



Handwritten text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side. The text is faint and difficult to decipher but appears to include the words "of" and "the".

*Pracownemu Panu
Drogiemu Inst. Meteorologicznemu
autor*

LUDWIK BIRKENMAJER

O STOSUNKACH TEMPERATURY
GŁĘBOKICH JEZIOR TATRZAŃSKICH

W RÓŻNYCH GŁĘBOKOŚCIACH I RÓŻNYCH PORACH ROKU

(Z 16 rycinami).



W KRAKOWIE.
NAKŁADEM AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI.
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SPÓŁKI WYDAWNICZEJ POLSKIEJ.
1901.

NOWSZE WYDAWNICTWA
AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI
WYDZIAŁU MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZEGO.

- Pamiętnik Akademii Umiejętności. Wydział matematyczno-przyrodniczy. Tom XVIII. 4^o. str. 243, z 27. tablicami i licznymi rycinami w tekście. Cena 5 złr.
- Rozprawy Akademii Umiejętności. Wydział matematyczno-przyrodniczy. Serya II. tom X, ogólnego zbioru tom XXX. 1896, w 8^o dużej, str. 403, z 12 tablicami i 22 rycinami w tekście. Cena 6 złr.
- E. Bandrowski: O utlenieniu parafenilendwuaminy, lex. 8^o str. 13. Cena 20 ct.
— O świeceniu podczas krystalizacji, lex. 8-o, str. 8. Cena 10 ct.
- A. Beck: O zmianach ciśnienia krwi w żyłach. lex. 8^o, str. 40, z 20 rycinami w tekście. Cena 70 ct.
— Pomiaru pobudliwości różnych miejsc nerwu za pomocą rozbrojeń kondensatora. lex. 8-o, str. 13. Cena 20 ct.
- A. Beck i N. Cybulski: Dalsze badania zjawisk elektrycznych w korze mózgowej, lex. 8-o, str. 84, z tablicą i 17 rycinami w tekście. Cena 1 złr.
- L. Birkenmajer: Marcin Bylica z Olkusza oraz narzędzia astronomiczne, które zapisał Uniwersytetowi Jagiellońskiemu w roku 1493, z 12 rycinami w tekście lex. 8^o str. 163. Cena 1 fl. 50 ct.
— Wyznaczenie długości wahadła sekundowego w Krakowie, oraz dwóch innych miejscowościach W. Księstwa Krakowskiego, lex. 8-o, str. 68. Cena 80 ct.
— O wpływie temperatury na ruch zegarów, a zwłaszcza chronometrów, lex. 8-o, str. 36. Cena 50 ct.
- Cybulski i Zanietowski: Dalsze doświadczenia z kondensatorami: Zależność pobudzenia nerwów od energii rozbrojenia. lex. 8^o str. 5. Cena 10 ct.
- B. Dębski: O budowie i mechanizmie ruchów liści u marantowatych. lex. 8-o, str. 109, z dwiema tablicami. Cena 1 złr. 25 ct.
- J. Dickstein: O rozwiązaniu kongruencji $x^n - ay^n \equiv 0 \pmod{M}$ lex. 8^o str. 5. Cena 10 ct.
— Hoene Wroński, jego życie i dzieła, lex. 8-o, str. 368. Z portretem Wrońskiego i podobizną jego pisma. Cena 4 złr.
— Wiadomość o korespondencji Kochańskiego z Leibnicem, lex 8-o, str. 9. Cena 10 ct.
- B. Eichler i M. Raciborski: Nowe gatunki zielenic. 8^o str. 11 z tablica. Cena 20 ct.
- B. Eichler i R. Gutwiński: De nonnullis speciebus algarum novarum. lex. 8^o str. 17, z 2 tablicami. Cena 40 ct.
- T. Estreicher: Zachowanie się chlorowodorów w uizkich temperaturach, lex. 8-o, str. 6. Cena 10 ct.
— O ciśnieniach nasycenia tlenu, lex. 8-o, str. 18. Cena 25 ct.
- E. Godlewski: O nityfikacji amoniaku i źródłach węgla podczas żywienia się fermentów nityfikacyjnych, lex. 8-o, str. 53, z dwiema rycinami w tekście. Cena 60 ct.
- W. Gosiewski: O przekształceniu najprawdopodobniejszym ciała materialnego. lex. 8^o. str. 13. Cena 20 ct.
- J. Grzybowski: Otwornice czerwonych itów z Wadowic, lex. 8-o, str. 48, z czterema tablicami. Cena 80 ct.
- J. Talko-Hryncewicz: Zarysy lecznictwa ludowego na Rusi południowej, lex. 8^o str. 461. Cena 3 złr.
- E. Janczewski: Cladosporium herbarum i jego najpospolitsze na zbożu towarzysze, lex. 8^o, str. 45 z 4 tablicami. Cena 1 złr.
— Zawilce. Część III. lex. 8^o, str. 20, z tablicą. Cena 40 ct. — Część IV. z dwiema tablicami, str. 26. Cena 50 ct.

LUDWIK BIRKENMAJER

O STOSUNKACH TEMPERATURY
GŁĘBOKICH JEZIOR TATRZAŃSKICH

W RÓŻNYCH GŁĘBOKOŚCIACH I RÓŻNYCH PORACH ROKU

(Z 16 rycinami).



CBGiOŚ, ul. Twarda 51/55
tel. 0 22 69-78-773



Wa5148649

W KRAKOWIE.
NAKŁADEM AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI.
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI SPÓŁKI WYDAWNICZEJ POLSKIEJ.
1901.

Osobne odbicie z T. XL. Rozpraw Wydziału matematyczno-przyrodniczego
Akademii Umiejętności w Krakowie.



3337

KRAKÓW. — DRUKARNIA UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
pod zarządkiem Józefa Filipowskiego.

O stosunkach temperatury głębokich jezior tatrzańskich w różnych głębokościach i różnych porach roku.

PRZEZ

LUDWIKĄ BIRKENMAJERĄ.

(Z 16 rycinami w tekście).

Rzecz nagrodzona przez Akademię Umiejętności w Krakowie na konkursie imienia
Mikołaja Kopernika w roku 1894.

WSTĘP.

„*Et disposuit omnia secundum
mensuram, pondus et numerum*”.
(Lib. Sap. XI, 22).

Przedstawiając niniejszą pracę Akademii Umiejętności, należy mi zaraz na wstępie wypowiedzieć, w jaki sposób pojąłem intencją przedłożonego tematu. Brzmienie tematu pozostawiało pod tym względem pewną swobodę jego rozumienia. Wiedząc, że w meteorologii, geografii fizycznej i t. d. zarówno skrzętny zbieracz obserwacji służy nauce, jak i drugi, który zebrane dostrzeżenia stara się ująć w związek przy czynowy, mogłem być — przed laty czterema — nakreślić sobie plan ciaśniejszy lub obszerniejszy przyszłych swych prac pod tym względem. Można było całą swą usilność poświęcić jedynie zebraniu jak najobfitszego materiału obserwacyjnego, z którego ktoś inny mógłby następnie wyciągać wnioski i wysnuwać *prawa*, rządzące odpowiednimi zjawiskami przyrody, można zaś było pokusić się o jedno i drugie, a to chociażby nawet ze świadomością, że się przedmiotowi nie zdoła wyczerpać. Idąc w ślad za nielicznymi zresztą poprzednikami, którzy z termometrem w rękę zwiedzali Tatry, a w szczególności bardzo licznych źródeł i jeziora, można było rozstrzelić swą uwagę na wszystkie, żadnego nieco większego nie pomijając, ażeby choć jedną lub dwie do-

rywcze liczby obserwacyjne dla niego pozyskać; można też było uwagę swą skoncentrować na jedno lub kilka z nich tylko, uważnem i wielostronnem badaniem podpatrywać zjawiska kaloryczne tam występujące, wyrozumieć mechanikę termiczną chociażby jednego z nich, aby następnie — kierując się poznaniem tutaj zdobytem i analogią — z materiału nawet znacznie szczuplejszego rozpoznać podobne zjawiska, występujące w pozostałych jeziorach. Zdecydowałem się na ostatecznie, a to w przekonaniu, że pozyskując dla każdego ze stu blisko jezior tatrzańskich chociażby nawet po dwadzieścia dat termometrycznych, nie poznam żadnego pod względem hydrotermicznym, a stos liczb mozolnie otrzymanych będzie stosem, ale niczem więcej. Wstąpiwszy raz na tę drogę przekonałem się już wkrótce, że zjawiska hydrotermiczne naszych jezior są bardzo zawikłane i że sprowadzenie ich do pewnych norm ilościowych wymaga wciągnięcia w zakres badania kilku innych czynników przyrody, w pierwszym zaś rzędzie uwzględniania wpływów czysto meteorologicznych, których znajomość co do Tatr wogóle jeszcze bardzo jest niedokładna. Już samo rozpoznanie zmian ciepłoty, zachodzących na powierzchni pewnego jeziora nastęrczało trudności, których zrazu uprzątnać nie umiałem. Anormalnie wielkie lub małe ciepłoty, jakie dla jednego i tego samego jeziora pod tą samą datą kalendarzową w różnych latach znajdowano, wskazywały wyraźnie, że ujęcie tych objawów w karby ilościowe nie da się uskutecznić bez liczenia się z termiczną indywidualnością każdego roku osobno, dla którego istnieje jeden czy więcej pomiarów temperatury jeziora. To nakazywało mi wciągnąć w zakres swych zajęć także właściwe obserwacje meteorologiczne, a przede wszystkim nagromadzić chociażby skromny zapas temperatur powietrza dla górskich okolic, leżących w najbliższem sąsiedztwie jeziora. Potrzeba było znaleźć czas, aby i na pozostałe czynniki meteorologiczne: opady, zachmurzenie, ciśnienie powietrza i t. d. zwracać uwagę. Przekonawszy się niebawem, że na grę temperatury wody w jeziorze główny i bezpośredni wpływ wywiera ciepłota różnych jego dopływów, sama znowu od czynników meteorologicznych zawisła, musiałem także i pomiarom tej ciepłoty znaczną część swej uwagi i czasu poświęcić. Przeważna ilość dopływów, pochodzących wprost z topniejących latem śniegów, a rozłożonych dokoła jeziora na różnych wysokościach, zniżających się zimą aż do jego powierzchni, upominała mię znowu, ażeby m. i. także z kwestyą ruchomości t. zw. linii wiecznego śniegu (w Tatrach niewiecznego) tutaj się liczyć. Głębokie sondowania termometryczne, które wykonałem w roku 1890., a zwłaszcza 1891. w jednym i tym samym dniu, ale w różnych punktach

jeziora, okazywały tak znaczne różnice, że musiałem już wówczas porzucić wyobrażenie o poziomem uwarstwieniu termicznym jeziora. Wątpliwości, jakie mi w tej mierze pozostały, mogły być rozprószone dopiero zapomocą liczniejszych tego rodzaju sondowań i to termometrami dokładniejszymi od zwykle w takich razach używanych. Musiałem też rozwinąć pewną czujność, ażeby — przy ważności już kilku dziesiętnych stopnia C. — uchylać źródła błędów. pochodzące z wadliwości podziałki termometrów, wzrostu ciśnienia hydrostatycznego w głębszych warstwach, skracania się sznura we wodzie. a wreszcie małych jego pochyłości przy niespokojnej wodzie na jeziorze. Istnienie trawek tylko na dwóch jeziorach w Tatrach polskich i niesłychane trudności sporządzenia ich dla innych jezior, zwłaszcza wyżej położonych, było trudnością, której zapomocą osobnych przyrządów starałem się bodaj częściowo zapobiedz. Mimochodem mierzyłem także ciepłoty wyższych źródeł tatrzańskich i cznaczałem hypsometrycznie ich wysokość.

Rozszerzony w taki sposób program badania nie zezwolił na równomierne zastosowanie go do wszystkich głębokich jezior tatrzańskich. Oczywiście, że przedewszystkiem jeziora po stronie polskiej musiały zająć moją uwagę: nietylko dla tego, że obchodzą nas więcej od pozostałych, ale także dla tego, że chociaż mniej liczne od jezior w Tatrach węgierskich, są one od nich głębsze i większe. Dalej, samo już pobieżne wglądnięcie w termiczny ustrój jezior nauczyło mię, że pod tym względem wszystkie dają się podzielić na dwa typy i to według tego, czy jezioro pobiera stałe swoje dopływy wyłącznie tylko od topniejących śniegów, czy też prócz nich także i z jezior wyżej położonych. Nie jestem zwolennikiem tworzenia podziałów w jakiegokolwiek materji przyrodniczej na podstawie oznak jedynie zewnętrznych, mniemam jednak, że tutaj podział taki zasada się więcej aniżeli na samej tylko morfologii zewnętrznej i że pozostaje on w ścisłym związku z termiczną budową jeziora. Już z góry oczekiwałem większej różnorodności zjawisk kalorycznych co do jezior o dopływach „mieszanych“, aniżeli u jezior typu 1-go; to zaś pozwalało przypuszczać, że szczegółowem badaniem jezior typu 2-go obejmie się do pewnego stopnia także i objawy w jeziorach typu 1-go. a mniej powikłane od tamtych. Użycie metody porównawczej obiecywało zapomocą osiągniętych wyników. już na podstawie szczuplejszego materiału obserwacyjnego, dla tych ostatnich zebranego, ustalić chociażby w przybliżeniu ich stosunki termiczne. W tej mierze wybór mój padł w pierwszym rzędzie na głośne i powabne jezioro Rybie (Morskie Oko), należące do jezior typu 2-go, dalej na Staw Czarny pod Kościelcem, będący już niemal ściśle jeziorem typu 1-go; na ostatnim planie stanęły po-

zostałe jeziora tu lub tam należące, każde z udziałem proporcjonalnym do jego dostępności.

Starszy materiał obserwacyjny, zebrany dorywczo i bez systemu przez różnych obserwatorów, różnymi termometrami i w najróżnorodniejszych warunkach meteorologicznych, nie okazał się wprawdzie bezużytecznym, ale utrudniał niezmiernie korzystanie z niego, skutkiem przytoczonych okoliczności. Wykonanych po koniec roku 1889. pomiarów termometrycznych zdołałem naliczyć wogóle 190, rozdzielających się nierównomiernie na 53 jezior tatrzańskich, leżących po obu stronach tego łańcucha górskiego. Z nich największa ilość pomiarów (14, 15 i 17) odnosi się do: Rybiego, Jeziora Popradzkiego i Czarnego Stawu pod Kościelcem; następne musiały się zadowolić kilkoma (5—10) pomiarami, a blisko 40 z nich były raz albo dwa razy mierzone.

Najstarsze pomiary termometryczne jezior tatrzańskich (pomijając odosobniony pomiar Staszica na początku XIX wieku przy Rybiem) sięgają r. 1860., kiedy to Kořistka trzy stawy tatrzańskie (Rybie, Staw Popradzki i Staw w Dolinie Kolbachu) zwiedził z termometrem. Z lat 1866. i 1867. mamy trzy odosobnione pomiary E. Janoty (Czarny Staw pod Rysami, Kurtkowiec pod Świnnicą i Czerwony w dolinie Pańszczycy, każdy z nich po jednym razie); z lat 1872.—1876., jakoteż 1880. (i 1890.) trzydzieści siedm pomiarów Kolbenheyer'a 17-tu różnych jezior; z lat 1872—1880., 1883., 1884., 1888. (i 1890.) razem 68 pomiarów prof. L. Świerza 34 jezior; z lat 1876—1879. dwadzieścia cztery pomiary prof. Roth'a trzynastu jezior; z lat 1879. do 1881. siedm pomiarów E. Dziewulskiego czterech jezior; z roku 1886. pomiarów 28 Grissingera czterech jezior, a wreszcie z lat różnych po 1—4 pomiarów różnych jezior wykonanego przez Eljasa, Hradzkiego, Dorna i Geyera. Zapuściwszy się w liczenie inwentarza całego materiału obserwacyjnego, wymienię od razu ilość pomiarów po roku 1889. wykonanych. W czworoleciu 1890—1893. wykonałem 375 pomiarów ciepłoty jeziora Rybiego na jego powierzchni, 87 pomiarów podobnych 6 innym jezior tatrzańskich. 45 razy mierzyłem ciepłotę rozmaitych dopływów i wykonałem razem 282 sondowań termometrycznych. Wśród tego skutecznikiem przeszło 500 odczytań temperatury powietrza (wprost, termografem, częściowo wyręczając się drugą osobą), oraz przeszło 300 odczytań barometru. Nareszcie sondowania termometrem prof. Świerza w roku 1892. na siedmiu jeziorach przysporzyły nam — o ile ogłoszone — 120 bardzo pożądanym odczytań termometrycznych.

Co do uśiłowania, aby liczby dane obserwacją ująć w jakies konkretne prawa fizyczne, znam tylko jedną rozprawę poświęconą

temu celowi. a mianowicie artykuł prof. K. Kolbenheyer'a: Über Quellen- und Seen-Temperaturen in der hohen Tatra¹⁾. Drugiej części tej pracy, mówiącej o ciepocie jezior, niepodobna nazwać szczęśliwą. Autor uwikławszy się w wyobrażenie, że każdoczesna ciepłota, jak ją termometr dawał, jest przede wszystkim funkcją bezpośrednią wysokości, na której leży jezioro, gubi się w domysłach niejasnych, często bardzo nawet wątpliwych, a wreszcie wyznaje²⁾: „Ein Gesetz in der Abnahme der Seewasser-Temperatur bei zunehmender Seehöhe, konnte ich bis jetzt nicht auffinden, da bei den einzelnen Seen ganz verschiedene Faktoren mitspielen, wie z. B. in der Höhe befindliche Schneefelder, von denen das aufgethaute Wasser in den See fließt, oder ganz gegen den Einfluss der Sonne geschützte Lage,.....“.

Nie zdawał sobie autor sprawy, że bezładne pozornie liczby dla jednego i tego samego jeziora, które najwięcej go kłopotaly, są prostym następstwem okresowych zmian dziennych i rocznych ciepłoty na powierzchni wody i że całe poszukiwanie od zbadania tych zmian rozpocząć należało, nie zaś od daremnego wysiłku przedstawienia ciepłoty wprost jako funkcję wysokości. Prawda, że materiał obserwacyjny był wówczas więcej niż skromnym. Przedmiotu tego dotyka także Dr. Griessinger w swej pracy: „Studien zur physischem Geographie der Tatra-Gruppe³⁾“, a podając wyniki kilku swoich sondowań termometrycznych, objaśnia trafnie niektóre dostrzeżone przez się objawy.

Przystępując do powiązania ze sobą wszystkich znanych mi, obcych i własnych pomiarów termometrycznych w całość, miałem na oku także odpowiednią literaturę obcych jezior, a zwłaszcza alpejskich. Prócz starszych rzeczy Saussurea, były dla mnie nowsze roboty Forela, Geistbecka, Richtera, Simoniego i innych źródłem informacyjnym; sądziłem wszelako, że porównanie stosunków termicznych jezior tatrzańskich z takimi stosunkami obcych jezior wykraczałoby już poza zakres tematu. Zresztą badania te, przynajmniej co do jezior alpejskich, są dzięki niezmordowanej czynności prof. Forela jeszcze w pełnym toku, a z pewnością i dla jezior tatrzańskich po roku 1893. naukowe akta nad tą sprawą nie zostaną zamknięte. Byłoby więc przedwczesne zabierać się już teraz do studium porównawczego, gdy tak tu, jak tam niejedna rzecz (między innymi zagadkowe zmiany

¹⁾ Jahrbuch des ungarischen Karpathen-Vereines, VII Jahrgang 1880, Kosmark 1880, str. 110 i nast.

²⁾ Tamże str. 132.

³⁾ Separatabdruck aus dem XVIII Jahresberichte des Vereines der Geographen an der Universität Wien, Wien 1893, str. 36—39.

„wieloroczne“ ciepłoty = variations lustrales) jeszcze ciemną pozostaje, a dopiero po dłuższym lat przeciągu może rokować wytlómaczenie.

Podział mej pracy napotykał na pewne trudności, głównie z powodu różnorodności materji już przy jednym jeziorze, jakoteż z powodu samej ich mnogości. Podzieliłem ją na dwie części, z których pierwsza, objętością znaczniejsza, prócz szczegółowych badań termiki jeziora Rybiego, zawiera ustęp poświęcony niektórym objawom meteorologicznym w Tatrach (czego nie dało się ominąć), jako też kilka ustępów, dotyczących się wszystkich jezior tatrzańskich zarówno; w drugiej części mówię o stosunkach termicznych, pozostałych, ważniejszych jezior. Kilka wreszcie przypisków umieściłem na końcu pracy, ażeby drugorzędnymi wywodami wśród tekstu nie cdrywać uwagi od właściwego przedmiotu.

CZEŚĆ I.

Jezioro Rybie (Morskie Oko).

Nie mając zamiaru wypracowania monografii tak tego jeziora, a tem mniej pozostałych tatrzańskich, któraby miała w sobie jednoczyć wielostronną jego charakterystykę pod względem fizycznym, meteorologicznym, geograficznym, geologicznym i t. d., mogę pominąć wszelkie jego opisy, dotykając kwestyj oro- i hydrograficznych tam tylko, gdzie związek z naszym przedmiotem nie pozwoli tego uniknąć. Wystarczy przypomnieć, że Rybie, jako też inne wysokie jeziora tatrzańskie¹⁾, leży w górnym końcu poprzecznej doliny górskiej, dotykając tyłem i boczniemi liniami swych brzegów bezpośrednio stóp grzbietu górskiego (głównego lub pobocznego), z przodu zaś jest zamknięte groblą (moreną) niekiedy na 30 i więcej metrów wysoką. Mimoходом wyrażam przekonanie, że wysokość czołowej, przedniej moreny pozostaje w związku ze samą głębokością jeziora tatrzańskiego: geograf z zawodu, jakim nie jestem, osądzi, ile w tem racyi. Położenie rzeczne jezior jest pod względem ich termiki o tyle ważne, że pomijając już wpływ samego ich wzniesienia, dwojako wpływa na ogólne

¹⁾ Z wyjątkiem Szczyrbskiego (Csorba-See) w dolinie Młyniec na południowym stoku łańcucha tatrzańkiego.

obniżenie ich ciepłoty tak na powierzchni, jako też w głębi. Raz, że skutkiem zamknięcia „z trzech stron“ jeziora wysokimi grzbietami, utrudniony jest swobodniejszy przystęp ciepłego powietrza (zwłaszcza do jezior po stronie północnej), a co ważniejsza, bezpośredniej insolacji tak, iż wody jego na długim i pogodnym dniu letnim zaledwo 4—8 godzin są oświetlone, powtórę zaś dla tego, że te same stosunki topograficzne pociągają za sobą istnienie tylko krótkich a stromych dopływów w jeziora, pochodzących ze śniegów, topniejących dokoła po wzgórzach.

Jest oczywistem, że jezioro pozostające na tej samej wysokości nad p. m., pobierające dopływy z takich samych pól śnieżnych, ale 2—3 razy i więcej odległych, przyjmowałoby w siebie strugi wodne o spadku łagodnym, a zarazem znacznie cieplejsze (latem przynajmniej), skoro przez dłuższy czas mogły korzystać z otoczenia ciepłego powietrza, a zwłaszcza z bezpośredniej insolacji. Do tego przedmiotu wypadnie nam zresztą jeszcze powrócić; nie zatrzymując się tedy, wspomnę jeszcze tylko, że jak całe otoczenie dalsze, tak też brzegi i samo łóże jeziora utworzone są z nagiej skały (granitowej) i skalnych usypisk (piargów), w których odrębne bryły dochodzą niekiedy ogromnych rozmiarów. Jedyną na całym wybrzeżu przedstawicielką gruntu miększego, a raczej grubego szutrowiska, jest morena przednia, którą też i najczęściej pokrywa nieco bujniejsza roślinność.

Szczegółowe badanie stosunków temperatury jeziora Rybiego, rozpoczną od ustalenia (przybliżonego) stosunków ciepłoty powietrza w jego bezpośrednim otoczeniu; rzecz tę zamykam w najbliższym ustępie.

ROZDZIAŁ I.

Ustalenie przybliżone stosunków temperatury powietrza przy Rybiem Jeziorze.

Przy tem jeziorze niema stacyi meteorologicznej (i zapewne nieprędko to nastąpi), istniały jednak tutaj przed kilku laty pierwsze jej zaczątki. Towarzystwo Tatrzańskie zobowiązało przed czterema laty każdorazowego dzierżawcę Schroniska imienia Staszica przy Rybiem do terminowego odczytywania temperatury powietrza i pomiaru opadu (w jednym roku nawet do odczytywania aneroidu Goldschmida) pod-

czas miesięcy letnich. Rozpoczął je w roku 1890. dawny gospodarz schroniska (Liptak), ale prowadził je opieszale, stąd też defektowe jego protokoły obserwacyjne do użytku naukowego się nie nadają. Bez porównania sumienniejszymi i jednostajniejszymi są obserwacje z miesięcy letnich w roku 1891., wykonywanych przez osobę bardziej inteligentną (p. Więclaw) w stałych terminach (8^a a., 1^a p., 9^a p.) przez drugą połowę czerwca, lipiec, sierpień i pierwszą połowę września. Prócz tego szeregu obserwacyjnego niema dotąd dalszego, któryby był wykonany przy Rybiem za staraniem Towarzystwa Tatrzańskiego, pomimo, że instrumenta znajdują się na miejscu. Bawiąc przez 12 dni lipca 1892. przy Rybiem, urządziłem własnymi środkami zaraz w pierwszym dniu mego tam pobytu prowizoryczną stację meteorologiczną, w skład której przedewszystkiem wchodziły trzy narzędzia:

1) Termometr rtęciowy z podziałką Celsiusa na $\frac{1}{4}^{\circ}$ dzieloną (punkt zera termometru był poprzednio badany i drobna jego poprawka oznaczona).

2) Termograf samopiszący, konstrukcyi Richard Frères w Paryżu, notujący temperaturę rysunkiem linii ciągłej na kratkowanym papierze. Służył on jedynie do interpolacyi temperatury, głównie podczas nocy, jako też podczas mojej nieobecności w zaimprovizowanej stacji meteorologicznej; z każdorazowej zresztą obecności swej w stacji korzystałem, aby odczytać wprost termometr rtęciowy (nb. o dokładnej 7-ej, 8-ej i t. d.), przyczem ilość dziennych odczytywań nigdy nie była mniejszą od 6-ciu, a dochodziła nawet do 11-tu.

Obadwa narzędzia 1 i 2 umożliwiły więc sporządzenie protokołu 24-ro godzinnych odczytów temperatury powietrza i dostarczyły wspólnie 275 godzinnych odczytów temperatury podczas mojego pobytu przy jeziorze. Były one umieszczone na 1-em piętrze nowego schroniska przy Rybiem (w wysokości około 15 m. nad poziomem jeziora) i ustawione na obszernej wystawce okiennej, przykrytej wystającym okapem dachowym tak, że ustawienie to zezwalało na zupełnie swobodny dostęp powietrza.

Wystawka od wschodu była nadto wolno przysłonięta kawałem grubego płótna bielonego dla powstrzymania oświetlenia wystawki przez promienie słońca o wczesnych godzinach rannych.

Prócz tego na zewnętrznej ścianie SW. schroniska, przycieniony pałapem werandy, wisiał (podczas mego tam pobytu, jako też i w roku poprzednim) termometr, będący własnością Towarzystwa Tatrzańskiego, który właśnie służył w roku 1891. do obserwacyi, a w latach 1892. i 1893. miał do nich służyć. Nie ruszając go z miejsca, wykonałem na nim przeszło 30 odczytań równocześnie z odczytaniem mego własnego

termometru, a to w celu powzięcia wyobrażenia o wpływie rozmaitości umieszczenia obu tych narzędzi na odczytane temperatury. Przeniósłszy go do „stacyi“ na kilka godzin, wykonałem nadto kilka porównań obu narzędzi w tych samych warunkach.

3) Aneroid-hypsometr, konstrukcyi Naudet'a, z termometrem, dozwalający (zapomocą lupy) odczytać bezpiecznie $\frac{1}{10}$ mm.; korekcyje tego narzędzia (z powodu temperatury i zmienności samego ciśnienia) zostały wyznaczone przed wyruszeniem w drogę, jako też po powrocie sprawdzone ponownie. Zresztą w tej chwili pragnę mówić tylko o samej temperaturze powietrza, nie mam więc potrzeby wdawać się w dyskusyę licznych odczytań barometrycznych, jakie na miejscu wykonałem.

Opuszczając w dniu 22. lipca 1892. r. schronisko przy Rybim zwinąłem swoją prowizoryczną stacyę, zawdzięczając jej m. i. bodaj 275 systematycznych spostrzeżeń ciepłoty. W sierpniu i wrześniu tegoż roku, na prośbę moją, wykonał stojący posterunkiem przy Rybim sierżant żandarmeryi p. A. Aleksandrowicz dłuższy szereg obserwacyj termometrycznych, posługując się termometrem *T. T.* w tem samym miejscu co poprzednio pozostawionym.

Pan Aleksandrowicz okazywał już podczas mego przy Rybim pobytu wielkie zainteresowanie się czynnościami, którym się tam oddawałem, a nauczywszy się m. i. odczytywania termometru, wyświadczył mi już wówczas niejedną dogodność. Termometryczne jego obserwacye rozciągały się na sierpień (bez kilku dni początkowych) i wrzesień (bez kilku ostatnich jego dni); nie były one wprawdzie ściśle „terminowe“, ale były wykonywane 3, 4 i 5 razy dziennie o godzinach uwidoczniionych każdym razem w protokole obserwacyjnym. Godziny te były zazwyczaj 7^h a., 2^h p., 7^h p. są jednak także 6^h a., 10^h a., 1^h p., 6^h p., 8^h p. i t. d., której to niejednostajności terminów nie dało się (z powodu innych obowiązków obserwatora) niestety uniknąć.

Wymienione powyżej szczegóły wyczerpują prawie wszystko, co w sprawie aerotermiki Doliny Rybiego dotąd uczyniono. Skąpy to bardzo materiał i bez kwestyi niedostateczny, aby zwykłymi sposobami dotrzeć do ustalenia chociażby przybliżonych średnich miesięcznych, rocznej i t. d. Ażeby przecież z tego, co jest, wycisnąć jaką korzyść, postanowiłem posłużyć się t. zw. metodą różnic, polegającą na znalezieniu różnicy temperatury przy Rybim, a równoczesnej temperatury odczytanej na innem, niezbyt odległym miejscu, i to w takim, którego stosunki temperatury z wieloletnich obserwacyj są już dokładnie znane. Taką stacyą porównawczą mógł być dla nas tylko Kraków, który od całego szeregu lat notuje stale co godzina tempe-

raturę powietrza, bądź to zapomocą bezpośredniego odczytania, bądź też zapomocą termometrów samopiszących. Dla każdej tedy temperatury powietrza ($= R$), odczytanej przy Rybiem, należało z protokołu obserwacji krakowskich wziąć temperaturę ($= Kr.$) równocześnie tutaj obserwowaną, a stąd następnie utworzyć różnicę ($Kr. - R$). Średnia z kilkuset różnic tak otrzymanych powinna być już w znacznym stopniu wolną od przypadkowych zawiechrzeń temperatury w obu miejscowościach i zbliżyć się dostatecznie do wartości prawie stałej (przynajmniej w ciągu miesięcy letnich). Drobne, a nieuniknione niepewności takiego oznaczenia mają niezawodnie znaczenie dla samej termiki powietrza w Tatrach; do naszego jednak celu będą one dość podrzędne. Zobaczymy bowiem, iż obszerność wahnień temperatury wód tatrzańskich jest 3—5 razy mniejsza od podobnej obszerności wahnień temperatury powietrza. Gdy zaś ruch hydrotermiczny jest — jak to z góry można przewidzieć — pewną funkcją ruchu aerotermicznego, to widoczna, iż błąd różnicy ($Kr. - R$) wynoszący nawet $\frac{1}{4}^{\circ}C$., a więc i tyleż wynosząca niepewność średnich temperatur powietrza przy Rybiem, może w liczbach hydrotermicznych wywołać niepewność, wynoszącą co najwyżej $\pm 0.1^{\circ}C$. W rzeczywistości sprawa przedstawia się nieco pomyślniej, gdyż istniejący dotąd materiał obserwacyjny zezwala na ustalenie różnicy ($Kr. - R$) z niepewnością nie większą, jak $\pm 0.2^{\circ}C$.

Ażeby uzyskać rzeczową kontrolę rezultatu liczbowego, do którego zmierzamy, poddamy każdy z trzech obserwacyjnych szeregów osobnemu badaniu.

A. Szereg z miesięcy letnich w r. 1891.

Obserwator p. J. Więclaw, termometrem Towarzystwa Tatrzańskiego $= T. T.$ — Terminy 7^h a. m.; 1^h p. m.; 9^h p. m.

Wszystkich odczytań było około 260. Obejmowały one amplitudę termiczną od $+ 5^{\circ}C$. do $+ 23^{\circ}C$. (właściwie tylko do 18° , gdyż temperatury powyżej 18° były zaledwo kilkanaście razy odczytane wśród tego czasu) z najgęstszym rozpostarciem się około temperatury $+ 12^{\circ}C$.

Pragnąc wysłedzić, czy wartość różnicy ($Kr. - R$.) nie zależy też może w drobnym stopniu od samejże temperatury, podzieliłem cały materiał w przybliżeniu na 3 części (każda część po 80 kilka odczytań w obu stacyach), a mianowicie odpowiadające odstępom temperatury (przy Rybiem) 5° — 11° ; 11° — 15° ; 15° — 23° i dla każdej z tych części obliczyłem tak średnią wartość odpowiednich temperatur krakowskich, jakoteż średnią wartość różnicy ($Kr. - R$.). Znalazłem:

śred. temp. krak.	$Kr. - R.$
15·24° C.	6·073° C.
17·81° C.	6·258° C.
21·63° C.	6·359° C.

(A)

przyczem oczywiście średnia temperatura krakowska odnosi się dokładnie do godzin, w których przy Rybiem odczytywano termometr.

Lubo liczby powyższe nie są wolne od drobnych błędów, to jednak zgadzają się niezgorzej pomiędzy sobą tak, iż różnica ($Kr. - R.$) w miesiącach letnich wynosi niewątpliwie około 6° C. Ze wszystkich 258 różnic otrzymałem na ($Kr. - R.$) średnią wartość = 6·23°, wobec temperatury krakowskiej = 18·31° C.

Zestawienie (A) zdaje się wskazywać na słabą zmienność różnicy ($Kr. - R.$) = D wraz z temperaturą, a mianowicie na drobny wzrost ilości D ze wzrostem temperatury. Przypuszczając, że objaw ten odpowiada rzeczywistości, a nie jest jedynie następstwem zanadto jeszcze szczupłej mnogości pojedynczych różnic D , nie będzie od rzeczy domniemaną zależność liczbowo bliżej sformułować.

Oznaczając liczby pierwszej kolumny w (A) głoską x , zaś liczby drugiej kolumny głoską D i kładąc jeszcze $\frac{x}{10} = \xi$, starajmy się zależność ilości D od ξ przedstawić funkcją liniową

$$D = a + b \cdot \xi.$$

Zestawienie (A) dostarczy trzech równań fundamentalnych, które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają na wyznaczenie stałych a , b dwa równania warunkowe:

$$\begin{aligned} 3\cdot000 a + 5\cdot468 b &= 18\cdot690, \\ 5\cdot468 a + 10\cdot173 b &= 34\cdot155, \end{aligned}$$

skąd $a = +5\cdot442$, $b = +0\cdot4324$, z prawdopodobnymi błędami $\pm 0\ 152$, resp. = $\pm 0\cdot0828$.

Zatem $D = +5\cdot442 + 0\cdot0432 x$, gdzie x jest każdoczesną obserwowaną w Krakowie temperaturą. Kładąc tutaj za x liczbę 18·31° C. (t. j. średnią z całego użytego materiału obserwacyjnego), otrzymujemy na D wartość 6·23°, a więc dokładnie tę samą co poprzednio.

Mimo to nie można oddawać się nadziei, że drobna zmienność różnicy D (a więc istnienie wyrazu $b\xi$) jest wyrazem rzeczywistości. A choćby tak nawet było, to ilość 0·0432 będzie z pewnością tylko grubszym przybliżeniem istotnej wartości współczynnika b .

Wnosząc z poszukiwań prof. Jul. Hann'a, dotyczących się sto-

sunków ciepłoty na szczytach i przełęczach alpejskich (Sonnblick, Säntis, Kolm-Saigurn, Obir, Rauris, itd). należy i dla Tatr oczekiwać istnienia współczynnika b i to o wartości dodatniej. Położenie Tatr pod względem klimatycznym bardziej kontynentalne od terenu alpejskiego, nie zezwala jednak na proste przeniesienie odpowiedniego współczynnika z Alp na łańcuch tatrzański; wystarczy więc tutaj tylko skonstatować, iż objaw, o którym mówimy, posiada przecież swoje uzasadnienie przynajmniej w podobnych okolicach alpejskich. Wybitny tego rodzaju przykład przedstawiają np. znalezione w r. 1886—1887. średnie temperatury zimy, wiosny, lata i jesieni w Zell am See (Z') i Kolm-Saigurn ($= K'$), pierwsza na wysokości 750 m., druga 1620 m.

	Z'	K'	$Z' - K' = D'$
Grudzień — luty	— 5.1	— 5.9 + 0.8
Marzec — maj	+ 5.4	+ 2.1 + 3.3
Czerwiec — sierpień	+ 15.5	+ 11.3 + 4.2
Wrzesień — listopad	+ 6.9	+ 3.9 + 3.0,

które to zestawienie pokazuje znaczny wzrost różnicy ($Z' - K'$) wraz ze wzrostem temperatury np. niższej stacyi. Również co do innych miejscowości alpejskich dają się podobne objawy wykazać¹⁾. Pozostają one widocznie w ścisłym związku z faktem, iż amplituda roczna temperatur średnich staje się tem mniejszą, im wyżej położoną jest uważana miejscowość, faktem, który był znany już Saussureowi przy końcu XVIII wieku. Wypadnie nam dotknąć raz jeszcze tego przedmiotu, dla tego nie zatrzymuję się dłużej nad rzeczą. Zauważę tylko, że przytoczony wyżej przykład stacyi alpejskich Z' i K' jest niemal skrajnym pod względem wybitności różnic, jakie w ciągu roku zachodzą w ilości D' , a to z tej głównie przyczyny, iż niższa stacya Z' leży w dolinie, podczas gdy wyższa K' znajduje się na upłazie dość stromo spadającym. Z początkiem wiosny i w ciągu całej zimy jest stacya Z' niejako pokrytą przemrożoną warstwą powietrza zimnego i ciężkiego, pozostającego przez długi czas bez ruchu wokół stacyi, podczas gdy w wyższej stacyi K' promieniowanie mniejszej powierzchni terenu nie może przemrozić powietrza w tym stopniu, jak na pla-

¹⁾ Zob. m. i. J. Hann Zur Meteorologie des Sonnblickgipfels (Separatabdruck aus der Zeitschr. der deutsch. und oesterreich. Alpenvereins, Bd. XX., Wien 1889). Jest to wyciąg pracy znakomitego meteorologa umieszczonej w publikacjach wiedeńskiej Akademii Umiejętności, pracy która dla poznania stosunków meteorologicznych wysoko położonych miejsc w ogólności, w szczególności Alp austriackich, jest pierwszorzędnej wartości.

szczyźnie; zaś w razie nawet większego przemrożenia powietrza, spadzistość terenu zezwala na ustawiczne „splywanie“ jego ku dołowi.

Zobaczmy teraz, jakie wnioski dadzą się wyciągnąć z drugiego szeregu obserwacyjnego przy Rybiem Jeziorze.

B. Szereg z lipca 1892.

Składa się on z 285 godzinnych odczytań własnego mego termometru (= *Z*) resp. termografu w czasie od 11. do 22. lipca 1892. Z powodu ustawicznej prawie niepogody (tak w *Kr.* jak i przy *R*) amplituda temperatury wśród tego czasu była przy Rybiem stosunkowo bardzo szczupła (średnie 24 godzinne obejmowały odstęp od + 6·9 tylko do + 12·7), a dla tej przyczyny szereg ten nie nadaje się wcale do badania zmienności liczby *D*.

Nie pozostaje więc nic innego, jak całość liczb tego szeregu uważać za jedną grupę i porównać je z jednoczesnymi odczytaniami krakowskimi. Rezultat jest następujący:

$$\begin{array}{r} \text{Średnia z 275 liczb krakowskich} = 16\cdot781^{\circ} \text{ C.} \\ \text{„ „ „ „ przy Rybiem} = 10\cdot691^{\circ} \text{ C.} \\ \hline \text{Kr. — R.} \qquad \qquad \qquad = + 6\cdot090^{\circ} \text{ C.} \end{array}$$

Mamy więc z powyższego następujące wyznaczenie:

$$\text{średn. temp. krak. } 16\cdot78^{\circ} \text{ C.} \dots \dots \dots \text{ } D = + 6\cdot090^{\circ} \text{ C.}$$

Drobny wpływ na tę liczbę i poprzednie pod (*A*), pochodzącą z odmiennego umieszczenia termometrów, jakoteż drugi, jeszcze mniejszy, pochodzący z niezupełnej dokładności punktu zera w obu termometrach uwzględnimy przy ostatecznej redukcji materiału obserwacyjnego.

C. Szereg z sierpnia i września 1892.

(Obserwator A. Aleksandrowicz, termometrem *T. T.* umieszczonym jak pod *A*). Jest to najkrótszy szereg obejmujący mianowicie tylko 156 bezpośrednich odczytań termometrycznych, dokonanych w przeciągu 46 dni, nie jest on jednak bez wartości dla naszego celu, a to dlatego, że odpowiadał on porze niezwykłych upałów (głównie sierpniowych), jakie panowały w całej Europie środkowej. Ponieważ, jak to już powyżej wspomniałem, obserwacje tego szeregu nie posiadały terminów ściśle jednostajnych, (ale w protokole obserwac. zawsze podanych) więc potrzeba było każdą obserwację przy *R* z osobna

porównać z obserwacją krakowską o tym samym czasie wykonaną. W kilkunastu miejscach, gdzie obserwacja przy *R* przypadła n. p. o 6! a. m., i $\frac{1}{2}$ p. m. i t. p., oznaczyłem nasamprzód interpolacyjnie (zawsze z trzech sąsiednich godzinnych odczytań krakowskich) równoczesną temperaturę krakowską, a dopiero wówczas tworzyłem różnicę (*Kr.* — *R.*). Następnie podzieliłem ten materiał na dwie grupy w przybliżeniu jednakowo liczne (po siedmdziesiąt kilka odczytań), z których pierwsza odpowiadała temperaturom krakowskim niższym od + 21° C., druga wszystkim pozostałym wyższym od + 21° C. (przedewszystkiem z drugiej połowy sierpnia i kilku dni września wyjątkowo gorących), a wreszcie obliczyłem średnią wartość różnicy (*Kr.* — *R.*) obu tych grup. Rezultat był następujący :

śred. temper. krak.	<i>D</i>
18·92	+ 6·177
23·78	+ 6·509.

wskazujący zatem znowu na drobny wzrost liczby *D* wraz z temperaturą.

