

Изслѣдованіе льда р. Томи передъ ледоходомъ 1913 г.

Студ. Е. Безсонова.

Ежегодныя изслѣдованія льда р. Томи передъ ледоходомъ, организованныя Б. П. Вейнбергомъ, начались въ 1913 году съ 26 марта, причемъ пришлось ограничиться тѣми же методами изслѣдованія, что и въ предыдущихъ годахъ: измѣреніемъ плотности и испытаніемъ прочности на изломъ различныхъ горизонтальныхъ слоевъ ледяного покрова.

Плотность и сопротивленіе на изломъ, такъ же, какъ и многія другія физическія свойства льда, должны въ значительной мѣрѣ зависеть отъ тѣхъ внѣшнихъ условій, которыя сопровождаютъ, какъ самый моментъ его зарожденія, такъ и дальнѣйшее увеличеніе въ массѣ: толщины слоя воды, скорости теченія ея, температурнаго градиента потока холода, состоянія атмосферы и многихъ другихъ. Различіе этихъ условій должно вызывать колебанія въ широкихъ предѣлахъ численныхъ характеристикъ льда. Послѣднее еще болѣе усиливается, если сами условія изслѣдованія были не совсѣмъ благопріятны: если, напр., кусокъ льда въ теченіе сутокъ, а то и болѣе, плаваетъ въ проруби послѣ вырубки, если онъ медленно перевозится и не достаточно хорошо сохраняется въ теплую погоду. Вліяетъ, наконецъ, можетъ быть, даже самый способъ обработки. Если внимательно слѣдить по возможности за всѣми этими условіями изслѣдованія, то сравнимость результатовъ измѣреній должна увеличиться отъ этого.

Испытанія производились въ физической лабораторіи Технологическаго Института надъ шестью образцами льда, привезенными съ рѣки.

Первый вырубленъ недалеко отъ верхняго перевоза, а остальные пять противъ склада Горохова у острова, лежащаго по срединѣ рѣки, метрахъ въ 20 отъ нижняго (по теченію) конца его. Глубина воды въ этомъ мѣстѣ около 3 м. Слой снѣга поверхъ льда былъ не толстый:

около 30—40 см. Образцы вырубались большими параллелепипедами во всю толщину ледяного покрова изъ общей проруби. Когда первые изъ нихъ вынимались, то вода уже выступала изъ-подъ покрова и уровень ея былъ почти что одинаковъ съ верхней поверхностью его, такъ что солнце и вѣтеръ не могли непосредственно дѣйствовать на стѣнки проруби. Что касается весенней воды, скапливавшейся довольно большими лужами поверхъ покрова, то наиболѣе сильное дѣйствіе она могла оказать на послѣдніе образцы.

Ледяной покровъ въ среднемъ былъ больше 1 м. толщиной. Сверху на 30 см. совершенно не прозрачный, грязно желтаго оттѣнка, слой наста отдѣленъ рѣзкой поверхностью отъ остальной массы льда. Отъ этой грани на протяженіи 15—30 см. слои непрозрачнаго бѣлаго цвѣта вслѣдствіе большого количества пузырьковъ воздуха составляютъ постепенный переходъ отъ наста къ чистому льду. Послѣдній на остальномъ протяженіи совершенно прозрачный, голубого оттѣнка.

Нижняя поверхность, соприкасающаяся съ водой, рѣзко ограничена плоскостью.

Обработка испытуемыхъ образцовъ на плавильной плитѣ обнаружила, что перпендикулярно плоскости замерзанія куски льда пронизаны на мѣстѣ спаевъ его кристалловъ, тонкими прослойками, представлявшими собою не что иное, какъ скопленіе мельчайшихъ пузырьковъ воздуха. Эти поверхности отдѣляютъ собою вертикальныя призмобразныя тѣла, периметры поперечнаго сѣченія которыхъ представляютъ весьма затѣливыя фигуры. При этомъ у нихъ обнаружилось нѣкоторое тяготѣніе къ многоугольникамъ, преимущественно въ 6 сторонъ, такъ что сѣченіе въ горизонтальной плоскости всего куска представляетъ паутину-образную сѣтку. При изслѣдованіи нѣсколькихъ слоевъ ледяного покрова оказалось, что ячейки этой сѣтки различны по величинѣ для различныхъ слоевъ. Площади ихъ колеблются въ весьма широкихъ предѣлахъ. Такъ, на примѣръ, у образца № 1 для слоя № 9 (см. вторую таблицу, нумерацію слоевъ) площади въ 5—15 мм.², для слоя № 13 уже 1—3 см.², а для слоя № 21 доходятъ до 15 см.². Это показываетъ что вся масса льда состоитъ изъ длинныхъ и узкихъ иглъ пирамидальной формы, направленныхъ острыми концами вверхъ. Какъ они расположены относительно другъ друга, прослѣдить не удалось, въ виду спѣшности работы. Въ этомъ отношеніи многое бы дали фотографическіе снимки какъ горизонтальныхъ, такъ и вертикальных сѣченій всей массы. Затѣмъ, геометрическія оси этихъ иглъ не стро-

го перпендикулярны къ поверхности замерзанія, а находятся къ ней подъ нѣкоторымъ угломъ. Интересно было бы прослѣдить, стоитъ ли это послѣднее въ какой-нибудь зависимости отъ теченія воды или другихъ какихъ-либо условій, или нѣтъ.

