приводятся до глубины 10 метровъ безъ обязательнаго производства въ нихъ наблюденій. Начиная съ 10 метровъ черезъ каждые 5 метровъ буреніе пріостанавливается и въ скважину опускаютъ до дна ея термометръ, и если буреніе производилось безъ промывки, то оставляютъ его 12 час., если же съ промывкою, то не менѣе 24 часовъ. Въ то время когда буреніе на одной скважинѣ пріостановлено, рабочіе и инструментъ задолжаются на другой.

Такія поочередныя наблюденія производятся до конца буренія. Въ случаѣ перемѣны породы или же появленія воды въ скважинѣ буреніе не-

медленно пріостанавливается независимо отъ глубины скважины и опредѣляется температура дна ея.

Фиг. 15. Фиг. 16.



f) Точное измѣреніе температуры почвы въ глубокихъ скважинахъ представляетъ не мало затрудненій, заключающихся главнымъ образомъ въ томъ, что глубокія скважины приходится закрѣплять желѣзными трубами и во-вторыхъ въ томъ, что трудно устранить движеніе воздуха или воды и избѣгнуть обмѣна слоевъ съ разною температурою. Приспособленія, употреблявшіяся для очень глубокихъ, большого діаметра, скважинъ, не могутъ быть здѣсь рекомендованы. Ввиду этого, измѣренія температуры въ скважинахъ до 100 м. (около 50 саж.) глубиною можно производить съ достаточною точностью ниже описаннымъ способомъ, причемъ нужно помнить, что, закрѣпивъ скважину въ верхней части, къ крѣпленію нижнихъ горизонтовъ нужно прибѣгать только въ крайности.

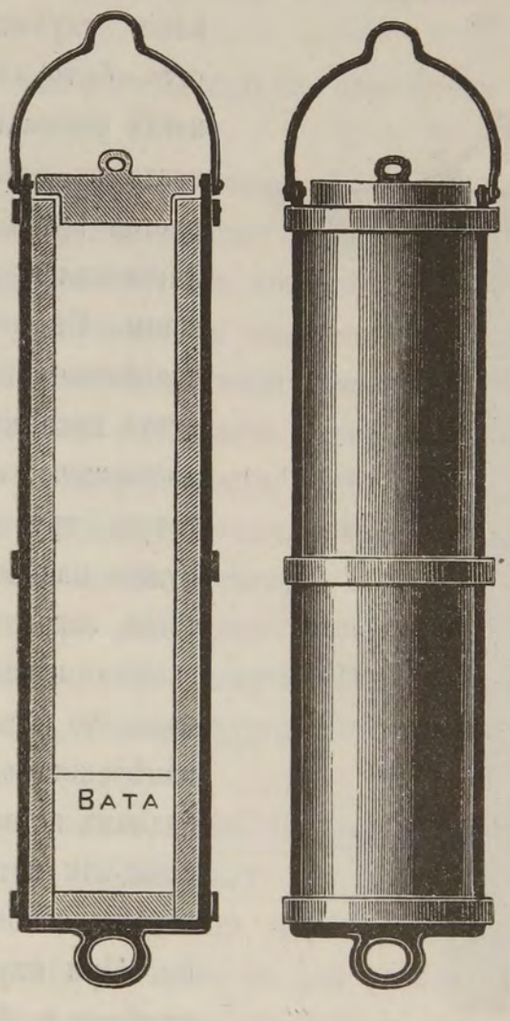
Термометръ для этихъ измѣреній заключаютъ въ эбонитовую трубку, которую для большей прочности обхватываютъ лентою изъ красной мѣди; внизу снабжаютъ ее прочнымъ мѣднымъ кольцомъ (фиг. 17 и 18).