W tem, co przytoczyłem, zamyka się niestety prawie cały, dotąd znany, materiał obserwacyjny temperatur doliny Rybiego Jeziora. Zauważę tutaj jeszcze, iż posiadam oryginalne protokoły obserwacyjne, obu szeregów *B*) i *C*) oraz kopię szeregu *A*), którą sam dla własnego użytku sporządziłem z oryginału będącego własnością Tow. Tatrzańskiego w Krakowie. Obliczenia, które zaraz następują, wykonałem w zimie r. 1892; w lipcu i sierpniu 1893. zebrałem przy Rybiem nowy szereg *D* 260-ciu odczytań termometru na tem samem co dawniej miejscu ustawionego, ale liczb tych nie zdołałem już, dla braku czasu, włączyć do całości.

Pozostaje teraz jeszcze ostateczna redukcya całego materiału zasadzającego się, jak widzieliśmy, na skromnej liczbie 700 (wraz z nieużytym tutaj szeregiem *D*, 960) odczytań termometrycznych ¹⁾ wykonanych bez wyjątku w miesiącach letnich lub na początku jesieni. Gdyby zależało jedynie na ustaleniu średniej przybliżonej wartości (*Kr.* — *R.*), to moglibyśmy poprzestać na prostej średniej arytmetycznej wszystkich 700 liczb; gdy jednak obadwa szeregi, tak *A*) jak i *C*) zdradzają wspomnianą tu już kilkakrotnie zmienność tej ilości

¹⁾ Do powyższych trzech szeregów dołączyłem około 20 odczytań termometru *T. T. T.* przy Rybiem, jakie w r. 1890. sporadycznie wykonywał tam gospodarz schroniska Liptak, czego kopię sporządziłem sam na miejscu. Wszystkich odczytań dających się użyć miałem razem 706. Trzy odczytania z pośród liczb szeregu *C* odrzuciłem jako wątpliwe.

i to w kierunku zgodnym z podobnym objawem na terenie alpejskim, warto spróbować oznaczenia ilościowego tej zmienności chociażby w niejakim przybliżeniu.

Szeregi *A*) i *C*) były wykonywane jednym i tym samym termometrem (*T. T.*), którego korekcję zera sam oznaczyłem na $+ 0.05^{\circ} \text{C}$. zapomocą porównywań z moimi termometrami, jakoteż przez dwugodzinne osadzenie go w śniegu topniejącym. Taką samą dokładnie korekcją posiadał (trafem) także i mój termometr (*Z*), którego używałem do znalezienia liczb szeregu *B*. Ponieważ ilość *D* jest różnicą temperatur (w sensie: Kraków mniej Rybie), więc należy przedewszystkiem od wszystkich trzech szeregów odjąć ilość 0.05°C ., ażeby powyższe wyniki uwolnić od drobnego błędu samej podziałki termometrycznej. Powtórnie szereg *B* (tj. mój własny) powstał z odczytań dokonanych w odmiennem nieco miejscu przy schronisku aniżeli obydwie szeregi *A*) i *C*), tj. przy odmiennem nieco „expozycji“ termometru i to — jak mierniam — nieco korzystniejszej. Istnienie drobnej „expozycyjnej“ różnicy miałem na oku już podczas pobytu mego przy Rybiem w lipcu 1892., a pragnąc ją bliżej ocenić, wykonywałem, prócz odczytań własnego termometru, równocześnie także (lubo sporadycznie) odczytanie termometru *T. T.*, wiszącego w klateczce na zwykłym swoim miejscu. Z 33 takich wspólnych odczytań znalazłem średnią wartość różnicy expozycyjnej:

$$Z \text{ (piąterko)} - T. T. \text{ (werenda parter)} = + 0.093^{\circ} \text{C},$$

skąd wynika, że dla usunięcia (choćby przybliżonego) różnicy expozycji, należy ilość 0.093 odjąć od liczb *D* obydwóch szeregów *A*) i *C*), skutkiem czego cały materiał otrzyma lepszą jednostajność, taką mianowicie, jak gdyby wszystkie odczytania w liczbie 700 były wykonane w jednym i tem samym miejscu, tj. na wystawce okiennej I-go piętra schroniska. Wprowadzając obie te korekcje do wszystkich $(3 + 1 + 2) = 6$ -ciu naszych liczb *D*, otrzymamy następujące zestawienie:

	średn. temp. krak.	<i>D</i>
	{ 15.24 ^o C.	5.930 ^o C.
(A)	{ 17.81 „	6.115 „
	{ 21.63 „	6.216 „
(B)	{ 16.78 „	6.040 „
	{ 18.92 „	6.034 „
(C)	{ 23.78 „	6.366 „

Stosując do tych liczb, jak powyżej, funkcję liniową $D = a + b \cdot \xi$ i postępując metodą najmniejszych kwadratów, otrzymujemy na wyznaczenie stałych a , b następujące dwa równania:

$$\begin{aligned} 6\cdot000 a + 11\cdot416 b &= 36\cdot701, \\ 11\cdot416 a + 22\cdot223 b &= 70\cdot063, \end{aligned}$$

skąd $a = 5\cdot233^\circ$, $b = + 0\cdot4645$, z prawdopodobnymi błędami tych wartości $\pm 0\cdot097^\circ$, wzgl. $\pm 0\cdot0504$. Pozostałe różnice między obserwacją a rachunkiem, wzięte w kierunku (obserw. — rachunek), przedstawiają się jak następuje: 1) $- 0\cdot011$, 2) $+ 0\cdot028$, 3) $+ 0\cdot055$, 4) $- 0\cdot078$, 5) $- 0\cdot021$, 6) $+ 0\cdot028$, skąd widać, iż nie występuje tutaj żadna wyraźniejsza systematyczność; pozostałe niezgodności należy więc złożyć nie tyle na niezupełną dokładność spostrzeżeń, jak na skromną ich mnogość, która nie zezwala na wyraźniejsze wystąpienie zależności liczby D od temperatury.

Zważając na znaczenie ilości ξ ($= 0.1$ temperatury x w Krakowie odczytanej), będziemy mieli ostateczny wynik rachunkowy z całego materiału obserwacyjnego:

$$Kr. - R. = 5\cdot23^\circ + 0\cdot046 \cdot x,$$

który to wzór pozwala na przybliżone ocenienie stosunków aerotermicznych Doliny Rybiego (przynajmniej w miesiącach letnich), z wiadomych takich stosunków obowiązujących Kraków. Oczywiście, że wzór ten nie może mieć żadnej pretensji do przedstawiania każdorazowej temperatury przy Rybiem, ale nabiera dopiero znaczenia np. dla średnich (tu i tam) miesięcznych, albo przynajmniej pięciodniowych (*pentad*). Jest on też stosunkowo już dostatecznie dokładny, aby zapomocą niego znaleźć średnie temperatury normalne Doliny Rybiego w miesiącach letnich, a nawet (używając niezbyt dalekiej extrapolacji w lewo i w prawo) w końcowych miesiącach wiosennych, jakoteż początkowych jesiennych. Następujące liczby, nieroszczące sobie zresztą pretensji do wygórowanej dokładności, będą, jak sędzę, pierwszą próbą ściślejszego poznania klimatu Doliny Rybiego pod względem ciepłoty powietrza:

	średn. norm. temp. krak.	D	śr. norm. temp. Dol. Ryb. (w przybl.)
Kwiecień	+ 8·07° C.	5·60	+ 2·47° C.
Maj	+ 13·70 „	5·86	+ 7·84 „
Czerwiec	+ 17·65 „	6·04	+ 11·61 „
Lipiec	+ 18·88 „	6·10	+ 12·78 „
Sierpień	+ 18·11 „	6·06	+ 12·05 „
Wrzesień	+ 14·03 „	5·88	+ 8·15 „
Październik	+ 8·91 „	5·64	+ 3·27 „

Co do pozostałych 5 miesięcy, użycie powyższego wzoru w celu otrzymania przybliżonych średnich norm. temperatur Doliny Rybiego może dostarczyć wartości już tylko wątpliwych, jeżeli zważymy, że nawet obie skrajne liczby $2\cdot47^{\circ}$ i $3\cdot27^{\circ}$ (kwiecień i październik) nie całkiem są bezpieczne, jako pochodzące z extrapolacji w obie strony nieco już poza zakres miesięcy rzeczywistych obserwacji.

Dla ogólnego jednak zorientowania się wśród rzeczy umieszczam je także tutaj, ażeby w ten sposób mógł sobie wytworzyć bodaj przybliżone wyobrażenie o wartościach średnich temperatur czterech pór roku, jakoteż średniej rocznej w Dolinie Rybiego.

Znajduje się:

	średn. norm. temp. krak.	<i>D</i>	oblicz. śred. norm. temp. Dol. Ryb.
Styczeń	— $4\cdot22^{\circ}$ C.	($5\cdot04$)	(— $9\cdot26^{\circ}$ C.)
Luty	— $2\cdot46$	($5\cdot12$)	(— $7\cdot58$)
Marzec	+ $1\cdot76$	($5\cdot31$)	(— $3\cdot55$)
Listopad	+ $2\cdot02$	($5\cdot32$)	(— $3\cdot30$)
Grudzień	— $2\cdot22$	($5\cdot13$)	(— $7\cdot35$)

przyczem liczby ujęte w nawiasy są tylko niejakiemi przybliżeniami do prawdy i to niezawodnie mniejszemi, aniżeli w poprzednich 7 miesiącach. Drugie cyfry dziesiętne temperatury, zachowane są tylko dla jednostajności rachunku, nie zaś w celu łudzenia się rzekomą dokładnością takich wartości, gdzie już pierwsze cyfry dziesiętne nie są bezpieczne. Otrzymujemy:

wiosna (marzec — maj)	+ $2\cdot25^{\circ}$ C
lato (czerwiec — sierpień)	$12\cdot15$ „
jesień (wrzesień — listopad)	$2\cdot71$ „
zima (grudzień — luty)	(— $8\cdot06$);
średnia roczna	(+ $2\cdot26^{\circ}$ C).

Niepewności, jakie tkwią w liczbach powyższych (zwłaszcza ujętych w nawias), możnaby starać się choć częściowo uchylić zapomocą materiału ze stacyj alpejskich. Obliczanie domyślnych średnich ciepłot górnej stacyi z wiadomych średnich stacyi dolnej na podstawie przyjętego ubywania ciepłoty na 1 hektom. wzniesienia się, nie obiecuje tutaj jednak skutku dodatniego. Jest bowiem rzeczą dobrze wiadomą, że liczby podawane często jako „raty“ ubywania ciepłoty w miarę podnoszenia się o 1 hektometr (liczby między $0\cdot3^{\circ}$ C a $0\cdot8^{\circ}$ C zawarte) posiadają znaczenie tylko lokalne, tj. obowiązują — ściśle biorąc — tylko teren, na którym zostały znalezione. Z lepszym może skutkiem niż

wspomniane „raty“ dałyby się średnie ciepłoty miesięcy zimowych przy Rybiem wynaleźć sposobem następującym. Utworzywszy różnice średnich miesięcznych (zimowych) Kraków-Poronin, Kraków-Zakopane, Kraków-Białka itd. dla pozostałych północnych stacyj meteorolog. Czarny Dunajec, Nowy Targ, Jaworzyna (1019 m. nad p. m. już blisko Rybiego), możnaby się starać te różnice uczynić (empirycznie) pewnemi funkcyami każdorazowej krakowskiej średniej miesięcznej, następnie współczynniki otrzymanych wzorów empirycznych uczynić zawisłymi od wysokości nad p. m. i od spadku terenu każdej stacyi, a wreszcie — znając te dwie ilości dla Rybiego, obliczyć samą różnicę Kraków-Rybie miesięcy zimowych. Wszystko to jednak będzie środkiem tylko połowicznym, nawołującym tem usilniej do założenia stałej meteorologicznej stacyi w głębi Tatr, co np. dla takiego Rybiego (1400 m.) dałoby się bez żadnych większych trudności uskutecznić. Wszakżeż niedawno temu zbudowano obserwatorium meteorologiczne na Sonnblick, szczycie alpejskim 3100 m. wysokim, a świeżo właśnie powstało obserwatorium meteorologiczne i fizyczne na najwyższym szczycie alpejskim 4810 m. wysokim Mont-Blanc.

Że otrzymane tutaj średnie miesięczne ciepłoty (normalne) dla Doliny Rybiego nie są znowu zbyt błędne, okazują liczby zebrane w stacyi najbliższej z Rybiem sąsiadującej. Dla Jaworzyny Spiskiej, oddalonej od Rybiego mniej niż 9 kilometrów, metodą różnic znalazł Kolbenheyer¹⁾ z 4-ro letnich obserwacyj (po uwzględnieniu poprawek i redukcji na 50-cio letnie średnie miesięczne krakowskie) liczby następujące:

Styczeń	— 8·1° C.	Lipiec	+ 14·2° C.
Luty	— 6·9 „	Sierpień	+ 13·5 „
Marzec	— 4·1 „	Wrzesień	+ 8·7 „
Kwiecień	+ 3·2 „	Październik	+ 4·6 „
Maj	+ 8·6 „	Listopad	— 2·7 „
Czerwiec	+ 12·8 „	Grudzień	— 6·3 „
Średnia roczna		+ 3·1° C.	

Jaworzyna leży u stóp Murania, w wąwozie jedynie na północ otwartym, na wysokości 1019 m. nad p. m. i jako stacya zajmuje miejsce pośrednie pomiędzy stacyami dolinowemi (Thalstationen) a stacyami stokowemi (Gehängstationen), zbliżając się jednak bardziej do kategorii pierwszych. Najwyższy taras Doliny Rybiego, otwartej ró-

¹⁾ Pierwotnie w: Jahrbuch des ungar. Karpathen-Vereins, Bd. XII. Igló 1885, z czego wyciąg w Meteorologische Zeitschrift (hrsg. von Prof. Jul. Hann) Bd. XXI, Berlin 1886, pag. 235.

wnieź na północ, gdzie właśnie znajduje się jezioro i schronisko, należy — ogólnie biorąc — do tego rodzaju stacyi co Jaworzyna, zbliża się jednak bardziej do stacyj stokowych: średni „upad“ między temi miejscowościami ¹⁾ wynosi zaledwie 2·7°. Wobec tego nie będziemy oczekiwali pomiędzy obydwoma stacyami większych różnic temperatur w miesiącach zimowych pomimo 4 hektometrowej różnicy ich wzniesień: wspomniany „upad“, łącznie z jakością terenu pomiędzy Jaworzyną a Rybiem wykluczają wprawdzie możność zimowego odwrócenia temperatur (tj. lokalnego wzrostu ich z wysokością), ale zapowiadają przy Rybiem temperatury tylko nieznacznie niższe od temperatur w Jaworzynie. Różnice normalnych temperatur średnich od kwietnia do października tych dwóch miejscowości przedstawiają się, jak następuje:

Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
0·7	0·8	1·2	1·4	1·4	0·5	1·3,

a że wszelkie tego rodzaju ilości dadzą się przedstawić (jak to z poszukiwań prof. H a n n a wynika) albo wzorem Bessel'owym o jednym wyrazie peryodyczno zmiennym (a drugim stałym), albo też (w dostatecznem przybliżeniu) jako funkcyja liniowa każdoczesnej np. dolnej temperatury, przeto dla naszego konkretnego przypadku otrzymaliśmy 7 równań:

$$a + 3·2·b = 0·7,$$

$$a + 8·6·b = 0·8,$$

itd. które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów, dają na wyznaczenie współczynników a , b następujące dwa równania:

$$7·0·a + 65·6·b = 7·3,$$

$$65·6·a + 728·8·b = 73·6,$$

skąd $a = + 0·617$; $b = + 0·0455$.

Według tego, jako różnice stycznia, lutego, marca, listopada i grudnia otrzymamy następujące wartości:

$$+ 0·25, \quad + 0·30, \quad + 0·43, \quad + 0·49, \quad + 0·33,$$

tak, iż odpowiednie średnie ciepłoty tych miesięcy przy Rybiem byłyby:

$$- 8·15, \quad - 7·20, \quad - 4·53, \quad - 3·19, \quad - 6·63,$$

co w połączeniu z siedmioma lepiej znanymi średniami (kwiecień — październik) doprowadza do średniej rocznej $+ 2·37^{\circ}$ C. Poprzednio otrzymaliśmy $+ 2·26^{\circ}$ C. Zatem pomimo całej niepewności, jakiej

¹⁾ Przy wzajemnej ich odległości 86 hektometrów i różnicy wzniesień (prawie dokładnie) 4 hm. mamy $\text{tang } \alpha = \frac{4}{86}$, skąd $\alpha = 2^{\circ} 40'$.

podlegają jeszcze te wyznaczenia pojedynczych średnich miesięcznych, niepodobna wątpić, że normalna średnia roczna przy Rybiem jest niewiele różną od $+2.3^{\circ}\text{C}$. Średnia roczna $+1.1^{\circ}\text{C}$, jaką prof. Rehmanna¹⁾ przyjmuje dla tej miejscowości, jest stanowczo za niską. To samo niepodobna przychylić się do mniemania Zejsznera²⁾, według którego ciepłota źródeł tatrzańskich ma być zarazem średnią roczną ciepłotą tej samej miejscowości. Bardzo stateczne pod względem ciepłoty źródło „pod Opalonym“ oddalone tylko o 20 minut drogi od jeziora Rybiego i wielokrotnie mierzona, posiada zimą i latem ciepłotę chwiejącą się między $+3.6^{\circ}$ a $+4.4^{\circ}\text{C}$. Tyle dają obserwacje średniej rocznej ciepłoty Kuźnie Zakopańskich, całe 400 m. niżej od Rybiego.

Wspomnę na koniec, że poszukiwania średniej rocznej ciepłoty danej miejscowości w Tatrach mogłyby być ułatwione przez pomiar ciepłot powietrza jaskiń, t. zw. „koleb“, chociażby nawet sporadycznie wykonywanych. Jaskinie, grotty nie są rzadkością w Tatrach, zaś „koleby“ spotyka się na każdym kroku. Jedną z takich kryjówek w skale, leżącą w zbroczu Miedzianych tuż nad poziomem Rybiego zwiedziłem dwukrotnie i znalazłem:

1892. 21. lipca 3^h p. m. ciepłota pow. zewnętrznego 11.7° ; w kolebie 5.9°

1893. 26. lipca 8^h a. m. „ „ „ 13.4° ; „ 6.7 ;

chwianie się, czy to dzienne, czy roczne ciepłoty wszelkich takich grot będzie niezawodnie tylko jakąś małą częścią amplitud ciepłoty zewnętrznego powietrza, mogłoby więc nierównie prędzej doprowadzić do znajomości średnich ciepłot, aniżeli obserwacje na wolnym powietrzu w Tatrach, tam zwłaszcza, gdzie np. perturbacje normalnego dziennego pochodu ciepłoty dosiegają niekiedy rozmiarów³⁾ samej dziennej amplitudy...

O ile mi wiadomo, to po stronie Tatr Polskich, prócz znanej grotty w Magórze ($h = 1460$ m. nad p. m.) nie badano dotąd innych z termometrem w ręku. Letnią ciepłotę powietrza w tej ostatniej oznacza Kolbenheyer⁴⁾ z kilku pomiarów na 7°C .

¹⁾ Zobacz wybornie skreślony artykuł jego pod napisem: Tatry, w XII tomie Słownika geograficznego Królestwa Polskiego, Warszawa 1892. str. 251, kolumna 2.

²⁾ Biblioteka warszawska T. II, z r. 1844. str. 257.

³⁾ Sam obserwowałem termografem przy Rybiem i gdzieinziej minimum dziennej ciepłoty około 2. po poł., a więc w pobliżu normalnego maximum.

⁴⁾ Die hohe Tatra, 8. Aufl. Teschen 1891. pag. 141.

ROZDZIAŁ II.

Zmiany ciepłoty wody na powierzchni jeziora.

Zmiany dzienne. Przysposobienie materiału do badania zmian rocznych.

Już w roku 1890. doszedłem do przekonania, że ciepłota na powierzchni jeziora ulega, zarówno jak ciepłota powietrza, peryodycznym zmianom dziennym. W następnym roku zauważyłem, że ciepłota na różnych punktach jeziora, mierzona równocześnie (dwoma porównanymi termometrami) przez dwie osoby na tratwie i przy brzegu, nie jest w ogóle jednakową. Objaw taki dostrzeżony w r. 1880. na Stawie Czarnym pod Rysami przez E. Dziewulskiego, uważany przezeń za osobliwość tego jeziora ¹⁾ obserwowałem wielokrotnie tak na Rybiem, jakoteż na innych jeziorach tatrzańskich. Występuje on wybitniej zwłaszcza wówczas, gdy obserwator jest tylko jeden i posługuje się tylko jednym termometrem; żeglując bowiem zwolna (jak nie można inaczej) po jeziorze i odczytując w różnych jego punktach ciepłoty, dostrzega on bowiem wówczas różnice wywołane naraz dwiema przyczynami: miejsca i czasu. Wspólny skutek obojga, może raz być równym ich sumie, drugi raz ich różnicy, może nawet wszelką pod tym względem zmienność całkowicie zatrzeć. Wybór miejsca, na którym stale miały być mierzone ciepłoty wody nie mógł więc być dla mnie rzeczą podrzędną. Najwłaściwsze, jakby się zdawało, miejsce: środek jeziora, prócz innych ma jeszcze tę wielką niedogodność, że dla pozyskania jednej liczby termometrycznej, należałoby każdym razem wiosłować do połowy jeziora. Niepodobna zatem było myśleć o zebraniu jakiego większego szeregu obserwacyjnego ze samych tylko odczytań termometru, wykonanych na pełnym jeziorze. tem bardziej że prawie wszystkie starsze ciepłoty były odczytywane przy brzegu. Można też oczekiwać, że i przyszłe okolicznościowe pomiary także przy brzegu i to przednim będą wykonywane, jako w miejscu najbliższem schroniska, a więc najporęczniejszym. Te względy praktyczne nakazywały mi pozostać przy dotychczasowym zwyczaju, z tą jedynie zmianą, że zamiast odczytywać wprost z brzegu suchego — gdzie woda jest już całkiem płytką — zarządziłem stale pomiary z tylnego końca, tratwy uwiązanej przodem do brzegu w zwykłej jej przystani. Przy 10-cio metrowej długości całej tratwy, blisko dwumetrowej długości

¹⁾ Pamiętnik Tow. Tatrzańsk. Tom. V., Kraków 1880. str. 43.

powroza i dość stromym spadku dna jeziora, stawał tył tratwy już na głębokości przeszło 4 metrowej i tu właśnie zanurzonym bywał termometr stale. Za takim wyborem miejsca obserwacyi przemawiały doświadczenia poprzednio zebrane, że ciepłota płytkiej wody tuż przy samym brzegu bywa wśród dnia najczęściej znacznie wyższą od ciepłoty pełnego jeziora. późnym zaś wieczorem i bardzo wczesnym rankiem niższą od ostatniej, dalej że już w 10-cio lub 15-to metrowej odległości od brzegu, ciepłota wody — *ceteris paribus* — jest prawie dokładnie taką samą co i na środku jeziora. Oto niektóre liczby.

1892. 20. lipca,	12 $\frac{1}{2}$ p. m.	woda na powierzchni w środku stawu	11 0°	
	10 minut później	" " 15 m. od brzegu	11 0°	
	zaraz potem	" " przy sam. brzegu	12 6°	
dzień był ciepły i pogodny.				
1892. 21. lipca,	7 p. m.	środek jeziora	10 6°	
	zaraz potem	$\frac{1}{2}$ jeziora ku brzegowi	10 6°	
i tyleż 15 m. od brzegu				
1892. 17. lipca,	4 p. m.	Odpyływ jeziora (początek Potoku Rybiego)	11 9°	
	w kilka minut później	(sterując ku zwykłemu miejscu tratwy)	12 2°; 12 4°	
	zaraz potem	przy samym brzegu pod schroniskiem	12 9°	
1893. 26. lipca,	10 $\frac{1}{4}$ a. m.	woda przy sam. brzegu	13 0°	
	11 $\frac{1}{4}$ a. m.	(bliżej południa!) środek stawu	12 2°	
oboje w słońcu, które za chwilę skryło się za chmurami.				
	12 mer.	środek stawu	12 0°	} chmury
	1 p. m.	" "	11 8°	
	2 p. m.	przy samym brzegu	11 3°	

itd. Stąd widać, iż dniem, zwłaszcza podczas świecenia słońca, pełne jezioro jest na powierzchni nieco zimniejsze od wody przy samym brzegu, że już w odległości kilkunastu metrów od brzegu woda ciepłotą różni się tylko nieznacznie od ciepłoty na dalszych jego obszarach pod warunkiem, że oboje znajdują się równocześnie w słońcu lub w cieniu, a wreszcie, że za ustaniem insolacyi, role obu miejsc się zmieniają, że więc wówczas woda przybrzeżna ochładza się szybciej, aniżeli na pełnym jeziorze. Ze tak jest w istocie, że więc np. późniejszym wieczorem (i nocą) środek jeziora jest cieplejszy od wody przy brzegu, okazują m. i. następujące liczby:

1892. 10. lipca,	7 $\frac{1}{4}$ p. m.	środek jeziora (blizko)	11 9° C.
"	"	{ blizko brzegu	11 7 "
"	"	{ 15 minut jeszcze bliżej (wiosło dosięga dna)	11 4 "
"	"	{ później przy samym brzegu	11 2 "

1892.	11. lipca,	8 ^h 20 ^m	p. m.	środek jeziora	12·2° C.
"	"	8 29	"	blizko brzegu	11·9
"	"	8 31	"	przy samym brzegu	11·5
"	20. lipca	10½ a. m. tuż przy brzegu		11·9	
			11 " (bliżej południa) sam środek jeziora	11·6	
			5 p. m. przy samym brzegu	11·2	
			" z tyłu tratwy	10·6	
			zaraz potem 40 (±) metr. od brzegu	10·6	

podczas pogody i świecenia słońca; przeciwnie gdy pochmurno :

1893.	28. lipca	4½ i 5 p. m.	środek jeziora	12·7°
		5½ p. m.	już blizko brzegu	12·2
			zaraz potem przy samym brzegu	11·6 ;

w dni mgliste znikają różnice:

1892.	16. lipca	4½ p. m.	środek jeziora	10·9°
"	"	5¼ "	" "	10·8
"	"	6 "	sam brzeg	11 0

itd. Wobec tego można było spokojnie poprzestać na pomiarach wykonywanych z tyłu tratwy uwiązanej swym przodem do brzegu. Różnice, których część dopiero przytoczyłem, tłómaczę sobie z jednej strony silnem rozgrzewaniem się skał przybrzeżnych w czasie bezpośredniej insolacji, jako też większym tutaj spokojem wody, z drugiej zaś nocnem (i wieczornem) promieniowaniem gruntu, wywołującym szybsze ostygnięcie płytkiej wody przy brzegu.

Jako przykład dziennych zmian ciepłoty wody (na zwykłym stanowisku) jeziora przytaczam następujące liczby :

1892.	20. lipca	4 ^h	p. m.	10·6° C.
"	"	8	"	10·5
"	"	10	"	10·4
	21. lipca	5 ^h	a. m.	10·3
"	"	7½	"	10·7
"	"	8¾	"	11·0
"	"	10	"	11·1
"	"	11	"	11·2
"	"	11½	"	11·5
"	"	1½	p. m.	11·9
"	"	3¼	"	12 0
"	"	4½	"	11·8
"	"	6¼	"	10·8
"	"	7	"	10·6
	22. lipca	4¾	a. m.	10 1

które dla dnia 21. lipca 1892. r. dają całkowitą amplitudę dzienną, wynoszącą niecałe dwa stopnie Celsiusza (2° C.) Dzień był dość ciepły o średnim zachmurzeniu 4, ciepłota powietrza (w cieniu) chwiała się w granicach $6^{\circ}3'$ (o piątej rano) do $13^{\circ}1'$ (wkrótce po południu) tak, iż amplituda dla wody = blisko $\frac{1}{4}$ -tej amplitudy powietrza.

Do bliższego wyznaczenia głównych bodaj faz zmian dziennych, o których mowa, może obecnie posłużyć jedyny dotąd, nieco dłuższy, ciągły i systematyczny 46-cio dniowy szereg obserwacji, który w sierpniu i wrześniu 1892. r. na wskazanem przeze mnie miejscu, jednym i tym samym termometrem, wykonali pp. Aleksandrowicz, Borowski, Kabcisz i Magiera do tej czynności przeze mnie uproszeni, o czem już powyżej wspomniałem. Na ten szereg wypadnie nam jeszcze kilkakrotnie się powołać. Ciepłota wody była odczytywana (bezpośrednio po odczytaniu temperatury powietrza, w cieniu na jednym i tem samym miejscu) zrazu 3, później 5 razy dziennie o godzinach uwidoczniionych każdym razem w protokole obserwacyjnym (a zbliżonych do 7. 2, 7). Szereg ten nadaje się do naszego celu także z powodu, że odpowiadał on porze niezwykle długiej pogody i połączonych z nią wielkich upałów w drugiej połowie sierpnia, wśród których ruch dzienny ciepłoty na powierzchni jeziora wybitnie mógł wystąpić. Wówczas to ciepłota wody na powierzchni Rybiego (na zwykłym stanowisku) dosięgła niebywalej wysokości $15^{\circ}9'$, jeszcze zaś większej płytką pobrzeżna woda (blisko 17° C).

W celu otrzymania pewnych redukcji, które później wyłuszcze, biorę na uwagę jedną część tego szeregu. odnoszącą się do pogodnej dziewięciodniówki $\frac{15}{9} - \frac{23}{9}$ 1892. r., w której obie ciepłoty, powietrza i wody, były równocześnie odczytywane prawie w stałych terminach 7^h a., 10^h a., 2^h p., 4^h p., 7^h p. Średnie z dziewięciu odpowiednich liczb (zobacz tabelę karta 234 i nast.) przedstawiają się, jak następuje:

Godzina	czas od północy = x	średnia ciepłota	
		powietrza	wody
7^h14^m a. m.	7·14	11·57°	10 83°
10 00 „	10·00	13·50	11·54
1^h92^m p. m.	13·92	14·71	11·97
4·03 „	16·03	14·24	11·58
6·72 „	18·72	12·61	11 13.

Łubo godziny obserwacyjne wypełniają tutaj tylko jedną połowę doby, to przecież — dzięki opieszałemu ruchowi ciepłoty wody — można z tych pięciu par danych, wyprowadzić rachunkiem postać dziennej

gałęzi linii krzywej, przedstawiającej ruch dzienny ciepłoty powietrza wzgl. wody w obrębie owych dni dziewięciu.

Dwa wzory peryodyczne o postaci Bessel'owskiej :

$t = a + b \sin 15^\circ x + c \cos 15^\circ x + d \sin 30^\circ x + e \cos 30^\circ x$ (dla powietrza),
zaś

$\tau = \alpha + \beta \sin 15^\circ x + \gamma \cos 15^\circ x + \delta \sin 30^\circ x + \varepsilon \cos 30^\circ x$ (dla wody)

pozwalają — za użyciem 5-ciu powyższych dat obserwacyjnych — wyznaczyć w obu razach współczynniki poszczególnych wyrazów. Rozwiązując pierwszym i drugim razem układ 5-ciu równań o 5-ciu niewiadomych ¹⁾, otrzymujemy dla ruchu temperatury powietrza:

$$a = 11.858, b = -1.183, c = -2.640, d = 0.009, e = -0.089,$$

zaś dla ruchu temperatury wody:

$$\alpha = 11.276, \beta = -0.230, \gamma = -0.342, \delta = 0.107, \varepsilon = 0.353.$$

Gdybyśmy zapomocą tych wzorów szukali pory maximum ciepłoty powietrza, względnie wody (przyrównyując pochodne $\frac{dt}{dx}$, względnie $\frac{d\tau}{dx}$ do 0), to do otrzymanych wyników (1^o p. m. dla powietrza, 1^h p. m. dla wody) nie moglibyśmy oczywiście przywiązywać większego znaczenia i wnosić stąd coś więcej, jak tylko że maxima obu temperatur przypadają prawie równocześnie. Nie co innego okaże się zresztą także i z dyskusji całego szeregu obserwacyjnego, jak to niebawem zobaczymy.

Bezpieczniejsze nieco będą wnioski, jakie z tych wzorów dadzą się wyprowadzić dla pory dnia, w której tak powietrze jak i woda osiągną maximum ruchu, a raczej chyżości samej temperatury. Rzeczona chyżość, tj. pochodne $v = \frac{dt}{dx}$ względnie $\varphi = \frac{d\tau}{dx}$ dadzą się według poprzedniego z łatwością wypisać; kładąc następnie pochodne $\frac{dv}{dx}$, względnie $\frac{d\varphi}{dx}$ równemi zeru i rozwiązując (próbami) obydwie otrzymane równania warunkowe (gdzie krótko $15^\circ x = \theta$ położyłem)

$$b \sin \theta + c \cos \theta + 4d \sin 2\theta + 4e \cos 2\theta = 0 \text{ (dla powietrza),}$$

zaś

$$\beta \sin \theta + \gamma \cos \theta + 4\delta \sin 2\theta + 4\varepsilon \cos 2\theta = 0 \text{ (dla wody),}$$

otrzymamy w obu razach podwójne rozwiązanie, dla powietrza

¹⁾ Gdyż z powodu braku nocnych obserwacji nie można było użyć zwykłych, a łatwiejszych metod wyznaczania tych stałych.

$$\begin{aligned} x_1 &= 7\cdot27^h \text{ a. m.}, & x_2 &= 19\cdot84^h = 7\cdot84^h \text{ p. m.}, \\ \text{zaś dla wody} & & & \\ x_1 &= 9\cdot40^h \text{ a. m.}, & x_2 &= 16\cdot04^h = 4\cdot04^h \text{ p. m.} \end{aligned}$$

Są to pory ranne i wieczorne, w których tu i tam temperatura najszybciej się zmienia. Dla obu występuje, jak widzimy, tak znaczna różnica fazy jednego i tego samego objawu, że chociażbyśmy na niepewność samego wyznaczenia ilościowego nawet połowę jej wartości przeznaczyli, to zawsze jeszcze pozostałaby w pierwszym razie przeszło godzina, w drugim blisko dwie godziny czasu. Przeszło dwugodzinne ($9\cdot40 - 7\cdot27 = 2\cdot13^h$) opóźnienie się rannej fazy dla wody, jako też blisko 4-godzinne ($7\cdot84 - 4\cdot04 = 3\cdot80^h$) przyspieszenie wieczornej fazy dla niej, uważam — gdyby nawet liczby te miały kiedy uleść zmianom — za bezpośredni skutek górzystego otoczenia naszego jeziora, którego wody późnym dopiero rankiem spotykają się z promieniami słońca, a już wczesnym wieczorem w cień zapadają. Nieporównanie swobodniejsze ruchy powietrza umożliwiając już dosyć wczesno rano żwawszy ruch rtęci w termometrze i to chociażby cała kotlina jeziora jeszcze w cieniu była pogrążona; dopóki jednak promienie słońca, minawszy otaczające grzbiety górskie, nie padną wprost na jezioro, sama tymczasem już podniesiona temperatura powietrza nie jest w stanie (przy tępem ogrzewaniu się z góry wszystkich ciecży) obudzić żywszego ruchu ciepłoty na wodzie. Nietyle więc pośredni wpływ temperatury powietrza, ile bezpośrednia insolacja¹⁾ decyduje o zmianach termicznych na powierzchni jeziora: obie

¹⁾ Wiadomem jest, (z poszukiwań p. p. Angot'a, Hann'a i innych), że insolacja jest znacznie większą w miejscowościach górzystych aniżeli po nizinach. Z Tatr pod tym względem nie posiadamy dotąd żadnych ilościowych oznaczeń; zapewne nie będą one jednak odmiennymi od objawów gdzieindziej już zbadanych. Wszystkim turystom tatrzańskim dobrze znanem jest dokuczliwe promieniowanie słońca podczas spinania się na szczyty albo wyżej przełęcze (Waga, Zawrat, Polski-Grzebień), gdy równocześnie w cieniu termometr pokazuje ledwo kilka stopni nad zerem. Szczupły zasób takich dorywczych pomiarów dla Tatr posiadam, nie widzę jednak potrzeby przytaczania go tutaj. Wspomnę tylko, że 25. marca 1891. znalazłem (przy Rybiem) ciepłotę w cieniu — $5\cdot5^{\circ}\text{C}$, a równocześnie (1^h p. m.) $+5\cdot2^{\circ}$ w słońcu! Z dachu schroniska pokrytego śniegiem spływała obficie woda; u przeciwnej (N) połaci dachowej nawet sopli nie było.

Wpływ potężnej insolacji na nagie zbocza górskie w Tatrach może być tak wielkim, że przy sprzyjających warunkach może nawet wywołać złudzenia optyczne znane pod nazwą *fata morgana*, oglądane m. i. dnia 9. sierpnia 1893. przez mnóstwo osób w Zakopanem, skąd górale wysnuwali przepowiednie niepomyślne, zapewniając, iż takie zjawiska były zawsze zwiastunami jakichś przewrotów meteorologicznych. Wkrótce, bo 11. i 12. sierpnia 1893., nastąpiły powodzie na Podhalu, a to utwierdziło ich tem mocniej w takim przekonaniu.

temperatury są o tyle tylko wzajemnie od siebie zawisłe, o ile same znowu zależą od pochłaniania ciepłych promieni słońca przez grunt stały, względnie przez wodę. Poznamy w następstwie inne jeszcze objawy, które nas jeszcze bardziej utwierdzą w tej mierze.

Podług wzoru na τ , ciepłoty wody w godzinach rannych i południowych będą (podczas uważanej dziewięciodniówki średnio)

Godz.	ciepłota	i	i'
6 ^h a. m.	10·693 ⁰	1·055	1·028
8 " 	10·973	1·028	1·014
10 " 	11·541	0·977	0·989
12 mer.	11·971	0·942	0·971
2 p. m.	11·956	0·943	0·972
4 " 	11·562	0·975	0·988
6 " 	11·153	1·011	1·006
8 " 	11·035	1·022	1·011

gdzie zarazem, w trzeciej kolumnie umieszczone są wartości ilorazu

$$i = \frac{\text{średnia temperatura dnia}}{\text{temperatura godziny}}$$

w czwartej wartości podobnego ilorazu, o którym za chwilę. Średnią temperaturą dnia jest w obecnym konkretnym przypadku liczba 11·276, jaką znaleźliśmy powyżej jako wartość współczynnika α . Z ostatniej tabelki można znaleźć wartość ilorazu i w pośrednich godzinach zapomocą interpolacji. Ze sposobu powstawania tych liczb widać, że mnożąc obserwowaną w pewnej godzinie temperaturę wody przez odpowiadającą jej wartość ilorazu i otrzymamy średnią dzienną, oczywiście w przybliżeniu. Mając dwie, trzy, lub więcej takich obserwowanych temperatur „nieterminowych“ t. j. odczytanych w terminach niestałych, znajdziemy dla każdej z nich tym sposobem średnią dzienną (przybliżoną): utworzona z takich wartości przeciętna będzie szukaną średnią dzienną już dostatecznie dokładną.

Liczby kolumny 3-ciej mają jednak znaczenie tylko dla dni pogodnych, w których insolacja jeziora odbywa się przez większą część dnia bez przeszkody chmur lub mgły, o średnim zachmurzeniu blizkiem 4. W dni pochmurne lub mgliste ginie prawie zupełnie fala dziennych zmian temperatury wody, jak o tem przekonałem się wielokrotnie (np. 6. i 7. sierpnia 1891.; 13., 14., 18., 19. lipca 1892.; 30. lipca i 1. sierpnia 1893.), a wartością ilorazu i jest wówczas jednostka. Oczywiście więc, że w dniach o słabej insolacji (przy średnim zachmu-

rzeniu $7 \pm$) wartości tego ilorazu będą leżały pomiędzy wartościami naszej kolumny 3-ciej a jednostką. Dla dni o takim typie zachmurzenia, będzie więc rzeczą najwłaściwszą, za „czynnik redukcyjny“ i przyjąć wartość $\frac{1}{2}(1+i)$ bardziej zbliżoną do jedności; liczby odpowiadające różnym godzinom dnia umieściłem od razu pod nagłówkiem i' w ostatniej tabelce (kolumna 4).

Wyłuszczone tutaj proces redukcyjny, mający chociażby w przybliżeniu umożliwić znalezienie średniej dziennej z nieterminowych odczytań ciepłoty wody, nie będzie wprawdzie wolnym od drobniejszych niepewności zwłaszcza wówczas, gdy sama insolacja ulegała wśród dnia znaczniejszym i nieregularnym zmianom, ale wobec stanu materiału obserwacyjnego niema na to już żadnej rady. Zresztą rzecz nie przedstawia się tutaj tak źle, jakby się to mogło wydawać. W pogodnych dniach letnich amplituda temperatury wody na powierzchni Rybiego dochodzi tylko całkiem wyjątkowo wartości 3° , zazwyczaj nie wynosi ona i połowy tej wartości, a w dni pochmurne lub mgliste — najczęstsze w kotlinie Rybiego — nie przekracza ona nawet jednego stopnia. Niezupełna pewność czynników redukcyjnych i , i' posiada zatem, wobec małości szukanych poprawek, tylko drugorzędne znaczenie. Zredukowane takim sposobem pojedyncze ciepłoty, nie będą zresztą posiadały dla nas znaczenia jakichś ostatecznych wyznaczeń, ale wejdą tylko, jako pojedyncze ogniwa, do całego szeregu liczb, którego dopiero całość poddamy dalszemu rozważaniu. Wyrównanie rachunkowe, które następnie zarządę, pozwoli wówczas w największej części uchylić pozostałe niezgodności między odrębnymi liczbami. Bez wspomnianego środka redukcyjnego (mimo to nawet, iż jest on tylko przybliżeniem!), dość spory, ale niesystematyczny materiał obserwacyjny, jaki okolicznościowo zebrali Koristka, Kolbenheyer, Dziewulski, Swierz, Rotb, Grissinger i inni, musiały pozostać niespożytkowanym.