Ввиду того, что подобные внѣшніе признаки состоянія льда могутъ служить весьма существеннымъ дополненіемъ къ результатамъ экспериментальныхъ изслѣдованій, привожу краткую схему измѣненія ихъ за весь ближайшій періодъ до ледохода.

27 марта.—Общая толщина безъ наста около 85—90 см. Верхняя непрозрачная часть на 15 см. Въ прозрачной части, преимущественно въ среднихъ слояхъ между кристаллами, больше по ихъ ребрамъ, не большія скопленія пузырьковъ воздуха, какъ бы нанизанныхъ на нити. Вообще, крѣпкая, однородная масса.

30 марта.—Общая толщина съ настомъ 120 см. Настъ на 30 см. и непрозрачная часть на 20 см. Остальное вполне аналогично предыдущему.

2 апрѣля.—Большая хрупкость, которая настолько значительна, что приготовленіе брусковъ для опредѣленія сопротивленія на изломъ чрезвычайно затруднилось. По мѣрѣ приближенія къ нижнимъ слоямъ, поверхности кристалловъ рѣзко ограничены, а ребра ихъ имѣютъ видъ довольно толстыхъ нитей. По послѣднимъ происходитъ протаиваніе, въ результатъ чего бруски очень легко распадаются на части.

5 апрѣля.—Вполнѣ аналогично состоянію 2 апрѣля, если не считать немного меньшей толщины: безъ наста 85 см.

8 апрѣля.—Вообще ледъ сталъ немного тоньше: безъ наста только 80 см. Непрозрачная часть увеличилась до 25 см. Нижняя половина слоевъ представляетъ сильно изъиглившуюся массу, благодаря значительному протаиванію въ поверхностяхъ соприкосновенія кристалловъ.

11 апрѣля.—Толщина безъ наста около 80 см. Непрозрачная часть болѣе 30 см. Интересны ребра кристалловъ: отъ сильнаго протаиванія они стали подобны каналамъ отъ 1 мм. до 5 мм. въ поперечникѣ, проходящимъ черезъ всю толщину покрова, такъ-что бруски оказывались какъ-бы просверленными. Сравнительная легкость обработки и меньшая степень изъигливанія указываютъ на большую крѣпость.

Дальнѣйшихъ образцовъ достать было нельзя, такъ какъ ледъ на рѣкѣ покрылся водой.

Экспериментальная постановка изслѣдованія осталась тою же, что и въ предыдущіе годы; увеличено только количество наблюденій. Результаты ихъ выражены въ слѣдующихъ двухъ таблицахъ.

Таблица 1-я.

О б р а з ц ы.		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
День испытанія.		27.3	30.3	2.4	5.4	8.4	11.4
П л о т н о с т и.	I	—	Невозм. опр.	—	—	—	—
	II	—	0.8957	—	—	—	—
	III	верхніе . .	0.9162	0.9092	0.9084	0.9076	0.9000
	IV		0.9165	0.9167	0.9148	0.9098	0.9102
	V	средніе . .	0.9168	0.9170	0.9157	0.9165	0.9151
	VI		0.9167	0.9171	0.9161	0.9164	0.9155
	VII	нижніе . .	0.9170	0.9169	0.9157	0.9161	0.9160

Плотность, какъ видно, весьма мало измѣняется, за исключеніемъ самыхъ верхнихъ слоевъ. Для 1 слоя наста образца № 2 плотность не опредѣлена вслѣдствіе большой разницы ея отъ плотности жидкости при гидростатическомъ взвѣшиваніи.

Сопротивленіе на изломъ измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ. Для образца № 1 сдѣланы два ряда наблюденій черезъ трехдневный промежутокъ. Получившаяся разница, особенно для верхнихъ слоевъ, указываетъ на вліяніе недостаточной сохранности образцовъ. Нѣсколько новыхъ испытаній для образца № 2 сдѣланы въ плоскости, перпендикулярной къ плоскости предыдущаго обрѣза. Какъ видно, особенной разницы нѣтъ. Слишкомъ большія, сравнительно, значенія для слоевъ 18 и 20 образца № 5 получились, очевидно, по слѣдующей причинѣ. Разломъ брусковъ всегда происходитъ по поверхностямъ соприкосновенія кристалловъ, а здѣсь они, при небольшой своей длинѣ, оказались почти изъ одного кристалла, такъ что разломъ про-

Таблица 2-я.