Когда нужно измѣрить температуру слоя почвы на нѣкоторой глубинѣ—поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Положимъ, что нужно измѣрить температуру слоя, отстоящаго на 30 м. отъ поверхности—въ скважинѣ,

глубина которой 100 м. Для этого къ кольцу донышка эбонитовой трубки привязываютъ 70 м. бичевки, на которую черезъ каждыя 0,25 м. надѣтъ

Фиг. 17. Разрѣзъ

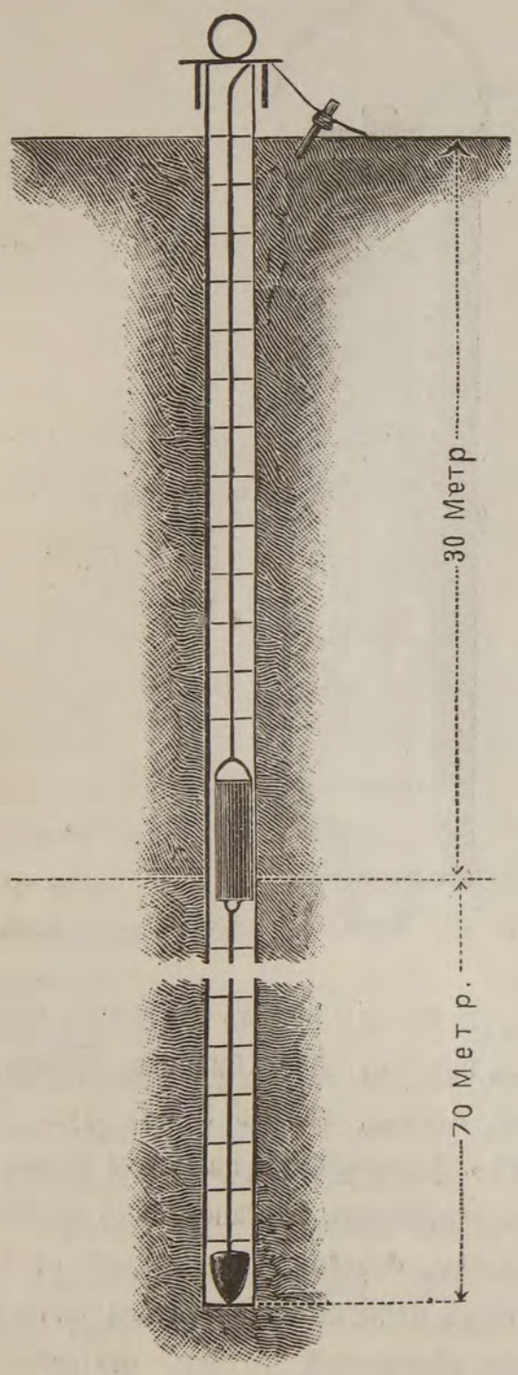
Фиг. 18. Наружный видъ



и закрѣпленъ мягкій гуттаперчевый кружокъ, діаметромъ нѣсколько меньше діаметра скважины (фиг. 19). Къ нижнему концу бичевки привязываютъ грузъ, проще всего свинцовый отвѣсъ, вѣсомъ 3—5 фун. Къ дужкѣ эбонитовой трубки привязываютъ размѣченную на метры бичевку, на которой также черезъ 0,25 метра закрѣплены гуттаперчевые кружки. Когда все такимъ образомъ приготовлено, опускаютъ свинцовый отвѣсъ въ обсадную трубу скважины и за нимъ начинаетъ опускаться бичевка. Когда дойдетъ очередь до опусканія эбонитовой трубки, открываютъ крышку, опускаютъ въ нее термометръ и, закрывъ опять крышку, опускаютъ въ скважину, осторожно отпуская верхній конецъ бичевы до

мѣтки, соотвѣтствующей требуемой глубинѣ, въ данномъ случаѣ 30 метровъ отъ поверхности до резервуара термометра. Конецъ бичевы привязывается къ колу, а устье скважины закрывается крышкою и кошмою. Для поясненія можетъ служить прилагаемый рисунокъ (фиг. 19).

Фиг. 19.