Nie zawadzi przykład, objaśniający praktykę wykonania rzeczonych redukcji. Dnia 6. sierpnia 1891. znalazłem następujące ciepłoty powietrza i wody na powierzchni Rybiego:

	powietrze	woda
10 ^h a. m.	13·7 ^o	10·0 ^o
2 ³ / ₄ ^h p. m.	9·7 ^o	10·2 ^o
4 ¹ / ₂ ^h p. m.	8·7 ^o	9·8 ^o ;

dzień był w $\frac{3}{4}$ pochmurny, więc czynniki redukcyjne będą miały wartości 0·989, 0·978 i 0·993. Mnożenie daje następujące trzy liczby: 9·89; 9·98 i 9·73, z których średnia 9·87^o będzie niezawodnie już bardzo zbliżoną do rzeczywistej średniej dziennej. W ten sposób, dość mo-

zolni, przeszedłem cały materiał obserwacyjny, bądź przeze mnie, bądź też przez innych przygodnie zebrany. W tym ostatnim razie najczęściej średnia dzienna, której szukamy, mogła być podana tylko na podstawie jednorazowego odczytania termometru w wodzie.

Zobaczymy zresztą poniżej, że dyskusja obfitszego materiału obserwacyjnego dostarczy nam, dzięki odczytywaniu przez obserwatorów równoczesnej temperatury powietrza, jeszcze drugiego środka — nie gorszego od pierwszego — ażeby rzeczoną redukcję w dostatecznym przybliżeniu wykonać.

Poruszona już w pierw kwestya pory dnia, w której zachodzi maximum ciepłoty wody, daje się zapomocą nawet całego materiału obserwacyjnego ustalić dzisiaj z miernem tylko przybliżeniem. Najodpowiedniejszy, jak dotąd, do tego celu jest 46-cio dniowy szereg obserwacyjny z sierpnia i września 1892. r., kiedy to, dzięki długotrwałej pogodzie maxima tak ciepłoty powietrza, jak i wody, mogły wyraźnie wystąpić. Średnie z 46 rannych, 46 popołudniowych i tyluż wieczornych odczytań równoczesnej ciepłoty powietrza i wody, dają dla środkowej epoki (= 31. sierpnia 1892.) następujące liczby:

	powietrze	woda
7·05 ^h a. m.	14·261 ^o	11·898 ^o
1·86 ^h p. m. = 13·86 a. m. .	16·907 ^o	13·163 ^o
6·54 ^h p. m. = 18·54 a. m. .	15·028 ^o	12·380 ^o

Kładąc (czas — 7·05^h) = x , otrzymamy stąd wzory empiryczne dla dziennego wzgórka całej fali dziennych zmian ciepłoty

$$\text{powietrze} \dots t = 14\cdot261^{\circ} + 0\cdot85680 x - 0\cdot06876 x^2,$$

$$\text{woda} \dots \tau = 11\cdot898^{\circ} + 0\cdot39502 x - 0\cdot03073 x^2;$$

$$\text{warunki} \dots \frac{dt}{dx} = 0, \frac{d\tau}{dx} = 0 \text{ dadzą teraz}$$

$$\text{epoka maximum ciepłoty powietrza} \dots 1\cdot28^{\text{h}} \text{ p. m.}$$

$$\text{epoka maximum ciepłoty wody} \dots 1\cdot48^{\text{h}} \text{ p. m.,}$$

skąd wynikałoby, iż woda jeziora osiąga maximum swojej ciepłoty o (1·48 — 1·28) = 0·20^h, t. j. 12 minut później od maximum ciepłoty powietrza. Ta drobna różnica fazy nie daje jednak rękojmi rzeczywistości; odmienne bowiem traktowanie tego samego materiału obserwacyjnego daje mi na rzeczone opóźnienie tylko 0·09^h, to jest 5 minut, a dziewięciodniowy materiał ze środka września 1892. r. (dla którego istnieją pięciokrotne dzienne odczytania obu ciepłot) obliczony metodą Bessel'a (zobacz wyżej), doprowadza nawet do wniosku istnienia rzeczywistego przyspieszenia omawianej fazy. Najbezpieczniej będzie zatem

przyjąć, żeienne maximum temperatury wody zachodzi prawie równocześnie z maximum temperatury powietrza, albo też, że istnieje co najwyżej $\frac{1}{4}$ godzinne opóźnienie tego maximum względem pory maximum powietrza.

Zawsze jeszcze niezbyt zasobny materiał obserwacji hydrotermicznych, którym rozporządzamy do tej chwili, nie pozwala na traktowanie tej rzeczy takie, jakie zazwyczaj w poszukiwaniach używa się czysto meteorologicznych. Jednakże małość zmian dziennych w ciepocie wody — kilka razy mniejszych od podobnych zmian w temperaturze powietrza — zmniejsza znacznie naszą niepewność w tej mierze. Sądzę, że nie zawadzi jedna i druga wskazówka dla przyszłych pomiarów termometrycznych, tutaj pory dnia, w której — ogólnie biorąc — najwłaściwiej je wykonywać. Zważmy, iż przy normalnym przebiegu zmian dziennych, ciepota wody musi być dwa razy w ciągu doby równą samejże średniej dziennej. Dla pory dnia, w której to mniej więcej występuje — przynajmniej w ciągu pogodniejszych dni letnich — wzór Bessela z warunkiem $\tau = z$ dostarcza określającego te pory równania:

$$-0.2298 \sin \theta - 0.3416 \cos \theta + 0.1068 \sin 2\theta + 0.3530 \cos 2\theta = 0,$$

które daje dwa rozwiązania $\theta_1 = 136.4^\circ$ i $\theta_2 = 258.9^\circ$, odpowiadające godzinom 9.09^h a. m. i 5.26^h p. m. Odczytane w pobliżu 9-tej (nie 7-ej) rano, albo wkrótce po 5-tej popołudniu ciepłoty wody Rybiego będą więc już same przez się bardzo zbliżone do średniej dziennej; w dni pochmurne i słotne odpada i ten zachód przestrzegania takich terminów, gdyż ciepota wody jest wówczas prawie niezmienną. Średnia z trzech dziennych odczytań, wykonanych w pobliżu 7^h a., 2^h p., 7^h p. ($x = 7, 14, 19$) daje średnią dzienną z dokładnością ułamka jednej dziesiątej. Przyjmując tę średnią ogólną ($= z$) i biorąc kolejno $\theta = 105^\circ, 210^\circ, 285^\circ$, otrzymamy bowiem według wzoru Bessela

$$\tau_7 = z - 0.493, \quad \tau_{14} = z + 0.680, \quad \tau_{19} = z - 0.226,$$

skąd

$$3(\tau_7 + \tau_{14} + \tau_{19}) = z - 0.013^0$$

i odwrotnie

$$z = \frac{1}{3}(\tau_7 + \tau_{14} + \tau_{19}) + 0.013^0.$$

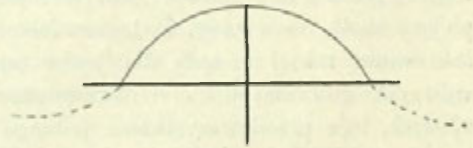
Zbliżenie to obu ilości będzie zachodziło tem bardziej w ciągu dni pochmurnych.

Związek pomiędzy ciepłotami t i τ . Najpierwsi już obserwatorowie ciepłoty jezior tatrzańskich przeczuwali widać istnienie jakiegoś związku pomiędzy temperaturami t i τ , skoro tak oni, jak i wszyscy następni,

prócz ciepłoty wody notowali równoczesną ciepłotę powietrza. Jeżeli zważymy, że obie ciepłoty ulegają równocześnie zmianom nietylko dziennym i rocznym, więc okresowym (peryodycznym), ale także nieokresowym, zależnym od indywidualności termicznej dnia, miesiąca, roku, to z góry można przewidzieć, że związek rzeczony z trudem da się wysledzić. Zwykła, w podobnych razach używana metoda, ażeby najpierw obydwaj zjawiska rozważać niezawisłe od siebie, starać się je przedstawić — w ich normalnym pochodzie — jako odrębne funkcyje trzeciej zmiennej ilości, mianowicie czasu, a wreszcie dopatrywać zależności pomiędzy obiema funkcyjami, metoda taka, powtarzam, jest niezawodnie wybora co do zjawisk n. p. czysto meteorologicznych, gdzie obfity i jednolity materiał obserwacyjny pozwala swobodnie, a nawet rozrzutnie operować średniami z tysięcy liczb, grupować je według godzin, dni, miesięcy, miejsc obserwacji i t. d. Tyle razy szerszy zasób obserwacji hydrotermicznych nie pozwalał myśleć o zastosowaniu takiej metody dla jezior tatrzańskich, a to tem bardziej wówczas, gdy nie chodzi o równoczesne wyznaczenie przebiegu obu zjawisk, lecz przede wszystkim jednego z nich tylko. Wielka zmienność czynników meteorologicznych wogóle, w szczególności zaś ciepłoty powietrza w Tatrach, nie pozwalała ludziom się, że poznanie przebiegu zmian jej w głębi gór da się uzyskać zapomocą obserwacji mniej niż 10-cio letnich i to systematycznie prowadzonych, n. p. na stacyi w pobliżu jeziora umieszczonej, co pewnie jeszcze długo zostanie pobożnym życzeniem.

Zamiast zwyczajnej metody potrzeba więc było chwycić się sposobów odmiennych, któreby pozwoliły wejrzeć bezpośrednio w jakość obopólnej zależności obu zmiennych temperatur, pozostawiając trzeci zmienny element, czas, na planie odleglejszym. Wiedziałem z góry, iż na tej drodze nie da się postępować szablonowo, i że potrzeba będzie zapuścić się w mozolne rachunki, biorąc w rękę każdą z osobna liczbę obserwacyjną. Wynik obliczeń, które wykonałem z wszelką możliwą oględnością, a które w zwięzłem streszczeniu niżej podaję, nagrodził mi pracę w nie włożoną i pozwolił ustalić przynajmniej główny rys związku przyczynowego pomiędzy obydwoma temi zjawiskami. Będę się czuł zadowolony, jeżeli to pierwsze usiłowanie wydobycia prawa z gromady bezładnych liczb, wywoła później sprostowanie, uzupełnienie i ulepszenie. Oparłem badanie na obserwacjach 46-dniowych z sierpnia i września 1892. r., który to szereg najdłuższy z dotychczasowych, zawiera przeszło 150 pojedynczych odczytań termometru we wodzie i tyluż równoczesnych (kilku minutami wcześniejszych) odczytań w ocienionem powietrzu. Ponieważ obserwacje nie były

ściśle terminowemi, jakkolwiek w całości odnosiły się do czasów blizkich 7^h a., 2^h p., 7^h p., nie mogłem się zdecydować na uważanie ich za dokładnie terminowe i już bezpośrednie odczytania łączyć w jakieś średnie. Okoliczność — a wypadła mi ona bardzo na rękę — że w ciągu całego tego czasu panowała przy Rybiem prześliczna pogoda, która pozwalała ruchowi ciepłoty powietrza i wody rozwinąć się bez przypadkowych zaburzeń, skłoniła mnie do rozpatrywania „półfali“ dziennej (t. j. wzgórka dziennego fali, przedstawiającej ciepłość w ciągu całej doby) z osobna na każdy dzień i to według jednego i tego samego schematu dla wszystkich. Część linii falistej, sięgająca od godziny 7-mej (±) rano do 7-mej (+) wieczorem, rysuje się na termometrografach — przy niezamąconym przebiegu zjawiska — jako część paraboli z wierzchołkiem ku górze zwróconym i osi pionowej (Ryc. 1.). Położenie i rozmiary takiej paraboli dadzą się wyznaczyć już zapomocą trzech par współrzędnych (tutaj czasu jako odcinka x i temperatury y): tyleż właśnie znajdujemy w każdym dniu¹⁾



Rycina 1.

obserwacji, t. j. ile potrzeba, aby tak położenie, jakoteż wielkość jednej i drugiej paraboli określić.

Szczegóły postępowania i przykład objaśnia rzecz lepiej, aniżeli długie opisy. Dnia 8. sierpnia 1892. roku odczytano:

czas	ciepłota powietrza	ciepłota wody
6 ^h 50 ^m rano	14·9°	11·2°
1 ^h 35 ^m popołudniu	15·8°	11·7°
6 ^h 15 ^m wieczór	13·4°	10·8°

a tutaj trzy liczby drugiej kolumny dają się, jako funkcyja liczb pierwszej kolumny, przedstawić jako parabola

$$t = 14\cdot9^{\circ} + 0\cdot5125(x - 6\cdot8) - 0\cdot0559(x - 6\cdot8)^2,$$

gdzie x jest liczbą godzin upłynionych od ostatniej północy. Tak samo liczby trzeciej kolumny, jako funkcyi liczb kolumny pierwszej, dają (dla wody) parabolę:

$$\tau = 11\cdot2 + 0\cdot2302(x - 6\cdot8) - 0\cdot0230(x - 6\cdot8)^2,$$

przyczem rozumie się samo przez się, że wzorów takich nie wolno

¹⁾ W kilkunastu dniach wykonano po 4 lub po 5 takich podwójnych odczytań.

używać do extrapolacji. Podobnie z danych obserwacyjnych w dniu n. p. 12. sierpnia 1892. r. obliczają się dwa inne wzory, a mianowicie:

$$t = 15.9 + 0.4069(x - 7.5) - 0.0316(x - 7.5)^2,$$

$$\tau = 11.8 + 0.3475(x - 7.5) - 0.0272(x - 7.5)^2,$$

i t. d. i t. d.

Dla 46 dni obliczyłem razem 2.46 = 92 takich wzorów, umożliwiających interpolację, którą możnaby nazwać „paraboliczną”. W dwóch dniach ta lub owa liczba obserwacyjna wydawała mi się nieco wątpliwą, w trzech innych dniach, skutkiem silnego wiatru lub deszczu, nastąpiło przemijające zaburzenie w regularnym pochodzie obu ciepłot; liczby z tych dni wykluczyłem od następujących rachunków.

Którąkolwiek parę takich przynależnych do siebie wzorów będziemy pisali ogólnie

$$t = t_0 + a(x - x_0) - b(x - x_0)^2,$$

$$\tau = \tau_0 + \alpha(x - x_0) - \beta(x - x_0)^2,$$

gdzie t_0 , τ_0 , a , b ,... są stałymi w ciągu dnia, ale zmiennymi od dnia do dnia.

Widoczna już z tabelarycznego zestawienia zależność tak samych temperatur t , τ , jakoteż i ich ruchów od siebie, nasunęła mi blizkie przypuszczenie, że pomiędzy współczynnikami a , b , α , β istnieje jakaś zależność. Domyśl ten został potwierdzony w następujących obliczeniach, zasadzających się na całym szeregu obserwacyjnych.

Tabela poniższa zawiera 5 kolumn: 1) liczbę bieżącą, 2) datę, 3) wartość każdorazową stosunku $\frac{b}{a}$. 4) równoczesną wartość stosunku $\frac{\beta}{\alpha}$, 5) przybliżoną średnią dzienną temperaturę powietrza.

L. bieżąca	1892.	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	przybliżona średnia dzienna
1.	8. sierpnia	0.109	0.100	14.4° C.
2.	9. „	0.067	0.077	14.5
3.	10. „	0.093	0.031	15.0
4.	11. „	0.090	0.088	16.5
5.	12. „	0.078	0.078	16.3
6.	13. „	0.019	0.100	14.7
7.	14. „	0.072	0.080	16.1
8.	15. „	0.075	0.076	17.2

L. bieżąca	1892.	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{2}$	przybliżona średnia dzienna
9.	16. sierpnia	0·063	0·060	18·4° C.
10.	17. "	0·059	0·070	18·7
11.	19. "	0·120	0·117	23·0
12.	20. "	0·090	0·102	23·0
13.	21. "	0·098	0·067	22·8
14.	22. "	0·137	0·085	17·4
15.	23. "	0·071	0·060	15·1
16.	24. "	0·078	0·095	17·7
17.	25. "	0·084	0·112	18·0
18.	26. "	0·094	0·088	13·7
19.	28. "	0·049	0·071	15·5
20.	29. "	0·092	0·071	17·4
21.	30. "	0·080	0·056	18·3
22.	1. września	0·086	0·075	14·7
23.	2. "	0·082	0·065	15·0
24.	3. "	0·070	0·081	14·1
25.	4. "	0·100	0·071	14·9
26.	5. "	0·103	0·115	14·6
27.	6. "	0·078	0·076	14·8
28.	7. "	0·125	0·108	9·4
29.	8. "	0·071	0·095	9·5
30.	10. "	0·073	0·058	10·3
31.	12. "	0·064	0·071	12·7
32.	13. "	0·075	0·064	15·9
33.	14. "	0·094	0·072	16·3
34.	15. "	0·069	0·095	12·4
35.	16. "	0·074	0·067	14·6
36.	17. "	0·074	0·088	13·0
37.	19. "	0·071	0·074	13·0
38.	20. "	0·067	0·070	9·0
39.	21. "	0·087	0·076	11·5
40.	22. "	0·111	0·115	14·1
41.	23. "	0·079	0·087	11·7
Summa		3·371	3·307	
		0·0822	0·0807	
Średnia (t. j. $\frac{1}{41}$) okrągło .		0·082	0·081	

Otrzymujemy więc średnie obu stosunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{2}$ prawie całkiem

równe, co naprowadza nas na myśl, że wartości obu ilorazów $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ będą zapewne w każdym poziomym wierszu esencyonalnie równe, a że niezupełna ich zgodność w powyższej tabelce pochodzi z nieuniknionych perturbacyj obu ciepłot, jakoteż zapewne także z użycia metody interpolacyjnej. Istotnie, wprost już z tabelki widać, że liczby stosunkowe, znajdujące się w jednym i tym samym wierszu poziomym, parami są prawie równe; występuje to jeszcze wyraźniej, gdy poprzednie zestawienie podzielimy (porządkiem liczb bieżących, a więc bez żadnego doboru celowego) na 4 grupy w przybliżeniu prawie równe (10, 10, 10, 11) i utworzymy z nich średnie. Znajduje się:

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{\alpha}$	roznica
grupa 1—10	0.073	0.076	— 0.003
„ 11—20	0.092	0.087	+ 0.005
„ 21—30	0.087	0.080	+ 0.007
„ 31—41	0.078	0.080	-- 0.002

Widać stąd z dostateczną wyrazistością, iż stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ stają się równocześnie nieco większymi lub mniejszymi i że ich wartości będą niezawodnie — ze znacznem przybliżeniem — całkiem równe. Jeżeli bowiem istotnie zachodziłaby między nimi pewna różnica, to z powyższego mielibyśmy prawo wnosić, iż nie osiągałaby ona wartości $\pm \frac{1}{3}$ ($0.0822 - 0.0807$) = ± 0.0007 . Nie wynika stąd jeszcze, ażeby iloraz $\frac{b}{a}$ ($= \frac{\beta}{\alpha}$) miał posiadać w rozmaitych dniach lub porach roku wartości całkiem jednakowe: wnosząc z daleko mniejszej zgodności liczb tabelki w kierunku pionowym, aniżeli poziomym, można by dopatrywać zmienności tych równych stosunków, n. p. wraz z samą temperaturą. o co jednak w tej chwili nie chodzi. Wystarczy tutaj poznanie dopiero co pozyskane, że stosunki rzeczzone są, z wysokim stopniem prawdopodobieństwa, każdym razem sobie równe, a to dostarczy nam zaraz pożądanego bardzo środka, do rozplątania dość zawikłanych stosunków termicznych, o których tutaj mówimy.

Różniczkowanie ogólnych naszych wzorów względem czasu x daje

$$dt = [a - 2b(x - x_0)] dx, \quad d\tau = [x - 2\beta(x - x_0)] dx,$$

skąd

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{x - 2\beta(x - x_0)}{a - 2b(x - x_0)} = \frac{x}{a} \cdot \frac{1 - 2\frac{\beta}{x}(x - x_0)}{1 - 2\frac{b}{a}(x - x_0)},$$

a że stosunki $\frac{\beta}{x}$ i $\frac{b}{a}$ są prawie dokładnie równe, przeto po prostu

$$\frac{d\tau}{dt} = \frac{x}{a} = \text{stałe},$$

gdzie ilość $\frac{x}{a}$ jest stałą w ciągu dnia, może być jednak zmienną od dnia do dnia; innymi słowy, jest ona stałą w obrębie dziennego okresu, może być jednak zmienną w obrębie okresu rocznego. Oznaczając ją krótko głoską γ , będzie

$$d\tau = \gamma \cdot dt,$$

co integrując, znajdujemy

$$(A) \quad \tau = \gamma t + \delta,$$

gdzie δ jest stałą integracji. Z przebiegu dedukcji tego równania wiadać, że obie ilości γ , δ mogą zależeć już tylko od średniej dziennej ciepłoty powietrza, a względnie i od jego średniej miesięcznej.

Związek znaleziony tutaj, a wyrażony przez zasadniczy dla nas wzór (A), jest ważnym głównie z powodu, że pozwala on dzienne zmiany ciepłoty wód jeziora na powierzchni uczynić wprost zależnymi od dziennych zmian ciepłoty powietrza, skutkiem czego kwestyę dziennego ruchu ciepłoty wody można uważać za załatwioną przynajmniej w głównym jej zarysie, dzięki uwolnieniu się od trzeciej zmiennej ilości, t. j. czasu x . Ewentualna drobna różnica pomiędzy wartościami ilorazów $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{x}$, nie przekraczająca wartości ułamka ± 0.0007 (jak to widzieliśmy), wywołałaby małą modyfikację wzoru (A), o której teraz byłoby przedwczesnem cokolwiek przypuszczać. Niżej umieszczam jeszcze kilka uwag w tej mierze.

Wnoszę stąd dalej, że teoretycznie biorąc, już dwukrotna obserwacja równoczesnych temperatur wody i powietrza może doprowadzić do wyznaczenia stałych γ , δ , cechujących każdy dzień pod względem hydrotermicznym; dalej, że znając prócz tego skądkolwiek średnią dzienną t' ciepłoty powietrza, można natychmiast podać średnią dzienną τ' ciepłoty wody. Dla godzin 1, 2, 3..... jest bowiem kolejno:

$$\tau_1 = \gamma t_1 + \delta, \quad \tau_2 = \gamma t_2 + \delta, \quad \tau_3 = \gamma t_3 + \delta, \dots$$

czego suma podzielona przez 24 daje

$$\tau' = \gamma t' + \delta,$$

przyczem γ , δ należy wyznaczyć przynajmniej z dwóch, dostatecznie odległych od siebie obserwacji (n. p. z wczesnego rana i godzin zaraz po południu następujących). Oczywiście, że tem pewniejszą wartość znajdzie się na średnią τ' (oraz na stałe γ , δ), im liczniejsze będą odczytania (równoczesne) obu temperatur t , τ , a to pomimo, że nie będą się one stosowały do żadnych stałych terminów.

Niestety, prócz materiału nowszego, reszta pomiarów nie była wykonywaną z jasną świadomością celu, do jakiego mogły one kiedyś służyć. Żałować należy, że nawet wykształceni turyści (jak n. p. prof. Kolbenheyer) zadawali się prawie zawsze jednorazowo tylko odczytaniem temperatury na powierzchni jeziora.

Zanim postąpimy dalej, zobaczymy jeszcze, czy obydwa prawie równe stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{z}$, ewentualnie ich różnica, nie wykazują jakich wyraźniejszych śladów zmienności ze samą temperaturą powietrza. W tym celu dołączyłem od razu do naszej tabeli kolumnę 5-tą, która zawiera w sobie przybliżone średnie dzienne temperatury (t') powietrza; są to średnie z trzech terminów 6^h a. m., 1^h p. m., 7^h p. m., które w stosunkach klimatycznych Doliny Rybiego tworzą kombinację dosyć właściwą, a zalecają się tem jeszcze, że są bardzo zbliżone do rzeczywistych czasów obserwacyjnych, jakie były tam zachowywane w sierpniu i wrześniu 1892. Słaba zmienność z temperaturą tych ilorazów — jeżeli wogóle ona istnieje — nie żąda zresztą wygórowanej dokładności argumentu t' , od którego, być może, że jest zależną. Rzeczono średnie t' obliczyłem ze zasadniczych 41 wzorów interpolacyjnych, kładąc w nich po kolei $x = 6, 13, 19$.

Jeżeli liczby naszej tabelki uporządkujemy według wzrastających temperatur dziennych (poczynając od wiersza 38-go z temperaturą 9·0°, a kończąc na wierszu 12-tym z temperaturą 23·0°) i z całości utworzymy cztery grupy po 10 liczb (ostatnia 11), to otrzymamy zestawienie:

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{z}$	różnica	średnia ciepłota grupy
1. grupa	0·0771	0·0822	— 0 0051	11·2°
2. grupa	0·0811	0·0894	— 0 0083	14·4°
3. grupa	0·0804	0·0680	+ 0 0124	15·7°
4. grupa	0·0895	0 0828	+ 0·0067	19·3°

z którego nie daje się wyczytać żadna wyraźniejsza zmienność sto-

sunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{z}$ wraz z temperaturą. Natomiast wydaje się, jakoby różnica tych stosunków z temperaturą słabo wzrastała, co jednak przy nieliczności ogniwi każdej grupy jest jeszcze bardzo wątpliwe. Nieco wyraźniej występuje to, jeżeli z całego szeregu nie 4, lecz tylko 3 grupy (w przybliżeniu jednakowo liczne) utworzymy. Będzie wówczas

	$\frac{b}{a}$	$\frac{\beta}{z}$	różnica Δ	średnia ciepłota grupy
1. grupa	0·0805	0·0851	— 0·0046	11·9°
2. grupa	0·0771	0·0753	+ 0·0018	15·1°
3. grupa	0·0899	0·0824	+ 0·0075	18·8°

lubo i teraz nie można dostrzedz żadnej pewniejszej zależności naszych stosunków od temperatury, raczej już chyba wzajemnej ich różnicy Δ . Przypuszczając rzeczywiste istnienie tej drobnej zmienności, moglibyśmy ją przedstawić jako funkcję temperatury zapomocą wzoru

$$\Delta = -0\cdot0254 + 0\cdot00175 \cdot t,$$

ale to oznaczenie może być jeszcze dalekie od rzeczywistości, a da się dopiero liczniejszymi dostrzeżeniami kiedyś ściślej określić. W obecnym stanie rzeczy najbezpieczniej będzie obydwa stosunki $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{z}$ uważać za prawie równe i niezależne od średniej dziennej ciepłoty, a posiadające wartość do 0·0815 bardzo zbliżoną.

Ważniejszym jest oznaczenie wartości stosunku $\frac{z}{a} = \gamma$, oraz zbadanie, czy i jaką zależność posiada on od każdorazowej średniej dziennej ciepłoty. Co się tyczy pierwszego, to — bardziej celem nabycia ogólnego wyobrażenia o jego wielkości, aniżeli ustalania pod tym względem czegoś decydującego — wynajdźmy jego wartość dla któregośkolwiek dnia zasobniejszego w równoczesne pomiary obu temperatur τ , t . Z dnia 17. lipca 1892. r. mamy n. p. dane następujące:

	τ	t
5 ^h a. m.	10·1°	6·9° C.
7 ^h a. m.	10·7°	8·3
8 ^h a. m.	11·1°	9·0
12 ^h mer.	12·2°	15·1
2 ^h p. m.	13·5°	16·2
4 ^h p. m.	11·9°	15·4
8 ^h p. m.	10·9°	13·6,

podług czego tworzymy siedm równań

$$\delta + 6.9 \gamma = 10.1,$$

$$\delta + 8.3 \gamma = 10.7,$$

i t. d., które według metody najmniejszych kwadratów dostarczają dwóch równań warunkowych

$$7.0 \delta + 84.50 \gamma = 80.40,$$

$$84.5 \delta + 1109.67 \gamma = 996.82.$$

skąd $\gamma = +0.29$, $\delta = +7.9^\circ$. Porównanie rachunku z dostrzeżeniami tak się przedstawia (w sensie obserwacya — rachunek)

$$+0.1, +0.3, +0.5, -0.2, +0.8. -0.6, -1.0,$$

czego nie można nazwać zgodnością zadawalającą. (Dzień był ciepły, wcale pogodny, powietrze bardzo niespokojne, słońce niekiedy pół godziny i dłużej poza chmurami szybko poruszane wiatrem). Prawdopodobne błędy stałych γ , δ wynoszą tutaj ± 0.05 , względnie $\pm 0.6^\circ$. Z sześciu różnych dni letnich otrzymałem zresztą na γ (w przypuszczeniu stałości tego współczynnika) wartość nieco mniejszą 0.23, z niepewnością ± 0.03 .

Że albo obie ilości γ , δ , albo przynajmniej jedna z nich, zależą od średniej dziennej ciepłoty powietrza, że więc dla tych samych temperatur t , ale w różnych dniach, ciepłota τ będzie posiadała wartości odmienne, widać z poniższego zestawienia, odnoszącego się do 7 dni niezbyt od siebie odległych:

			τ	t
1892.	11/VIII	7 ^h a. m.	11.3	16.4
	11	" 6 ^h p. m.	11.6	16.4
	12	" 7 ^h p. m.	12.2	16.4
	16	" 6 ^h a. m.	12.4	16.4
	18	" 7 ^h a. m.	13.8	16.4
	24	" 7 ^h a. m.	14.2	16.4
	29	" 7 ^{1/2} a. m.	12.2	16.4
	30	" 6 ^{1/2} a. m.	13.4	16.4,

gdzie pomimo, że t wynosiło stale 16.4° , ciepłota τ chwiała się pomiędzy wartościami 11.3° a 14.2° . Wspominam o tem dla okazania na konkretnym przykładzie, że usiłowanie (p. Kolbenheyera) przymuszenia ciepłoty τ do bezpośredniej zależności od t musiało pozostać bezowocne.

Stopień zależności współczynnika γ od samejże średniej dziennej

ciepłoty starałem się zrazu wynaleźć sposobem, jakiego użyłem już poprzednio, rozpatrując możliwą zależność stosunków $\frac{b}{a}$ i $\frac{\beta}{\alpha}$ od tej temperatury. Obliczywszy zapomocą liczb, zawartych w znanych nam 92 wzorach interpolacyjnych, dla każdego dnia z osobna wartość ilorazu $\frac{\alpha}{a} = \gamma$, sporządziłem z nich tabelę, dołączając do każdego wiersza przynależną średnią dzienną. Uporządkowawszy następnie to zestawienie według wzrastających temperatur, podzieliłem je na 3 grupy (prawie jednakowo liczne) i utworzyłem średnie tak z temperatur, jak i z wartości współczynnika γ . (Nie widzę potrzeby przytaczania *in extenso* tego zestawienia). Wynik był następujący:

	średnia temp.	śred. wart. γ .
1. grupa	11·9 ^o	0·54
2. grupa	15·1 ^o	0·66
3. grupa	18·8 ^o	0·48,

z czego raczej stałość współczynnika γ , aniżeli jaka zmienność wraz z temperaturą zdawała się wynikać. Sposób powyższy o tyle jednak nie mógł być konkludującym, że z dwóch, występujących w całej rzeczy, współczynników γ , δ odnosił się on tylko do jednego z nich, a badanie prawdopodobnej zmienności drugiego (t. j. δ) pozostawiał w zawieszeniu. Jeżeli obliczenia mają rokować jakiś bezpieczniejszy wynik, to należałoby je oprzeć na średnich przynajmniej kilkudniowych, ażeby zatrzeć chociaż częściowo przypadkowe zawichrzenia w normalnym pochodzie obu temperatur i zbliżyć go do jego „czystości“. To zaś wkraczałoby już widocznie w objawy zmian rocznych, gdybyśmy, w celu otrzymania kompensaty obserwacji, tworzyli grupy liczb średnich z dłuższego przeciągu czasu. Jedynie dla poprzedniego upewnienia się, czy będzie dozwolonem wzór (A), a choćby jemu podobny, stosować do zmian rocznych, jakby na to analogia wskazywała, wykonałem krótki rachunek zasadzający się na ponownem ugrupowaniu materiału według wzrastających temperatur, jak je obserwacje dawały, utworzeniu kilku średnich i wglądnięciu, czy równoczesne — i to jak najkorzystniejsze — wyznaczenie obu ilości γ , δ doprowadzi do zgodności między rachunkiem a dostrzeżeniami. Dla tego tymczasowego obliczenia otrzymałem najpierw dane:

	średnie		liczba obser.	dni
	t	τ		
1. grupa	12·15°	11·29°	42	10
2. grupa	14·86°	12·24°	34	10
3. grupa	16·02°	12·51°	30	10
4. grupa	19·49°	13·93°	33	11,

co starając się przedstawić wzorem typu (A), otrzymujemy najpierw cztery fundamentalne równania

$$\begin{aligned}\delta + 12\cdot15 \gamma &= 11\cdot29 \\ \delta + 14\cdot86 \gamma &= 12\cdot24 \\ \delta + 16\cdot02 \gamma &= 12\cdot51 \\ \delta + 19\cdot49 \gamma &= 13\cdot93,\end{aligned}$$

które zwykłymi sposobami wyrównane, dają na wyznaczenie parametrów γ , δ dwa związki

$$\begin{aligned}4\cdot00 \delta + 62\cdot52 \gamma &= 49\cdot97 \\ 62\cdot52 \delta + 1004\cdot94 \gamma &= 790\cdot97,\end{aligned}$$

skąd wypada:

$$\gamma = +0\cdot35, \quad \delta = +6\cdot90$$

Porównanie rachunku z obserwacją przedstawia się teraz jak następuje:

	τ (obserwacja)	τ (rachunek)	obserw. — rach.
1. grupa	11·29°	11·25°	+ 0·04°
2. grupa	12·24°	12·22°	+ 0·02°
3. grupa	12·51°	12·64°	— 0·13°
4. grupa	13·93°	13·88°	+ 0·05°,

a to okazuje wyśmienitą zgodność pomiędzy liczbami pochodzącymi z dostrzeżeń i obliczenia. Pomimo więc, że podstawowych liczb tego rachunku nie wolno było uważać — stosownie do ich niechronologicznego powstania — za wartości przedstawiające część samego biegu rocznego ciepłoty τ , że więc niepodobna było poprzestać na tem wyznaczeniu, doszedłem stąd przynajmniej do tego przekonania, iż wzór (A), albo odpowiednia jego modyfikacja, mogą się dobrze nadawać do przedstawienia rocznego pochodzenia ciepłoty τ . Ażeby rzecz rozstrzygnąć, należało wykonać podobny rachunek na podstawie danych obserwacyjnych ściśle już według czasu uporządkowanych.

Zauważę jeszcze tylko, że próbne obliczenia jak powyżej, które wykonałem także i dla innych, ale krótszych szeregów obserwacyj-

nych (z sierpnia 1891., lipca 1892., lipca i sierpnia 1893.) dawały mi wartości dość różne na δ , zaś na γ wartości zawsze bliskie $+0.35$, co nie mogło wydawać się przypadkowym. Uderzała mię przy tem stateczna bliskość tej liczby do $0.28, 0.32, \dots$, którą experymenta fizyczne dają na wartości ciepła gatunkowego wilgotnego powietrza przy rozmaitych zawartościach w nim pary wodnej. Dotychczasowy zasób pomiarów termometrycznych naszych jezior nie pozwala wprawdzie jeszcze wyrzec tutaj coś stanowczego, sądzą jednak, że domysł, który teraz wyraziłem, nie będzie raził fizyka i meteorologa żadnem nieprawdopodobieństwem. Pamiętając bowiem na definicyę ciepła gatunkowego, jako tej ilości ciepła, którą należy doprowadzić do jednostki masy pewnego ciała, ażeby ciepłotę jego podnieść o 1°C ., domysł przytoczony nic innego nie wyraża, jak tylko, że objawy równoczesnych zmian ciepłoty powietrza i wody jeziora zasadzają się na doprowadzeniu z zewnątrz tak powietrza, jak i wodzie w każdej chwili jednakowej ilości ciepła (dodatnią lub ujemną), co jest niemal oczywistem, jeżeli zważymy, że ostateczną przyczyną zjawisk aero- i hydrotermicznych jest słońce, dostarczające tak powietrza, jak i wodzie ciepła (nie temperatury!) w tej samej ilości¹⁾.

Rozpatrywanie pięciodniowych średnich temperatur powietrza i wody, utworzonych z tego samego szeregu obserwacyjnego, dostarczyło mi zasadniczych informacji co do sposobu, w jaki należy wyobrażać sobie związek rocznego pochodzenia obu temperatur. Wypadało mi zacząć od jednego ciągłego szeregu, a nie wikłać sprawy wprowadzaniem krótkich szeregów z innych lat, lub nawet poodrywaniem obserwacyami z lat 1860—1890.; te mogły się przydać dopiero przy ostatecznej dyskusyi całego materiału.

¹⁾ Dla ciepła gatunkowego powietrza suchego przy stałym ciśnieniu, będącego zależnym od samego ciśnienia, podał już Poisson wzór

$$C_p = 0.2669 \sqrt{\frac{760}{p}},$$

gdzie ciśnienie p ma być wyrażonem w milimetrach; później Clapeyron (Journal de l'Ecole polytechn. T. XIV., pag. 170) podał odmienny wzór empiryczny. Doświadczenia Suermann'a (Annales de chimie et de phys. T. 63, pag. 315) zgadzają się zarówno dobrze z jednym i drugim wzorem. Dla średniego ciśnienia powietrza przy Rybiem (zredukowanego na 0°) można przyjąć wartość bliską 625 mm., co dawałoby na C_p wartość 0.28 lub 0.30 (stosownie do tego, którego z dwóch wzorów będziemy używali). Jeżeli teraz zważymy, że w rzeczywistości mamy z powietrzem wilgotnem do czynienia i że ciepło gatunkowe pary wodnej (0.481) jest prawie dwa razy tak wielkie, jak powietrza suchego, to otrzymamy dla średnich stanów wilgotności, istotnie wartość bliską 0.35 .

Dbając o to, aby główne maximum ciepłoty powietrza i wody, jakie wykazuje szereg sierpień—wrzesień 1892. (w dniach 19. i 20. sierpnia), padało w środek jednej z pięciodniówek (*pentad*), tworząc średnie i opatrując je drobnutką poprawką, o której poprzednio była mowa, otrzymujemy tabelkę:

	środek pentady	śred. ciepł. pow.	śred. ciepł. wody
1. pentada	10/8. 1892.	15·6°	11·42°
2. "	15/8. "	17·4	13·42
3. "	20/8. "	21·5	14·01
4. "	25/8. "	16·0	13·42
5. "	30/8. "	17·5	13·44
6. "	4/9. "	15·1	12·95
7. "	9/9. "	9·9	11·31
8. "	14/9. "	15·1	12·13
9. "	19/9. "	13·0	11·31

Liczby te okazują najwyraźniej, że na ciepłotę wody prócz równoczesnej ciepłoty powietrza wywierają także znaczny wpływ ciepłoty w poprzedzających pentadach, i że pochod obydwoch ciepłot wygląda tak, jak gdyby ciepłota wody mogła tylko z wolna nadążać za wzrostem ciepłoty powietrza i bardzo opieszale dostrajać się do jej spadków. Występuje to bardzo wybitnie n. p. w 4-tej pentadzie, gdzie pomimo znacznego spadku ciepłoty powietrza od pentady poprzedzającej (z 21·5° na 16·0°) ciepłota wody obniżyła się zaledwie do wartości 13·42°, jaką już posiadała w drugiej pięciodniówce. To samo widzimy w czterech końcowych pentadach, to samo występuje wreszcie w krótszych szeregach obserwacyjnych z sierpnia 1891., lipca 1892., lipca i sierpnia 1893. Teoretycznie biorąc, rzecz przedstawia się więc tak, jak gdyby na każdorazową średnią dzienną (ewentualnie 5-cio dniową) ciepłoty wody składały się „udziały“ (oczywiście nierówne) nabytków — lub strat — temperatur zależne od najbliższej średniej dziennej t_0 (względnie pięciodniowej) powietrza, dalej pierwszej t_1 , drugiej t_2 , trzeciej t_3 ,..... i t. d. wstecznej średniej temperatury powietrza, co — gdyby na tem zależało — dałoby się przedstawić wzorem

$$B) \quad \tau = \delta + \gamma_0 t_0 + \gamma_1 t_1 + \gamma_2 t_2 + \dots,$$

gdzie δ , γ_0 , γ_1 , γ_2 ,..... należałoby już uważać za bezwzględne stałe. Gdy zaś, co oczywista, wpływ najbliższego sąsiedztwa na każdorazową wartość ciepłoty τ musiałby — przy takim uważaniu rzeczy — być przeważający, należałoby przyjąć, że współczynniki

$$\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots,$$

tworzyłyby szereg bardzo szybko malejący, gdyż niepodobna chyba przypuścić, aby n. p. czerwcowy rozkład temperatur powietrza mógł mieć jakiś dostrzegalny wpływ na temperatury październikowe.

Rzecz, która w teorii wygląda dość ponętnie, napotyka w praktycznym przeprowadzeniu na poważne trudności. Nie mówię już o tem, że do wykonania tak pojętego poszukiwania należałoby nagromadzić bardzo jednostajny materiał obserwacyjny z lat kilku albo i kilkunastu. Inna trudność, z którą i wówczas miałoby się do czynienia, polega na niewiadomości *a priori*, jaką ilość wyrazów należałoby przyjąć we wzorze (B), ażeby wszystkie szczegóły rocznej zmienności ciepłoty τ takim wzorem przedstawić. Biorąc wyrazów za mało, naraziłoby się na zatarcie niektórych szczegółów zmienności temperatury τ , które w pewnym roku mogą być tylko nieznaczące (z przyczyny n. p. małości temperatury t_r), w innym zaś roku (wykraczającym poza zakres materiału obserwacyjnego), anormalnym co do pochodzenia zmian ciepłoty powietrza, wybitnie występować. Wciągnięcie do rachunku znacznie-szej ilości wyrazów $\gamma_1 t_1, \gamma_2 t_2, \gamma_3 t_3, \dots$ musiałoby znowu pociągnąć za sobą taką jego zawilgość, że przed zapuszczeniem się do niego należałoby się wprzód zastanowić, czy oczekiwane rezultaty opłacą ponie-siony mozół rachunkowy. Mówię częściowo i na podstawie własnego doświadczenia, okupionego znaczną stratą czasu. Nabrawszy przez wielorakie porównywanie całego materiału obserwacyjnego przekonania, że woda jest niejako integratorem ciepłoty powietrza, w czem dzisiaj jeszcze bardziej czuję się utwierdzony, zadałem sobie trud, żeby obliczyć ten materiał na podstawie wzoru (B), przypuszczając (kolejno) po prawej jego stronie istnienie dwóch, trzech, czterech..... wyrazów i badając każdym razem stopień zgodności rachunku z obserwacją. Dodam, że znaczną część tych obliczeń wykonałem metodą najmniejszych kwadratów. Wychodziłem przytem ze założenia, że znalezione rachunkiem wartości parametrów $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \dots$, mogą (nie muszą!) posiadać konkretne znaczenie tylko wówczas, jeżeli dopełnią następujących warunków:

- 1) że wszystkie ilości $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \dots$ wypadną z rachunku dodatne,
- 2) że będą one tworzyły szereg prawidłowo malejący, i
- 3) że, już po spełnieniu się obu powyższych warunków, suma kwadratów pozostałych niezgodności między rachunkiem a obserwacją będzie mniejszą, aniżeli dla każdej innej kombinacji. Niezbędność istnienia dwóch ostatnich warunków nie wymaga

żadnego objaśnienia; co do pierwszego wystarczy zwrócić uwagę, iż pojawienie się pomiędzy współczynnikami $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \dots$ chociażby jednego ze znakiem odjemnym, zawierałoby w sobie sprzeczność, obalającą prawdziwość całego rachunku. Znaczyłoby ono bowiem, że podniesienie się ciepłoty powietrza n. p. w jednej z poprzedzających pentad, przyczyniło się do (małego) ubytku temperatury wody podczas uważanej pentady — a więc rzecz niemożliwą.