О б р а з ц ы		№ 1		№ 2		№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
День испытанія.		27.3	29.3	30.3	1.4	2.4	5.4	8.4	11.4
С о п р о т и в л е н і е н а и з л о м ѣ.	1)	—	—	12.9	—	—	—	—	—
	2)	—	—	13.0	—	—	—	—	—
	3) насть	—	—	10.8	—	—	—	—	—
	4)	—	—	16.8	—	—	—	—	—
	5)	испорч.	—	17.6	—	13.1	13.6	—	—
	6)	22.1	16.8	18.6	18.8	14.9	13.2	9.6	12.1
	7) верхніе	27.6	испорч.	19.7	—	13.8	испорч.	—	14.2
	8)	28.9	—	21.6	—	—	16.1	15.0	12.8
	9)	—	17.4	19.5	19.9	17.6	17.4	13.0	—
	10)	17.3	—	—	—	—	—	15.6	17.7
	11)	21.6	14.7	испорч.	—	12.2	12.8	10.7	14.2
	12)	22.8	14.1	16.6	16.9	9.7	9.5	8.6	13.1
	13) средніе	17.1	15.0	15.5	—	9.0	9.6	испорч.	13.9
	14)	24.9	16.5	14.4	—	7.2	8.3	7.7	12.7
	15)	19.9	17.5	12.9	12.5	—	испорч.	7.4	14.2
	16)	15.6	—	18.3	—	3.4	3.7	5.6	13.7
	17)	14.4	11.8	17.3	29.3	испорч.	—	—	11.8
	18)	испорч.	16.9	15.9	—	5.6	4.2	32.4	19.2
	19) нижніе	12.4	14.1	13.2	17.4	4.7	—	испорч.	16.2
	20)	15.0	13.6	11.5	—	4.8	6.9	14.3	13.5
	21)	17.8	17.8	12.9	—	испорч.	5.5	—	—

изошелъ въ болѣе прочной массѣ послѣдняго. Отличіе послѣдняго образца № 6 отъ ближайшихъ предыдущихъ можно объяснить, скорѣе всего, колебаніемъ погоды, вліяющей на нихъ при перевозкѣ и сохраненіи.

Если сопоставить приведенные выше чисто внѣшніе признаки состоянія ледяного покрова и ихъ измѣненія во времени съ числовыми данными, полученными экспериментальнымъ путемъ, то можно прійти къ слѣдующимъ выводамъ:

Верхніе слои, непосредственно слѣдующіе за настомъ, представляютъ непрозрачную массу отъ большого количества пузырьковъ воздуха. Плотность и сопротивленіе на изломъ этихъ слоевъ меньше плотности и сопротивленія ближайшихъ средних слоевъ—прозрачныхъ. Съ теченіемъ времени толщина этой части постепенно увеличивается. Такъ 27.3 она была 15 см., 30.3 уже 20 см., а 11.4 дошла до 30 см. Плотность же и сопротивленіе ея уменьшаются, при чемъ уменьшеніе плотности переходитъ соотвѣтственно въ болѣе низкіе слои, что видно изъ таблицъ результатовъ (Табл. 1-я слои III и IV и табл. 2-я слои 5 и 6).

Нижніе слои представляютъ прозрачную массу кристаллическаго строенія. Къ ледоходу въ этой массѣ наступаетъ постепенное разрушеніе, выражающееся, въ концѣ-концовъ, въ формѣ распада на кристаллы—изъигливанія, при чемъ наиболѣе сильно—въ самыхъ нижнихъ слояхъ. Если при этомъ не происходитъ замѣтнаго измѣненія плотности, такъ какъ пустыя пространства между кристаллами заполняются водой, то измѣненія сопротивленія на изломъ въ сторону уменьшенія очень рѣзки. (Табл. 2-я, всѣ нижніе и часть средних слоевъ).

Средняя же часть покрова въ области 8, 9 и 10 слоевъ, за все время наблюденій до ледохода отличается сравнительнымъ постоянствомъ. Сопротивленіе на изломъ, достигнувъ нѣкотораго максимума, въ этихъ слояхъ остается безъ измѣненія.

Такимъ образомъ ледяной покровъ по мѣрѣ приближенія ледохода разрушается одновременно съ двухъ сторонъ по направленію къ внутреннимъ слоямъ. Послѣдніе, образуя въ нѣкоторомъ мѣстѣ какъ-бы нейтральную область, отличаются наибольшей крѣпостью и неизмѣняемостью физическихъ свойствъ, чѣмъ всѣ остальные.

Какова связь этихъ фактовъ съ прочностью ледяного покрова, какъ цѣлаго, и общимъ состояніемъ ледохода, какія причинныя основы ихъ,—могутъ показать лишь дальнѣйшія расширенныя и болѣе тщательно поставленныя изслѣдованія.

Томскъ.

Іюнь 1913 года.