При геотермическомъ изслѣдованіи глубокихъ скважинъ могутъ быть два случая: первый, когда скважина сухая, и второй, когда въ скважинѣ имѣется вода, иногда артезіанская, свободно изливающаяся черезъ устье скважины. Въ первомъ случаѣ производство наблюденій не требуетъ никакихъ добавочныхъ предосторожностей, во второмъ эбонитовую трубку съ термометромъ нужно наполнить водою, и только тогда закрыть крышку. Если изъ скважины изливается артезіанская вода, то желательно произвести измѣренія температуръ при свободномъ истокѣ воды и при прекращеніи истока воды черезъ соотвѣтственное закупориваніе трубы. При опусканіи и подниманіи прибора необходимо избѣгать торопливости, быстраго опусканія и подергиванія при подниманіи. Нужно имѣть ввиду, что какъ ни просто и прочно все приспособленіе, но успѣхъ дѣла главнѣйшимъ образомъ зависитъ отъ внимательности, любви къ дѣлу и находчивости изслѣдователя.

Бичеву необходимо взять лучшую, англійскую, діаметромъ въ $^1/_4$ дюйма, концы длиною въ 60 саж. хорошенько проварить въ маслѣ и

обтянуть такъ, чтобы они больше не скручивались, и только тогда размѣрить бичеву. Отъ времени до времени нужно ее провѣрить.

Если условія позволяютъ, то желательно было бы опустить въ скважину за разъ нѣсколько термометровъ, въ такихъ же эбонитовыхъ трубкахъ, прикрѣпленныхъ къ бичевкѣ на горизонтахъ рекомендованныхъ глубинъ.

g) Наблюденія температуры даннаго слоя почвы производятся слѣдующимъ образомъ.

Наблюдатель приходитъ къ скважинѣ черезъ опредѣленное число часовъ, поднимаетъ осторожно крышку и вмѣстѣ съ этимъ начинаетъ поднимать штангу или бичевку, къ которой прикрѣпленъ термометръ.

Если скважина неглубокая, то онъ легко справляется одинъ, при глубокой же скважинѣ необходимо имѣть помощника, который или поддерживаетъ шангу, или же подбираетъ бичевку.

Взявъ въ руки термометрическую трубку наблюдатель вынимаетъ осторожно термометръ и сдѣлавъ отсчетъ кладетъ его обратно въ трубку. Затѣмъ немедленно записываетъ отсчитанную величину. При отсчитываніи показаній термометра необходимо научить себя отсчитывать сначала доли цѣлаго дѣленія, т. е. десятой части градуса, а затѣмъ уже считать десятыя части и цѣлые градусы. Торопливость не должна здѣсь имѣть мѣсто.

Послѣ того осматриваетъ вновь термометръ и если онъ не поврежденъ, опускаетъ его въ скважину. Въ глубокихъ скважинахъ дѣлаютъ наблюденія въ теченіе цѣлаго года черезъ 2—3 сутокъ, и на каждомъ горизонтѣ послѣдовательно по два раза и черезъ каждые пять метровъ. Въ мелкихъ скважинахъ до 1,6 м. разъ въ сутки около полудня отъ 12—3 ч.

h) Для скважинъ, предназначенныхъ для изученія хода термическихъ явленій подъ нетронутымъ человѣкомъ снѣжнымъ покровомъ, можно попытаться примѣнить термоэлектрическій методъ Беккереля. Для этого въ скважину на дно ея пришлось бы опустить на изолированныхъ мѣдныхъ проволокахъ термоэлектрическій элементъ Беккереля, для котораго предварительно установлена путемъ сравнительныхъ опытовъ термометрическая шкала.

Когда элементъ будетъ опущенъ на дно скважины, ее закрываютъ, опуская штангу съ нѣсколькими тонкими гуттаперчевыми прокладками,

такимъ образомъ, устраняется вліяніе температуры верхнихъ слоевъ на термоэлементъ.

Проводы отъ скважины къ гальванометру должны быть такъ проведены, въ зависимости отъ условій мѣстности, чтобы они не могли быть повреждены ни вѣтромъ, ни снѣгомъ, ни людьми, ни животными.

Но такъ какъ наблюденія по методу Беккереля, въ общемъ, очень сложны, то желательно было бы испытать примѣнимость для этой цѣли термографа Ришара, сравненнаго до и послѣ наблюденія при очень медленныхъ колебаніяхъ температуры и при температурѣ ниже 0°.