Tak n. p. korzystając z ostatniego szeregu obserwacyjnego. uporządkowanego według pięciodniówek. w przypuszczeniu istnienia tylko dwóch wyrazów po prawej stronie związku (B), otrzymuję na wyznaczenie δ, γ_0 dziewięć równań:

$$\delta + 15.6 \gamma_0 = 11.42$$

$$\delta + 17.4 \gamma_0 = 13.42$$

i t. d.

które, wyrównane metodą najmniejszych kwadratów, dają najpierw dwa równania

$$9.0 \delta + 141.1 \gamma_0 = 113.41$$

$$141.1 \delta + 2302.7 \gamma_0 = 1800.50,$$

skąd

$$\gamma_0 = + 0.2482, \quad \delta = + 8.71^0,$$

poczem porównanie rachunku z obserwacją dało następujące różnice (obserwacja — rachunek)

$$\begin{aligned} & - 1.16, + 0.39, - 0.04, + 0.74, + 0.39, \\ & + 0.50, + 0.14, - 0.32, - 0.63, \end{aligned}$$

jako też suma kwadratów tych różnic — + 2.97.

Przypuszczając zaś istnienie trzech wyrazów po prawej stronie związku (B) i zatrzymując pięciodniówkę za jednostkę czasu, otrzymalibyśmy na wyznaczenie trzech parametrów $\delta, \gamma_0, \gamma_1$, dziewięć równań

$$\delta + 15.6 \gamma_0 + 13.1 \gamma_1 = 11.42$$

$$\delta + 17.4 \gamma_0 + 15.6 \gamma_1 = 13.42$$

$$\delta + 21.5 \gamma_0 + 17.4 \gamma_1 = 14.01$$

.....

i t. d. (średnia pentady sierpniowej 3/8—7/8) podana tu jako 13.1 została obliczoną z odpowiedniej średniej krakowskiej, zapomocą środków wyluszczonej w rozdziale I-szym; niepewność tej liczby może wynosić kilka dziesiątych stopnia C.), które znowu wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają nasamprzód trzy równania warunkowe

$$\begin{aligned} 9\cdot0 \delta + 141\cdot1 \gamma_0 + 141\cdot2 \gamma_1 &= 113\cdot41 \\ 141\cdot1 \delta + 2302\cdot7 \gamma_0 + 2233\cdot4 \gamma_1 &= 1800\cdot50 \\ 141\cdot2 \delta + 2233\cdot4 \gamma_0 + 2305\cdot3 \gamma_1 &= 1794\cdot57, \end{aligned}$$

skąd

$$\gamma_0 = + 0\cdot2218, \quad \gamma_1 = + 0\cdot1213, \quad \delta = + 7\cdot22^{\circ},$$

poczem porównanie rachunku z dostrzeżeniami daje następujące różnice (obserwacya—rachunek)

$$\begin{aligned} - 0\cdot85, + 0\cdot45, - 0\cdot09, + 0\cdot04, + 0\cdot40, \\ + 0\cdot26, + 0\cdot06, + 0\cdot36, - 0\cdot63, \end{aligned}$$

jakoteż sumę kwadratów tych różnic równą $+ 1\cdot69$.

Niezaprzeczona poprawa zgodności w porównaniu z poprzednią może wprowadzić nas tylko utwierdzić w przekonaniu o wpływie ubiegłej pentady na zmienną τ , ale wykazuje zarazem niedostateczność tej poprawy. Potrzeba było przystąpić do ponownego takiego obliczenia, zasadzającego się na dopuszczeniu (rachunkiem) wpływu jeszcze jednej albo dwóch, jeszcze wcześniejszych pięciodniówek, celem zobaczenia, czy i o ile postępuje w ten sposób rozpoczęta poprawa zgodności rachunku z obserwacją, przyczem obliczenia były wykonywane już to na podstawie pentady, już też dekady obranej za jednostkę czasu. Mozolne takie rachunki, których niepodobna było uniknąć, chcąc w całej tej rzeczy dojść do jakichś pewniejszych konkluzji, pouczyły mię, że wpływ „przeszłości“, t. j. rozkład temperatur powietrza przed uważaną epoką obserwacji ciepłoty τ , jest daleko większym i odleglejszym, aniżeli to zrazu przypuszczałem. Wobec ostatecznego, poniżej następującego rachunku, zasadzającego się na zużytkowaniu całego materiału obserwacyjnego, starszego i nowszego, byłoby zbyteczne przytaczać dalsze takie częściowe obliczenia, które jedynie dla mnie samego mogły mieć wartość informacyjną. Wspomnę więc tylko, iż tu i owdzie otrzymana wcale dobra zgodność rachunku z dostrzeżeniami w obrębie jednego, a nawet dwóch szeregów obserwacyjnych, skojarzonych ze sobą, zdawała się wskazywać na blizkie dotarcie już do prawdy, gdy przybyła świeżo jedna i druga liczba obserwacyjna z czasu wykraczającego — naprzód lub wstecz — poza zakres dostrzeżeń, na których opierał się rachunek, nie pozwalająca ludzić się pod tym względem. Tak było n. p. z dwoma szeregami obserwacyjnymi lipiec 1892. r. i sierpień—wrzesień 1892. r., które razem dawały się dobrze przedstawić uwzględnieniem 25—30 dni, poprzedzających czas uważanej obserwacji, a lektóre z październikową obserwacją, jakoteż z ogłoszoną tymczasem czerwcową (zob. niżej), tym samym wzorem nie da-

wały się pogodzić. Przy nader opieszalym ruchu ciepłoty wody, jedna i druga taka obserwacja musiała tutaj być rozstrzygającą na niekorzyść wzoru, do którego już niejaką nadzieję przywazywałem. Wszystko razem nakazywało rozstać się z myślą możności przedstawienia rocznej zmienności ciepłoty τ w zależności od zmian ciepłoty powietrza jedynie w najbliższych 3 lub 4 tygodniach. Posuwanie się wstecz dalej, którego te niepowodzenia rachunkowe nieodbitnie wymagały, oraz włączenie do końcowej dyskusyi wszystkich dotychczasowych danych obserwacyjnych, doprowadziły mię wreszcie do związku, który — sądzę — że, jak na teraz, przedstawia roczny pochód ciepłoty wody na powierzchni Rybiego w sposób zadawalający.

ROZDZIAŁ III.

Roczne zmiany ciepłoty.

Zestawienie znanych dotąd temperatur wody Rybiego Jeziora na powierzchni.

(Staszec w sierpniu 1805. r., 15·9°, przy ciepłocie powietrza 17·5°, na dniu 7·7° C. (?) i to w głębokości 496 ?? stóp paryskich).

Rok	Data	Godzina	Powietrze	Woda powierzchni	Obserwator	Uwagi
1860.	21/8	3 ^h p. m.	18·0° C.	13·25° C.	Końistka	
1875.	23/8	4 p. m.	11·2	13·0	Kolbenheyer	
1876.	12/7	2 ³ / ₄ p. m.	14·0	10·2	Świerz	środek jeziora
1877.	9/8	6 a. m.	14·0	10·8	Świerz	
1877.	21/8	—	11·25	13·13	Roth	
1878.	19/7	5 p. m.	10·0	8·2	Świerz	
1878.	24/8	7 p. m.	12·0	10·6	Świerz	
1879.	24/7	11 ³ / ₄ a. m.	13·4	9·7	Świerz	
1879.	9/8	?	?	10·4	Dziewulski	
1879.	23/8	5 a. m.	9·0	10·8	Świerz	
1883.	24/8	?	?	11·3	Świerz	
1884.	20/8	?	?	12·2	Świerz	
1886.	6/8	2 p. m.	?	11·4	Grissinger	
1888.	30/8	6 ¹ / ₂ a. m.	?	10·2	Świerz	

Rok	Data	Godzina	Powietrze	Woda powierzchni	Obserwator	Uwagi
1890.	4/8	6 $\frac{1}{2}$ ^h	p. m.	16·3 ⁰ C.	12·8 ⁰ C.	B. (tą słoską oznaczam swoje nazwisko)
1890.	5/8	6 $\frac{1}{2}$	a. m.	12·9	12·6	"
1890.	5/8	7 $\frac{1}{2}$	a. m.	15·2	12·7	"
1890.	5/8	8 ^h	a. m.	17·8	13·0	"
1890.	5/8	9	a. m.	18·5	13·4	"
1891.	25/3	3	p. m.	—5·4	0·3	"
1891.	5/8	12	mer.	14·0	9·6	"
1891.	6/8	10	a. m.	13·8	10·0	"
1891.	6/8	3	p. m.	9·7	10·2	"
1891.	6/8	4 $\frac{1}{2}$	p. m.	8·7	9·8	"
1891.	7/8	9 ^h	a. m.	8·4	9·5	"
1891.	7/8	11	a. m.	9·2	9·6	"
1891.	7/8	5	p. m.	9·6	9·6	"
1891.	7/8	7	p. m.	9·0	9·5	"
1891.	8/8	6	a. m.	5·7	9·1	"
1892.	28/6	1	p. m.	14·6	9·1	Swierz.

[Przeszło 60 pojedynczych odczytań ciepłoty powietrza i wody, jakie wykonałem przy Rybiem w ciągu 12-tu dni lipcowych r. 1892., nie przytaczam tu z osobna; średnie dzienne z nich utworzone umieszczone są w jednej z następujących (str. 241) tabeli wszystkich dających się podać średnich dziennych. Natomiast przytaczam niżej przeszło 60 takich równoczesnych odczytań z lipca i sierpnia 1893. r., ażeby umożliwić wglądnięcie w dzienny ruch ciepłoty wody, który, dzięki lepszej pogodzie, mógł się w tym roku rozwinąć wyraźniej, aniżeli podczas słotnego lipca 1892. r.]

Następny dość systematyczny szereg obserwacyjny, jest najdłuższym ze wszystkich, jakie dotąd istnieją.

Rybie 1892.

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina ¹⁾		Ciepl. pow.	Ciepl. wody	Wykonał
Poniedziałek	8/8	pogodnie	7 1 $\frac{1}{2}$ 6 $\frac{1}{2}$	rano popoł. wieczór	14·9 15·8 13·4	11·2 11·7 10·8	Aleksandro- wicz

¹⁾ Jest ona tutaj podana w zaokrągleniu, nie wykraczającym poza $\frac{1}{2}$ godziny. Obserwatorowie notowali czas z dokładnością minut, od którego to zamiaru ich nie

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepl. pow.	Ciepl. wody	Wykonał
Wtorek . . .	9/8	w połowie pogodnie	7 2 7	rano popoł. wieczór	13.8 15.4 14.9	11.2 12.6 11.4	Borowski
Środa	10/8	pochmurno i wiatr mały	6½ 1½ 6½	rano popoł. wieczór	15.0 16.6 14.2	9.2 9.8 10.0	Kabicz
Czwartek . .	11/8	pogodnie	7 2½ 6½	rano popoł. wieczór	16.4 17.6 16.4	11.3 13.8 11.6	Magiera
Piątek . . .	12/8	pogodnie	7½ 2½ 7	rano popoł. wieczór	15.9 17.2 16.4	11.8 12.9 12.2	Borowski
Sobota . . .	13/8	pogodnie i wiatr	6½ 2½ 6½	rano popoł. wieczór	13.2 15.2 16.0	11.2 11.6 10.8	Aleksandrowicz
Niedziela . .	14/8	pogodnie	7 2½ 7½	rano popoł. wieczór	15.3 17.4 16.2	12.4 14.8 12.6	Kabicz
Poniedziałek	15/8	pogodnie	7½ 2 6½	rano popoł. wieczór	15.8 19.9 18.2	12.6 15.8 14.4	Borowski
Wtorek . . .	16/8	pogodnie	6½ 2 6½	rano popoł. wieczór	16.4 20.2 19.0	12.4 15.0 14.4	Aleksandrowicz
Środa	17/8	wiatr silny	7 2½ 6½	rano popoł. wieczór	16.6 20.8 20.4	13.3 15.4 14.6	Kabicz
Czwartek . .	18/8	pogodnie i wiatr mały	7½ 2½ 6	rano popoł. wieczór	16.4 20.4 22.2	13.8 15.6 14.9	Magiera
Piątek . . .	19/8	pogodnie bardzo ciepło	8 1½ 6½	rano popoł. wieczór	23.4 25.2 19.8	15.8 15.9 14.4	Borowski

odwoziłem; i tak zaraz pierwszy termin obserwacyjny był zanotowany jako 6^h 50^m rano. Drobny błąd terminu ($\pm \frac{1}{4}$ godziny) nie ma tu żadnego znaczenia, choćby zegarki wskazywały czas bez błędu.

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepl. pow.	Ciepl. wody	Wykonał
Sobota . . .	20/8	pogodnie i wiatr mały	7½ 1½ 6½	rano popoł. wieczór	22·9 24·9 23·2	12·7 13·4 12·4	Aleksandro- wicz
Niedziela . .	21/8	mały deszcz i wiatr	7½ 2½ 6	rano popoł. wieczór	22·8 25·2 22·3	12·4 14·6 14·2	Kabicz
Poniedziałek	22/8	pogodnie i ciepło	7½ 1½ 6½	rano popoł. wieczór	18·6 19·4 15·6	12·8 14·0 13·2	Kabicz Aleksandro- wicz
Wtorek . . .	23/8	deszcz mały i wiatr	6½ 1½ 7	rano popoł. wieczór	13·3 18·1 15·2	12·3 15·2 14·6	Magiera
Środa	24/8	nocy ubiegłej padał mały deszcz	7½ 2½ 6	rano popoł. wieczór	16·5 19·8 18·3	14·3 15·2 14·2	Aleksandro- wicz
Czwartek . .	25/8	silny wiatr	7½ 12½ 6½	rano popoł. wieczór	17·6 20·9 18·8	13·6 14·0 13·2	Kabicz
Piątek	26/8	wiatr i deszcz nocy ubiegłej mały deszcz	6½ 1½ 6½	rano popoł. wieczór	13·8 14·8 13·4	12·8 13·8 12·8	Magiera
Sobota	27/8	deszcz i zimno	7 1½ 7	rano popoł. wieczór	12·8 14·2 12·6	11·9 12·0 12·2	Borowski
Niedziela . .	28/8	pogodnie; noc ubiegła pochmurna	7½ 1½ 6	rano popoł. wieczór	13·4 17·2 18·0	10·6 15·0 14·2	Aleksandro- wicz
Poniedziałek	29/8	pogodnie	7½ 1½ 5½	rano popoł. wieczór	16·3 19·9 17·2	12·2 13·2 13·0	Kabicz
Wtorek . . .	30/8	pogodnie	6½ 1½ 6½	rano popoł. wieczór	16·4 23·0 18·0	13·4 14·9 14·8	Magiera
Środa	31/8	—	—	rano popoł. wieczór	—	—	—

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepl. pow.	Ciepl. wody	Wykonał
Czwartek .	1/9	w połowie pogodnie i mały wiatr	6 $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{4}$ 7	rano popoł. wieczór	14.2 18.2 13.4	11.6 13.4 12.2	Borowski
Piatek . . .	2/9	deszcz mały	6 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{3}{4}$ 6 $\frac{1}{2}$	rano popoł. wieczór	14.0 18.6 14.3	11.9 13.2 12.8	Magiera
Sobota . . .	3/9	pogodnie i wiatr mały	6 1 7	rano popoł. wieczór	11.8 17.3 13.6	12.6 13.4 12.4	Aleksandro- wicz
Niedziela . .	4/9	suchy wiatr i pochmurno	7 2 7	rano popoł. wieczór	15.2 16.0 14.4	11.9 13.2 12.6	Kabicz
Poniedziałek	5/9	mgła wielka	7 2 $\frac{1}{4}$ 6 $\frac{1}{2}$	rano popoł. wieczór	15.2 16.6 13.6	13.4 13.8 12.2	Borowski
Wtorek . .	6/9	pogodnie	7 $\frac{1}{4}$ 2 6 $\frac{1}{2}$	rano popoł. wieczór	14.2 16.6 15.2	12.8 14.4 13.6	Magiera
Środa . . .	7/9	wielki deszcz	7 1 $\frac{1}{4}$ 6	rano popoł. wieczór	9.6 9.8 9.0	11.4 11.6 11.2	Kabicz
Czwartek .	8/9	pochmurno	7 $\frac{1}{4}$ 1 $\frac{3}{4}$ 7	rano popoł. wieczór	9.2 9.9 9.6	11.0 11.4 10.8	Aleksandro- wicz
Piatek . . .	9/9	pochmurno	7 2 $\frac{1}{4}$ 7	rano popoł. wieczór	11.0 11.4 10.8	12.0 12.2 11.4	Borowski
Sobota . . .	10/9	deszcz mały i pochmurno	7 2 7	rano popoł. wieczór	9.8 11.2 10.4	10.4 12.0 11.8	Magiera
Niedziela . .	11/9	powietrze zimne i pochmurno	7 1 $\frac{3}{4}$ 6 $\frac{1}{2}$	rano popoł. wieczór	8.2 9.0 8.8	11.3 10.9 10.2	Kabicz
Poniedziałek	12/9	całkiem pogodnie	7 2 6 $\frac{1}{4}$	rano popoł. wieczór	11.0 15.0 14.2	11.1 12.2 11.8	Aleksandro- wicz

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepl. pow.	Ciepl. wody	Wykonał
Wtorek . .	13/9	całkiem pogodnie	6 $\frac{1}{2}$ 2 7	rano popoł. wieczór	14 6 17 8 15 4	12 4 14 6 13 8	Borowski
Środa. . . .	14/9	pogodnie i ciepło	7 $\frac{1}{4}$ 1 $\frac{1}{2}$ 6 $\frac{1}{4}$	rano popoł. wieczór	16 4 18 8 15 4	10 8 12 2 11 6	Magiera
Czwartek .	15/9	całkiem pogodnie i suchy wiatr	7 $\frac{3}{4}$ 10 2 4 7	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	10 2 13 4 16 7 15 9 14 8	11 4 11 8 12 9 11 2 11 0	Kabciz
Piątek . . .	16/9	całkiem pogodnie	7 10 2 4 7	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	12 0 15 9 19 3 16 2 14 8	11 1 12 0 12 8 13 0 12 2	Aleksandrowicz
Sobota . . .	17/9	w połowie pogodnie	7 $\frac{1}{4}$ 10 $\frac{1}{4}$ 2 4 $\frac{1}{4}$ 6 $\frac{1}{4}$	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	12 2 14 4 14 8 13 9 13 6	10 8 11 2 11 9 11 2 11 6	Borowski
Niedziela. .	18/9	mgła i deszcz mały	7 9 $\frac{3}{4}$ 1 $\frac{1}{4}$ 4 6 $\frac{1}{4}$	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	15 0 15 8 13 6 13 2 9 8	10 8 11 2 11 4 11 6 11 6	Aleksandrowicz
Poniedziałek	19/9	pochmurno i deszcz mały	7 10 2 4 6 $\frac{1}{4}$	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	11 2 12 8 15 3 15 8 13 6	10 4 10 9 11 2 11 4 10 8	Magiera
Wtorek . .	20/9	w połowie pogodnie	7 $\frac{1}{4}$ 10 2 4 7	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	7 3 10 8 11 2 11 8 9 9	9 2 11 2 10 6 10 4 10 0	Aleksandrowicz
Środa. . . .	21/9	całkiem pochmurno	7 10 2 4 6 $\frac{1}{4}$	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	11 4 11 8 12 2 11 9 11 4	11 0 12 2 12 8 12 2 11 8	Kabciz

Dzień	Data 1892	Stan powietrza	Godzina		Ciepł. pow.	Ciepł. wody	Wykonał
Czwartek	22/9	w połowie pogodnie	7 10 2 4 7	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	14·4 14·8 15·3 14·8 13·2	11·6 12·2 11·9 11·4 11·0	Borowski
Piątek . . .	23/9	pochmurno i deszcz mały	7 10 1½ 4 6½	rano przedpoł. popoł. popoł. wieczór	10·4 11·8 14·0 14·7 12·4	11·2 11·2 12·1 11·8 11·2	Aleksandro-wicz

Rok	data	godz.	temper. pow.	temp. wody powierzch.	Obserwat.	Uwagi
1893.	29/6	?	?	7·7° C	Świerz.	(ustna komunikacya)
1893.	25/7	5 ^b p. m.	15·5	11·3	B.	
"	"	6 p.	14·4	10·6	"	
"	"	9 ^b p.	11·3	10·6	"	
"	26/7	5 a.	9 0	10·7		
"	"	10 a.	18·3	12·2		
"	"	11 a.	18·6	12·2	"	
"	"	9 p.	12·1	11·6		
"	27/7	5 a.	11·7	11·2		
"	"	6 a.	11·4	11·3		
"	"	7½ a.	13·0	11·8		
"	"	4 p.	19 1	13·4	"	
"	"	6 p.	17·6	12·8		
"	"	7 p.	17 0	11 3	(jezioro bardzo niespokojne)
"	"	9 p.	15·6	12·5		
"	28/7	6 a.	14·3	12·3		
"	"	8 a.	15·9	12·8		
"	"	12 mer.	14·1	12·9		
"	"	6 p.	16 1	12·2	"	
"	"	8 p.	14 0	12·5		
"	"	9½ p.	14·0	12·3		
"	29/7	6¼ a.	16·0	12·1		
"	"	8 a.	17·9	12·6		
"	"	9½ a.	19·2	12·9		
"	"	1½ p.	16·2	12·5	"	
"	"	4 ^a p.	13·8	11·6	"	
"	"	6½ p.	13·3	11·4		
"	"	9 p.	13 2	11·7		

Rok	data	godz.	temper. pow.	temp. wody powierzch.	Obserwat.	Uwagi
1893.	30/7	7 $\frac{1}{4}$ a.	12·6	11·9		
"	"	1 p.	12·8	11·9		
"	"	4 $\frac{1}{4}$ p.	13·0	11·9		
"	"	6 $\frac{1}{2}$ p.	11·0	11·0		B.
"	"	7 $\frac{3}{4}$ p.	10·8	10·7		
"	"	9 $\frac{1}{2}$ p.	10·1	10·8		
"	31/7	4 $\frac{3}{4}$ a.	7·5	10·9		
"	"	10 a.	13·5	11·6		
"	"	12 $\frac{1}{2}$ p.	15·3	12·5	"	
"	"	7 p.	10·0	10·7		
"	1/8	8 ^h a. m.	7·5	10·5		
"	"	10 $\frac{1}{2}$ a.	8·1	10·4		
"	"	12 $\frac{1}{4}$ p.	9·6	10·7	"	
"	"	2 p.	12·0	10·7		
"	2/8	6 a.	5·2	10·1		
"	"	7 a.	5·6	10·0		
"	"	8 a.	7·8	10·2		
"	"	3 p.	15·8	11·3		
"	"	3 $\frac{3}{4}$ p.	15·6	12·4	"	
"	"	4 $\frac{3}{4}$ p.	12·0	11·4		
"	"	5 $\frac{3}{4}$ p.	11·0	11·4		
"	"	7 p.	9·6	10·3		
"	"	10 p.	6·8	10·6		
"	3/8	6 $\frac{1}{2}$ a.	8·6	10·5		
"	"	8 a.	10·5	10·8		
"	"	9 a.	12·7	11·2		
"	"	11 $\frac{1}{2}$ a.	11·3	11·3		
"	"	1 $\frac{1}{2}$ p.	11·9	11·6	"	
"	"	3 p.	9·9	11·3		
"	"	7 $\frac{3}{4}$ p.	8·8	10·4		
"	"	10 p.	7·7	10·6		
"	4/8	6 a.	7·2	10·4		
"	"	8 a.	9·7	10·8		
"	"	9 a.	11·3	11·4	"	
"	"	10 $\frac{3}{4}$ a.	13·0	11·2		

Starszy materiał obserwacyjny — z przed roku 1892 — jest bardzo niesystematyczny i dorywczy, a to utrudnia niezmiernie korzystanie z niego. Jedyna metoda jaką zdołałem obmyślić dla redukcji

owych 29 liczb (odpowiadających zresztą tylko 21 dniom 12-tu różnych lat) polega na użyciu znalezionej powyżej związku $\tau = \gamma t + \delta$, gdzie współczynnik γ posiada (przynajmniej w miesiącach letnich) wartość zbliżoną do 0.23. Oznaczając bowiem przez t_1, τ_1 średnią dzienną ciepłotę powietrza a względnie wody, będzie

$$\tau_1 = \gamma t_1 + \delta. \text{ skąd } \tau_1 = \tau + \gamma(t_1 - t),$$

a to umożliwi znaleźć przybliżoną wartość na τ_1 jeżeli tylko t, τ, t_1 będą wiadome. Pierwsze dwie liczby podają obserwatorowie prawie bez wyjątku. ostatnią, tj. t_1 można wystarczająco dokładnie znaleźć z odpowiedniej średniej dziennej krakowskiej. Nie przeczę, że ten sposób redukcji ma swoje niedostatki, ale też i trudno podać tu coś lepszego. Zresztą błąd którejkolwiek z liczb t_1, t sięgający nawet do $\pm \frac{1}{2}^\circ$ pociągnie za sobą w dodajniku $\gamma(t_1 - t)$ błąd zaledwo $\pm 0.1^\circ \text{C}$ wynoszący, gdyż wartość współczynnika γ nie wiele się różni od 0.2. Wprowadzenie wyrazu korekcyjnego $\gamma(t_1 - t)$ uważam, wobec tych uwag, za korzystną zmianę liczb oryginalnych (τ) otrzymanych przez rozmaitych obserwatorów, różnymi termometrami i w najróżniejszych warunkach meteorologicznych. Jestem przekonany, że bez jego użycia, materiał rzeczony nadawałby się jeszcze mniej do porównań.

Przykład objaśni praktyczne wykonywanie redukcji. Roku 1875, dnia 23. sierpnia o 4^h p. m. Kolbenheyer obserwował przy Rybiem $t = 11.2^\circ \text{C}$. $\tau = 13.0^\circ \text{C}$; równoczesna średnia dzienna ciepłoty powietrza w Krakowie wynosiła 16.4°C . Różnica średnich dziennych temperatur powietrza w Krakowie i Dolinie Rybiego wynosiła więc

$$\text{Kr.} - \text{R} = 5.23 + 0.046 \cdot 16.4 = 6.0,$$

zatem przybliżona średnia dzienna w Dolinie Rybiego

$$t_1 = 16.4 - 6.0 = 10.4^\circ \text{C},$$

a wreszcie przybliżona średnia dzienna wód na powierzchni Rybiego

$$\tau_1 = 13.0 + \frac{1}{5}(10.4 - 11.2) = 12.8^\circ \text{C}.$$

W ten sposób przeszedłem cały starszy materiał obserwacyjny. Dodam od razu, że korekcję taką stosowałem tylko do obserwacji przy brzegu jeziora, zaś dla kilku zaledwie obserwacji na środku jego wykonanych dołączałem tylko połowę jej wartości, gdyż tam zmiany dzienne są znacznie mniejsze aniżeli przy brzegu, jak o tem wielokrotnie się przekonałem. Gdzie obserwator nie podał równoczesnej ciepłoty powietrza, nie pozostawało nic innego, jak samą liczbę τ przyjąć za średnią dzienną; natomiast przy własnych moich pomiarach z lat

1891, 1892 i 1893, gdzie w ciągu każdego dnia ciepłota τ była 3—7 razy odczytywana, obliczałem liczbę τ_1 interpolacją graficzną (na milimetrym papierze) bez odnoszenia się do obserwacji krakowskich. Pomiar prof. Rotha (21. sierpnia 1877) będący już średnią z kilku pomiarów zostawiłem niezmienionym.

To wszystko doprowadziło mię do następującego zestawienia:

Rok	data	τ_1	T	T'	T''	τ_1 jest średnią z odczytów
1860.	21/8	—	—	—	—	
1875.	23/8	12·8	16·4	19·3	18·8	
1876.	12/7	9·4	17·2	18·7	14·5	
1877.	9/8	11·6	22·2	17·6	17·7	
"	21/8	13·13	22·5	19·7	17·5	
1878.	19/7	8·4	16·8	15·6	16·5	
"	24/8	10·6	16·5	17·9	17·3	
1879.	24/7	8·7	14·9	15·8	18·1	
"	9/8	(10·4)	18·1	18·7	17·4	
"	23/8	11·9	20·2	16·4	17·3	
1883.	24/8	11·3	16·9	17·3	18·5	
1884.	20/8	12·2	17·5	16·7	17·9	
1886.	6/8	11·1	16·8	17·1	15·9	
1888.	30/8	10·5	18·8	15·4	17·3	
1890.	4/8	13·3	26·0	18·0	16·6	
"	5/8	13·4	25·4	18·5	16·6	
1891.	5/8	9·5	16·5	17·6	17·2	
"	6/8	9·7	15·5	17·3	17·3	
"	7/8	9·6	14·3	16·9	17·3	
"	8/8	9·3	13·4	16·3	17·3	
1892.	28/6	8·7	19·6	17·2	14·5	
"	10/7	11·56	18·7	18·0	16·0	3
"	11/7	11·95	17·7	18·0	16·1	4
"	12/7	12·32	18·1	18·0	16·2	3
"	13/7	11·13	15·9	17·8	16·4	3
"	14/7	10·85	17·1	17·4	16·6	5
"	15/7	10·96	17·2	17·4	16·7	7
"	16/7	10·87	16·8	17·7	16·7	6
"	17/7	11·42	17·5	17·9	16·7	7
"	18/7	10·82	16·7	18·0	16·9	3
"	19/7	10·22	13·2	17·7	17·0	7
"	20/7	10·48	14·6	17·4	17·2	7
"	21/7	11·03	16·1	17·3	17·3	7

Rok	data	T'	T''	T'''	T' jest średnią z odczytan	
1892.	8/8	11·2	18·1	16·5	17·4	3
"	9/8	11·7	20·0	16·9	17·4	3
"	10/8	9·7	19·9	17·3	17·4	3
"	11/8	12·2	15·5	17·2	17·4	3
"	12/8	12·3	15·5	17·1	17·4	3
"	13/8	11·2	17·0	17·1	17·4	3
"	14/8	13·3	18·9	17·2	17·4	3
"	15/8	14·3	21·8	17·4	17·4	3
"	16/8	13·9	22·2	17·7	17·3	3
"	17/8	14·4	22·1	18·0	17·3	3
"	18/8	14·8	23·5	18·4	17·3	3
"	19/8	15·0	24·5	19·0	17·3	3
"	20/8	12·8	24·6	19·7	17·3	3
"	21/8	13·7	24·8	20·4	17·2	3
"	22/8	13·3	22·9	20·7	17·2	3
"	23/8	14·0	21·6	21·0	17·1	3
"	24/8	14·6	22·6	21·2	17·2	3
"	25/8	13·6	22·7	21·3	17·2	3
"	26/8	12·9	18·8	21·6	17·2	3
"	27/8	12·0	16·7	21·6	17·1	3
"	28/8	13·3	16·8	21·6	17·0	3
"	29/8	12·8	20·6	21·7	17·0	3
"	30/8	14·4	21·5	21·7	17·2	3
"	31/8	—	(22·0)	(21·7)	(17·4)	—
"	1/9	12·4	18·9	21·5	17·5	3
"	2/9	12·6	16·5	21·0	17·6	3
"	3/9	12·8	17·4	20·6	17·8	3
"	4/9	12·6	18·2	20·1	17·9	3
"	5/9	13·1	15·5	19·5	18·1	3
"	6/9	13·6	14·8	19·0	18·1	3
"	7/9	11·4	14·8	18·5	18·1	3
"	8/9	11·1	13·6	17·9	18·2	3
"	9/9	11·9	13·7	17·3	18·3	3
"	10/9	11·4	15·6	17·1	18·3	3
"	11/9	10·8	15·7	17·0	18·4	3
"	12/9	11·7	16·1	17·0	18·4	3
"	13/9	13·6	16·7	16·7	18·4	3
"	14/9	11·5	18·6	16·5	18·5	3
"	15/9	11·8	18·4	16·3	18·6	3
"	16/9	12·0	19·1	16·3	18·7	3

Rok	data	τ_1	T	T'	T''	τ_1 jest średnią z odczytów
1892.	17/9	11·1	20·9	16·6	18·8	3
"	18/9	11·3	14·1	16·4	18·8	3
"	19/9	10·8	13·3	16·1	18·9	3
"	20/9	9·9	14·0	16·0	18·8	3
"	21/9	11·9	15·2	16·0	18·7	3
"	22/9	11·5	16·3	16·1	18·7	3
"	23/9	11·5	18·5	16·4	18·6	3
"	21/10	(3½)	—	—	—	
(Początki zamarzania jeziora).						
1893.	29/6	7·7	19·8	17·5	13·5	
"	25/7	10·9	19·4	18·4	16·1	
"	26/7	11·5	20·8	18·4	16·2	
"	27/7	11·3	22·2	18·5	16·5	
"	28/7	12·5	20·4	18·5	16·6	
"	29/7	12·1	20·0	18·5	16·8	
"	30/7	11·6	16·4	18·5	16·8	
"	31/7	11·3	16·4	18·5	16·9	
"	1/8	10·6	14·7	18·3	17·0	
"	2/8	10·6	15·4	18·3	17·0	
"	3/8	10·8	16·0	18·4	17·0.	

Średnie τ_1 w szeregu od 8. sierpnia do 23. września 1892., najdłuższym i najbardziej systematycznym, jaki wogóle posiadamy dla Rybiego — są wprost średniami arytmetycznymi z trzech dziennych odczytów wykonywanych stale w terminach 7 a., 2 p., 7 p., albo też bardzo zbliżonych do tych godzin. Wobec braku dostatecznie pewnych średnich dziennych temperatury powietrza przy Rybiem wydawało mi się rzeczą właściwszą odnieść wszystkie istniejące wartości τ_1 do obserwacji termometrycznych w Krakowie, gdzie dla każdego dnia ubiegłego 70-ciolecia daje się dokładnie podać średnią dzienną. Przynależne wartości tych średnich są w naszej tabeli umieszczone pod nagłówkiem T . Obok tej kolumny znajdują się jeszcze dwie inne pod nagłówkami T' , resp. T'' ; zawierają one w sobie liczby, których użyteczność w niniejszem poszukiwaniu poznamy niebawem. W tej chwili wystarczy objaśnić ich pochodzenie. Pierwsza z nich (T') jest krakowską średnią arytmetyczną najbliższej piętnastodniówki poprzedzającej obserwację ciepłoty wody Rybiego, druga (T'') taką samą średnią 45-cio dniówki jeszcze bardziej wstecz leżącej¹⁾. Co spowo-

¹⁾ Zauważę, że użyłem tutaj wprost średnich $\frac{1}{3}(6^h + 2^h + 10^h)$ bez redukcji na średnie 24-godzinne, jakoteż bez wyrównywania liczb wzorem B l o x a m'a.

dowało mię do wprowadzenia obu tych ilości (prócz średniej dziennej T), oraz co nakazywało obrać tę właśnie postać wstecznych średnich temperatur krakowskich, wyłuszczam poniżej.

Rozpatrywanie uważniejsze liczb w ostatniej tabeli zawartych, pozwala stwierdzić bezpośrednio, co następuje:

1) Roczny ruch ciepłoty na powierzchni jeziora pozostaje w ściślejszej zależności od rocznego ruchu ciepłoty powietrza przy jeziorze, a obydwie te ruchy są oczywiście zarówno okresowe.

2) Zależność średniej dziennej τ_1 od pochodów średnich dziennych ciepłot powietrza jest tak wybitna, że odnosząc ilości τ_1 , nawet do równoczesnego pochodów średnich T' , obserwowanych w Krakowie, znajdujemy niewątpliwy związek między obydwoma ilościami. W ogólności daje się dopatrzeć równoczesny wzrost lub zmniejszanie się obu tych liczb; wydarzająca się tu i owdzie jednodniowa różnica daty, odnoszącej się do wydatniejszej zmiany w ilościach τ_1 , T' , tłumaczy się dostatecznie niezupełną równoczesnością pochodów temperatury powietrza w Krakowie i w Dolinie Rybiego, miejscowościach odległych od siebie bądź co bądź zawsze o 10 myriametrów.

Zauważmy już z góry, że wzajemną zależność obu ciepłot τ_1 , T należy pojmować nie jako bezpośrednią, ale tylko jako pośrednią, o ile one obie są zawisłe równocześnie od trzeciego czynnika, dla którego jednak dotąd — niestety — nie posiadamy żadnych ilościowych oznaczeń. Już przy badaniu zmian dziennych widzieliśmy, że pochod zmian ciepłoty na powierzchni jeziora zależy nie tyle od ciepłoty powietrza unoszącego się nad wodą, ile od bezpośredniego działania promieni słonecznych, t. j. t. zw. insolacyi. Wiadomo zaś, że sama średnia dzienna ciepłota powietrza zależy niemal wyłącznie (w miesiącach letnich) od wielkości insolacyi. Warstwa powietrza n. p. cieplejszego od wody, na której ona spoczywa, może spowodować tylko bardzo nieznaczne ogrzanie się samej wody, jeżeli zważymy na bardzo słabe przewodnictwo ciepła u wody.

3) Ciepłota τ_1 nie może być uważaną jako zależna wyłącznie od równoczesnej wartości ciepłoty T , a więc także od równoczesnej średniej dziennej t_1 powietrza przy jeziorze. Nietylko bowiem w rozmaitych latach dla tej samej wartości na T znajdujemy τ_1 bardzo różnym. ale spotykamy się z tym objawem nawet w przeciągu jednego i tego samego roku. Tak n. p. w trzech rozmaitych dniach 9. sierpnia 1877., 16. sierpnia 1892. i 27. lipca 1893. r. ciepłota T wynosiła każdym razem 22.2°C ., zaś ciepłoty τ_1 były wówczas

11.6^o C., 13.9^o C., 11.3^o C.;

w trzech dniach 9. sierpnia 1879., 12. lipca 1892. i 8. sierpnia 1892. roku, ilość T była równa 18.1°C ., zaś τ_1 posiadała wartości

$$10.4^{\circ}\text{C}., \quad 12.3^{\circ}\text{C}., \quad 11.2^{\circ}\text{C}.;$$

podobnie w dniach 19. lipca 1878., 16. lipca 1892. i 28. sierpnia 1892. roku ciepłota T wynosiła każdym razem 16.8°C ., podczas gdy ilość τ_1 posiadała wówczas bardzo odmienne wartości

$$8.4^{\circ}\text{C}., \quad 10.9^{\circ}\text{C}., \quad 13.3^{\circ}\text{C}.,$$

i t. d. Stąd wnoszę, iż każdorazowa wartość ciepłoty τ_1 zależy nietylko od równoczesnej ciepłoty T , ale także od jakości przebiegu zjawisk aerotermicznych w dniach poprzedzających dzień obserwacji. Będzie rzeczą osobnego rozważania, jak daleko wstecz należy się cofnąć, ażeby w rzeczonym przebiegu znaleźć dostateczny czynnik, tłumaczący zmienność ciepłoty τ_1 .

4) Najwyższa dotąd obserwowana ciepłota na powierzchni Rybiego wynosiła 15.9°C . przy ciepłocie powietrza 25.2°C . (po południu dnia 19. sierpnia 1892. r.), a dla T wynoszącego 24.5°C .; najniższa obserwowana dotąd w czasie zupełnej płynności jeziora 7.7°C . (dnia 29. czerwca 1893. r.), przyczem T było równem 19.8°C .; najniższa wogóle możebna dla ciekłej wody pod skorupą lodową, bardzo blisko 0°C ., jak to poniżej zobaczymy. Z uwagi, że ciepłota 15.9°C . odpowiadała porze nadzwyczajnych upałów w sierpniu 1892. r. (od których jedynie upały z końca czerwca 1833. r. możnaby nazwać nieco większymi). możemy ciepłotę 16°C . przyjąć za kres, do którego wogóle ciepłota na powierzchni Rybiego w ostatnim 70-cioleciu wyjątkowo dojść mogła. W tymże samym czasie absolutna wielkość chwiania się (der momentane Unterschied) ciepłoty wynosiła w Krakowie 70°C ., przy Rybiem zapewne kilka stopni mniej¹⁾: termiczna amplituda 16° wody Rybiego (ciekłej) jest więc, okrągło biorąc, zaledwo czwartą częścią rocznych odmian ciepłoty, dokonywających się w otaczającym ją powietrzu.

Punkty 2. i 3. zasługują przedewszystkiem na bliższe rozpatrzenie. Podobnie jak średnia dzienna ciepłota powietrza, tak i τ_1 nie jest wcale przywiązana do daty kalendarzowej, skoro dla tych samych dni w różnych latach posiada ona wartości niekiedy znacznie różniące się

¹⁾ Z powodu, że zimą różnica termiczna między stacją na nizinie (Kraków), a miejscowością na stoku górskim jest mniejszą, aniżeli latem. Położenie kotlin zamkniętych jeziora wyklucza natomiast, mojem zdaniem, t. zw. zimowe dla nich odwrócenie ubywania ciepłoty w miarę wznoszenia się. O szczytach tutaj nie mówimy.

pomiędzy sobą. Wystarczy n. p. porównać liczby z dnia 9. sierpnia 1877. i 1879. r., dalej z dnia 23. sierpnia 1875. i 1879. roku. i t. d. Najbardziej też pouczającym jest zestawienie liczb z różnych lat z czasu około 24. sierpnia, kiedy Rybie najczęściej było zwiedzane. Zważając, iż o tej porze, jako blizkiej rocznego maximum ilości τ_1 , zmiany roczne przy różnicy 3 lub 4 dni są na rzecz samą bez wpływu, otrzymamy krótkie zestawienie:

Rok	Woda	(Sierpień)	Lipiec	Czerwiec	Maj
1875.	12·8° C.	18·43° C.	18·78° C.	20·34° C.	13·04° C.
1877.	14·3	18·68	17·93	18·10	10·59
1878.	10·6	18·14	16·55	17·08	13·38
1879.	11·9	17·57	16·38	18·29	12·27
1883.	11·3	16·77	18·80	17·00	12·60
1884.	12·2	16·87	18·70	14·90	13·40
1888.	10·5	16·75	16·80	16·20	13·60
1892.	13·1	19·60	16·92	17·36	13·44
Średnia . .	12·1	17·85	17·61	17·41	12·79,

skąd widać, że chwiania się istotnych ciepłot około tego czasu po obu stronach średniej 12·1 przekraczają całe dwa stopnie. W celu poznania zależności tych wahań od termicznego charakteru w pojedynczych latach, dołączyłem zaraz (kolumna 3—6) średnie krakowskie z ubiegłej części sierpnia (pierwszych 23 dni), całego lipca, czerwca i maja.

Tworząc różnice z osobnych liczb i odpowiednich średnich (liczba — średnia), jakoteż porządkując je według ich wielkości, otrzymamy tabelkę:

Rok	Woda	(Sierpień)	Lipiec	Czerwiec	Maj
1888	—1·6	—1·10	—0·81	—1·21	+0·81
1878	—1·5	+0·29	—1·06	—0·33	+0·59
1883	—0·8	—1·08	+1·19	—0·41	—0·19
1879	—0·2	—0·28	—1·23	+0·88	—0·52
1884	+0·1	—0·98	+1·09	+0·49	+0·61
1875	+0·7	+0·58	+1·17	+2·93	+0·25
1892	+1·0	+1·75	—0·69	—0·05	+0·65
1877	+2·2	+0·83	+0·32	+0·69	—2·20.

Pomimo całej szczupłości tego zestawienia, widać stąd wyraźnie, że odmiany temperatury wody są w pierwszym rzędzie zależne od ciepłoty powietrza w najbliższych kilku tygodniach poprzedzających dzień obserwacji (tutaj \pm trzech pierwszych tygodniach sierpnia). Łatwe, ale nie bez mozołu rachunkowego dokonane, podobne zestawie-

nia próbne całego materiału obserwacyjnego w przypuszczeniu wpływu 5-ciu, 10, 15 i 20 dni minionych na zmiany hydrotermiczne (porównaj rozdział poprzedzający) pouczyły mię, że przypuszczenie »15-dniowego« wpływu najlepiej jeszcze objaśnia główną część różnic dostrzeganych. Ta właśnie okoliczność spowodowała, że w celu bliższego zbadania zmienności liczby τ_1 wprowadziłem argumenty T' (średnią dzienną krakowską), oraz T'' (średnią z ubiegłych trzech pięciodniówek czyli pentad), od których owa zmienność przedewszystkiem jest zależną. Oczywiście, że takiego określenia zależności nie należy brać w znaczeniu, jakoby n. p. ciepłota powietrza w 16-tym lub 17-tym dniu poprzedzającym obserwację przy Rybiem miała już nie wpływać na przebieg zmian ilości τ_1 : przyjęcie owej piętnastodniówki za drugi argument pozostaje tylko wyrazem faktu, że ciepłota powietrza w dniach najbliższych wpływa najbardziej na wielkość ilości τ_1 , i że ciepłoty powietrza w dniach odleglejszych wywierają na nią wpływ coraz słabszy. Próbne zestawienia, o których wspomniałem, pouczyły mię dalej, że uczyniwszy τ_1 zawiśłem od obu zmiennych T , T'' nie osiągamy jeszcze dostatecznej zgodności rachunku z obserwacją, a pozostałe różnice wskazywały dość wyraźnie, że nadto ciepłoty powietrza w dniach jeszcze odleglejszych nie pozostają bez wpływu na przebieg zjawiska. Jeżeli powrócimy do ostatniej naszej tabelki, która na wszelki sposób może mieć wartość informacyjną, to spostrzeżemy m. i., że za niskiej (o $1\cdot5^0$) ciepłoty Rybiego około 23. sierpnia 1878. roku nie zdołają wytłómaczyć same sierpniowe ciepłoty powietrza, które wówczas — biorąc średnio — nawet o $+0\cdot29^0$ były za wysokie. Daje się ona jedynie objaśnić za niską temperaturą obydwóch poprzedzających miesięcy, t. j. czerwca, a zwłaszcza lipca 1878. To samo umiarkowana zwyżka $+0\cdot83^0$ pierwszych trzech tygodni sierpnia r. 1877. nie zdoła sama przez się wytłómaczyć wielkiej zwyżki $+2\cdot2^0$ ciepłoty wody, jeżeli zważymy, że dwa razy większa od tamtej zwyżki ($+1\cdot75^0$) ciepłoty powietrza (r. 1892.) zdołała doprowadzić zwyżkę ciepłoty wody tylko do $+1\cdot0^0$. Rzecz objaśnia się jednak w zupełności dwiema zwyżkami ciepłoty powietrza w obu poprzednich miesiącach ($+0\cdot32$ w lipcu. $+0\cdot69$ w czerwcu) 1877. r., jakoteż dwiema podobnemi zniżkami w r. 1892. ($-0\cdot69$ lipiec, $-0\cdot05$ czerwiec).

Takie rozważania nakazywały wprowadzić — prócz dwóch argumentów T i T'' — jeszcze trzeci, zależny od przebiegu ciepłoty powietrza sięgającego wstecz co najmniej dwóch miesięcy. Wybór jakości trzeciego takiego argumentu przedstawiał pewną nieoznaczoność: można było poza ową piętnastodniówkę cofnąć się o miesiąc, półtora, lub jeszcze więcej tak, iż dochodziłoby się w ten sposób do dni wyprze-

dających dzień obserwacji przy Rybiem o $1\frac{1}{2}$, 2 lub więcej nieco miesięcy. Ze względu, iż w jeszcze dalszym miesiącu (więc maju w naszej informacyjnej tabelce) żaden już wpływ na zmienność ciepłoty τ_1 nie dał się wysledzić, dalej ze zbytne takie cofanie się doprowadziłoby nas do pory, w której jezioro niezawodnie jeszcze skorupą lodową jest pokryte, należało pod tym względem zachować pewne umiarkowanie. Przyjmując ostatecznie średnią z 45-dniówki jeszcze odleglejszej za ów trzeci argument (— T''), byłem zdania, że pogodziłem ze sobą, ile to się dało, dwa owe sprzeczne ze sobą wymagania: dopuszczenia wpływu ciepłoty z dni dość odległych i ograniczenia długości tego czasu z powodu całkiem zmienionego ustroju jeziora w miesiącach tak zimowych jak i wczesnych wiosennych.

Materyał obserwacyj hydrotermicznych Jeziora Rybiego — najobfitszy, jaki wogóle dla któregośkolwiek jeziora tatrzańskiego do tej pory istnieje, zachęcił mię do ściślejszego nieco wyznaczenia ilościowego wpływu ciepłot T , T' i T'' na przebieg zmian rocznych temperatury τ_1 , a to przynajmniej w porze letniej. W tem, co następuje, zawiera się próba ujęcia w karby matematyczne rzeczonych zjawisk — próba, jak mniemam, pierwsza tego rodzaju. Stosownie do poprzednich naszych uwag należy sobie wyobrazić, że na wytworzenie ilości τ_1 danej obserwacjami, składają się w nierównej mierze trojakie przyrosty, a to proporcjonalne do odrębnych trzech argumentów T , T' , T'' wspólnie z czwartą ilością od żadnego z nich niezależną, tak, iż najprostszy związek, jaki w tej mierze wyobrazić sobie można, byłby

$$(1) \quad \tau_1 = \tau_0 + \alpha T + \alpha' T' + \alpha'' T'',$$

gdzie τ_0 , α , α' , α'' miałyby być ilościami stałymi przynajmniej w porach lata i na początku jesieni. Istniejące daty obserwacyjne powinny umożliwić wyznaczenie rzeczonych stałych chociażby w przybliżeniu.

Do tego celu niewszystkie obserwacje nadają się w równym stopniu. Najdłuższy i prawie nieprzerwany szereg obserwacyjny od 8. sierpnia do 23. września 1892. będzie niezawodnie najwłaściwszy do zbadania ilościowego wpływu średniej dziennej T , oraz średniej T' na naszą ilość τ_1 , t. j. do wyznaczenia wartości stałych α i α' ; znacznie mniej będzie się on nadawał do wyznaczenia pozostałych dwóch stałych τ_0 , α'' , zwłaszcza ostatniej. Ta ilość będąca współczynnikiem średnich $1\frac{1}{2}$ miesięcznych, jest bowiem zawisłą już niemal od ogólnego typu termicznego w danym roku (ściślej mówiąc: w pierwszej części lata); wyznaczenie jej będzie zatem wymagało interwencji lat o rozmaitych typach termicznych.

Teoretycznie biorąc, wyznaczenie naszych stałych powinno się

odbyć w sposób następujący. Dla każdego dnia, w którym jest znana wartość τ_1 , jakoteż przynależne jej wartości liczb T , T' , T'' , należałoby wypisać jedno równanie kształtu (1), a ze wszystkich tak otrzymanych równań obliczyć najprawdopodobniejsze wartości tych czterech stałych n. p. metodą najmniejszych kwadratów. Tak n. p. obserwacje z dnia 8. sierpnia 1892. pozwoliłyby natychmiast napisać jedno takie równanie

$$\tau_0 + 18.1x + 16.5x' + 17.4x'' = 11.2,$$

i t. d., a równań takich byłoby około 90. Zachód rachunkowy, jaki byłby połączony z takim wyznaczaniem, i mógł na to wyłożony nie pozostawałby jednak w żadnym stosunku z dokładnością, jaką można by sobie tutaj obiecywać. Każdy meteorolog wie dobrze, że bezpieczniej bywa w takich razach zwiększyć dokładność pojedynczych oznaczeń przez wzięcie odpowiednich średnich, chociaż mnogość tych oznaczeń ulegnie skutkiem tego znacznemu pomniejszeniu. Ten wzgląd, oraz okoliczność, że nasz materiał jest sporadycznym, nakazywały czynność wyrównania liczb obserwacyjnych wykonać sposobem nieco odmiennym.

Wspomniałem już, że do wyznaczenia wartości stałych α i α' najodpowiedniejszy jest 46-dniowy szereg z sierpnia i września 1892, obejmujący razem blisko 150 pojedynczych odczytów termometru. Po części wpływy perturbujące, jak wiatr wytwarzający falę na jeziorze, a więc mieszający jego wody do pewnej głębokości, dalej deszcz zlewający bezpośrednio powierzchnię jeziora, a pośrednio zasilający jego wody dopływami o ciepłocie różnej od normalnych jego dopływów, a wreszcie niezupełna równoczesność pochodzenia temperatury powietrza przy Rybiem i w Krakowie, wszystkie te okoliczności doradzały wprowadzić do rachunku liczby, w którychby owe niejednostajności zostały chociażby częściowo zatarte. Tworząc średnie z pięciodniówek (pentad), od dnia 8. sierpnia 1892. poczynając, i opatrując nadto otrzymane liczby drobną korekcyą + 0.013, jaką wykazały rozważania ruchu dziennego, otrzymuję następujące zestawienie:

		τ	T	T'	T''	t
pentada	8/8—12/8	11.446	17.80	17.00	17.40	14.48
"	13/8—17/8	13.433	20.40	17.48	17.36	16.23
"	18/8—22/8	14.020	24.06	19.64	17.26	20.29
"	23/8—27/8	13.433	20.48	21.34	17.16	14.88
"	28/8— 1/9	13.190	19.96	21.64	17.22	15.93
"	2/9— 6/9	12.960	16.48	20.04	17.90	14.01
"	7/9—11/9	11.320	14.68	17.56	18.26	8.84

		τ	T	T'	T''	t
pentada	12/9--16/9	12·140	17·78	16·56	18·52	14·00
"	17/9—21/9	11·006	15·50	16·22	18·80	11·11
trzydniówka	21/9—23/9	11·635	16 67	16·17	18 67	11·68

W ostatniej kolumnie dołączyłem jeszcze odpowiednie średnie ciepłoty powietrza przy Rybiem, które później będą nam przydatne. Oczywiście, że trzecie cyfry dziesiętne, znajdujące się przy ilościach τ , nie posiadają żadnego znaczenia, a zachowane zostały jedynie dla zabezpieczenia, ile się to da, drugich cyfr dziesiętnych. Pentada 28/8—1/9 utworzona została w ten sposób, że zamiast średniej dziennej dnia 31/8, w którym obserwacji nie wykonywano, wzięto średnią z czterech dni 29/8, 30/8, 1/9 i 2/9. Ostatnie liczby naszego zestawienia odpowiadają już tylko trzydniówce 21/9—23/9, gdyż obserwator opuścił w tym dniu Dolinę Rybiego.

Tabela ta pozwala natychmiast wypisać dziesięć równań kształtu

$$t_0 + 17\cdot80x + 17\cdot00x' + 17\cdot40x'' = 11\cdot446$$

i t. d., z których zwykłymi sposobami możnaby szukać wartości stałych τ_0 , x , x' , x'' . Zważając jednak, że równania te wyczerpują dopiero blisko połowę całego materiału obserwacyjnego, dalej, że współczynniki przy x'' posiadają wartości mało co różne, nie możemy żądać, ażeby stąd dała się wyprowadzić wartość stałej x'' z pożądaną dokładnością. Co do ilości τ_0 , to wartość jej będzie zapewne w związku z wcześniejszymi jeszcze stosunkami ciepłoty powietrza; bodaj więc czy nie będzie ona zależną od pory, rychlejszej lub późniejszej, w której Rybie wiosną odmarza, a jeżeli tak, to wartość jej, jakoteż ewentualna jej zmienność, może się dać wyznaczyć dopiero z objawów hydrotermicznych w kilku lub kilkunastu latach. Skutkiem tego część materiału, którą obecnie roztrząsamy, może się jedynie nadawać do wyznaczenia stałych x i x' ; jest ona do tego celu rzeczywiście bardzo odpowiednią, gdyż zmienność współczynników przy x dochodzi niemal do 10^o, zaś współczynników przy x' przekracza 5^o.

Należy więc pozbyć się ilości τ_0 z naszych równań, a zarazem wpływ ilości x'' na przebieg rachunku jak najbardziej ograniczyć. To osiągniemy w następujący sposób.

Dziesiąta część sumy wszystkich dziesięciu równań (posiadających ważności prawie jednakowe) będzie

$$\tau_0 + 18\cdot38x + 18\cdot37x' + 17\cdot86x'' = 12\cdot458 ;$$

odejmując teraz ten związek kolejno od każdego z dziesięciu ró-

wnań i przenosząc wyrazy zawierające x'' na prawą stronę, otrzymamy nowy układ

$$\begin{aligned}
 -0.58x - 1.37x' &= -1.012 + 0.46x'' \\
 +2.02x - 0.89x' &= +0.975 + 0.50x'' \\
 +5.68x + 1.27x' &= +1.562 + 0.60x'' \\
 +2.10x + 2.97x' &= +0.975 + 0.70x'' \\
 +1.58x + 3.27x' &= +0.732 + 0.64x'' \\
 -1.90x + 1.67x' &= +0.502 - 0.04x'' \\
 -3.70x - 0.81x' &= -1.138 - 0.40x'' \\
 -0.60x - 1.81x' &= -0.318 - 0.66x'' \\
 -2.88x - 2.15x' &= -1.452 - 0.94x'' \\
 -1.71x - 2.20x' &= -0.823 - 0.81x''.
 \end{aligned}$$

Ponieważ stąd mamy ostatecznie wydobyć najprawdopodobniejszą wartośći tylko dwóch ilości x , x' , zaś dla trzeciej x'' utworzymy poniżej inny szereg równań właściwszych do wyznaczenia jej wartości, więc związki dopiero napisane należy tak wyrównać, jak gdyby prawe ich strony zawierały tylko same znane wartości. Metodą najmniejszych kwadratów otrzymujemy stąd dwa równania warunkowe

$$\left. \begin{aligned}
 72.46x + 28.48x' &= 23.669 + 12.676x'' \\
 28.48x + 39.98x' &= 15.059 + 9.114x''
 \end{aligned} \right\} \text{skąd } \begin{aligned} x &= 0.2481 + 0.1185x'' \\ x' &= 0.2000 + 0.1435x''. \end{aligned}$$

a wyrażenia te pozwolą znaleźć x i x' , jeżeli tylko wytworzymy jeszcze jeden związek korzystnie wyznaczający stałą x'' .

Do tego celu nadają się przedewszystkiem te oznaczenia, których ilości T'' posiadają pomiędzy sobą znaczniejsze różnice. W roku 1892., na którego obserwacyach należy się nam głównie oprzeć, posiadamy jedną obserwację z dnia 28. czerwca bardzo pożądaną z powodu że T'' posiada tutaj wartość (14.5°) znacznie mniejszą od pozostałych; równanie odpowiadające tej obserwacyi wypadło pozostawić nienaruszonym, t. j. nie łączyć go w średnią z innymi. Dalej nieużyte dotąd obserwacje z lipca 1892 w liczbie 12. średnich dziennych, dla których T'' chwiało się między 16° a 17° , połączone w średnie odpowiadające dwóm sześciodniówkom, dadzą dwa nowe równania. Co do „długiego“ szeregu obserwacyjnego od 8. sierpnia do 23. września 1892., to z liczb w nim zawartych należy teraz tylko umiarkowanie korzystać i — z powodu, że były one już użytymi przy rachunku współczynników x , x' — wyznaczenia stałej x'' nie przeładowywać aż 10-ma równaniami wytworzonymi z tego szeregu. Gdy obecnie rozedchodzi się o wydobyć najprawdopodobniejszej wartości jednej tylko stałej, a nie dwóch, jak poprzednio, wydaje się właściwe pomniejszyć liczbę równań

do połowy, w przeciwnym bowiem razie wpływ równań nie pochodzących z tego szeregu obserwacyjnego, byłby nadto podrzędny. Łącząc daty tego szeregu dziesięciodniówkami ¹⁾ w średnie, otrzymamy pięć nowych równań, mających służyć do znalezienia stałej z'' . Te dotąd otrzymane równania będą więc

$$\begin{array}{l} \tau_0 + 19.60z + 17.20z' + 14.50z'' = 8.70 \text{ z czerwca 1892. r.} \\ \tau_0 + 17.45z + 17.77z' + 16.33z'' = 11.46 \\ \tau_0 + 15.82z + 17.67z' + 16.97z'' = 10.31 \\ \tau_0 + 19.10z + 17.24z' + 17.38z'' = 12.44 \\ \tau_0 + 23.40z + 20.21z' + 17.23z'' = 13.98 \\ \tau_0 + 18.09z + 21.09z' + 17.44z'' = 12.89 \\ \tau_0 + 15.13z + 17.56z' + 18.28z'' = 11.94 \\ \tau_0 + 16.84z + 16.27z' + 18.71z'' = 11.33 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \text{z lipca 1892.} \\ \\ \text{z sierpnia} \\ \text{i września} \\ \text{1892. r.} \end{array} \right\}$$

Ażeby się pozbyć ilości τ_0 , a zarazem ujednostajnić różną ważność tych równań warunkowych, odejmuję pierwsze z nich (polegające na jedynej lubo bezpiecznej obserwacji) od pozostałych siedmiu, a podstawiając następnie za z i z' wartości poprzednio otrzymane i porządkując, otrzymuję

$$\begin{array}{l} 1.66z'' = 3.18 \\ 2.09z'' = 2.45 \\ 2.83z'' = 3.86 \\ 3.61z'' = 3.74 \\ 3.32z'' = 3.79 \\ 4.36z'' = 4.28 \\ 3.75z'' = 3.50. \end{array}$$

Starsze obserwacje nie dostarczają żadnego równania warunkowego, przydatnego do wyznaczenia stałej z'' . Natomiast pojedyncza obserwacja z dnia 29. czerwca 1893., oraz dziesięciodniowy szereg z końca lipca i początku sierpnia tego roku, zawierający daty dotąd jeszcze nie użyte, dostarczą dwóch ostatnich równań. Rozdzielając ten szereg na dwie pięciodniówki i tworząc średnie, otrzymamy

$$\begin{array}{l} \tau_0 + 19.8 z + 17.5 z' + 13.5 z'' = 7.7 \\ \tau_0 + 20.56 z + 18.46 z' + 16.44 z'' = 11.66 \\ \tau_0 + 15.78 z + 18.40 z' + 16.94 z'' = 10.98; \end{array}$$

odejmując znowu, jak poprzednio, pierwsze z nich od dwóch pozostałych (w celu pozbycia się ilości τ_0), podstawiając za z , z' znalezione wartości i porządkując, otrzymamy

¹⁾ Z powodu, że liczba 46 dni nie jest przez 10 podzielna, wykonałem to połączenie według schematu $(10 + 8 + 10 + 8 + 10) = 46$ dni.

$$3.16 \alpha'' = 3.58,$$

$$3.10 \alpha'' = 4.09.$$

Ze wszystkich dziewięciu tak otrzymanych równań. metodą najmniejszych kwadratów znajdujemy końcowe równanie

$$90.85 \alpha'' = 103.18.$$

skąd

$$\alpha'' = +1.136,$$

z prawdopodobnym błędem ± 0.047 .

Wykluczając jednak z rachunku pierwsze równanie, którego niezgodność rachunku z obserwacją jest największa (przeszło cztery razy większa od średniej niezgodności pozostałych równań), otrzymujemy nieco dokładniej

$$\alpha'' = +1.112$$

z prawdopodobnym błędem ± 0.036 . Skutkiem tego będzie

$$\alpha = 0.380; \quad \alpha' = +0.360$$

z prawdopodobnymi błędami sięgającymi $\pm \frac{1}{10}$ tych wartości.

Pozostaje jeszcze wyznaczyć stałą τ_0 , oraz zobaczyć, czy posiada ona w różnych latach wartość jednaka. Według powyższego będziemy mieli

$$\tau_0 = \tau_i - (0.38 T + 0.36 T' + 1.11 T'').$$

skąd dla każdej obserwacji możnaby — gdyby na tem zależało — znaleźć wartość przynależną τ_0 . Ponieważ jednak poprzedzające wywody opierały się na zasadzie, że τ_0 jest — przynajmniej w ciągu danego roku — stałe, więc wystarczy obliczyć te wartości jedynie na osobne lata. Zaleca się przecież dla lat bogatszych w daty obserwacyjne obliczyć tę ilość także z pojedynczych partyj obserwacyjnych, więc np. ze średnich, odpowiadających odrębnym pięciodniówkom w sierpniu i wrześniu 1892, z czerwcowych (rzadkich i prawie wyjątkowych!) obserwacji w 1892 i 1893 itd. Tak otrzymałem następujące zestawienie.

Starszy materiał.

	τ_0	ilość dni obserwacji		τ_0	ilość dni obserwacji
1875	— 21.2° C	1	1884	— 20.3	1
1876	— 20.0	1	1886	— 19.1	1
1877	— 22.8	2	1888	— 21.4	1
1878	— 21.6	2	1890	— 21.4	2
1879	— 21.8	2	1891	— 21.4	4 dni
1883	— 21.9	1			

Nowszy materiał.

	τ_0	ilość dni obserwacyi
1892, obserwacya czerwcowa	— 21·0	1
„ obserwacye lipcowe	— 19·7	6 dni
„ „ „	— 20·9	6 „
„ 1 pentada (sierp. i wrze- sień obserw.)	— 20·7	5 „
„ 2 „ „	— 19·9	5 „
„ 3 „ „	— 21·3	5 „
„ 4 „ „	— 21·1	5 „
„ 5 „ „	— 21·3	5 „
„ 6 „ „	— 20·4	5 „
„ 7 „ „	— 20·8	5 „
„ 8 „ „	— 21·1	5 „
„ 9 „ „	— 21·6	5 „
„ trzydniówka „	— 21·2	3 „
1893 obserwacya czerwcowa	— 21·1	1 „
„ pentada lipcowa	— 21·1	5 „
„ „ z końca lipca i pocz. sierpnia	— 20·4	5 „

Średnia z tych liczb w r. 1892. jakoteż 1893. wynosi — 20·8°C z niepewnością $\pm 0\cdot36^\circ$; nieco większą liczbę — 21·3 (absolutnie biorąc) dają skąpe, dorywcze i wątpliwie zredukowane starsze obserwacye. Jeżeli zważymy, że do obliczeń stałych α , α' , α'' , τ_0 ani jedna ze starszych obserwacyj nie została użyta, to zgodność osiągniętą można nazwać zadawalającą. Usiłowanie wytłómaczenia uderzająco wielkich niezgodności w r. 1886. a zwłaszcza 1877. za niską, względnie za wysoką ciepłotą wiosenną i pochodzącem stąd spóźnionem, względnie przyspieszonym, odmarnięciem Rybiego (maj, kwiecień), nie powiodło się na podstawie dotychczasowego materiału obserwacyjnego. Ażeby rzecz rozstrzygnąć, potrzebaby rozporządzać chociaż dziesięcioletnim szeregiem obserwacyjnym takim, jaki w roku 1892. zebrać zdołałem.

Jako wynik naszego poszukiwania nad pochodem rocznej zmienności ciepłoty wody Jeziora Rybiego, mamy więc wzór

$$(I) \quad \tau_1 = 0\cdot38 T + 0\cdot36 T' + 1\cdot11 T'' - 20\cdot8^\circ \text{C},$$

który pomimo drobnych jeszcze niedostatków, może już dziś dobrze służyć do wytworzenia sobie obrazu zmian kalorycznych, jakie w cie-

plej połowie roku odbywają się na jego powierzchni. Jest on wygodnym środkiem nie tylko do oznaczenia średnich ciepłot miesięcznych wód jeziora, ale także, aby z rocznego pochodłu ciepłoty powietrza w Krakowie znaleźć równoczesną ciepłotę wody Rybiego z dostateczną dokładnością.

Do podobnego celu daje się nasz wzór jeszcze nieco uprościć. Zważając, że trzecia część trzeciego współczynnika 1·11 jest bardzo blizką wartości 0·36 drugiego współczynnika, możemy napisać

$$\tau_1 = 0\cdot38 T' + 0\cdot37 (T'' + 3 T'''),$$

a że na mocy definicji liczb T' , T'' mamy

$$15 T'' + 45 T''' = 60 D.$$

gdzie D jest średnią ciepłotą powietrza w Krakowie, z całych dwóch miesięcy poprzedzających obserwację, więc nasamprzód

$$T'' + 3 T''' = 4 D,$$

a następnie

$$\tau_1 = 0\cdot38 T' + 1\cdot48 D - 20\cdot8^\circ \text{C}, \quad (\text{II})$$

który to wzór nie będzie ustępował poprzedniemu pod względem stopnia przybliżenia.

Wszystko to odnosi się oczywiście tylko do lata i początku jesieni, jest jednak prawdopodobne, że extrapolacyjne zastosowanie tych wzorów w prawo i w lewo do ostatnich tygodni wiosny i nie późnej jesieni będzie jeszcze dozwolonem, a to przynajmniej tak długo, dopóki obliczona ciepłota nie będzie niższą od $+4^\circ \text{C}$, przy którejto ciepłocie pionowe prądy konwekcyjne zmieniają zupełnie termiczną budowę jeziora, jak to poniżej zobaczymy. Co do owej niedalekiej extrapolacji, to niektóre dorywcze spostrzeżenia dostarczają bardzo pożądanego w tej mierze upewnienia: należy mi je zatem przytoczyć. Wiedząc, że gospodarz schroniska im. Staszica przy Rybiem (Jan Bury), a pewien czas obserwator na stacyi meteorologicznej w Białce ma zamiar w drugiej połowie października 1892 przybyć na kilka dni do Rybiego. uprosiłem go o wykonanie tam kilku pomiarów temperatury wody jeziora i równoczesnych temperatur powietrza. Prośbie mojej nie odpowiedziano wprawdzie w tym stopniu, jakbym tego pragnął, zawsze jednak kilkanaście odczytanych ciepłot powietrza i jedna ogólnikowo podana ciepłota wody („trzy i może pół stopnia“ w piątek 21. października 1892) nie są bez wartości. Piętnaście odczytań temperatury powietrza z tego czasu, jakie mi przysłano. porównane z ciepłotami krakowskimi, świadczą o ich wiarygodności,

pośrednio więc i owych przybliżonych 3' stopni. Według spostrzeżeń krakowskich dnia 21. X, r. 1892. ciepłoty T , T' , T'' wynosiły $3\cdot3^{\circ}$ $9\cdot7^{\circ}$, $17\cdot1^{\circ}$, zatem obliczona ciepłota wody

$$= 0\cdot38 \cdot 3\cdot3 + 0\cdot36 \cdot 9\cdot7 + 1\cdot11 \cdot 17\cdot1 - 20\cdot8 = + 2\cdot9^{\circ},$$

co dostatecznie się zgadza ze wspomnianą relacją.

W dniu 5. listopada 1892. mamy z obserwacji krakowskich na T , T' , T'' wartości $8\cdot3^{\circ}$, $5\cdot7^{\circ}$, $14\cdot0^{\circ}$, zatem extrapolacyjnie obliczona ciepłota wody byłaby

$$= 0\cdot38 \cdot 8\cdot3 + 0\cdot36 \cdot 5\cdot7 + 1\cdot11 \cdot 14\cdot0 - 20\cdot8 = 0\cdot0^{\circ},$$

co jest zgodne ze świadectwem wiarygodnego Bartłomieja Obroky ¹⁾, który dnia 14. listopada t. r. znalazł Rybie przy brzegach zamarzniete, a zresztą jeszcze wolne od lodu.

W dniach 25. maja i 1. czerwca 1892. mamy następujące wartości średnich T , T' , T''

$$15\cdot8, \quad 12\cdot4, \quad 8\cdot5,$$

a względnie

$$20\cdot0, \quad 15\cdot8, \quad 9\cdot3,$$

więc obliczone ciepłoty wody w tych dniach

$$0\cdot38 \cdot 15\cdot8 + 0\cdot36 \cdot 12\cdot4 + 1\cdot11 \cdot 8\cdot5 - 20\cdot8 = (- 0\cdot9)$$

$$0\cdot38 \cdot 20\cdot0 + 0\cdot36 \cdot 15\cdot8 + 1\cdot11 \cdot 9\cdot3 - 20\cdot8 = + 2\cdot8,$$

co wskazywałoby, że proces topnienia zrzuconych lodów dokończył się w ostatnim tygodniu maja 1892, zgodnie z tem, co obserwowali: Aleksandrowicz, Borowski, Kabicz i Magiera. Podobną zgodność znajduje się także co do pory odmarznięcia jeziora wiosną r. 1893., zjawiska obserwowanego niezależnie przez dwóch rozmaitych ludzi, o czem bliższe szczegóły podam w ustępie poświęconym zimowej fizyogno-mii Rybiego.

Nie mogę tutaj pominąć jeszcze jednej uwagi. Jeżeli ilość τ_1 uczyniliśmy zawiśłą od krakowskich stosunków ciepłoty, to stało się tylko z konieczności wywołanej brakiem stacyi meteorologicznej w Dolinie Rybiego. Skąpy materiał meteorologiczny z tej miejscowości starczył zaledwo do przybliżonego ustalenia różnicy aerotermicznej między obydwoma miejscowościami. Gdyby istniała przy schronisku Staszica stała taka stacya, czego jak najgoręcej życzyłyby należało, to byłoby niezawodnie rzeczą odpowiedniejszą ilość τ_1 uczynić zawiśłą

¹⁾ Przewodnik tatrzański, niegdyś stały towarzysz ś. p. prof. M. Nowickiego w jego wycieczkach naukowych.

od miejscowych stosunków temperatury. Byłem jednak i jestem zdania, iż — jak dotąd ma się sprawa — szczupły zasób dat aerotermicznych miejscowych, mających więc bezpośredni związek z termiką jeziora, nie może iść w porównanie z kolosalnym zasobem takich dat stacyi krakowskiej lubo od jeziora na 10 myriametrów odległej.

Gdybyśmy wszelako radzi byli a posteriori zobaczyć, jaki też związek zachodzi pomiędzy ciepłotą na powierzchni Rybiego, a miejscową ciepłotą powietrza, to wytworzymy sobie dostatecznie wyraźny pod tym względem obraz, pisząc $t + 6\cdot1^0$ i $d + 6\cdot1^0$ zamiast ilości T, D , przyczem głoski t, d będą posiadały to samo znaczenie dla miejscowych stosunków ciepłoty powietrza, co poprzednio T, D dla krakowskich. Średnia termiczna różnica obu miejscowości wynosi bowiem blisko $6\cdot1^0$ C, przynajmniej dla letnich miesięcy. Zasadniczy nasz wzór byłby wówczas

$$\tau_1 = 0\cdot38 t + 1\cdot48 d - 9\cdot5^0,$$

ale od tego wyrażenia nie będziemy wymagali zanadto wiele.

Wzór (I) nie tylko że umożliwia podanie średnich t. zw. normalnych ciepłot miesięcznych na powierzchni Rybiego z dostatecznym przybliżeniem, ale nadto dostarcza nam pożytecznego środka do porównawczego badania hydrotermiki innych jezior tatrzańskich, jak to poniżej zobaczymy. Co do pierwszego z tych punktów, to widoczne, że podstawiając w naszym wzorze za T i D średnie t. zw. normalne krakowskie dla środkowych dni: czerwca, lipca, sierpnia, września i października, otrzymamy nasamprzód pięć średnich dziennych ciepłot wody, odpowiadających środkowi każdego z uważanych miesięcy: z tych tylko dwie skrajne, polegające na blizkiej extrapolacyi, będą mniej pewne od trzech pozostałych. Liczby te będą już bardzo blizkie szukanym średnim miesięcznym. Korzystając z pracy prof. Karlińskiego: „Über die periodischen Aenderungen der Lufttemperatur in Krakau“ (Tab. XIV, kolumna temperatur 3.), otrzymuję najpierw pierwsze dwie kolumny:

15 czerwca	$T_n = 17\cdot72^0$	$D_n = 13\cdot48^0$	$T = 17\cdot31$	$D = 13\cdot08$
15. lipca	18\cdot92	17\cdot19	18\cdot51	16\cdot77
15. sierpnia	18\cdot56	18\cdot67	18\cdot13	18\cdot25
15. września	13\cdot59	17\cdot64	13\cdot28	17\cdot24
15. października . .	9\cdot04	14\cdot09	8\cdot97	13\cdot81

gdzie znaczki n przy T i D oznaczają, że do wytworzenia tych liczb użyto średnich 24 godzinnych wyrównanych wzorem Bloxam'a na t. z. normalne średnie.

Liczby te nie są jeszcze naszymi liczbami T , D . Jakoż w całym poprzednim rachunku nie mogliśmy wręcz używać średnich dziennych wyrównanych wzorem Bloxam'a, a to dla tego, że właśnie zależało nam na porównaniu obserwowanych ciepłot wody Rybiego z istotnymi ciepłotami równocześnie notowanymi w Krakowie, nie zaś z idealnymi, które przydałyby na dzień pewnej daty, gdyby obserwacje krakowskie istniały z przeciągu stulecia lub więcej¹⁾. Dla dogodności używałem przy poprzednich obliczeniach średnich krakowskich „niepoprawionych“, t. j. według wzoru $\frac{1}{3}(6^h + 2^h + 10^h)$ wprost z obserwacji otrzymanych, gdyż drobne poprawy tych liczb na prawdziwe średnie dzienne, t. j. 24 godzinne (Karliński l. c. Tab. VIII) dają się bezpiecznie zastosować dopiero do średnich z dłuższego szeregu lat, nie zaś do pojedynczej obserwacji. Stąd wynika, iż otrzymamy potrzebne nam ilości T , D , jeżeli od liczb T_n , D_n odejmiemy poprawki ich, przynależne każdemu z uważanych miesięcy. Zważając, że D odnosi się do pierwszej połowy bieżącego miesiąca, całego poprzedzającego i do drugiej połowy przedpoprzedzającego miesiąca, otrzymamy (według wspomnianej Tablicy VIII) następujące poprawki:

	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
dla T	+ 0.41	+ 0.41	+ 0.43	+ 0.31	+ 0.07
dla D	+ 0.40	+ 0.42	+ 0.42	+ 0.40	+ 0.28,

co odejmując od liczb T_n , D_n znajduję T , D umieszczone już powyżej w kolumnie 3-ej i 4-ej. Drobny ten zabieg nie jest zbyt cenny, jeżeli zważymy, że w współczynnik ilości D wynosi blisko $1\frac{1}{2}$. że więc pominięcie tych poprawek mogłoby wywołać błąd szukanych średnich normalnych do $0.4 \cdot 1.5 = 0.6^\circ$ dochodzący.

Normalne średnie dzienne ciepłoty wody będą zatem

w środku:	Czerwca	Lipca	Sierpnia	Września	Października
	+ 5.1 ^o	+ 11.1 ^o	+ 13.1 ^o	+ 9.8 ^o	+ 3.1 ^o ,

które to wartości dają się przedstawić wzorem Bessel'a o dwóch wyrazach peryodycznych:

$$(III) \quad \tau = -0.04^\circ + 10.75 \sin(30x + 215^\circ 6') + 2.44 \sin(60x + 334^\circ 40'),$$

gdzie x w środku czerwca = 6, w środku lipca = 7 itd.

¹⁾ Ten bowiem cel osiąga się zapomocą wzoru Bloxama'a, Galle'go i podobnych innych. Zarzuty, jakie w swoim czasie podniósł prof. Kuczyński przeciw użyciu wzoru (dłuższego) Bloxam'a do wyrównania rocznego biegu temperatury w Krakowie, nie są uzasadnione. Przy tak ogromnej zmienności klimatu jaką Kraków posiada,

Stąd znajdujemy wiadomymi sposobami :

- a) normalne maximum średniej ciepłoty wody 10. sierpnia $+ 13.2^{\circ}$;
- b) dwa normalne maxima chyżości zmian termicznych wody wiosenne (około 10. czerwca) wobec ciepłoty wody bliżkiej $+ 4.1^{\circ}$, jakoteż jesienne (około 10. października) wobec temperatury (obrachowanej) $+ 3.7^{\circ}$. Zauważmy, że obie ciepłoty $+ 4.1^{\circ}$ i $+ 3.7^{\circ}$ są bardzo zbliżone do ciepłoty, w której woda osiąga maximum swojej gęstości.

Drugi z tych rezultatów był dla mnie niespodziewanym. Opracowując bowiem kwestyę rocznego pochodu ciepłoty wody na powierzchni Rybiego i wiążąc ją z równoczesnym biegiem ciepłoty powietrza, nie tailem przed sobą, że skromny zasób obserwacyi, jakim rozporządzałem umożebni poznać ów pochód dokładniej tylko na przestrzeni od schyłku czerwca po koniec września, z której to pory jedynie posiadamy do-tąd spostrzeżenia liczniejsze.

Pomimo największej skrupulatności jaką należało mi zachować w rachunkach i redukcjach, ażeby ocalić ile możności dokładność ostatecznych wyników, nie oczekiwałem bynajmniej, aby wartości znalezione extrapolacją (wprawdzie niedaleką) były z wartościami intrapolacyjnymi zarówno bezpieczne. Rezultat b) przekonywa mię jednak, że wzory nasze nawet dla półmiesięcznej extrapolacji tak w prawo jak i w lewo dają wyniki całkiem jeszcze zadawalające, skoro w obu tych miejscach zdają sprawę ze zjawisk hydrotermicznych występujących niewątpliwie nie tylko w Rybiem, ale wogóle w każdym jeziorze strefy umiarkowanej. Należy mi uzasadnić bliżej ten wniosek.

Nieoczekiwane znaczne zbliżenie się wzajemne obu ciepłot $+ 4.1^{\circ}$ i $+ 3.7^{\circ}$, oraz bliskość ich wartości $+ 4.0^{\circ}$, przy której woda (ulegająca ciśnieniu bliżkiemu jednej atmosfery) osiąga maximum swojej gęstości, nie wydaje się przypadkowem; obie zresztą liczby, tak do siebie zbliżone, wypadły dla różnych pór roku z jedyne-go warunku: maximum chyżości termicznej. Zobaczmy poniżej, że termiczne uwarstwienie jeziora zimą jest wręcz przeciwne uwarstwieniu letniemu i że zimą ciekła woda bezpośrednio pod skorupą lodową się znajdująca posiada ciepłotę zaledwie kilka dziesiątych stopnia wyższą od zera. Latem znajdujemy najwyższą ciepłotę na powierzchni, najniższą w głębokich warstwach jeziora; w zimie przeciwnie. Przejście od letniego ustroju termicznego do zimowego i naodwrot, dokonywa

gdzie zdarza się, że średnia wrześniowa bywa o 2° wyższą od średniej lipcowej, zaś średnia marcowa o 6° niższą od styczniowej, daje się otrzymać rzeczony bieg ciepłoty w całej czystości dopiero po uchyleniu wszelkich jej skoków i załomów występujących na małych przestrzeniach.

się za sprawą czynników, o których dotąd jeszcze nie mówiliśmy, w pierwszym rzędzie pod działaniem siły ciężkości, która sprawia, że oziębione jesienią do $+4^{\circ}\text{C}$ górne warstwy wody opadają jako najcięższe ku dołowi i to tak długo, dopóki największa część wód całego jeziora nie przybierze ciepłoty bliskiej 4°C (ustrój termiczny przejściowy). Odtąd dopiero górne warstwy wody mogą się oziębiać poniżej 4°C , aby przy 0° mógł rozpocząć proces krzepnięcia zakończony zamrożeniem jeziora na całej powierzchni. Odwrotny proces odbywa się wiosną, przyczem pojedyncze jego fazy doznają odwrócenia tak, iż szereg zmian termicznych odbywających się w przeciągu całego roku na jeziorze będzie:

1) Letnia budowa termiczna jeziora (górne warstwy najcieplejsze) rozpoczynająca się wiosną przy ciepłocie 4° na powierzchni, a kończąca się jesienią przy tej samej ciepłocie.

2) Ustrój przejściowy jeziora, w którym cała masa wód posiada ciepłotę bliską 4°C , skutkiem czego równowaga warstw isotermicznych jest wówczas prawie obojętna. Łatwo przewidzieć, iż okres tego ustroju i podobnego mu wiosennego jest bardzo krótkim.

3) Powrót do równowagi statecznej wywołany dalszym oziębieniem się powierzchni wody poniżej 4° , a zakończony pokryciem jeziora skorupą lodową.

4) Zimowy ustrój termiczny jeziora; ciekła woda tuż pod lodem najzimniejsza.

5) Zrzucenie lodów z powierzchni jeziora; kry lodowe topnieją na wodzie, nie odpływając wcale, skutkiem czego zimowe uwarstwienie jeziora przeciąga się jeszcze jakiś czas, pomimo ciepłości jego powierzchni.

6) Wywołane insolacją prądy konwekcyjne wytwarzają przejściowy ustrój termiczny, podnosząc ciepłotę największej części całej masy wody do 4° , a jezioro powraca do letniego uwarstwienia termicznego.