Въ виду однако сложности названныхъ приборовъ изслѣдованія хода температуры подъ снѣжнымъ покровомъ можно замѣнить наблюденіями выше описанными ртутными термометрами, но необходимо: 1) обсадныя трубки оставить надъ поверхностью не менѣе, чѣмъ на 1 метръ, и 2) къ термометрамъ заблаговременно провести легкіе высокіе мостики и ходить только по нимъ.

г) Дневникъ.

Дневники, какъ глубокихъ, такъ и мелкихъ скважинъ, ведутся въ двухъ экземплярахъ. Первый представляетъ ту записную книжку, въ которой дѣлаются отмѣтки на мѣстѣ, у скважины, во второй дневникъ вносятся наблюденія немедленно послѣ прихода на станъ.

Форма 1-го дневника.

Мѣсяцъ				Число $\frac{\text{по старому стилю}}{\text{по новому стилю}}$			День недѣли.
№ скважины.	Глубина.	Время опусканія.	Время отсчета.	Отмѣтки по термом. №	Поправка термо-метра.	Исправл. показ. термом.	Примѣчанія.

Примѣчаніе 1-е. Скважины обходятся въ одинаковомъ порядкѣ.

Примѣчаніе 2-е. Для каждаго цикла наблюденій служитъ отдѣльная страница.

Примѣчаніе 3-е. Для глубокихъ скважинъ отмѣчать, сколько времени поднимали термометръ.

Форма 2-го дневника для мелкихъ скважинъ.

Скважина № Глубина

Мѣсяцъ.	Число по старому ст.	Число по новому ст.	День недѣли.	Сколько времени термом. оставался въ скважинѣ.	Глубина.	Т. №	Примѣчанія.

Форма 2-го дневника для глубокихъ скважинъ.

Мѣсяцъ.	Число по стар. ст.	Число по нов. ст.	День недѣли.	Глубина въ метрахъ.									Примѣчанія.
				5	10	15	20	25	30	35	40	и т. д.	
				Температура по термометру.									
				№									

д) Метеорологическія наблюденія.

Метеорологическія наблюденія производятся инструментами, вывѣренными въ Главной Физической Обсерваторіи и по инструкціямъ какъ Обсерваторіи, такъ и Географическаго Общества для станцій II-го разряда.

Для геотермическихъ цѣлей они дополняются слѣдующими наблюденіями:

Вблизи скважинъ I, II и III устанавливаются термометры, употребля-

*

емые на станціяхъ II-го разряда II-го класса. Точно также вблизи этихъ же точекъ устанавливаются флюгера и дождемѣры, кромѣ того, устанавливается еще 3—4 дождемѣра по окраинамъ пространства, занятаго наблюденіями; около почвенныхъ термометровъ располагаются термометры на поверхности почвы. Зимою же термометры устанавливаются на поверхности снѣга, за исключеніемъ тѣхъ скважинъ, въ которыхъ наблюдается температура почвы, освобожденной отъ снѣга.

Независимо отъ этого необходимо выбрать одну изъ наиболѣе открытыхъ наивысшихъ точекъ и на ней въ соотвѣтственной защитѣ установить минимальный термометръ, такъ же точно, въ такой же защитѣ, установить минимальный термометръ и въ наинизшей точкѣ долины.

Относительно снѣжнаго покрова наблюденія ведутся какъ надъ общею его толщиною на всемъ участкѣ, такъ и надъ толщиною выпадающаго каждый разъ снѣга. Интересно и даже необходимо дополнить ихъ наблюденіями надъ плотностью снѣга, не только на станціяхъ, но и при ходовыхъ изслѣдованіяхъ.