Przywiedzione wyżej pod (b) dwie fazy maximum chyżości termicznej w pierwszej połowie czerwca i pierwszej połowie października, odpowiadają zatem prawie dokładnie: wiosennemu końcowi procesu odwracania zimowego uwarstwienia na letni, jakoteż jesiennemu początkowi takiego przewrotu termicznego, dającego na koniec zimowe uwarstwienie. Dwa różne stany stałej równowagi termicznej i mechanicznej: letni z opieszałym ruchem ciepłoty na powierzchni jeziora i zimowa jej nieruchomość, muszą być rozgraniczone dwoma innymi stanami równowagi niestałej, które właśnie dla tego, że są zaburzeniem w całej masie jeziora, tylko krótki czas trwać mogą. Bezpośrednim następstwem tego jest wzrost chyżości termicznej na

powierzchni jeziora już w fazach sąsiadujących z rzeczywistym przewrotem dokonywającym się w pobliżu 4° — zgodnie z wynikiem naszych wzorów, które też tylko dla ciepłot wyższych od 4° posiadają wartość i znaczenie.

Rozważanie przebiegu zmian termicznych na powierzchni jeziora doprowadziło nas zatem do kwestyi zmian dokonywających się wśród całej jego masy. Przytoczone dopiero objawy „mechaniki termicznej“, znane zresztą ze zachowywania się wszelkich innych jezior strefy umiarkowanej, dostarczają oczywiście tylko ogólnego poglądu na całą sprawę. Na szczególży zjawisk tutaj roztrząsanych składają się bowiem jeszcze inne czynniki, bądź statecznie i prawidłowo występujące, jak zmienność ciepłoty samych dopływów jeziora i wywołane przez to poziome prądy w masie wody, wpływ ciśnienia hydrostatycznego na głębsze warstwy wody, zużycie ciepła górnych warstw wody na wiosenne stopienie całej skorupy lodowej, bądź też przypadkowe, jak wiatry i opady atmosferyczne. W dalszym ciągu pracy niniejszej będę się starał choć w części zdać sprawę z tych powikłanych objawów przyrody.

Na zakończenie dotychczasowego badania zmian termicznych na powierzchni jeziora w porze letniej, podam tutaj jeszcze t. z. normalne średnie miesięczne jego ciepłoty. Przytoczone liczby $+5.1^{\circ}$ $+11.1^{\circ}$ itd. nie są bowiem jeszcze, ściśle biorąc, średnimi miesięcznymi, tylko normalnymi średnimi dziennymi dnia, odpowiadającego środkowi uważanego miesiąca. Byłyby one średnimi miesięcznymi, gdyby zmienność średnich dziennych np. czerwca, dawała się przedstawić linią prostą. W rzeczywistości jest ona krzywą, a dla tego należałoby według wzoru (III) obliczyć nasamprzód szereg temperatur dziennych z całego miesiąca, a dopiero z nich utworzyć średnią. Prościej osiągnie się ten sam cel, integrując wzór (III) według zmiennej x między granicami odpowiadającymi początkowi i końcowi każdego miesiąca, a to doprowadza z łatwością do wyrażenia szukanych średnich:

$$\sigma_n = -0.04 + 10.63 \sin(30_n + 215^{\circ} 6') + 2.33 \sin(60_n + 334^{\circ} 40'),$$

gdzie n w czerwcu = 6, w lipcu = 7 itd. Rzeczywiste obliczenie daje

	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Paźdz.
norm. śred. mies. wody	5.1 ^o	10.9	12.9	9.7	3.1
„ „ „ pow.	11.6	12.8	12.1	8.2	3.3

skąd widać, że różnica tych liczb i poprzednich τ wynosi miejscami 0.2° . Przytaczam te liczby razem z jednoczesnymi średnimi miesięcznymi powietrza w Dolinie Rybiego, idąc za utartym w meteoro-

logii zwyczajem podawania wszelakich średnich miesięcznych, chociaż tutaj nie posiadają one żadnej większej doniosłości. Nieporównanie większą wartość mają wzory (I), (II) lub (III) jako wiążące stosunki hydrotermiczne na powierzchni jeziora z równoczesnymi stosunkami ciepłoty powietrza. Na uwagę zasługuje tylko szczegół, że maxima średnich 30-to dniowych powietrza i wody wypadają prawie jednaki (12·8° i 12·9°), lubo pora drugiego z nich jest prawie o 4 tygodnie późniejszą od pory pierwszego.

To opóźnienie należy jednak pilnie odróżnić od znacznie mniejszego opóźnienia się faz średnich dziennych ciepłot wody, względem takich samych średnich powietrza. Posługując się zestawieniem według pięciodniówek (tabl. na str. 249) znajdujemy interpolacją, że wybitne maximum (14·02°) ciepłoty wody w pięciodniówce 18. VIII — 22. VIII 1892. r, zarówno jak i dostatecznie wyraźne minimum (11·32°) w pięciodniówce 7. IX — 11. IX tego samego roku nastąpiły dopiero w 1—2 dni po odpowiednim maximum, względnie minimum ciepłoty dziennej powietrza.

ROZDZIAŁ IV.

Zimowa fizyognomia Rybiego i innych jezior tatrzańskich.

Pozostaje nam jeszcze przytoczyć niektóre szczegóły, odnoszące się do zimowego stanu Rybiego i jego otoczenia. Aby się nie powtarzać, włączam zarazem tutaj także i inne jeziora tatrzańskie. Szczegóły te są wogóle skąpe i pod niejednym względem pozostawiają wiele do życzenia; nawet zasadnicze w tej mierze powątpiewania, jakimi są pora zamarzania i odmarzania tych jezior w różnych latach, oraz grubość wytworzonej na nich skorupy lodowej, są dotąd niedokładnie znane, często zaś, nawet wręcz fałszywie rozgłaszane. Wystarczy wymienić utrzymujące się do niedawna błędne twierdzenie, że Rybie (jakoteż inne głębokie jeziora tatrzańskie) zamarzają zimą do dna, albo że „stawy tracą po zamarznięciu zupełnie wodę, wskutek czego lód się zapada ¹⁾“, co tylko w jednej części jest prawdziwe. Jest niezawodnie

¹⁾ Tak opowiadano prof. A. Wierzejskiemu, który wspomina o tem w swej pracy, p. t. Zarys fauny stawów tatrzańskich w XVI tomie Sprawozdań Akademickiej Komisji fizyograficznej, obszerniej w Pamiętniku Towarz. Tatr. tom VIII, pag. 99).

wiele prawdy w tem, co się mówi i pisze o wielkiej niedostępności wnętrza Tatr w porze zimowej. spowodowanej przedewszystkiem nagłością spadków nawet na zwykłych szlakach turystycznych, zaspami śnieżnymi i gołoledzią, ale na punkcie jezior średniej wysokości n. p. Rybiego. wyobrażenia pod tym względem są nazbyt przesadzone. Ze tak jest, świadczy o tem okazała mnogość wycieczek odbytych do tego jeziora zimową porą, świadczą własne me spostrzeżenia, zebrane naocześnie podczas jednej takiej wycieczki, jaką odbyłem tam w celu naukowym jasno wytkniętym. Z powodu, że rzecz taka sprawa zawsze jeszcze wrażenie niezwykłości nawet pomiędzy znawcami topografii tatrzańskiej, pozwolę sobie tutaj zestawić wszystkie znane mi wycieczki zimowe do Rybiego, a to tem bardziej, że do większości z nich przywiązane są pożądane nam spostrzeżenia, czasem nawet pomiary. Korzystając ze sposobności, wymieniam pospołu także niektóre wycieczki odbyte tam wczesną wiosną albo też w późniejszej jesieni.

Wspomnę nasamprzód o nieznanym mi dokładniej starszych (przed 1868) wycieczkach (zapewne kłusowników), na podstawie których prof. Nowicki mógł stwierdzić, że jezioro Rybie nie zamarza bynajmniej do dna (!), skoro woda zwykłym upustem z niego odpływa. Wzmianki o sączeniu się wody z pod lodu zawierają także starsze wydania „Przewodników“ tatrzańskich Eljasza i Kolbenheyer'a.

1. R. 1885. d. 28. lutego; dwaj niewiadomego nazwiska mężczyźni z Warszawy.

2. R. 1887. d. 20. grudnia (p. Z. G. z Ukrainy). Średnia dzienna krakowska — 0·9°; średnia poprzedz. pentady + 2·3°, ciśnienie powietrza 728 mm. (ogólna niżka barom.); wiatr. NW; pochmurno; śnieżne opady skąpe.

3. R. 1891. dnia 28. lutego (X. W. Roszek, proboszcz z Poronina, pp. Bogdan Próchniewicz, F. Tabeau, Edward Pauli i Dr. Kostecki). Zmierzono grubość lodu 0·8 m. jedynie przy niezamarzniętym odpływie, gdyż lodu jeziora nie zdałano rozsądzić nawet dynamitem. Woda (wypływająca?) miała posiadać ciepłość + 2° (może 0·2°? R? C?), powietrze równocześnie — 3°; reszta szczegółów w P. T. T. XIII, p. 27).

[Liczby krakowskie: — 7·0°; — 1·9°, 755 mm. (drugorzędna zwyżka barom.); wiatr E; pogodnie; świeże opady bardzo skąpe, tak w Krakowie jak i w górach].

4. Roku 1891. w marcu moja wycieczka do jeziora Rybiego. Skoro zasiągnięte (d. 23. marca) w Nowym Targu informacye co do

Praca ta zawiera wiele trafnych uwag i spostrzeżeń, dotyczących także i samej hydrotermiki jezior tatrzańskich.

stanu drogi z Poronina na Głodówkę brzmiały niepomyślnie, postanowiłem po przenocowaniu wyruszyć nazajutrz przez Jurgów. Zabrałem ze sobą przewodnika tatrzańskiego Józefa Roja ze Zakopanego, który mi się tego dnia był nawinał w Nowym Targu. Po przenocowaniu w Podspadach ruszyłem nazajutrz o 7mej rano ku Jaworzynie; w nocy wypogodziło się prawie zupełnie. w Podspadach przed wyjazdem (6 $\frac{1}{2}$ a. m.) termometr wskazywał -11.8°C przy równoczesnem ciśnieniu powietrza 678.3 mm. (wysokość nad p. m.). Na Łysą Polaną przybyłem o 8 rano ¹⁾. Tutaj zaprosiłem do udziału w wycieczce 18-letniego syna leśnego Dziadonia przewidując, że koźmi nie zdołam dobić do samego Rybiego. Część drogi z Łysej do Roztoki przebyliśmy bardzo szybko (od 8 $\frac{3}{4}$ a.m. do 9 $\frac{1}{2}$ a. m.). W Roztoce przekonywam się m. i. o niemożności podejścia nawet ku pierwszym wodospadom (Mickiewicza, dawniej Wodogrzmoty) z powodu kolosalnych tutaj zasp śnieżnych. Odczytania termometru i barometru były:

9 ^h 35 ^m a. m.	temp. powietrza	— 8.6 ^o ;	ciśnienie pow.	669.4 mm.
9 45 "	"	— 7.1	"	669.3 "
10 0 "	"	— 6.8	"	669.4 "

Próba podsunięcia się na włókach pod górę ku Rybiemu spełzała na niczem. Pozostawiwszy woźnicę z koźmi, ruszyliśmy dalej pieszo; do znanego źródła „pod Opalonym“ przybyliśmy o 12^h 5^m p. m. Znaleźliśmy je zupełnie niezamarzniętem, ciepłota wody $+4^{\circ}\text{C}$, równoczesna ciepłota powietrza -5°C ; całe niższe otoczenie źródła (kilkunastu m²) było bez śniegu. Przewodnik nazwał je po swojemu „cieplicą“. Na morenie Rybiego stanąłem o 12^h 35^m p. m.

Ogólną fizyognomię zimową Rybiego i jego kotliny znalazłem w ogóle taką samą, jak ją widział rok później (w marcu 1892) i opisał p. L. Świerz (zob. niżej pod l. 10). Podając niżej króciutki wyciąg tego ostatniego opisu, mogę oszczędzić sobie tutaj przytaczania szczegółów jednakowych, choć niejednocześnie i niezależnie dostrzeżonych, tembardziej, że opis zimowej wycieczki p. Ś., lubo późniejszej od mojej, został już ogłoszonym dość dawno. Dodam tylko, że ogromne zaspły śniegowe w około brzegów jeziora, o których i p. Świerz wspomina, były w r. 1891. (a pewnie tak samo w 1892) lawinami, jak o tem przekonałem się naocznie, podchodząc po lodzie blisko aż pod sam brzeg u stóp Miedzianych. Napiętrzone na kilka metrów wysokości kupy śnieżne nie sprawiały wprawdzie na mnie wrażenia, ja-

¹⁾ Łysa, 25. marca 1891, 8 $\frac{1}{2}$ a. m. termometr w cieniu -10.5°C , ciśnienie powietrza 673.1 mm.

koby powstały przez staczanie się wałów śnieżnych ze zboczów górskich, ale znaczna ilość mniejszych i większych kamieni powrastałych w śnieg na przodzie ławicy wskazywały raczej na proste jej osunięcie się po stromej pochyłości. Znacznie skąpszy niż latem odpływ z pod pokrywy śniegu posiadał ciepłość $+0.3^{\circ}\text{C}$, jedna część jego łożyska (sam początek Potoku Rybiego) w przedarciu moreny prz. dniej, była nawet całkiem wolną od lodu. wśród niego leżało kilka głazów, na których nawet śniegu nie było. Wspominam o tem, bo służyły mi one za markę ówczesnej wysokości poziomu jeziora w braku lepszej (zob. niżej). Szczyty okoliczne były całkiem nagie, czarne; pokrywa śnieżna gór poczynała się znacznie niżej, dopiero może w $\frac{1}{2}$ części (od szczytu licząc) całego widzialnego masywu górskiego. Znacznie jeszcze niższe, wielkie, a bardzo strome ściany Mięgoszowieckiej Turni nie miały zgoła śniegu, odbijając się swą czarnością od reszty jaskrawo białego otoczenia. Dzień był piękny, słoneczny; jaskrawość śniegu na Rysach i Żabim ślepiła mię chwilowo. Wszystkie szczyty przedstawiały się nader wyraziście, jak rzadko kiedy widziałem je tak w lecie; w niewielkiej jednak nad nimi wysokości unosiła się jakby kurzawa, której dotąd nie umiem sobie wytłómaczyć. Mój przewodnik utrzymywał, że są to wprost mgły (! ciepłota powietrza przy Rybim 1000 przeszło metrów niżej = -5.6°C . o 3, p. m.) „bo tam górą cieplej niż tu dołu“ odpowiedział na podniesioną przeze mnie wątpliwość. Zauważę, że po ogromnych śnieżnych polach Żabiego i Rysów przesuwały się jakby czerwone cienie, wyraźnie odbijające swą barwą od pozostałych partyj lśniących białych. Głębokie, latem przepaściste, żleby wszystkich trzech okolicznych Turni (zwłaszcza Mięgoszowieckiej) wyrównane śniegiem i jakby wygładzone; cały kąt pod Mnicem zapechany jedną górą śniegu. W kolinie cisza prawie zupełna; górą dmie słaby wiatr, o ile wnosić mogę z ruchliwości wspomnianej „kurzawy“ ponad szczytami.

Na jeziorze ani śladu tratwy. Siekierami wyrabano (w circa $\frac{2}{3}$ od przodu) przerębłę w lodzie (i śniegu kilkucentymetrowej tutaj grubości, który na lodzie spoczywał), pod którym nie głębiej jak 0.3 m. pokazała się woda (ciepłota $+0.1^{\circ}\text{C}$). Wielkiem było moje zdziwienie, gdy pod tą powłoką lodową zaraz płytko (około 15—20 cm.) znalazłem przeszkodę, którą rozpozналиśmy jako właściwą skorupę lodową jeziora. Na tę niespodziankę przyrody nie byłem przygotowanym. Przerębła dotąd wykonana (górnej skorupki lodowej) była mniej więcej kwadratem o boku niespełna $\frac{1}{2}$ metrowym; niepodobieństwem było zapuszczać popod nią ostrza siekiery, ażeby tędy dobrać się do dolnej warstwy lodu. co do której należało przypuszczać, że

będzie znacznie grubszą od górnej. Była chwila, kiedy zdawało się, że cały trud wyłożony na właściwy cel wycieczki: zimowe sondowanie jeziora termometrem, poszedł na marne (Tak się zdarzyło p. L. Swierzowi w roku następnym; zob. niżej). Jedyne trafowi i pomysłowości mego Zakopianina zawdzięczam, że nie opuściłem wówczas Rybiego z próżnymi rękami. Wiedząc, że ciesielskie roboty około nieukończonego wtedy jeszcze nowego schroniska przeciągnęły się do późnej jesieni roku ubiegłego, a przerwane zimą, miały być dokończzone z wiosną nadchodzącą, przetrząsnął on znane sobie schowki ciesielskie i znalazł wreszcie narzędzie nieocenionej dla mnie wartości: dłuto wielkich rozmiarów. Zdjęte wraz z obrączką ze swojej krótkiej nasady, utwierdzone następnie na drągu trzymetrowym i tam ponownie obrączką utrwalone, okazało się wyborym taranem do przebijania niższej skorupy lodu. Czynność ta wykonana a tempo czworogiem rąk (Roj i Dziadoń jun.) trwała — z krótkimi pauzami — przez $1\frac{1}{4}$ godziny. O godzinie 3 p. m. lód został całkiem przebity, a do utworzonej czeluści termometr *maximum* niezwłocznie zapuszczonym.

Liczyby ze sondowania pochodzące podaję na właściwem miejscu, tu wspomnę tylko, że ciepłoty wody wzrastały razem z głębokością, jak było to do przewidzenia. Oczywiście, że podczas zimowych sondowań służyć może tylko termometr *maximum*. Sondowanie trwało przeszło godzinę; największa głębokość, do której dał się zapuścić tutaj termometr wynosiła bardzo blisko 36 metrów (od górnej powierzchni lodu licząc). Grubość niższej warstwy lodowej wynosiła niepełna 1 metr.

5. R. 1891. d. 18. października (Fr. L. Koch, S. Tournelle i M. Massatsch). Pomimo późnej daty, wycieczka odbyta przy warunkach meteorologicznych prawie letnich, dzięki nadto ciepłemu wrześniowi i październikowi.

6. R. 1891. w dniach 17. i 23. listopada, dalej 2, 15 i 24. grudnia (wachmistrz żandarmeryi Świergul tutaj patrol odbywający; noc z 24 na 25. grudnia przepędził w opustoszałym schronisku im. Staszica przy Rybiem). Listopad i grudzień 1891 były za ciepłe, opady mniej niż normalne.

7. R. 1892. w dniach 13. stycznia, 11. marca, 11. kwietnia, 2. i 9. maja (wachmistrz Świergul). Przyrzeczonych mi bliższych szczegółów o tych dziesięciu wycieczkach odbytych przez jedną i tę samą osobę nie otrzymałem dotąd.

8. R. 1892. d. 5. lutego (X. Józef Bednarz, Reinisz z N. Targu, J. Beja i Jan Bury z Białki). Wiadomość krótką o niej podaje kronika Kuryera Polskiego z dnia 19. lutego 1892, Nr. 50, mieszając

prawdę z nieprawdą; rzekoma temperatura powietrza w tym dniu nie mogła bezwarunkowo wynosić -30° , jak to dziennik utrzymuje, skoro średnia dzienna krakowska wynosiła w tym dniu $+0.9^{\circ}$.

9. Dnia 26 lutego 1892 towarzystwo kilku osób (Michalina Zawadzka, Marya Kirchmajerówna. Wł. Magdziak itd. z Włakiem Brzegą przewodnikiem) odwiedza nasze jezioro (nocując w Roztoce), zaś w cztery dni później

10. Dnia 1. marca 1892 prof. Leopold Swierż z Krakowa. Opis tej wycieczki, pod niejednym względem zajmującej, znajduje się w XIII tomie Pamiętnika Tow. Tatr. str. 19—32, dokąd odsyłam czytelnika. Zaznaczę tylko, że warstwa górnego lodu wraz z podlodową wodą miała szerokości (tj. grubości) 80 cm., że ciepłota wody wśród warstw lodowych wynosiła prawie 0 (właściwie $+0.05^{\circ}$), przy upuście zupełnie wolnym od pokrywy lodowej $+0.5^{\circ}$; ciepłota powietrza o 11 godzinie przed południem -2.4° C.

11. R. 1892 w dniu 7. marca bawi przy Rybiem wachmistrz żandarmeryi Jan Beja. Szczegóły przez niego zauważone nie są mi znane.

12. W tymże roku dnia 15. maja zwiedza okolicę jeziora p. Bolesław Borucki ze Stanisławowa. Szczegóły nieznane; zaraz jednak następnego dnia, t. j.

13. 16. maja 1892 znajdują się tutaj sierżanci żandarmeryi Jan Kabciz i Aleksander Aleksandrowicz. W następnych dniach maja 20, 23, 27, 28, 31go bawią przy Rybiem bądź ci dwaj. bądź też dwaj inni żandarmi Borowski i Magiera, jakoteż wachmistrz Szlama. Szczegóły przez nich zauważone, a niezależnie przez każdego z nich mi opowiadane i dobrze zgodne ze sobą, są następujące:

16. maja całe Rybie pokryte pływającymi krami lodowymi — częstokroć na sobie wzajem pospieranemi — niemal w zupełności. Topnieją one na Stawie wcale nie odpływając. Przymarzę pochyło do brzegów kry lodowe otaczają Staw nieruchomo do koła (Kabciz, Aleksandrowicz).

20. maja 1892. Staw blisko w połowie wolny od kier lodowych; brzegi wokoło pokryte lodem. Zauważono, że największa obfitość pływających kier była blizką brzegów (Magiera).

27. maja 1892 skonstatowano znaczne zmniejszenie się ilości lodu na jeziorze (Borowski, Kabciz). Niezawisłe od tych opowiadań potwierdza te same szczegóły wachmistrz żandarmeryi Szlama. Wielka ławica lodowa usadzona na kamienistych zadziarach moreny pod schroniskiem Staszica, miała blisko metr grubości, na niej zaś jeszcze spoczywała blizko pół metrowa warstwa śniegu (Szlama).

Stąd wnoszę, iż lód na Rybim popękał w drugiej pięciodniówce maja 1892.

14. D. 25. maja zwiedzają Rybie Jezioro p. p. W. Beringer i Walery Eljasz. Szczegóły ich spostrzeżeń (ewent. pomiarów okolicznościowych, — termometr znajdował się na miejscu). nie są mi znane.

15. D. 14. listopada 1892 (Bartłomiej Obrokta, przewodnik tatrzański. cieśla i strażnik dróg sporządzanych kosztem Tow. Tatr., wraz z pomocnikiem ciesielskim). Jezioro tylko krajami lekko przymarznięte, zresztą całkiem wolne jeszcze od lodu. Przypuszcza on, iż jezioro „stanąć“ mogło nie prędzej, jak w pierwszych dniach grudnia.

16. D. 24. i 25. grudnia 1892 (p. p. Janusz Mikiewicz, notaryusz z N. Targu, S. Tabeau, F. Z. Nowicki z Krakowa, dwie panie, Jan Bury i dwaj przewodnicy). Wycieczka brawurowa z zamiarem spędzenia wigilii Bożego Narodzenia przy Morskiem Oku. Szczegóły jej, nie przynoszące dla nauki żadnej nowej informacyi, zamieszczono w kronice „N. Reformy“ z d. 4. stycznia 1893. Od dwóch uczestników wycieczki p. J. Mikiewicza z Nowego Targu i J. Burego z Białki otrzymałem listownie z osobna niektóre wiadomości (d. d. 12. i 18. stycznia 1893), zasługujące na przytoczenie.

Z pod śniegu przy odpływie wypływała woda jeziora do Rybiego Potoku żwawym prądem, a i cały potok wogóle był nie zamrzniętym. Wielki wodospad od Czarnego Stawu był zupełnie zasypany śniegiem. Lód na jeziorze pokryty był warstwą śniegu około $\frac{3}{4}$ metra grubą, wogóle bardzo nierówną i jakby falistą; wyraźnych śladów lawin na brzegach jeziora nie dostrzeżono¹⁾. W Nowym Targu rano 25go odczytano ciepłotę -- 27° R (?). Szczyty otaczające, a nawet niższe „wypukłości“ były nagie; śnieg zalegał obficie dopiero niższe żleby i rozpadliny. Pobliskie źródło „pod Opalonym“ było zupełnie niezamrznięte; woda z niego spływała obfitym i wartkim prądem ku Potokowi Rybiemu, poniżej jednak łożysko tego spadu przysypane śniegiem było zupełnie.

17. Dnia 12. kwietnia 1892 (wspomniany już dwukrotnie Bartłomiej Obrokta, który przybył tu razem ze swym pomocnikiem w celu pobicia gontem miejscowej lodowni). Szczegóły zgodnie opowiedziane przez spostrzegacza nierównocześnie i z osobna dwom różnym osobom (mnie w lipcu, księdzu W. J. w sierpniu 1893), co do których nie mógł wiedzieć, iż się dobrze znają. Znalazł staw zupełnie zamrznię-

¹⁾ Porównyując to ze szczegółami pod l. 4, 10 i 17 należałoby wnosić, iż tworzenie się lawin przybrzeżnych odbywa się dopiero z końcem zimy, najwcześniej więc z początkiem marca.

tym prócz odpływu. gdzie częściowo odsłonięty profil warstwy lodowej pozwolił ocenić jej grubość na $1\frac{1}{2}$ metra. Z upustu wypływała woda o \pm czwartej części letniej zasobności odpływu. Łód zavalony był stwardniałym śniegiem więcej niż na metr, zwłaszcza od strony Mnicha; doszedł po nim do połowy Stawu. Powierzchnia tego pola śnieżnego bardzo nierówna; miejscami na niej doły wypełnione powierzchnią wodą, w innych miejscach porozpadana. Brzegiem, zasypiska może na cztery metry wysokie pokrywały kosodrzewinę; w dolnej części zbocza Żabiego widoczne były tylko wierzchołki smreków i limb. Dopływ od Czarnego Stawu pod Rysami „zaladzony“, koryto całe śniegiem zavalone; źródło „pod Opalonym“ było niezamarznięte: obaj pili wodę z niego.

18. Dnia 5. maja 1893 (sierżant żandarmeryi Kreschner). Rybie całe zamrożone i śniegiem pokryte; 12. maja 1893, śnieg ustąpił z jeziora, lód jeszcze cały (tenże)

19. Dnia 15. maja 1893. Lody potraskane na powierzchni jeziora (Obrokta).

20. Dnia 23. maja 1893. Powierzchnię jeziora zapełniają pływające kry lodowe w znacznej ilości (Kreschner).

Stąd wnoszę, iż rozsadzenie skorupy lodowej na Rybiem nastąpiło pomiędzy 12. a 15. maja 1893. Zwykle zaczynają już lody tam pękać w ostatnich dniach kwietnia; dzieje się to za sprawą ciepłego i suchego wiatru halnego, wywołującego szybkie topnienie śniegów górskich. Te śnieżne roztopy na zboczach górskich i deszcze, które po wietrze halnym wiosną stale następują (Obrokta), dostarczają stawom takiej ilości wody, że ta, nie mogąc nadążyć w odpływananiu przez zacieśnione łożysko upustu, powłokę lodową z dołu do góry wysadza ¹⁾.

Dołączam jeszcze niektóre szczegóły tego rodzaju, jakie z konieczną tutaj przecznością z opowiadań góralskich (Obrokta, Jan i Józef Gąsienica, Kazimierz Bednarz, sołtys Nowobielski, Istvan Feith przewodnik spiski i inni) zebrałem. Ograniczę się jednak tylko do

¹⁾ Jedyną, ile wiem, pracą, zajmującą się wytlómaczeniem tego wiatru, nie fantazją pisarską ale na podstawie obserwacji barometru i termometru, jest rozprawa prof. Fabiana w Ateneum rok XIII, tom III, str. 54. Wywody są zupełnie przekonujące, a wiatr «halny» niewątpliwie «Föhnem» tatrzańskim. Pożądane są bardzo dalsze obserwacje termo i barometryczne podczas wiania tego wiatru, na co zwracałem uwagę obserwatorów w nielicznych meteorologicznych stacjach tatrzańskich. Dr. K. Grissinger dotykając w swej pracy «Studien zur phys. Geographie der Tatra-Gruppe, Wien 1893 pag. 67, tego samego przedmiotu, zdaje się wcale nie znać pracy prof. Fabiana.

tych, o których nie wspomina ś. p. prof. M. Nowicki we wybornej swej pracy. poświęconej zresztą innemu przedmiotowi¹⁾.

Z wiosną najwcześniej odmarzają Stawki Toporowe (wysokość 1095 m., całkiem w zasięgu leśnym), jakoteż Stawek Smreczyński w górnej części Doliny Kościeliskiej (h = 1226 m.) i to zazwyczaj już około 25go kwietnia; najpóźniej Zmarzły Staw poza Kościelcem, Zadni Staw w dolinie Pięciu Stawów Polskich, Zmarzły (zadni) pod Kościelcem i Świnnicą (h = 1900 ±) i taki sam pod Polskim Grzebieniem (h = 1966 m.). Według jednobrzmiących zapewnień Staw Długi (inaczej Kuklaty, h = 1796 m.) pod Świnnicą posiada tę osobliwość, że na wiosnę niema w nim wody zupełnie, tylko same kry lodowe znacznej grubości poprzegradzane tu i ówdzie wielkimi bryłami kamieni. Utrzymują, że to samo dzieje się także w innych mniejszych (*recte* płytszych) Stawach, ale tylko wówczas, gdy nagle mrozy chwycą (Obrokta). Przypuszczam, że zachodzi w takich razach zjawisko, znane pod nazwą lodu głębinowego (Grundeis), a dla płytszych stawów z niewidocznym odpływem (tj. pod zwykłym poziomem wody) znajduję je nawet dość prawdopodobnem.

Utrzymują dalej, że zanim nastąpi ścięcie się wody na powierzchni, zniża się poziom wszystkich Stawów mniej więcej o 1 metr, co już prof. Nowickiemu i Wierzejskiemu (Pam. Tow. Tatr. VIII, str. 99) opowiadano. Nie znajduję w tem nic nieprawdopodobnego. W marcu roku 1891 sam przekonałem się naocznie, że przy upuszczeniu Rybiego z pod lodowej i śnieżnej pokrywy sączyła się wprawdzie woda, ale dość skąpo w porównaniu ze zwykłą jej obfitością. Wrażenie, jakie wtedy odniosłem, było, że poziom zimowy wody jeziora jest znacznie niższym od jej poziomu letniego. Nie miałem wówczas żadnego dokładniejszego środka do zamarkowania ówczesnego poziomu (jakiegoś przyrządu niwelacyjnego), do czego nawet znaków na otaczających upust kamieniach użyć nie mogłem. Mogłem jedynie na pobieżnym szkicu rysunkowym terenu najbliższego upustowi odznaczyć stanowisko swoje względem przedarcia w morenie, oraz położenie niepokrytych śniegiem złomów granitowych (w celu odnalezienia latem tego samego miejsca) i według nich zaznaczyć wysokość, po którą struga wodna sięgała. W lipcu tego samego roku przybywszy powtórnie na miejsce i dobrze je rozpoznawszy, stwierdziłem wysokość poziomu najmniej $\frac{1}{2}$ metra większą, celem zaś ściślejszych w tej mierze oznaczeń postarałem się wówczas o sporządzenie drewnianego wodoskazu, który ustawiłem przy północno-wschodnim brzegu jeziora. Na nim

¹⁾ M. Nowicki: Kozica (*Antilope rupicapra*), Kraków 1868 str. 29 i nast.

w ciągu kilkudniowego pobytu przy Rybiem często odczytywałem względne wysokości poziomu wody, a znalazłszy chętnego obserwatora ¹⁾, zdołałem szereg odczytań przedłużyć poza czas swojej tam obecności. Wodoskaz nie dotrwał do następnej wiosny — stał nienaruszony jeszcze w październiku 1891 (Szlama) — a dotąd nie wiem czy wodą, lodami, czy też ludzką ręką został uprzątnięty. Takiemu samemu losowi uległ nowy palik wodoskazowy, jaki urządziłem w lecie r. 1892. (w miejscu blizkiem dawnego, a kosodrzewiną zupełnie zamaskowanym), pomimo że dla jego stałości i wytrzymałości uczyniłem wszystko, co było w mej mocy; zapewne stanie się to samo z trzecim wodoskazem ustawionym tam przeze mnie w lipcu 1893. Zebrane przez się liczby — odnoszące się niestety do różnych i nieporównanych ze sobą punktów zerowych — mam nadzieję powiększyć nowemi, a dla tego ich tutaj nie umieszczam.

Co się tyczy dalej procesu zamarzania jezior, to tyle jest jeszcze pewnem, że skorupa lodowa rozpoczyna się tworzyć po brzegach, a dopiero w miarę spadania ciepłoty w późnej jesieni posuwa się coraz dalej ku środkowi Stawu. Najwcześniej też odmarza środek jeziora. Gdy wiosną „zmiękną“ śniegów nastaje, a nadmiar wody ze śniegów wlewa się do basenu jeziora, podmarzłe ujście nie zdoła jej uprowadzić jednocześnie; cała wielka płyta lodowa, uciskana z dołu do góry ciśnieniem hydrostatycznym, musi się zrazu nieznacznie „wygiąć“ ²⁾ ku górze i to najbardziej w środku jeziora i tam popękać, podczas gdy bliżej brzegów może się ona jeszcze dłuższy czas utrzymać.

Znany turystom przewodnik tatrzański Istvan Feith zapewniał mię m. i., że dnia 2. czerwca 1885 r. przeszedł przez Rysy do Rybiego. Staw Czarny znaleziono w $\frac{3}{4}$ całkiem jeszcze zamarzniętym; jedynie sam środek jego zalegały pogruchotane już i pospieranane na sobie wielkie kry lodowe. Dążąc do Schroniska Staszica, obeszli Staw brzegiem zachodnim (popod Turnię Mięguszowiecką) po lodzie, gdyż zwykła „perć“ turystyczna popod Zabiem przywalona była jednym wielkim polem śnieżnym, pochyło ku środkowi jeziora spadającym.

W lipcu roku 1892. (dnia 11go i 12go) rozpatrując najbliższe

¹⁾ P. Teofil Więclaw, ówczesny administrator Schroniska.

²⁾ Dawniejsze mniemanie odmawiające lodowi wszelkiej sprężystości okazało się błędnem. Jeszcze J. Tyndall w swem piśmie o dynamice lodowców alpejskich stoi na starym stanowisku. Piękne prace experimentalne Bianconi'ego (Comptes rendus des seances de l'Acad. des sciences a Paris, T. 82 z r. 1876, str. 1193) i prof. O. Fabiana: Rozprawy krak. Akad. Umiejętności t. IV; też Carl, Repert. für Exp. Physik. T. XIII, pag. 447) nietylko że obaliły to mniemanie, ale nawet wyznaczyły moduł sprężystości lodu.

otoczenie Stawu Czarnego pod Rysami (tj. nad Rybiem), podówczas jeszcze częściowo „zalodzone“, a mianowicie operując przyrzędem pomysłu Fugger'a, o którym niżej, uderzyło mię i towarzysza mego, że prócz zwisających nad wodą ławie śnieżnych spodem grubo zlodowaciałych, a wypełniających w górnem ich przedłużeniu mniej lub więcej strome żeby Rysów i Zabiego, znajdują się tam samotnie leżące, dość wielkie takie ławice, spodem znacznie wytopione, nie przedłużone śniegowato w górę. ani też nie związane z właściwym brzegiem Stawu, jak tamte. W kawernę znajdującą się pod jedną taką ławicą (u stóp Zabiego, blisko okolicy brzegu wygiętego sercowato) zdołałem się nawet wczolgać; z niskiego jej stropu ściekała obficie woda po soplowatych przedłużeniach, wejście do niej było około 2 metrów ponad poziomem jeziora, a co najmniej 6 metrów oddalone od najbliższego jego brzegu, na którym tutaj już ani śladu śniegu nie było. Inną podobną ławicę oglądał mój towarzysz, postępując ze sznurem przyrzędu Fuggera brzegiem w głąb Stawu ku Rysom. Drobniejszych kilka, tak samo samotnych, znajdowało się także w pobliżu kamiennej „Koleby“, znanej turystom. Na miejscu, nie mogłem oprzeć się przekonaniu, że te ławice są dogorywającymi szczątkami zimowej powłoki jeziora. Jeżeli jest coś w tem prawdy, co przewodnicy uporeczywie utrzymują, że poziom wód Czarnego Stawu (t. j. właściwego Morskiego Oka) podlega bardzo wielkim zmianom, właśnie największym ze wszystkich stawów tatrzańskich¹⁾, to objawy obserwowane przeze mnie w r. 1892 dałyby się bardzo łatwo wytłómaczyć. Wysadzeniu wiosennemu skorupy lodowej towarzyszy zawsze wysoki stan wody na jeziorze, obwód jego i powierzchnia są wówczas niezawodnie większe od tego, który

¹⁾ Jedynie jako *curiosum* wspomnę o przekonaniu niektórych górali, że zmiany poziomu wody na Czarnym Stawie pod Rysami (właściwie Morskie Oko) stosują się do lunacyj kieżyca. Jeden z nich — widocznie uczeńszy — objaśniał mię nawet, że nazwa «Morskie Oko» nie czemu innemu zawdzięcza swój początek, jak tożsamości przyływu i odpływu wody tu i tam. Zauważę wreszcie, iż to mniemanie musi być już bardzo dawnem, skoro spotykamy się z niem już w roku 1751. Wówczas to rządowa komisya graniczna (ks. Liesganig, matematycy Nagel i Baillon. Ernest Netz dyr. akad. górniczej w Kremnitz i przyrodnik Jakób Buchholtz) słyszac zapewnienia górali o bezdenności jeziora Przybylińskiego, jakoteż o rzekomym peryodycznym jego przyływie i odpływie, postanowiła przekonać się na miejscu, ile prawdy jest przynajmniej w drugim z tych twierdzeń. Nie znaleziono żadnej zmiany poziomu wody w jeziorze, pomimo że 8 godzin przy niem bawiono, tutaj przenocowano, a i nazajutrz Buchholtz nie znalazł żadnego przybytku albo ubytku (Windisch's, Ungarisches Magazin IV, streszczone w Jahrbuch des ungar. Karpathen-Vereines, T. X, Kesmark 1883 str. 255). O ile wiem, to jedyne pewniejsze zjawiska peryodycznego przyływu i odpływu wód na jeziorach, dostrzeżono na kilku większych takich zbiornikach wody w Górach Skalistych (Rocky-Mountains) Ameryki Północnej.

latem widzimy, a sprzyja temu szczelne zamknięcie kotliny tego jeziora turniami i moreną do koła. Za opadnięciem wody osiadają przybrzeżne pływające kry na bardziej położystych zboczach, poziom wody opada tymczasem jeszcze bardziej, a jezioro wracając do normalnego swego (letniego) stanu, oddala swój brzeg od swojej własnej skrzepłej pozostałości. Niemal to samo obserwowałem przy Stawie Zadnim (najwyższym w Dolinie Pięciu Stawów Polskich) w dniu 22. lipca 1892. Natomiast nie znalazłem tych objawów „szczątkowych“ na Czarnym Stawie w lecie r. 1893; w dniach mego tam pobytu (27. lipca i 1go sierpnia) całe jego otoczenie było zresztą może 3 razy uboższem w śnieg aniżeli roku ubiegłego. Przypomnę wreszcie, iż takie osiadanie kier lodowych zdala od brzegów jest zjawiskiem także i na równinach dość zwykłym, a zdarzającym się po wiosennem zrzuceniu lodów na rzekach i towarzyszącej mu często powodzi.

Pękaniu lodów i potracaniu się kier ma towarzyszyć charakterystyczny chrząst, czego sam nigdy nie słyszałem, lubo miałem kilkakrotnie sposobność bawić (wśród lata) przy stawkach wysoko położonych, a założonych dość obficie krą (Zadni, Zmarzły pod Zawratem). Przypuszczam, że osobliwe „dzwonienie“ lodów na Zmarzłym Stawie pod Polskim Grzebieniem (w początku sierpnia 1876), które opisuje Dr. T. Chałubiński ¹⁾ nie inną miało przyczynę; znanem jest ono zresztą jako jeden z objawów towarzyszących tworzeniu się rozpadlin w lodowcach alpejskich ²⁾.

Zanotuję wreszcie niektóre luźne wiadomości dotyczące się zimowego stanu innych jezior tatrzańskich. Jedyną znaną mi wycieczkę zimową do innego jeziora tatrzańskiego prócz Rybiego odbył w pierwszych dniach kwietnia 1891 r. Dr. Kozłeczki z Nowego Targu w towarzystwie p. Kleczyńskiego (jun.), a to do Czarnego Stawu pod Kościelcem w Dolinie Suchej Wody. Wiadomość o tem znajduje się w kronice Nr. 80. dziennika N. Reforma t. r. Nie wiem, czy przy tej sposobności uczyniono jakiegokolwiek spostrzeżenie naukowo interesujące. Okolice tego stawu musi być zimą bez porównania niedostępniejszą, aniżeli Dolina Rybiego. Wiadomości o zimowym stanie tego zbiornika wód w dwóch latach ubiegłych, podają według opowiadań Jana Franka Gąsienicy, wieloletniego gospodarza budy zwanej schroniskiem, jedyne go człowieka, który może coś o tem pewniejszego powiedzieć.

¹⁾ Pam. Tow. Tatr. Tom IV, str. 52.

²⁾ Zob. Melchior Neumayr. Erdgeschichte, Leipzig 1886, Bd. I, pag. 499.

W roku 1892. przybył do schroniska na stałe w dniu 16. maja; znalazł lód na całym Stawie. środkiem jednak już popękany.

W r. 1893 przybył on tu dopiero w dniu 24. czerwca. Znalazł Staw w połowie zamrożonym; ogromne kry lodowe pływały po wodzie wyłącznie z tyłu Stawu (w stronie jedyne go dopływu większego od Stawu Zmarzłego pod Zawratem) i pod Kościelcem; cała wschodnia część jeziora pod Żółtą Turnią była zupełnie wolną od kry, co go mocno zastanawiało. Twierdzi, że i po inne lata to samo spostrzegał. Pływające kry nie podpływają nigdy do „odchodu“ (tj. odpływu) tylko tak pł. wając, z wolna topnieją. Grubość lodu ma dochodzić tutaj niekiedy do 2 metrów. W kwietniu 1893 był podobno tutaj jakiś turysta ze starym Sieczką przewodnikiem; w końcu maja t. r. podeszli tutaj juhasi od szalasów Gąsienicowych i znaleźli Staw całkiem jeszcze zamrożonym.