Кромѣ того устанавливаются геліографическія наблюденія и желательно было бы устроить наблюденія надъ испареніемъ, а также распредѣленіемъ температуры въ вертикальномъ направленіи въ воздухѣ, особенно зимою. Для этого могли бы служить термографы Ришара той системы, которая служила при наблюденіяхъ на воздушныхъ шарахъ въ Парижѣ, т. е. до—50°. Точно также слѣдовало бы подробнѣе изслѣдовать распредѣленіе температуры на холмахъ и въ долинахъ. При установкѣ термометровъ-minimum на поверхности снѣга, а также на небольшой высотѣ надъ почвой или снѣгомъ, слѣдовало бы воспользоваться бумажными колпаками, какіе употребляютъ въ Швеціи, чтобы защитить отъ радіаціи снѣга.

Ходовыя изслѣдованія.

Ходовыя наблюденія имѣютъ цѣлью опредѣлить горизонтальное распространеніе вѣчной мерзлоты, а также, гдѣ возможно, и мощность или толщину слоя мерзлой почвы.

Онѣ производятся прежде всего по линіи изысканій желѣзной

дороги и каждый разъ на пикетахъ, чтобы имѣть абсолютную высоту мѣста.

Эти же наблюденія дѣлаются въ интересныхъ мѣстахъ въ сторонѣ отъ линіи изысканій и точки эти связываются съ пикетами барометрическою нивеллировкою и компасомъ. Въ дневникъ заносится ихъ описаніе. Для производства наблюденій проводятся небольшія буровыя скважины различныхъ глубинъ, въ нихъ опускаются гуттаперчевыя трубки, а въ эти послѣднія термометры. Методъ во всѣхъ подробностяхъ такой же, какъ вышеописанный при производствѣ наблюденій въ мелкихъ скважинахъ. Глубина скважинъ должна соотвѣтствовать глубинамъ станціонныхъ скважинъ и можно рекомендовать слѣдующія: 0,8—1,6—2,4—3,2—5 метр.

Отъ времени до времени въ наиболѣе важныхъ и интересныхъ точкахъ проводятъ скважины до 10 метровъ глубины.

Термометры въ скважинахъ должны оставаться не менѣе 12 час.

Форма дневника.

Мѣсяцъ Число $\frac{\text{стараго стиля}}{\text{новаго стиля}}$ День недѣли

Подробное описаніе мѣстности.	Глубина.	Названіе породъ.	№ образца породъ.	Геотермическія наблюденія.					Примѣчанія.
				Глубина.	Время опусканія.	Время отчета.	Т безъ поправки.	№ термом.	

Изслѣдованіе временной мерзлоты.

Мерзлая почва, представляющая временное явленіе, вызванное случайнымъ сочетаніемъ естественныхъ факторовъ, въ общемъ, должна

быть изучена такъ же, какъ и вѣчно мерзлая почва ходовыми изслѣдованіями. Существенно важно опредѣлить ея мощность и горизонтальное распространеніе. Дальше необходимо приложить всѣ усилія, чтобы выяснить причины, вызвавшія ее, т. е. необходимо изучить климатическія условія, конфигураціонныя, геологическія, гидрологическія, условія растительнаго и снѣгового покрова. Желательно выдѣлить количественное значеніе каждаго изъ этихъ факторовъ и вліяніе измѣненій ихъ.

Промерзаніе и оттаиваніе почвы.

Глубина промерзанія и глубина оттаиванія почвы играютъ существенную роль во многихъ вопросахъ практики. Изученіе ихъ конечно лучше всего было бы вести на небольшихъ станціяхъ, но не малый интересъ представятъ данныя, собранныя ходовыми наблюденіями. Въ журналахъ ходовыхъ наблюденій необходимо тщательнымъ образомъ отмѣчать въ примѣчаніяхъ, начинается ли буреніе въ таломъ или мерзломъ грунтѣ, до какой глубины простирался тотъ или другой слой. Для полученія вѣрной картины хода промерзанія и оттаиванія вдоль линіи изысканій желѣзной дороги необходимо вести изслѣдованія круглый годъ. Когда въ распоряженіи изслѣдователя нѣтъ другихъ средствъ для опредѣленія глубины промерзанія, то можно прибѣгнуть къ помощи шурфовъ достаточной глубины, въ стѣнкахъ которыхъ оставлять минимальные термометры. Установку термометровъ нужно дѣлать въ началѣ осени, а вскрывать шурфы въ концѣ лѣта. Въ дневникѣ должно быть подробное описаніе породъ, пройденныхъ шурфомъ, а также всѣхъ особенностей шурфа.