Dnia 20. października 1892 wyciągał rzeczony gospodarz przy pomocy kilku innych ludzi tratwę z jeziora na brzeg. Śnieg pruszył wówczas już dobrze. Staw był całkiem wolny od lodu, nawet śryżu nie było. W końcu października (dzień niewiadomy) był tutaj ostatni raz przed zimą: woda przy brzegu poczęła się była już ścinać w lód. Staw zamarza zawsze od brzegów; tutaj bywa niekiedy lód już dość gruby, gdy środek jego jest jeszcze całkiem ciekły. Zupełne zamrożenie następuje dopiero około połowy listopada, co zresztą jest zmienne stosownie do jakości jesieni.

Położony o 152 metrów ponad nim znacznie mniejszy Staw Zmarzły (h = 1795 m.) ma także swoje szczegóły tego rodzaju, raz dzięki temu, że rozmarza znacznie później od tamtego (już w początku „okresu turystycznego“), a powtóre, że obok niego prowadzi osławiony szlak na Zawrat. Z nowszych. bądź cudzych wiarygodnych, bądź własnych takich spostrzeżeń. wymieniam:

R. 1876. 15. lipca. Większa część Stawu przywalona śniegiem (prof. Świerz).

R. 1889. d. 16. lipca. Staw zupełnie wolny od lodu i śniegu (po brzegach nawet); dopiero we wąwozie Zawratowym, zwłaszcza po stronie wschodniej (lewej dla pnących się w górę), większe ławice stwardniałego śniegu (B).

R. 1890. dnia 8. sierpnia. Staw całkiem rozmarznięty, śniegu wokoło bardzo niewiele (B).

R. 1891. dnia 8. sierpnia. Staw całkiem rozmarznięty; jedynie brzegi, sąsiednie żleby i dziury założone śniegiem dość obficie (B).

R. 1892. d. 28. czerwca. Staw był dopiero „w trzecinie odpuszczony“ (tj. że , było na nim jeszcze lodu, według bliższego komen-

tarza do wyrazu „trzecina“). Zaś 15. lipca t. r. jest on już całkiem odtajałym; śniegi wokoło leżą obficie po brzegach i dziurach. (Józef Gąsienica Bystrzon). W tydzień później, tj. 22. lipca znalazłem to samo. Pola i ławy śniegowe schodzą aż do samych brzegów Stawu; popod śniegiem zlodowaciałym dziury i kawerny jak przy Czarnym Stawie pod Rysami. Wyższe partye Granatów obfitym śniegiem zavalone. Ciepłota wody jeziora + 3.0° C (B).¹⁾

Tego rodzaju szczegóły, skąpe zresztą, a nieuchwytnie ilościowo, mamy i dla niektórych innych Stawów. Tak tu, jak i powyżej przytaczam te z nich tylko, które budziły we mnie zaufanie w ich rzetelność. Tu i owdzie zdołałem ją stwierdzić w sposób niewątpliwy. Stosuje się to m. i. do następującego szczegółu.

R. 1892 dnia 6. czerwca. Jan Gąsienica Byrcarz. przewodnik ze Zakopanego, oznajmia mi, że w tym dniu był (z turystą) w Dolinie Pięciu Stawów Polskich i widział wszystkie te stawy pokryte jeszcze całkiem lodami; jedynie na Wielkim były lody już popękane. Z własnego doświadczenia dodać mogę tylko tyle, że przejeżdżając dnia 25. marca 1891 z Łysej do Roztoki, nie tylko widziałem strumień Roztokę wodę dość obficie toczący, ale i zmierzyłem jej ciepłość (+ 2° C). Stąd wnoszę m. i., iż utrzymujące się mniemanie, jakoby wodospad Sikława (początek Roztoki) zimą zupełnie zamarzał, jest z prawdą niezgodne²⁾, lubo nie przeczę, że zimą zasila on strumień znacznie skąpiej aniżeli latem. Owczesna moja próba podsunęcia się pod pierwsze wodospady Roztoki była z powodu zasp śnieżnych bezowocną.

Kończąc ten rozdział związęłem przytoczeniem szczegółów długiej a wczesnej wycieczki, jaką w drugiej połowie czerwca 1892. odbył p. S. kapitan 100go pułku piechoty, prowadzony przez znanego mi z wiarygodności przewodnika Józefa Gąsienicę Bystrzona.

Wyruszone ze Zakopanego 22. czerwca przez Krzyżne do Doliny Pięciu Stawów; Staw Wielki, Mały i Przedni znaleziono całkiem rozmarznięte. Nazajutrz zwiedzono Morskie Oko, które pokryte było

¹⁾ R. 1893 dnia 5. sierpnia. Staw zupełnie rozmarznięty, śniegów w całym otoczeniu nieporównanie mniej, aniżeli 22/VII roku ubiegłego; ujście całkiem, brzegi prawie całkiem wolne od nich (B).

²⁾ Przed laty pokazywano mi nawet rycinę (nie fotografię) zamarznętej Sikławy. Od progu jej zwisały, jakby stalaktyty, kolosalne długością i grubością sople lodu (wodospad ma 64 metrów wysokości); jedna wygięta część strugi wodnej nawet w tym stanie zakrzepła. Nie potrzebuję dodawać, że cała ta kompozycja jest wziętą wprost z fantazyi.

w połowie krami pływającymi; jedynie zachowała się jeszcze cała rama przybrzeżna z lodu, ale i ta była już połamana.

Rano 24go wyruszono zwykłym szlakiem przez Dolinę Białej Wody i Polski Grzebień do Szmeksu. Staw Zmarzły pod Polskim Grzebieniem (h = 1966 m.) był cały zamrożony, ale na lodzie po krajach znajdowała się już woda: nawet znacznie niższy Staw Wielicki (Felkaer-See, h = 1641 m.) był tylko w części rozmarzniętym. Dnia 27. czerwca puszczone się Doliną Mięgoszowiecką wzdłuż Popradu ku Stawom Zabim, które znaleziono w największej części jeszcze zamrożone, a stąd wdarto się na Rysy. Z Rysów udano się tą tamą drogą do Stawu Hinczowego niższego (h = 1952 m.). Staw znaleziono już całkiem rozmarzniętym. Nazajutrz (28go czerwca) wczesnym rano przez przełęcz Koprową przedostano się do Doliny Hlińskiej i zwiedzono Stawy Smreczyńskie; z tych „niżni“ (h = 1676 m.) był już bez lodu, zaś „wyżni“ (h = 1728 m.) zawałony w części śniegiem zlodowaciałym. Przez przełęcz Gładkie przesadzwszy, znaleźli się ponownie w Dolinie Pięciu Stawów, ale na najwyższym jej tarasie, skąd mogli stwierdzić, że Czarny Staw tej doliny (h = 1757 m.) jest wprawdzie wolnym od lodów, ale że pola śnieżne zalegające całe zbocze Miedzianych dochodzą do samych jego brzegów. Widoczny z tej wysokości zaulek między Mniczem a Miedzianami, był cały zapchany śniegiem. Staw Zadni (h = 1889 m.), który obserwowali tylko z góry, postępując wzdłuż Walentkowej ku Zawratowi, pokrywały pogruchotane ławy lodowe. Na Stawku Zmarzłym pod Granatami był lód maloco „pukniony“ na środku. Natomiast Czarny Staw pod Kościelecm (h = 1626 m.) ujrzano całkiem już rozmarzniętym, a na nim kry w małej już tylko ilości. Dnia 29go powrócono do Zakopanego.

ROZDZIAŁ V.

Stosunki ciepłoty w różnych głębokościach.

Ogólne uwagi.

Badanie stosunków ciepłoty w głębszych warstwach Rybiego jeziora rozpoczęto w r. 1884. wykonaniem jednego szeregu pomiarów w 5-ciu rozmaitych głębokościach. Rok przedtem oznaczono ciepłotę wody jedynie na samem dnie jeziora. Prof. Świerż, któremu zawdzię-

czamy te najpierwsze pomiary Rybiego¹⁾, badał zarazem w tych samych latach także i inne jeziora tatrzańskie, a przede wszystkim Czarny Staw pod Kościelcem²⁾. Te oznaczenia nazywam najpierwszemi, gdyż 3 lub 4 liczby, jakie E. Dziewulski znalazł jeszcze wcześniej przy sposobności sondowań, są niewątpliwie błędne³⁾.

W r. 1886 wykonał Dr. Karol Grissinger jeden szereg pomiarów tego rodzaju w naszym jeziorze, a nadto w trzech innych jeziorach tatrzańskich, leżących jednak już po stronie węgierskiej⁴⁾. Wyniki tych pomiarów zostały ogłoszone⁵⁾ przezeń dopiero w 7 lat później, tj. w połowie r. 1893. Zdaję się, że autor pisząc swą pracę, nie znał pomiarów prof. Świerza, nigdzie bowiem o nich nie wspomina. Projekt termometrycznego sondowania jezior węgierskich, jaki o tym czasie rozwinął prof. Dezso, pozostał dotąd projektem.

Poczynając od roku 1890, wykonałem po koniec roku 1893, około 20 szeregów podobnych pomiarów tak w Rybiem, jakoteż w kilku innych jeziorach tatrzańskich, po stronie polskiej. Z nich jeden szereg został wykonany w porze zimowej r. 1891, po przebicciu grubej warstwy lodu i śniegu, którą całe jezioro było pokryte. Bliższe szczegóły podaję niżej.

W miesiącach letnich lat 1892 i 1893 badał L. Świerz innym niż dawniej termometrem (Negretti and Zambra) ciepłoty głębin jezior w Tatrach po stronie polskiej. Z tych dwóch lat istnieją zatem dwojakie, niezależne od siebie, pomiary, a to przynajmniej co do dwóch stawów tatrzańskich (Rybie, Czarny Staw pod Kościelcem) przez obu nas w tych latach (nierównocześnie) zwiedzonych.

Ażeby z takiego to materiału obserwacyjnego dały się wydobyć jakieś pewniejsze wnioski, wskazujące na jakość praw rządzących mechaniką termiczną jeziora, potrzeba przede wszystkim, ażeby liczby różnych obserwatorów dawały się pomiędzy sobą wprost porównywać.

¹⁾ Pamiętn. Tow. Tatr., Tom X, Kraków 1885 r. str. 122.

²⁾ Dwa inne stawy: Staw Wielki w dolinie Pięciu Stawów i jezioro Szczyrbskie tylko częściowo. Do pomiarów służył termometr minimum roboty H. Kappeler'a (jun.).

³⁾ Z wyjątkiem jednej liczby: ciepłoty na dnie Stawu Czarnego pod Kościelcem (zob. Pam. Tow. Tatr. tom VII. str. 85), oznaczonej termometrem max.-min. Sixa i Belloni'ego, podczas gdy inne liczby znalazł Dziewulski sposobem bardzo pierwotnym, zapuszczając butelkę z termometrem zwykłym na dno (batometr).

⁴⁾ Jezioro Szczyrbskie, Popradzkie i Staw Zmarzły w Dolinie Wielkiej Zimnej Wody (Gr. Kolbachthal).

⁵⁾ Studien zur physischen Geographie der Tatra-Gruppe (Separatabdruck, aus dem XVIII Jahresberichte des Vereins der Geographen an der Universität Wien, Wien 1893.

Tak jednak nie jest — a niestety. Powód tego jest kilkoraki. Nasamprzód zdaje mi się być pewnem, że tak prof. Świerz, jakoteż Dr. Grissinger nie oznaczyli poprawek swoich termometrów, ewent. punktu zera nie badali; przynajmniej w odnośnych sprawozdaniach nie znajduję o tem najmniejszej wzmianki. Drobnym błędem jednej lub dwóch dziesiętnych stopnia C. w pomiarze ciepłoty płytszych warstw wody daje się wprawdzie tolerować bez naruszenia ostatecznych wniosków, ale taki sam błąd przy pomiarze ciepłoty głębokich warstw wodnych, może — jak to zobaczymy — doprowadzić do wniosków zupełnie fałszywych. Jedynie traf umożliwił mi (w r. 1893) porównać termometr minimum (Negretti and Zambra) używany (tylko) w latach 1892. i 1893. przez prof. Świerza, z termometrem minimum (Rohrbeck Nr. 1), którego sam używałem. Nie potrzebuję zapewne dodawać, że wszystkie termometry, których od r. 1890. w Tatrach używałem, były poprzednio co do punktu zera badane, jakoteż z wielkim termometrem normalnym (Dr. Houdek Nr. 146) wielokrotnie porównywane. Starsze pomiary prof. Świerza, oraz pomiary Dra Grissingera, robione w obu razach termometrami H. Kappeller'a jun., nie pozwalają dzisiaj już ani myśleć o redukcjach do prawdziwego punktu zero.

Powtóre muszę zauważyć, że we wszystkich pomiarach prof. Świerza głębokości podawane nie są poprawione z powodu skracania się sznura w wodzie. Pozostałe pomiary: Dra Grissingera i moje uwzględniają tę poprawkę, która nie jest bez znaczenia, jeżeli zważymy, że sznur używany przez Dra G. skracał się o 8 $\frac{0}{10}$. zaś sznury, których sam używałem o 5—6 $\frac{0}{10}$ własnej swojej długości. Toż samo i E. Dziewulski nie zwracał uwagi na rzeczony skracanie się. skutkiem czego — jak słusznie podnosi Dr. Gr. ¹⁾ — wszystkie jego głębokości są nieco za wielkie.

Dalej podnieść należy okoliczność, że przy rozmaitych pomiarach badano rozkład temperatur na liniach pionowych wogóle rozmaitych, tj. ustawiając tratwę nie zawsze na temsamem, co poprzednio miejscu. Nie jest to bez wpływu na otrzymane liczby, jak to niżej zobaczymy. Niepewność, jaka stąd wypływa, jest jednak podrzędną w porównaniu z poprzedniemi. zwłaszcza, że obserwatorzy stanowisko tratwy obierali zawsze w miejscu największej głębokości, a więc przeważnie „w środku“ jeziora. Ostatnią przeszkodą bezpośredniego porównywania liczb jednego obserwatora z liczbami drugiego jest różność głębokości, do których spuszczano pod wodę termometr. Tak np. w r. 1884. prof. Świerz oznacza ciepłotę Rybiego

¹⁾ l. c. str. 38.

w głębokościach (niepoprawionych) 10, 20, 30, ... metrów, w r. 1892 w bardzo rozmaitych głębokościach jak 10, 15, 44 m., innym razem 11, 12, 13, 14, 17, 22, 29 m. itd. Dr. Grissinger w r. 1886 w 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 i 30 metrów; to samo stosuje się do moich własnych pomiarów w czterolecie 1890—1893. Wszyscy obserwatorzy działali tu na własną rękę bez poprzedniego porozumienia się, a stąd ta rozmaitość.

To są trudności, które należało — ile możliwości — wpierw uprzątnąć, zanim można było się pokusić o wyszukanie jakiegoś prawa rządzącego rozkładem temperatur we wnętrzu jeziora, a zwłaszcza zmiennością ich z czasem. Porównanie istniejących do tej pory liczb oberwowanych daje się skutkiem tego skutecznie tylko wobec dwu założeń:

1) Ze liczby ogłoszone przez obserwatorów nie wymagają żadnej poprawki z powodu błędności punktu zera. Stosuje się to jednak tylko do dwóch termometrów minimum Kappeller'a, używanego dawniej (1884) przez prof. Świerza i drugiego używanego w r. 1886 przez Dra Grissingera.

2) Ze wszyscy obserwatorzy mierzyli ciepłoty w tem samym miejscu jeziora, co też rzeczywiście w przybliżeniu zachodziło.

Pozostałe zaś dwu źródła błędów można było już rachunkiem z dostateczną dokładnością uchylić.

Jestem zdania, że głębokości podawane przez prof. Świerza istotnie poprawimy, jeżeli szereg obserwacji z r. 1884 pomniejszymy o 8% (sznur był nowy, przedtem nieużywany), zaś szeregi z lat 1892 i 1893 pomniejszymy również, ale tylko o 5% (sznur wielokrotnie już używany).

O drugim punkcie niejednorodności materiału obserwacyjnego, pochodzącym z używania „skali głębokości“ różnej u różnych obserwatorów, mówiłem już poprzednio. Skala Dra Gr. jest z pewnością bardziej racjonalną od starszej skali prof. S. Powód tego leży w tem, iż chyżość zmiany ciepłoty wraz z głębokością jest bardzo niejednostajna. W ogólności biorąc, jest ona zrazu powolną, niżej coraz większą, osiąga (chyżość) swoje maximum w głębokości około 10 metrów (przynajmniej latem), odtąd się zmniejsza, stając się w znaczniejszych głębokościach bardzo małą. Jest więc z pewnością rzeczą wskazaną, aby „węzły“ na sznurze były umieszczone najczęściej pomiędzy 5ma a 15ma metrami, np. co 1 lub 2 metry. Niżej wystarczają odstępki 5cio metrowe, jeszcze niżej 10cio metrowe, a nawet większe. Świadom tej okoliczności (na co zwróciły moją uwagę piękne prace prof. F. A. Forel'a o jeziorach w Alpach szwajcarskich

i sabaudzkich) posługiwałem się we wszystkich własnych pomiarach „skalą“ do tego objawu zastosowaną.

Redukcja ciepłot wody wchodzących w skład szeregów obserwacyjnych o różnych „skalach“ głębokości, na ciepłoty odpowiadające pewnej normalnej skali daje się uskuteczyć z wielką dokładnością zapomocą stosownych interpolacyj. Wielorakie usiłowania, ażeby obserwowane ciepłoty tak w moich własnych szeregach, jakoteż innych obserwatorów przedstawić na całym pionie jedną jedyną funkcją samej głębokości, miały skutek tylko częściowy, poczuły mię jednak, iż pojedyncze części krzywej w mniejszej głębokości dają się przedstawić bardzo dobrze zapomocą paraboli, że natomiast niższe części krzywej są asymptotyczną krzywizną zbliżającą się bardziej do hyperboli. Stosownie do tego wprowadziłem dwojaką interpolację, którą pozwałam sobie nazwać wprost paraboliczną, a względnie hyperboliczną; pierwsza z nich da się zastosować korzystnie do mniejszych głębokości, druga do większych. Dwa konkretne przykłady wyjaśnia użycie ich lepiej, aniżeli by się to najdłuższem opisywaniem osiągnęło.

Przykład interpolacji parabolicznej.

Dnia 16. lipca 1892 r. obserwowałem m. i. następujące ciepłoty wód Rybiego Jeziora.

z	τ
2.1 m.	10.5° C.
4.0 „	10.2
6.7 „	9.8,

gdzie tak głębokości (z), jakoteż ciepłoty (τ) są już całkiem poprawne.

Interpolacja „paraboliczna“ będzie polegała na przedstawieniu związku między temi liczbami zapomocą wzoru

$$\tau = \alpha + \beta z + \gamma z^2,$$

który geometrycznie przedstawia parabolę. Trzy stałe tu wchodzące dają się bardzo szybko i dogodnie znaleźć następującym sposobem. Pomniejszając wszystkie z o 2.1 m., wszystkie τ o 10.5°, otrzymamy zestawienie

ξ	η
0·0	0·0
1·9	— 0·3
4·6	— 0·7.

co wskazuje, że dla tych liczb powyższy wzór zamienia się po prostu na $\eta = az + b\zeta^2$, tj. $a + b\zeta = \frac{\eta}{z}$, skąd na wyznaczenie stałych a, b wpływają dwa równania

$$a + 1·9 b = - \frac{0·3}{1·9} = - 0·1579,$$

$$a + 4·6 b = - \frac{0·7}{4·6} = - 0·1522.$$

a to daje natychmiast

$$a = - 0·1619, \quad b = + 0·0021.$$

Jeżeli więc będziemy szukali temperatury w głębokości np. 5 metrów. to ponieważ wówczas $\zeta = (5·0 - 2·1) = 2·9$, szukana temperatura będzie

$$= 10·5 + 2·9(a + b \cdot 2·9) = 10·5 - 0·45 = + 10·05^\circ \text{C}.$$

Oczywiście, że stałe a, b muszą być każdym razem osobno obliczane; przy wyborze trzech dat obserwacyjnych do interpolacji należy kierować się uwagą, ażeby środkowa data (tutaj 4·0 m.) była ile możności najbliższą tej głębokości (u nas 5 m.), dla której szukamy nieobserwowanej temperatury.

Przykład interpolacji hyperbolicznej.

W r. 1886 obserwował Dr. Grissinger m. i. następujące ciepłoty w głębi Rybiego

z	τ	z	τ
10·0 m.	8·1°	30·0 m.	4·6
20·0 „	5·5	37·5 „	4·6.

gdzie głębokości z są już całkiem poprawne (z powodu kontrakcy sznura), zaś liczby τ wymagałyby jeszcze drobnej stałej korekcy z powodu ewent. błędu zera na termometrze. Termometr Kappellerowski, którego używał Dr. Gr. był dzielony jak zwykle na 1°C ; równość ciepłoty (4·6) w dwóch głębokościach 30·0 m. i 37·5 m. znacznie różniących

się między sobą wskazuje raczej, że w 30 m. odczytanie bliższe prawdy byłoby zapewne 4.65°C . odczytanie w 37.5 m. zaś raczej 4.55°C . Na każdy sposób będziemy bliższymi prawdy, biorąc 4.6°C . za ciepłotę średniej z owych dwóch głębokości okrągło 33.5 m., a trzy daty

z	τ
10.0	8.1 ^o
20.0	5.5
33.5	4.6,

z których środkowa odpowiada już znaczniejszej głębokości, przedstawiamy hyperbolą

$$\tau = z + \frac{\beta}{z + \gamma},$$

gdzie α , β , γ są stałymi, dającymi się zawsze wyznaczyć króciutkim rachunkiem. Znajdujemy

$$\alpha = 3.39, \quad \beta = 38.1, \quad \gamma = -1.9,$$

tak. iż wzór

$$\tau = 3.39^{\circ} + \frac{38.1}{z - 1.9}$$

posłuży do korzystnej interpolacji na przestrzeni powyższych trzech danych. dokładnej zwłaszcza w okolicy 20 m. Rozumie się samo przez się, iż tego rodzaju wzorów nie wolno używać do extrapolacji. Tak np. dla głębokości 15 m., względnie 25 m. otrzymamy według tego przynależne ciepłoty

$$3.39 + \frac{38.1}{13.1} = 6.30^{\circ}\text{C}, \quad \text{resp.} \quad 3.39 + \frac{38.1}{23.1} = 5.04^{\circ}\text{C}, \quad \text{itd.}$$

Tego rodzaju obliczenia przeprowadziłem z całym materiałem obserwacyjnym, ażeby doprowadzić go o ile możności do jednolitości. Musiało to nastąpić zanim można było się zabrać do porównywania ze sobą ciepłot na tych samych poziomach w różnych czasach. a wogóle do śledzenia praw zmian termicznych wewnątrz jeziora. W tych prz ygotowawczych rachunkach zachowałem wszędzie drugie miejsca dziesiątne ciepłot, lubo po większej części są one wątpliwe: uczyniłem to zaś tylko dlatego, ażeby zabezpieczyć dokładność pierwszego miejsca dziesiątowego w ostatecznych rezultatach. Oczywiście, że tak samo postępowalem i co do innych jezior, o ile ich materiał obserwacyjny pochodził od rozmaitych obserwatorów, używających rozmaitych „skal“ głębokości.



Zanim przystąpię do zestawień tabelarycznych, należy mi podać zwięźle szczegóły dotyczące się tak instrumentów nazywanych przeze mnie w czterolecie 1890—1893, jakoteż sposobu wykonywania pomiarów, oraz poczynione przy tej sposobności spostrzeżenia.

**Termometry i inne narzędzia; metoda pomiarów; uwagi
i spostrzeżenia zebrane w ciągu własnych moich pomiarów
w latach 1890—1893.**

Na własną rękę pomiary ciepłoty w głębi jezior tatrzańskich rozpocząłem w lecie r. 1890., chcąc zaś wytworzyć sobie ogólne wyobrażenie o jakości zjawisk tutaj występujących, rozpatrzyłem w tym celu także literaturę dotyczącą się innych jezior górskich, głównie alpejskich. Prace Richtera, Geistbecka, Simony'ego, Delebeque'a, a zwłaszcza prof. Forela pouczyły mię pod niejednym względem i przysposobiły do pomiarów, które następnie wykonywałem.

W pierwszej połowie sierpnia 1890. r., zaopatrzwszy się w termometr maximum-minimum Sixa i Caselli'ego (na 3° R. dzielony, zresztą średniej tylko dobroci), termometr rtęciowy na 1° C. dzielony i wyborny hypsometr (Naudet nr. 1345) zwiedziłem dwa najbardziej uczęszczane jeziora tatrzańskie: Rybie i Czarny Staw pod Kościelcem, ten ostatni dwukrotnie.

Punkt zera obu termometrów był badany przed wyruszeniem w drogę. Pomiary w środku jeziora wykonywałem w odstępach gęstszych, aniżeli moi poprzednicy; kilka pomiarów odosobnionych, wykonanych powtórnie tylko dla kontroli liczb otrzymanych, okazało niezgodności, których nie umiałem sobie zrazu wytłómaczyć. Przeczując, że na zjawiska tutaj występujące wpływać muszą w znacznym stopniu dopływy, mierzyłem już w tym roku temperaturę główniejszych z pośród nich, a przypuszczając możliwość związku ciepłoty w głębi jeziora z ciepłotą okolicznych źródeł, mierzyłem także ich ciepłotę. Dorywczo wykonywałem wówczas także obserwacje meteorologiczne.

Rozpatrywanie zebranego materiału — dość skąpego jeszcze — doprowadziło mię do następujących trzech wniosków. zrazu domysłnych:

a) że na temperaturę głębszych warstw wody jeziora wpływają przede wszystkim temperatury jego dopływów;

b) że w tej samej głębokości, ale na różnych punktach jeziora równoczesna ciepłota nie jest dokładnie jednakową, a wreszcie

c) że na tej samej linii pionowej istnieje w niewielkiej głębokości (8—15 metrów) punkt maximum chyżości, z jaką wzdłuż tego pionu zmienia się ciepłota.

Zadnego z tych trzech wniosków nie przewidywałem z góry. Pomiar, które wykonałem w następnych latach, oraz pomiary obce, przekonały mnie o ich prawdziwości, a dzisiaj nie waham się uważać je za rzeczywiste fakta przyrody. Wydaje mi się najwłaściwszem przedstawić rzecz całą w tym porządku, jak mnie samemu te objawy się odsłaniały, a następnie ze sobą wzajemnie się kojarzyły.

Punkt (c) uważałem za dowiedziony już w r. 1890., skoro sprawdził się co do dwóch jezior w tym roku przeze mnie badanych i gdy liczby prof. Świerza znalezione w r. 1884. dla tych samych dwóch stawów, a wreszcie liczby prof. F. A. Forela, jakoteż Geistbecka dla jezior alpejskich rzecz tę w zupełności potwierdziły. Dla Rybiego i Czarnego Stawu pod Kościelcem znalazłem

Rybie 5/VIII 1890			Czarny Staw 8/VIII 1890.	
z	t	Δ	z	Δ
0.0 m.	12.9° C.	0.211	13.2° C.	0.368
1.9	12.5	0.413	12.5	0.522
6.5	10.6	0.745	10.1	0.638
11.2	7.1	0.435	7.1	0.392
15.8	5.1	0.064	5.3	0.149
20.5	4.8	0.087	4.6	0.022
25.1	4.4	0.043	4.5	0.043
29.8	4.2	0.018	4.3	0.043
35.4	4.1		4.1	

gdzie z jest głębokością w metrach, t ciepłotą w stopniach Cels., zaś Δ zmianą jej na 1 metr zmiany głębokości, t. j. ilorazem

$$\frac{\tau_z - \tau_{z'}}{z - z'}$$

Najszybszy ubytek ciepłoty zachodzi więc pomiędzy 6.5 m. a 11.2 m. i to w obu jeziorach zgodnie. Zauważmy od razu, że ten stan rzeczy odpowiadał prawie równoczesnemu rozkładowi temperatur w obu jeziorach pomiary na Czarnym Stawie były wykonane tylko o trzy dni później, niż na Rybiem.

Było dla mnie ważnem oznaczyć dokładniej ową „krytyczną“ głębokość, w której chyżość zmiany temperatur jest maximum. Daje się ona znaleźć, i to weale dokładnie, zapomocą następującej interpolacji.

Odejmując 1·9 od liczb pierwszej kolumny (poczynając od drugiej z tych liczb), jakoteż 12·5 od liczb drugiej kolumny, otrzymamy zestawienie

$$\begin{array}{r} \zeta = 00 \text{ m.} \quad \eta = 0\cdot0 \\ 4\cdot6 \quad \quad \quad - 1\cdot9 \\ 9\cdot3 \quad \quad \quad - 5\cdot4 \\ 13\cdot9 \quad \quad \quad - 7\cdot4, \end{array}$$

a teraz staramy się związek między η , ζ przedstawić wzorem empirycznym

$$\eta = a\zeta + b\zeta^2 + c\zeta^3;$$

według tego jest

$$a + b\zeta + c\zeta^2 = \frac{\eta}{\zeta}$$

skąd na wyznaczenie stałych a , b , c otrzymujemy trzy równania:

$$\begin{array}{l} a + 4\cdot6b + 4\cdot6^2c = - 0\cdot4130 \\ a + 9\cdot3b + 9\cdot3^2c = - 0\cdot5806 \\ a + 13\cdot9b + 13\cdot9^2c = - 0\cdot5324, \end{array}$$

które rozwiązując znajdujemy:

$$a = - 0\cdot0367, \quad b = - 0\cdot1046, \quad c = + 0\cdot00496.$$

Chyżość (zmienna) ubytku temperatury z głębokością jest

$$v = \frac{d\tau}{dz} = \frac{d\eta}{d\zeta} = a + 2b\zeta + 3c\zeta^2,$$

jej maximum (lub minimum) wyznacza się z warunku

$$\frac{dv}{d\zeta} = \frac{dv}{d\zeta} = 2b + 6c\zeta = 0,$$

który daje

$$\zeta = - \frac{b}{3c} = \frac{0\cdot1046}{0\cdot01488} = 7\cdot03 \text{ m.},$$

zatem szukana głębokość będzie $7\cdot03 + 1\cdot9 = 8\cdot93$ m. Znajduje się nadto samo maximum (odjemne) chyżości $= - 0\cdot772^0$, jakoteż ciepłotę w przynależnej głębokości równą $+ 8\cdot80^0$ C.

Postępując tak samo ze Stawem Czarnym, znajdziemy nasamprzód

$$a = - 0\cdot2802, \quad b = - 0\cdot0700, \quad c = + 0\cdot00381,$$

podług czego obliczamy

$$\zeta = - \frac{b}{3c} = \frac{0\cdot0700}{0\cdot01143} = 6\cdot12 \text{ m.},$$

zatem „krytyczna“ głębokość = $6.12 + 1.9 = 8.02$ m. Wartość samej (maxim.) chyżości znajdujemy tutaj równą — 0.709° , a wreszcie ciepłotę warstwy „krytycznej“ $+ 9.04^{\circ}$ C.

Dla tego samego jeziora znalazł prof. Świerż w r. 1884. (dnia 25. sierpnia) następujące liczby

<i>z</i>	<i>t</i>	Δ
0.0 m.	8.4	
9.2	7.2	0.130
18.4	4.4	0.300
27.6	3.7	0.076
36.8	3.3	0.044
46.0	3.3	0.000,

gdzie *z* są poprawionymi głębokościami (po odtrąceniu 8% na kurczenie się w wodzie nowego sznura), zaś Δ posiada znaczenie to samo, co poprzednio. Już z tego zestawienia widać, że maximum chyżości temperatury przypada na warstwę wody leżącą między 9.2 a 18.4 m.; należy tylko żałować, że na tej przestrzeni nie wykonano pomiarów w odstępach mniejszych. Ta jedynie okoliczność jest powodem, dla którego objaw, o którym mówimy, dla drugiego wówczas badanego jeziora (Rybie) nie uwydatnił się należycie.

Z pierwszych czterech wierszy ostatniego zestawienia otrzymujemy tak samo, jak poprzednio:

$$a = + 0.0906, \quad b = - 0.0313, \quad c = + 0.00079.$$

skąd znajdujemy głębokość warstwy „krytycznej“ = 13.2 m. z przynależną ciepłotą 6.0° C., oraz maximum chyżości zmiany ciepłoty — 0.323 . Rezultat ten jest mniej dokładny od poprzednich z powodu, że właśnie w pobliżu głębokości „krytycznej“ pomiaru nie wykonano.

Pomiary Dra Grissingera wykonane w lecie r. 1886. (ogłoszone dopiero w r. 1893.) pozwalają skonstatować ten sam objaw. W jeziorze Rybiem znaleziono

1	m.	11.2 ⁰
2		11.0
3		10.8
4		10.7
5		10.6
10		8.1
20		5.5
30		4.6
37.5		4.6

skaąd widać, że najszybszy ubytek ciepłoty zachodzi w pobliżu 10 m. I tutaj należy żałować, że na przestrzeni 15-metrowej, między 5 m. a 20 m. tylko jeden pomiar (dla $z = 10$ m.) został wykonany. Cztery daty

2 m.	11·0°
5	10·6
10	8·1
20	5·5

dają sposobem kilkakroć tutaj już użytym najpierw:

$$a = + 0·0685, \quad b = - 0·0753, \quad c = + 0·00268,$$

a następnie głębokość „krytycznej“ warstwy 11·36 m. z przynależną ciepłotą 7·23° C., jakoteż maximum chyżości ciepłoty = - 0·637° C.

Nie będzie zbytecznem okazać istnienie tego samego objawu chociażby co do jednego z jezior alpejskich. Badanie jeziora d'Annecy przez prof. F. A. Forela w dniu 13. sierpnia 1880. r. doprowadziło do następujących wyników liczbowych:¹⁾

0	18·8° C.
10	18·3
20	10·3
30	6·7
40	6 0
50	5·5
60	5 0

I tutaj należy żałować, że pomiędzy 10 m. a 30 m. był wykonany tylko jeden jedyny pomiar ($z = 20$ m.), jeżeli zwrócimy uwagę na bardzo znaczny ubytek ciepłoty 11·6° (= 18·3 - 6·7) na tej przestrzeni. Z pierwszych czterech wierszy obliczam zwykłym sposobem głębokość warstwy „krytycznej“ 16·3 m. z przynależną ciepłotą 13·4°, maximum chyżości = - 0·859°. Jeżeli zważymy, że to jezioro (jakoteż reszta alpejskich) podlega całkiem odmiennym warunkom meteorologicznym, aniżeli jeziora tatrzańskie, to niepodobna wątpić, że objaw, o którym mówimy, będzie wspólny wszystkim jeziorom strefy umiarkowanej.

W następującym rozdziale zestawiam wszystkie głębokości „krytyczne“ = K jezior tatrzańskich, jakie dotąd dały się obliczyć. Tam

¹⁾ F. A. Forel: Dragages zoologiques et sondages thermométriques dans les lacs de Savoie (Compt. rend. des séances de l'Acad. des Sciences. Tome 97, pour 1883, pag. 859).

zastanowimy się również nad zmiennością liczby K w przeciągu roku. Obecnie ograniczam się tylko do następujących dwóch uwag:

1. Wprowadzenie liczby K dostarcza nam środka bardzo odpowiedniego do scharakteryzowania termicznego ustroju jeziora przynajmniej w mniejszych jego głębokościach.

2. Ilość K daje się obliczyć niezależnie od błędu zera różnych termometrów używanych przez rozmaitych obserwatorów (z powodu, że do rachunku nie wchodzi same temperatury, ale tylko ich różnice).

W r. 1891. zwiedziłem Jezioro Rybie dwukrotnie: w marcu i sierpniu. Pomiar ciepłoty wykonałem w obu razach termometrem minimum-maximum systemu Sixa i Caselli'ego, dzielonym na $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$., a wykonanym w pracowni Dra Houdeka w Pradze czeskiej. Narzędzie to było znacznie dokładniejszym od termometru używanego w roku poprzednim. Błąd zera na obu jego podziałkach został z wszelką starannością oznaczony; przy należytej wprawie można było tym termometrem oceniać jeszcze $\frac{1}{10}$ część stopnia. Wykonałem nim 70 obserwacji, poczem termometr się stłukł.

Prócz termometrów i hypsometru zaopatrzyłem się teraz także w przyrząd służący do zdejmowania (przybliżonego) kątów w płaszczyźnie poziomej (bussola Kraffta z dyoptrą i przyzmatem o całkowitej refleksyi, pozwalająca odczytać pół stopnia, a przy wprawie ocenić $\frac{1}{10}$). Przeznaczeniem narzędzia było umożliwić obserwatorowi siedzącemu na tratwie podanie miejsca na jeziorze, w którym sondowanie termometryczne się odbywało. Brzegi i całe otoczenie tak Rybiego, jakoteż innych jezior tatrzańskich przedstawiają w rozmaitych miejscach tyle ludzkiego podobieństwa, że nigdy niepodobna (znajdującemu się na tratwie) zorientować się, czy stanowisko tratwy jest tem samym, lub odmiennem od stanowiska poprzedniego. Brak wydatnych przedmiotów, wyróżniających się należycie od podobnych do siebie żlebów, względnie zatok i załomów, jest główną tego przyczyną. Dość powiedzieć, że w całym otoczeniu jeziora zdołałem wówczas znaleźć tylko trzy przedmioty, które dały się użyć jako „miry“, a to

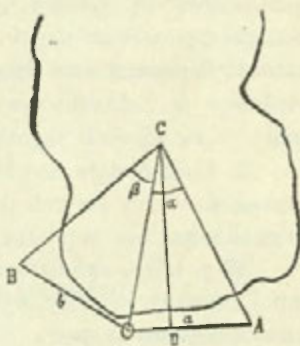
1. Węgiel zachodni schroniska im. Staszica (nb. całego, t. j. starego wraz z nowem).

2. Węgiel wschodni tego samego schroniska.

3. Maszt flagi węgierskiej zatknięty przy „koszarze“ zbudowanym po prawym brzegu Potoku Rybiego, a służącym za mieszkanie żandarmeryi węgierskiej (koszar ten spłonął w późnej jesieni r. 1891.).

Oznaczanie miejsca, o którym przed chwilą wspomniałem, miało się wykonywać w następujący sposób. (Ryc. 2 str. 289). Jeżeli O jest wschodnim węglem schroniska, A zachodnim, B trzecią mirą

(maszt flagi), C stanowiskiem tratwy, na której znajduje się obserwator z termometrami i kątomierzem Kraffta, to — jak łatwo zobaczyć — pomiar dwóch kątów $ACO = \alpha$ i $BCO = \beta$ wystarczy, ażeby oznaczywszy raz na zawsze długości $AO = a$, $BO = b$, oraz kąt $AOB = \theta$, módz łatwym rachunkiem obliczyć współrzędne prostokątne punktu C . Biorąc początek współrzędnych w punkcie O , linię OA za oś x^{00} i prowadząc CD prostopadłe do OA , będzie $OD = x$, $DC = y$, a prosty wywód geometryczny prowadzi do następujących wzorów:



Ryc. 2.

$$\psi = \alpha + \beta + \theta,$$

$$u = \frac{ab \sin \psi}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \sin^2 \alpha + 2ab \sin \alpha \sin \beta \cos \psi}},$$

$$\sin \alpha' = \frac{u \sin \alpha}{a}, \quad \gamma = 180^\circ - (\alpha + \alpha'),$$

$$x = u \cos \gamma, \quad y = u \sin \gamma.$$

Tutaj $u = OC$ jest ilością pomocniczą, tak samo jak kąty ψ i $\alpha' = \sphericalangle CAO$. Długość a została znaleziona bezpośrednim pomiarem taśmą metryczną, kąt θ kątomierzem (celując z punktu O do A i do B), długość b trygonometrycznie z powodu przeszkód (Potok Rybi, zarośla) jakie między O i B się znajdują. Długości x , y należy w końcu przenieść na kartę jeziora sporządzoną przez Dziewulskiego.

Pomimo, że takie „oznaczanie miejsca“ mogłem wśród moich prac tak w r. 1891. jakoteż następnych tylko wyjątkowo zastosować, wspominał tutaj i o niem, przypuszczając, że jeżeliby kiedy zachodziła potrzeba ściślejszego podania stanowiska na jeziorze, sposób ten da się użyć korzystnie z powodu swojej prostoty.

Jezioro było badane jedynie na czterech rozmaitych pionach (pomiaru A , B , C , D z r. 1891.).

Fatalna niepogoda nie zezwoliła mi w r. 1891. na wykonanie planu zamierzonej pracy w tej rozciągłości, jak sobie to byłem założył, a to pomimo czterodniowego pobytu mego przy jeziorze.

Wogóle chcąc tratwę utrzymać ile możności stale na jednym i tem samym stanowisku, potrzeba nieustannego mocowania się z falami jeziora, które — nawet przy słabym wietrze — popychają tratwę z szybkością zadziwiającą. sznur pionowo zapuszczony do pewnej głębokości

ukośnie odchylają, tratwa wlokąc pod wodą termometr w kierunku swego ruchu, podnosi go do wyższych warstw wodnych z powodu, że narzędzie nie może nadążyć za tratwą. Wyciągnięty następnie, chociażby po dłuższem wyczekiwaniu, termometr nie mógł oczywiście dać ciepłoty odpowiadającej miejscu i głębokości na sznurze odczytanej¹⁾.

Gdy jezioro było niespokojne tak, iż mimo ustawicznej pracy ludzi wiosłujących nie dawało się tratwy utrzymać na jednym miejscu, sznur z termometrem zapuszczony pionowo już po bardzo krótkim czasie przybierał kierunek ukośny. Zawsze starałem się, zapomocą odpowiednich manewrów tratwą, sprowadzić sondę do kierunku pionowego, niezawsze jednak się to powiodło. W takim razie bezowocne, a dłuższy czas trwające wysiłki przerywałem, mierząc w przybliżeniu odchylenie α ukośnej linki od pionu, wyciągając termometr T z wody i odczytując temperaturę τ na nim. Jeżeli długość zmaczanego we wodzie sznura WT (od węzła W licząc) była $= z'$, kąt $TAC = \alpha$, to rzeczywista głębokość $BC = z$, w której termometr znajdował się pod powierzchnią wody, była widocznie

$$z = z' \cos \alpha,$$

a tej to głębokości z odpowiadała odczytana temperatura τ . Kąt α oznaczałem sposobem bardzo prostym. Na figurze obocznej przedstawia linia łamana $AB B'A'$ tratwę,

BB' jej pomost, AB słupek jej poręczy, wysoki bardzo blisko na 1 metr (przy Rybiem); przez samą poręcz A była właśnie przerzuconą liną $LAWT$, ciężarem termometru od A mocno wyprężona. Węzeł kolorowy W spoczywał na powierzchni wody. Taśmą centymetrową mierzyłem długość BW (kilka, najwyżej kilkanaście cm.), a to pozwalało po powrocie do domu oznaczyć kąt α ze wzoru

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{BW}{AB}.$$

poczem z wiadomych z' i α obliczyć prawdziwą głębokość z .