Изслѣдованіе колодцевъ.

Изслѣдованія существующихъ или вновь проведенныхъ опытныхъ колодцевъ могутъ пріумножить матеріалъ, не лишенный значенія для гео-

термики; съ другой стороны изученіе хода термическихъ явленій въ колодцахъ должно дать указанія, полезныя для техники.

Вѣчно мерзлая почва представляетъ водонепроницаемый слой, но если этотъ слой не особенно мощный, то, пробивъ его, можно было бы воспользоваться подлежащими водоносными горизонтами для устройства станціонныхъ водоснабженій. Для этой цѣли важно знать, какія явленія произойдутъ въ вѣчно мерзломъ слоѣ, если онъ будетъ поставленъ въ искусственныя условія.

При проведеніи колодцевъ прежде всего нужно тщательно слѣдить за свойствами породъ, брать ихъ образцы, составить подробный геологическій разрѣзъ въ масштабѣ и при всякой остановкѣ работы измѣрять температуру дна колодца. Для этого пробуриваютъ небольшую скважину въ 0,1, а лучше 0,25 м. глубиною и опускаютъ въ нее термометръ.

Кромѣ того въ одной изъ стѣнокъ колодца на глубинахъ 0,8—1,6 и вообще на всѣхъ глубинахъ, рекомендованныхъ выше, проводятъ горизонтальные шпуры, длиною въ 1 метръ, опускаютъ въ нихъ эбонитовыя или бумажныя трубки, а въ эти послѣднія вставляютъ термометры на штангахъ. Отверстія шпуровъ закрываютъ кошемными пробками. Наблюденія надъ температурою производятся точно такъ же, какъ и при вертикальныхъ скважинахъ.

Когда будетъ достигнутъ водоносный горизонтъ, то опредѣляютъ непремѣнно его температуру.

Если вода въ колодцѣ поднимается выше нижняго горизонта мерзлаго слоя, т. е. если окажется, что она въ водоносномъ слоѣ находится подъ нѣкоторымъ давленіемъ, то спустя 12 час. опускаютъ въ колодецъ два термометра, одинъ на дно, а другой не глубже 0,1 м. отъ поверхности воды. Въ случаѣ полученія различныхъ показаній, наблюденія повторяются періодически. Колодцы стараются ставить въ разнообразныя искусственныя условія. Такъ, напр., одни закрѣпляютъ сплошною крѣпью, другіе крѣпью съ промежутками; одни оставляютъ открытыми, другіе закрываютъ различными способами, напр., просто плахами или досками, допускающими обмѣнъ воздуха, иные покрываютъ досками и засыпаютъ землею, надъ иными строятъ балаганы и т. п.

Для каждаго колодца ведется два журнала, первый во время работы въ немъ, второй въ періодъ наблюденій надъ законченнымъ колодцемъ.

Форма 1-го журнала.

Подробное описаніе и планъ мѣстности, гдѣ заложенъ колодецъ.

Время закладки колодца.

Число.		Глубина.	Названіе породъ.	№ образца.	Время опускан.	Время отсчета.	Температ.	№ термом.	Примѣчанія.
Стар. ст.	Нов. ст.				Термометры.				

Форма 2-го журнала.

Подробное описаніе искусственныхъ условій, въ какія поставленъ колодецъ, и произведенныхъ на немъ опытовъ.

СБП. 29112.

Н. Богдановъ.

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ.

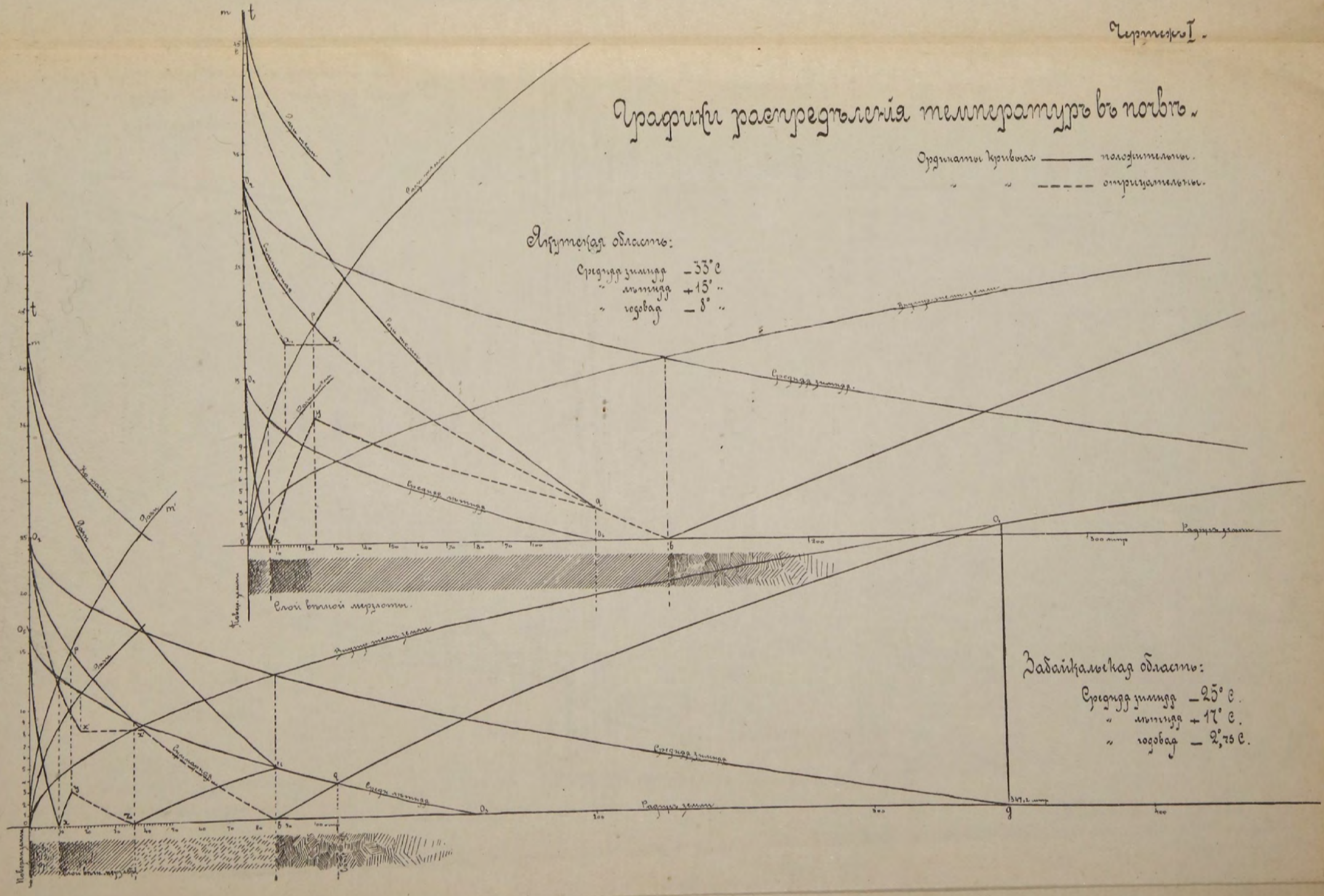
Стр.	*Строка.*		*Напечатано:*	*Надо читать:*
55	1	снизу	градусъ	градіентъ
61	17	сверху	градусъ	градіентъ
61	18	„	градусъ	градіентъ
69	3	„	градусъ	градіентъ

СОДЕРЖАНІЕ:

Чертежъ I.

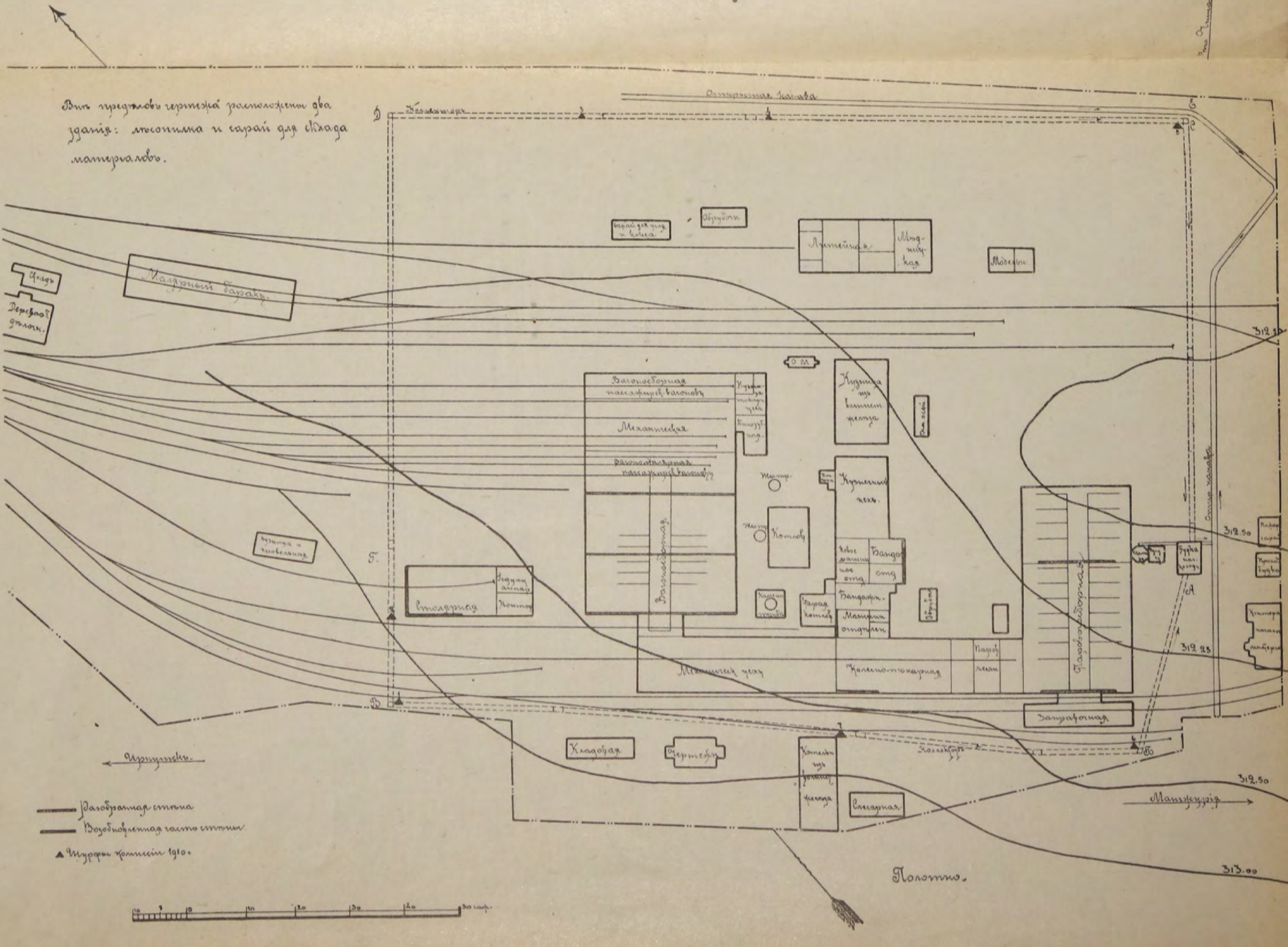
Графики распредѣленія температуръ въ почвѣ.

Ординаты кривыхъ ——— положительны.
" " - - - - отрицательны.



Чертежъ II.

Планъ Читинскихъ мастерскихъ.



Внѣ предѣловъ чертежа расположены два зданія: лѣсопилка и сарай для склада матеріаловъ.

Разобранная стѣна

Возобновленная часть стѣны

▲ Шурфы комиссіи 1910.