¹⁾ Dawał ciepłotę odpowiadającą głębokości z nieco mniejszej od głębokości z na sznurze bezpośrednio odczytanej. Zrazu odrzucałem takie oznaczenia jako niedość bezpieczne, pomimo że termometr pozostawał kilkakrotnie po 25 minut w głębinie wody właśnie skutkiem dłuższych a bezowocnych wysiłków, aby sznur do pionu doprowadzić. Wkrótce spostrzegłem, że stratę czasu i mozołu stąd wynikłą można sobie choć w części powetować obmyśleniem środka, któryby odczytaną temperaturę pozwolił odnieść do prawdziwej głębokości z termometru dającej się obliczyć z z' i kąta, jaki

Największy wszelako kłopot sprawiał sondowanie „płytkie“ (tj. w głębokościach 2—5 metrów) wykonywane w dniach zimnych, albo też bardzo wczesnym rankiem w dniach zresztą ciepłych i pogodnych. Wówczas ciepłota wody na powierzchni jest wyższą od ciepłoty powietrza, ciepłota wody w małej głębokości jak zwykle nieco niższą od ciepłoty jej na powierzchni. Wytrzymaany przez kilkanaście minut pod wodą termometr minimum systemu Sixa (z alkoholem jako substancją cieplomierniczą, krótkim słupkiem rtęci, oraz indeksem stalowym) musiał — w takich warunkach meteorologicznych — być odczytywanym po wyciągnięciu, z zachowaniem szczególniejszych ostrożności, żeby odczytać właściwą temperaturę wody, nie zaś niższą od niej ciepłotę powietrza.

Zauważę, że wykonywanie „płytkich“ pomiarów stanowiło — zwłaszcza w latach 1892. i 1893. — samoistną część programu moich zajęć przy Rybiem i niezależną od zwykłych szeregów obserwacyjnych, poczynających się małemi, a kończących się wielkimi głębokościami. Miały one na celu wysledzenie, do jakiej głębokości sięgają dzienne zmiany temperatury, a takich płytkich pomiarów w samym roku 1893. wykonałem trzydzieści. Szczegóły o nich podam w następujących ustępach.

Kilka pomiarów wykonałem umyślnie nie w innym celu, jak tylko dla rozpoznania, jak też długim jest czas potrzebny, aby termometr minimum przybrał ostatecznie stałą temperaturę swego otoczenia. Dla różnych termometrów, których (z powodu kolejnego ich tłuczenia się) używałem w ciągu swych robót, czas ten znajdowałem nieco różny, od 6-ciu do 15-tu minut. Okazało się między innymi, że gdy termometr odbył już kilka zanurzeń do głębszych (zimniejszych) warstw wody, to czas ostatnich ponurzeń do najgłębszych warstw potrzebował być już niedługim. Najdłuższe zanurzenie (pół godziny), jakie kiedykolwiek wykonałem, nie wywołało, przy różnicy blisko 10-metrowej dalszego pogłębnienia, żadnej dającej się zmierzyć różnicy temperatury.

Termometru pod wodą nie trzymałem nigdy krócej jak 8 minut ¹⁾, zazwyczaj 12.

W ciągu pobytu swego tak przy Rybiem, jakoteż innych jezio-

górna część ukośnej linki z pionem zamyka. W ten sposób postąpiłem zresztą tylko przy pięciu pojedynczych sondowaniach.

¹⁾ Tak r. 1893. w pojedynczych razach, gdy z innych racyi dłuższa ekspozycja była niemożliwą. Wielki termometr minimum (Rohrbeck Nr. 1) z podziałką dającą $\frac{1}{10}^{\circ}$ C., którym pracowałem w tym roku, był tak osadzonym w łożysku metalowym, że każdym razem wyciągała się wraz z nim w łożysku „próbka“ wody z tej głębokości, do której był zapuszczony.

rach wykonywałem w r. 1891., jak i w poprzednim, dorywczo obserwacje meteorologiczne (termometr, hypsometr), zmierzyłem barometrycznie kilka wzniesień, między innymi także kilku charakterystycznych punktów przedniej moreny.

Zebrany w r. 1891. materiał obserwacyjny, rozpatrzony następnie, potwierdził zeszłoroczne moje domyślne wnioski (a), zwłaszcza zaś (b) tak, iż mogłem już wówczas jasno sformułować zdanie, że powierzchnie isotermiczne Jeziora Rybiego nie są płaszczyznami poziomymi, ale powierzchniami krzywymi, których postać i odchylenie od poziomu pozostaje w jakimś związku z położeniem ujścia dopływów na brzegach jeziora i z ich ciepłotą.

Co się tyczy jakości krzywienia się powierzchni isotermicznych, to na razie nie zdołałem dojść do jaśniejszych konkluzyj, gdyż — z powodów wielorakich — mogłem w tym roku wykonać termometryczne sondowania tylko w czterech rozmaitych punktach jeziora, przyczem zawsze jeszcze determinacja miejsca wielkości mi sprawiała. Potrzeba było bliższe badanie tego ciekawego zjawiska zostawić do roku następnego.

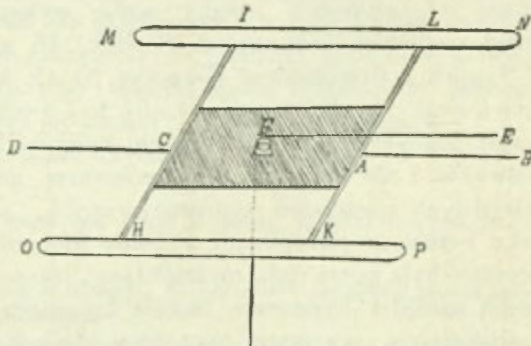
W roku 1892 bawiłem przy Rybiem dni dwanaście. Stłuczony w roku ubiegłym termometr minimum zastąpiłem obecnie termometrem minimum, pochodzącym z firmy Alt, Eberhardt und Jäger w Ilmenau (Alt Nr. 29) z podziałką $\frac{1}{8}^{\circ}\text{C}$, pozwalającą wygodnie oceniać jeszcze połowę tej wielkości. Termometr był systemu kapilarnego; jako materię cieplomierniczą zawierał fenol, który wskazówkę szklaną posuwał swym meniskiem bez pośrednictwa rtęci. Punkt zera tego termometru był dwukrotnie badany; nadto wykonałem szereg jego porównań z wielkim termometrem Houdek 146. a w ciągu pobytu swego w Tatrach z termometrem Kappeller Nr. 18, który tam służył do meteorologicznych obserwacyj. Ażeby być swobodniejszym w wykonywaniu pomiarów hydrotermicznych, którym chciałem całą swą uwagę poświęcić, i nie krępować się koniecznym przestrzeganiem terminów właściwych spostrzeżeń meteorologicznych, zabrałem ze sobą w tym roku termometr samopiszący systemu Richard freres, o czem już poprzednio była mowa (zob. rozdział 1szy), jakoteż kilka innych drobniejszych narzędzi (hypsometr, bussola kątomiernicza Krafft'a itd.). Nadto powiększyłem „inwentarz“ narzędzi w tym roku jeszcze jednym sprzętem: „tratewką“ Fugger'a o której już poprzednio wspomniałem. Lubo obiecowane z tego narzędzia korzyści w zastosowaniu praktycznym bardzo zmalały na terytoryum tatrzańskim, to jednak zawsze zawdzięczać mu zdobycie kilkunastu ważnych liczb termometrycznych, któ-

rych niepodobna byłoby w inny sposób otrzymać. Z tego powodu podaję jak najkrócej budowę sprzętu, jego przeznaczenie, a wreszcie i sposób użycia.

Było to moją ustawiczną troską, że dla braku tratw lub czółen na jeziorach tatrzańskich wyżej położonych, należało systematyczne badania ograniczyć do dwóch tylko jezior (Rybie, Czarny Staw pod Kościelcem) leżących na średnich wzniesieniach (1400—1620 m.). Niżej położone jeziora w Tatrach polskich, jak Stawy Toporowe, Stawek Smreczyński w Dolinie Kościeliskiej, płytkie i moczarowate, a więc zbliżające się pod względem swej termiki do jezior nizinnych, nie budziły interesu naukowego. Dla ich badania termicznego, czy też biologicznego, bardzo łatwo postarać się na miejscu o zbudowanie tratwy, gdyż leżą one jeszcze bardzo dobrze wśród zasięgu leśnego. To, co tutaj jest drobnostką, staje się dla jezior tak wysoko położonych, jak Zadni Staw pod Świnnicą, lub Zmarzły Staw pod Zawratem, wielką trudnością, nawet wobec znaczniejszych ofiar materialnych.

Wyczytawszy w pracy p. E. Fugger'a, Salzburg's Seen (Separatabdruck aus den Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Bd. XXX, Salzburg 1890), wiadomość o bardzo prostym i ciekawym przyrządzie umożliwiającym zwykle sondowania mniejszych jezior bez pomocy tratwy, postanowiłem wypróbować jego użyteczność, aby go następnie ewent. zastosować do termometrycznych sondowań niedostępniejszych jezior w Tatrach. Zachęcały mię do tego pomysłu rezultaty, jakie E. Fugger wspólnie z prof. C. Kastner'em osiągnął był na siedmiu jeziorach saleburskich. Zbudowany według wskazówek i rycin Fugger'a przyrząd, okazał się, po wprowadzeniu kilku drobnych zmian, wcale praktyczny, o ile można było wnosić z prób dokonanych na stawie nizinym średniej wielkości i głębokości.

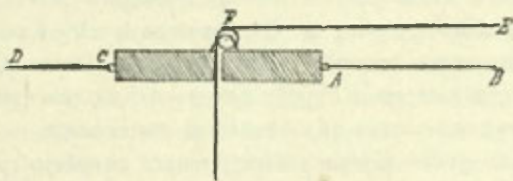
Urządzenie przyrządu („tratwki“) jest następujące. *CA* jest deską prostokątną 29 cm. długości, 20 cm. szerokości, a 2 5 cm. grubości; w jej środku *F* znajduje się



Ryc. 4.

otwór, a ponad nim umieszczony jest bloczek mosiężny wraz z jarzem, które nie pozwala sznurkowi przechodzącemu przez blo-

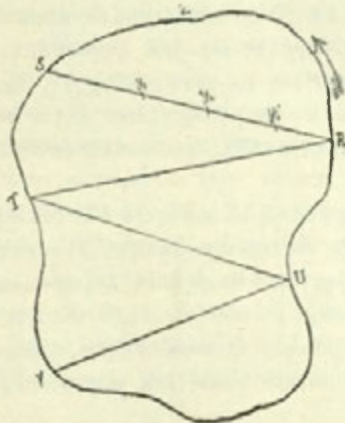
czek opuścić swego rowka. Po obu węższych bokach deski są przytwierdzone drewniane listwy HJ i KL długości 71 cm., szerokości



Ryc. 5

3 cm. a 35 cm. wysokości i to w ten sposób, że wystają one jednako poza deskę. Na obydwie wolne końce tych listw dają się nasadzić i zaklinować dwa drewniane krągłaki MN i OP

długości 1,5 m., a 8 cm. średnicy, które w każdej chwili dają się odjąć od całości (np. dla wygody podczas transportu). Do środków obu listw przywiązują się w punktach A i C dwa długie sznury AB i CD , które służą do manewrowania trawką pływającą na powierzchni jeziora. Przez rowek bloczka F popod jarzemko przechodzi trzeci sznur, znacznie cieńszy od tamtych dwóch, wchodzi w otwór deseczki, a na końcu swym dźwiga ciężar używany przy sondowaniu. względnie pudło z termometrem minimum. Obydwa sznury AB i CD służą, jak się powiedziało, do poruszania dowolnego trawką po wodzie i unieruchomienia jej na pewnym żądanym stanowisku jeziora; są więc one sznurami do napinania służącymi, trzeci zaś sznur EFG służy do właściwego oznaczania głębokości. Jest on pomalowany farbą olejną białą i czerwono naprzemian co metr długości, każdy zaś co



Ryc. 6.

dziesiąty metr czarno. Każdy z grubych sznurów posiadał (w moim przyrządzie) 400 metrów długości i mógł być z obu stron jeszcze nadsztukowanym zwykłym mocnym szpagatem, o długości znowu 400 m. Cienki sznur mierniczy EFG posiadał długości 450 m.

Jeżeli zapomocą takiej „trawki“ mamy wykonać sondowanie termometryczne, to potrzeba do tego najlepiej trzech osób: po jednej do każdego z trzech sznurów. Obrawszy na brzegu jeziora punkt R spuszcza się stąd trawkę na wodę. Pomoceńnik A bierze sznur CD (nawinięty na drewniany kołowrot) i odwijając go, postępuje brzegiem aż do umówionego przedtem punktu S , gdzie na dany z punktu R znak ma się zatrzymać. Przy moich czynnościach ruszali zawsze dwaj ludzie A i B w drogę od R do S .

W punkcie S przewodnik napina gruby sznur, to samo czynią pracownicy P , Q którzy w R pozostali, a obserwator odczytuje przedewszystkiem azymut sznura RS zapomocą busoli. Następnie A ciągnie sznur CD , zaś P i Q znajdujący się w R popuszczają obydwie sznury AB i EF , skutkiem czego trawka rusza na wodę. Osoba Q pilnuje wyłącznie sznura mierniczego EF ; gdy przez jej rękę przeszło np. 50 m. sznura kolorowego, podczas gdy skutkiem statecznego napinania sznura EF blaszane pudło z termometrem ciągle znajduje się bezpośrednio pod deseczką, daje się sygnał spoczynku. A i P napinają obydwie grube sznury, zaś Q puszczać z lekka sznur EF pozwala termometrowi opaść do żądanej głębokości, którą na sznurze barwnym głośno odlicza. P słuchający tego liczenia zabezpiecza mię przed omyłką możliwą w takich razach, gdy człowiek na kilka stron naraz oko i ucho musi mieć otwarte. Zresztą wyciągając napowrót sznur EF (po należytem wytrzymaniu termometru pod wodą) liczyło się powtórnie tę samą głębokość dla kontroli.

Na dany sygnał z R pomocnicy A i B znajdujący się w S popuszczają sznura, P ciągnie swój sznur ku R , a równocześnie Q napina cienki sznur EF , zmuszając pudło z termometrem do ciągłego stykania się z dolną powierzchnią deseczki. Trawka pod pływa do R ; tutaj otwiera się pudło, termometr się odczytuje i przysposabia się go natychmiast do następnego pomiaru ¹⁾. Drugi sygnał dany z R do S wskazuje pomocnikom A i B , że mają sznur CD ku sobie pociągać, tym razem np. o 100 metrów od R ku S , co odczytuje się znowu na kolorowym sznurze EF , a zresztą postępuje się jak poprzednio. Tak samo można trawkę kolejno sprowadzać na stanowiska Y_1 , Y_2 , Y_3 ... coraz bliżej punktu S leżące, poczem za pociąganiem sznurów AB , EF , a równoczesnem zwalnianiem sznura CD , sprowadzić można trawkę napowrót do R .

Nowy sygnał, a pomocnicy AB poczynają ze sznurem CD lekko napiętym postępować dalej wzdłuż brzegu do nowego punktu T , sznur ten w razie potrzeby po drodze odwijając, a względnie szpagatem sztukując. Tutaj się zatrzymują; lina zostaje po obu stronach napiętą, azymut jej nowego kierunku (tj. RT) z punktu R zmierzonym, a trawka na wodę spuszczoną. Wzdłuż RT można teraz, jak poprzednio,

¹⁾ Termometr minimum Alt Nr. 29, którego używałem w r. 1892, musiał znajdować się w pozycji leżącej, w przeciwnym bowiem razie indeks szklany opadał własnym ciężarem. Przysposobienie go do następnego pomiaru polegało po prostu na pochyleniu termometru, razem z pudłem, naczynkiem do góry tak, że indeks wóród cieczy opadł aż do zetknięcia się z meniskiem cieczy. Do osadzenia termometru w dziurkowanym pudle, służyło łożysko blaszane wyścielone kauczukiem.

wykonać znowu szereg sondowań termometrycznych, co ukończywszy, przenoszą się osoby P i Q z punktu R na nowe stanowisko U , zabierając trawę ze sobą, ażeby stąd teraz wzdłuż kierunku UT dalsze pomiary wykonywać tak, iż wreszcie możnaby w ten sposób przejść z pomiarem gzyzgowato całe jezioro, jeżeli tylko brzegi jego nie są zbyt strome, a szerokość jego nienazbyt wielką.

Tak wygląda rzecz w teorii — łatwo i po prostu. Zapewne, że do sondowań samych tylko głębokości (do czego Fugger wyłącznie też używał przyrządu, nie zajmując się wcale pomiarami ciepłoty wód), dla jezior nizinnych albo powabnych i gościnnych jezior salcburgskich, których wzniesienie tylko wyjątkowo przenosi 1000 m., przyrząd Fuggera może oddawać dobre i szybkie usługi. Że dla jezior tatrzańskich sprawa ma się odmiennie, zwłaszcza wówczas, gdy chodzi o termometryczne sondowania, zaznaczyłem już poprzednio. Prócz trudów połączonych z pochodem po dzikim pobrzeżu (jak np. przy Stawie pod Rysami wzdłuż stóp Turni Mięgoszowieckiej), z ustawicznym wyplatywaniem sznura pomiędzy kupami złomisk granitowych i całej stąd wynikłej mitręgi czasu, dalszą stratą czasu jest okoliczność, że po każdym zapuszczeniu termometru pod wodę, wytrzymaniu go tam przez jakie 10 minut, potrzeba było za każdym razem całą trawę wraz z termometrem, sznurem do brzegu przyciągać, ażeby jedną i to kosztowną liczbę na termometrze odczytać. Pomijam już utrudnienia przypadkowe, jakimi w r. 1892 były np. pola śnieżne, zalegające miejscami pobrzeże wyższych jezior.

Wobec tego co przytoczyłem, nie zadziwi to nikogo, że mój plon obserwacyjny zebrany zapomocą zmyślnego przyrządu Fuggera był nader skromny. Otrzymałem tą metodą wszystkiego kilkanaście liczb odnoszących się do Stawów: Przedniego, Zadniego i Zmarzłego. Pomimo szczupłości tego zbioru, liczby dla jednego z nich okazały się tak interesującymi, że pouczenie, jakiego dostarczyły, opłaciło mi swoje trud wyłożony na ich otrzymanie.

O przyrządzie Fuggera musiałem tu wspomnieć, chociażby dlatego, ażeby wytłomaczyć genezę znalezionych liczb termometrycznych u jezior niedostępniejszych, a skutkiem tego nie posiadających tratwy. Zresztą sam przyrząd jest u nas, zdaje się, mało znany¹⁾, a przecież

¹⁾ Pierwszeństwo pomysłu takiej trawki należy się Fryderykowi Fuchsowi, który na 30 blisko lat przed Fuggerem proponował takie narzędzie w celu sondowań głębokich jezior i to właśnie tatrzańskich (Fuchs: Die Central-Karpathen mit den nächsten Voralpen, Pest 1863, str. 34-37; por. także Dezsö: Die Meeraugen der Hohen Tatra, Jahrb. d. ung. Karp. Ver., Bd. III, Kosmark 1876, pag. 27). Zdaje się, że Fuchs robił w Tatrach próby z tem narzędziem; przynajmniej wzmianka

będzie on, pomimo pewnej nieporęczności, jedynym zapewne środkiem, jakiego należałoby się chwycić, gdyby kiedykolwiek wysokie jeziora tatrzańskie miały być dalej badane pod względem termicznym.

Inne czynności, którym się oddawałem podczas pobytu swego w r. 1892. przy jeziorach tatrzańskich, były:

a) sondowania termometryczne wzdłuż „osi“ Rybiego, specjalnie wykonane w celu poznania krzywienia się powierzchni isotermicznych w kierunku najdłuższej cięciwy jego konturu;

b) pierwszy dłuższy szereg t. z. „płytkich“ albo jednowęzłowych sondowań, wykonanych w różnych miejscach jeziora;

c) dochodziłem bliżej drobnych różnic ciepłoty wody na powierzchni jeziora w różnych miejscach;

d) mierzyłem, jak zwykle, ciepłoty dopływów, okolicznych źródeł, spadłej deszczówki, odczytywałem wodoskaz i wykonałem znaczącą ilość pomiarów hypsometrycznych.

Wielorakość tych czynności sprawiła, że nie w każdym kierunku zdołałem osiągnąć wyniki całkiem zaspakajające, pomimo, że do tych prac miałem pomoc rozsądnego i obrotnego służącego. Nawet we dwóch, niepodobna było równocześnie robić wszystkiego, być tu i tam; zajmując się jednym, traciło się z oczu rzecz inną. Jedna część programu: pomiar wysokości, na której rozlegają się pola śnieżne w otoczeniu Rybiego (na zboczach Miękusowieckiej Turni, Rysów i Żabiego), przybliżony pomiar ich powierzchni, względnie objętości, jakoteż bardzo pożądana kwestya prawdopodobnej ruchomości tych utworów częścią zlodowaciałych, musiała niestety pozostać niewykonaną.

Podobne czynności były wykonywane i co do innych jezior tatrzańskich, lubo na skalę znacznie mniejszą. Pobyt swój w górach musiałem zresztą wówczas skrócić wskutek stłuczenia się termometru minimum (25. lipca 1892. r.).

Zebrany materiał pozwolił m. i. wniknąć lepiej w ciemną jeszcze dla mnie kwestyę jakości ułożenia powierzchni isotermicznych Jeziora Rybiego, przynajmniej wzdłuż głównego kierunku jego basenu i po raz pierwszy doprowadził mię do wniosku, że cała mechanika tego jeziora (więc bardzo prawdopodobnie także i innych jezior tatrzańskich), polega na nieustannej czynności prądów podwodnych, poziomych, pochyłych, a wreszcie, stosownie do pory roku, pionowych. Pośrednio stwierdziłem również zmienną grę prądów nawet

jego o wycinaniu kosówki po brzegach, o wielkich przybrzeżnych złomach skalnych „wo mehrere Leute allein zum Losmachen der sich jeden Augenblick dazwischen verfangenen Leine erforderlich sind...“ zdają się na to wskazywać.

w przeciągu doby występującą, przekonawszy się, że środek jeziora (na powierzchni) jest za dnia chłodniejszy, nocą cieplejszy od wody brzegi jego oblewającej, co już samo przez się wystarcza do wywołania płytkich i powierzchniowych prądów. Nie przypuszczałem wówczas, że prądy takie, przynajmniej górne, dadzą się w pewnych warunkach okiem dojrzeć, a nawet w ogólnych konturach odrysować. Jak się o tem w następnym roku przekonałem (zob. ustęp poniższy).

Pomiary i badania w r. 1893.

W lipcu i sierpniu 1893 r. bawiłem przy Rybiem i sąsiednim mu Stawie (Czarnym) pod Rysami dni jedenaście. Program zajęć moich był podobnym do przeszłorocznego. Raz przekonany o głównej roli prądów w całej mechanice jeziora, szukałem jakichś praktycznych środków, któreby pozwoliły mierzyć tak wierzchni jak i wewnętrzny ruch wody, jego kierunek i chyżość, chociażby w przybliżeniu. Urządzenia obserwacyjne, które pod tym względem nasunęły mi się na myśl, a które częściowo wykonałem, nie odpowiedziały swemu przeznaczeniu¹⁾. Co prawda, to że już z góry niewiele po nich oczekiwałem. Ograniczyć się musiałem ostatecznie do bardzo pierwotnego środka, który i tak więcej ambarasu niż korzyści przyniósł. Dwadzieścia kilka deseczek różnej postaci i wielkości zostało kolejno policzbowanych, a następnie sporadycznie, o chwilach zanotowanych, w miejscach na mapce oznaczonych, bądź rzutem z brzegu, bądź też z tratwy na wodę spławionych. Czas jakiś śledzono okiem ruchy kilku takich deseczek i kierunek ich ruchu w przybliżeniu na mapce zaznaczano; miało to umożliwić diagnozę tej lub owej deseczki po dłuższym przeciągu czasu, wśród którego czem innym byliśmy zajęci. Niepodobna było trawić czas na ciągłe wpatrywanie się w powolny, często jakby niezdecydowany ruch takich pływaków. Diagnoza z brzegu nie zawsze była możliwą, a mniejszych deseczek, nawet używając lornety, najczęściej nie można było dostrzedz. Dopiero krążenie tratwą po jeziorze pozwoliło później (często aż nazajutrz) trafem wyłowić jedną lub drugą

¹⁾ Najodpowiedniejszym jeszcze okazało się narzędzie, polegające na różnicy między ciśnieniem hydrostatycznym a hydrodynamicznym. Próby okazały, że gdyby takie narzędzie było sporządzonem jak należy przez mechanika, to mogłoby istotnie oddawać dobre usługi, a mianowicie wyznaczać tak kierunek prądu podwodnego, jak też i jego chyżość. Sprzęt, którym pierwsze próby robiłem, był jednak tylko modelem dość niedołężnie przez mego pomocnika sporządzonym.

taką liczbowaną deseczkę w miejscu, które tylko bardzo „z grubsza”, dawało się podać na mapie. Dane stąd płynące: dwa czasy i dwa miejsca mało dokładne, mało mię informowały o drodze, jaką deseczka odbyła. Kilka z nich puszczonech na środku jeziora znaleźliśmy przy brzegu; większości nie odnaleźliśmy wcale. Było dla mnie zdarzeniem najmniej spodziewanem, już pod koniec mego pobytu w górach, znaleźć w tej mierze szczególniejsze ułatwienie dostarczone przez samą przyrodę.

Dnia 31. lipca 1893 r. popołudniu, gdy bardzo drobny ale gęsty i rześisty deszcz skrapiał całą Dolinę Rybiego, przy ciszy zupełnej,



Ryc. 7.

Prądy nawodne, obserwowane na „Czarnym Stawie” (pod Kościelcem)
d. 6. sierpnia 1893 r. w czasie drobnego i rześistego deszczu.

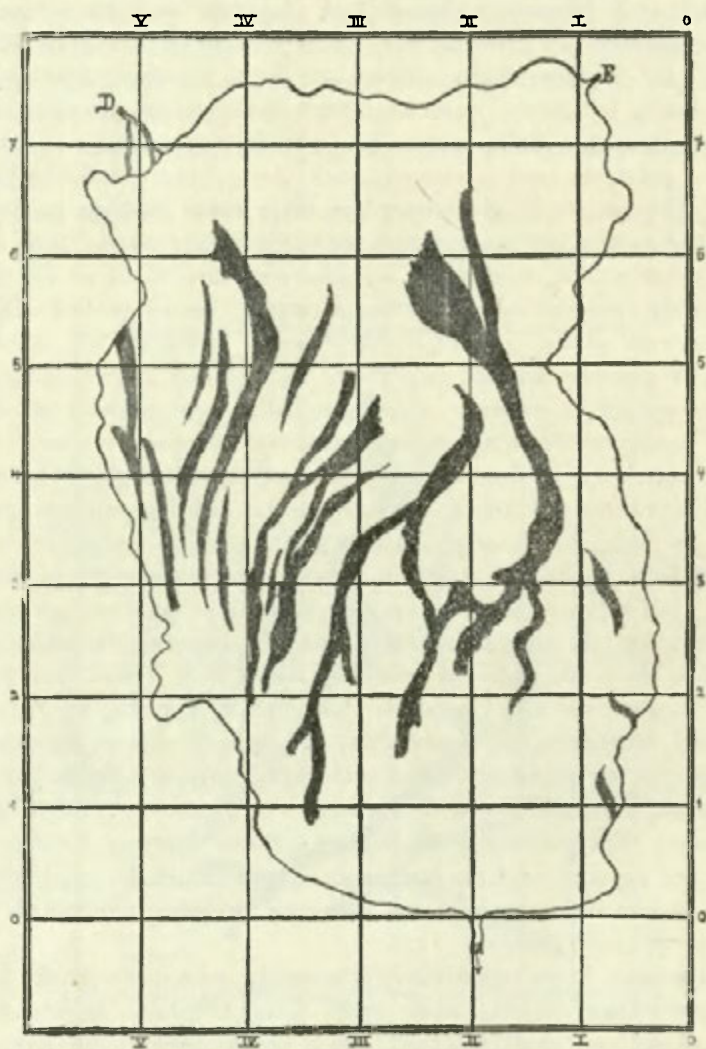
dostrzegłem ze zdziwieniem, że powierzchnia jeziora, pokryta zazwyczaj jednostajnie drobnymi zmarszczkami, przedstawia teraz osobliwą

fizyognomię. Nieporównanie większa część tej powierzchni była i teraz lekko pomarszczoną, a rozproszone światło dzienne, odbijające się od tych drobnych faleczek, nadawało tym obszarom wodnym połysk jasny i migotliwy. To jasne tło było poprzerywane na wszystkie strony ciemnymi smugami bardzo różnej szerokości i nader rozmaicie powyginanymi, jak gdyby rzekami wyrysowanymi na specjalnej karcie geograficznej, z którą można było wówczas całe jezioro porównać. Postać i położenie tych ciemnych „rzek“ były prawie całkiem nieruchome: dopiero po 1½ godzinnym przeciągu czasu mogłem na pewne stwierdzić mierną zmianę rysunku główniejszych z pośród nich. Niekiedy jedno z nich stawały się wyraźniejsze, inne nieco się zacierały, ale wkrótce rysunek powracał do pierwotnej swojej postaci. Działo się to zawsze wtedy, gdy rześistość deszczu wzmagala się, albo też słabła. W pierwszym razie, pourywane tu i owdzie czarne smugi, nie mające poprzednio żadnego wyraźnego (dla oka) związku ze sąsiednimi bardzo trwałymi takimi smugami, wydłużwszy się nieco w obie strony, zdradzały bardzo wyraźną łączność z owymi głównymi smugami i wytwarzały w ten sposób zamknięte koliska: ciemne ramy, wewnątrz których błyszczało jasne „pole“ wodne, ustawicznym połyskiem. Robiło to wrażenie, że owe smugi czarne nie są niczem innym, jak tylko strugami wody płynącej po powierzchni jeziora i w małej pod nią głębokości. Jakoż istotnie najpotężniejsza taka smuga poczynała się (o ile widocznie dla oka) blisko tyłu jeziora pod ścianą Turni Mieguszowieckiej, zataczała łuk stroną wypukłą ku Żabiemu zwrócony, miejscami się rozdwajała, zwężała i znowu rozszerzała, a postępując ku przodowi (tj. ku schronisku) prawie całkiem już wyprostowana, zmierzała wyraźnie ku przerwie w morenie jeziora, tj. ku odpływowi. Przypominam, że obydwie główne dopływy Rybiego (od Stawu pod Rysami i od Stawu Staszica poza Mniczem) znajdują się w tyle jeziora dość symetrycznie rozłożone względem najdłuższej jego cięciwy (tj. „osi“ jeziora).

Zjawisko, które oglądaliśmy z werendy schroniska (blisko 12 m. nad powierzchnią jeziora), miało cechę takiej trwałości, że jeden z widzów pokusił się o sporządzenie ołówkiem dorywczego szkicu. Rycina 8. może dać chociażby niejaki wyobrażenie o postaci tego ciekawego objawu przyrody; rycina 7. przedstawia to samo zjawisko obserwowane w kilka dni później (6/VIII. 1893.) na Stawie Czarnym pod Kościelcem, również dopiero podczas drobnego, gęstego deszczu zauważone¹⁾. Obydwie rysunki nie mają naturalnie żadnej pretensji do zupełnej wierności.

¹⁾ Obie ryciny są już przerysem widoku w perspektywie na rzut ortometryczny.

Poleciłem podczas tego deszczu zanieść na tratwę sześć deseczek. Z nich trzy spuszczone na jasne obszary, ulegając drobnemu falowa-



Ryc. 8.

Prądy nawodne, obserwowane na „Rybiem Jeziorze“ dnia 31. lipca 1893. roku w czasie drobnego i rzęskiego deszczu.

niu wody, wykonywały ruchy miejscowe, nie okazując żadnej wyraźniejszej tendencji do ruchu postępowego; trzy inne, spuszczone na ciemne smugi, sunęły dość zwawo po powierzchni jeziora i nie opu-

szczając „koryta“ smug rzeczonych, zmierzały wprost ku odpływowi. Dodam, że z tratwy oceniono szerokość smug na 8 metrów i więcej, jakoteż, że mój pomocnik wróciwszy z jeziora na brzeg, zapewnił, iż wyróżnianie smug od jasnych obszarów nie sprawiało mu z tratwy najmniejszej trudności.

Dnia 6. sierpnia 1893. r. obserwowaliśmy podobne zjawisko na Stawie Czarnym pod Kościelecm w podobnych jak tutaj warunkach. I tym razem powtórzyliśmy ową próbę z większemi trzaskami, znowu ze skutkiem jednakim. Ruch względny (postępowy) dwóch trzasek: jednej na smudze, drugiej poza smugą był tak wybitny, że pokusiłem się wówczas nawet o pomiar, co prawda tylko niedołączny, tego ruchu. Nie przewidując rzeczy, nie zabrałem z domu żadnego narzędzia, którem możnaby było w takiej rzeczy skutecznie się posłużyć; do mierzenia kątów miałem z sobą jedyne narzędzie: bussolę Krafft'a z dyoptrą i pryzmatem o zupełnej refleksyi. Osadziwszy ją stale na drewnianej poręczy werendy w okrągłym dołku, wyżłobionym na prędcie w poręczy, celowałem dyoptrą naprzemian to do jednej, to znowu do drugiej deseczki, odczytywałem kąty i notowałem zaraz chwile, mając zegarek przed sobą. Oto liczby, które zdołałem uchwycić uporządkowane już według obydwóch celowanych przedmiotów:

Deseczka A (na tle jasnym)		Deseczka B (na ciemnej smudze)	
3 ^h 28·5 ^m	kąt = 138·5 ^o	3 ^h 26 0 ^m	kąt = 137·0 ^o
3 38·4	„ „ 138·2	3 31·3	„ „ 135·5
3 41·3	„ „ 138 0	3 35 0	„ „ 135·7
3 45·3	„ „ 137·5	3 47·3	„ „ 135 0
4 0 0	„ „ 138 0	3 51 0	„ „ 134·5
4 8 0	„ „ 138·3	3 53·5	„ „ 133·6
		3 56·0	„ „ 132·5
		4 5·3	„ „ 130·7
		4 12·5	„ „ 129·5.

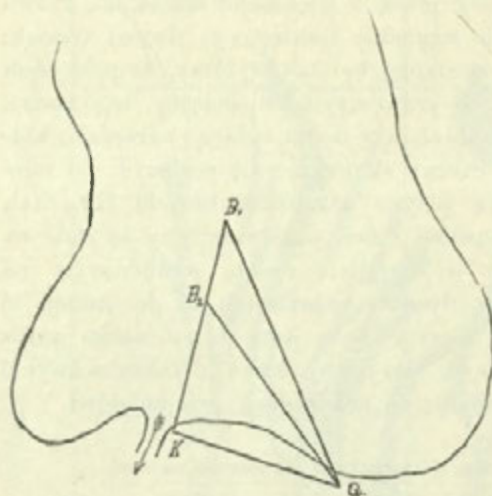
Azymut (magnetyczny) wierzchołka „Kopki“, znajdującej się tuż przy odpływie (niedobrze widzialnym z mego stanowiska) = 88^o.

Pomimo małej dokładności kątów, na co wówczas rady nie było, widać przecie już i z tych liczb wyraźnie, że A w porównaniu z B było prawie nieruchomem. Dalsze śledzenie ruchów obydwóch pływaków utrudniła mgła, która wkrótce wypełniła całą kotlinę jeziora.

Chyżość przedmiotu B nie daje się z tych liczb bezpiecznie oznaczyć, gdyż odległość pływaka od mego stanowiska dała się podać tylko w przybliżeniu na 200 metrów. Lepiej znaną mi była odległość „kopki“

od mego stanowiska, a to dzięki mapce brzegów tego jeziora, którą Dziewulski sporządził¹⁾; wynosiła ona blisko 180 m. Te dane pozwalają w grubszym przybliżeniu oznaczyć szukaną chyżość, a to jak następuje.

Na rycinie 9-tej punkt B_1 oznacza położenie pierwszego pływaka, B_2 drugie, jakie zajmuje on na wodzie po upływie dłuższego przeciągu



Ryc. 9.

czasu; K jest wspomniana „kopka” przy odpływie, która służyła poniekąd za miarę, Q mojem stanowiskiem. Lubo wielka smuga, na której pływak B się poruszał, nie była linią prostą, to jednak z pominięciem niewielkich jej zagięć całość jej była do linii prostej zbliżoną, zwłaszcza w części jeziora z odpływem sąsiadującej. Główny kierunek smugi można więc było przyjąć za jednaki z prostą B_1B_2K , skoro smuga najwyraźniej ku odpływowi zmierzała. Biorąc punkt B_1 za pierwsze, B_2 za

ostatnie (obserwowane) położenie pływaka B , mamy kąty α_1 i α_2 busołą z punktu Q zmierzone $\alpha_1 = 137^\circ 0'$, $\alpha_2 = 129^\circ 5'$, a że azymut punktu K wynosił $88^\circ 0'$, przeto

$$\sphericalangle KQB_1 = (137^\circ 0' - 88^\circ 0') = 49^\circ 0'$$

$$\sphericalangle KQB_2 = (129^\circ 5' - 88^\circ 0') = 41^\circ 5'$$

Te kąty oznaczam krótko głoskami θ_1 i θ_2 . a nadto kąt przy B_1 głoską β_1 . W trójkącie KB_1Q znamy dwa boki $QK = 180$ m. (z karty Dziewulskiego), $QB_1 = 200$ m. (z ocenienia, orientując się według tej samej karty), a nadto kąt $KQB_1 = \theta_1 = 49^\circ 0'$. Rozwiązując ten trójkąt, znajdujemy wartość kąta $KB_1Q = \beta_1$ równą $58^\circ 9'$, a rozwiązując dalej trójkąt B_1QB_2 , w którym znamy bok $QB_1 = 200$ m. i dwa kąty β_1 i $B_1QB_2 = (\theta_1 - \theta_2) = 7^\circ 5'$, znajdujemy $B_1B_2 = 28.5$ m. A że tę długość przebył pływak w czasie $(4^h 12.5^m - 3^h 26.0^m) = 46.5$ minut, więc godzinna średnia jego chyżość wynosiłaby

¹⁾ Pamiętnik Tow. Tatr. tom VII, Kraków 1882, str. 81.

$$\frac{28.5 \cdot 60}{46.5} = 36.8 \text{ metrów.}$$

Liczba ta, stosownie do bardzo miernej dokładności środków obserwacyjnych, może posiadać znaczenie jedynie z daleka informujące o rzeczywistych rozmiarach, jakie chyżość wierzchnich prądów na tem jeziorze może osiągać. Ponieważ główny dopływ jeziora (od Zmarzłego Stawu pod Zawratem) leży w samym tyle jego prostoliniowej odległości 570 m. od odpływu *K*, więc uwzględniając liczne krzywienia się strugi, nie oddalimy się zbyt od prawdy, jeżeli przyjmiemy rzeczywistą jej drogę o jakie 100 m. dłuższą, a więc około 670 m. wynoszącą tak, że struga wodna na całą wędrówkę po jeziorze potrzebowalaby nieco więcej niż 18 godzin. Ale to są oznaczenia, przy których tak za kilka metrów, jak i za dwie lub trzy godziny czasu rzeczy na razie niepodobna. Nie wątpię, że przyrodnik zaopatrzony się w odpowiednie narzędzia i wiedząc na co ma patrzeć, potrafiłby bez żadnego większego zachodu ustalić ilościowo, a znacznie dokładniej, ciekawe te zjawiska, co do których nie wiem, czy zwróciły kiedy uwagę jakiego ze światlejszych turystów tatrzańskich. Jak do tej chwili, mogę stanowczo twierdzić tylko tyle, że smugi są niewątpliwie prądami wodnymi i że tak powstać ich, jako też położenie pozostają w najściślejszym związku z rozkładem temperatur w górnych warstwach jeziora. Gdyby mi było wolno kierować się analogią, jaka zapewne będzie istniała między nimi a potężnymi strumieniami w oceanach, t. j. prądami morskimi, to w owych zamkniętych, spokojnych i połyskujących koliskach jeziora tatrzańskiego upatrywałbym miniaturowy obraz tych wielkich, prądami zamkniętych obszarów oceanu, które w tym stopniu są nieruchome, że mogły stać się nawet glebą bujnej roślinności oceanicznej (łąki *Sargasso*). Jeżeli w upatrywaniu analogii posuwam się tutaj może za daleko, to pierwszy będę gotów porzucić taki domysł, gdyby przyszłe w tej mierze spostrzeżenia dostarczyły faktów, na co innego wskazujących.

Jeżeliby wreszcie chodziło o wytłomaczenie, dlaczego górne prądy jeziora dają się w postaci ciemnych smug dostrzedz dopiero podczas deszczu, a zresztą są niewidzialne, to na pytanie takie mógłbym dać jedną tylko odpowiedź. Krople deszczu niepokojąc raz po raz powierzchnię wody, stojącej albo albo leniwie płynącej, wywołują na niej ustawiczne faleczki, które interferując między sobą bezładnie, wyginają najróżnorodniej zwierciadło wody w różnych punktach, a ciągle zmiennie w jednym i tym samym punkcie i sprawiają w ten sposób bezustanne migotanie światła. Wrażenie nie inne, jak to, którego

doznajemy, gdy pozawieszane na niciach liczne ułamki szkła w słońcu i przy wietrze zdają obserwujemy. Te same krople deszczu padając na strugę wody, płynącej w kierunku dobrze ustalonym, wywołują wprawdzie także drobne faleczki, ale te, zostając pod przymusem postępowego ruchu strugi i nie mogąc teraz interferować tak bezładnie jak poprzednio, wytworzą na tych miejscach postać hydrodynamicznie utrwaloną, jak gdyby żyłą wodną, której powłoka przybierze kształty od czasu prawie niezawisłe. Refleks pochodzący od takiej utrwalonej postaci, chociażby doprowadzał do oka pewien zasób rozprzeczłego światła, nie zdoła jednak oczywiście wywołać migotania, zależnego od drobnej wprawdzie, ale ustawicznej zmiany kontrastów światła na jednym i tem samym miejscu. Że tak jest w istocie, wystarczy przypatrzeć się widokowi, jaki sprawiają w czasie deszczu większe kałuże i głębsze a pochyłe ścieki wodne, oboje z dalsza obserwowane.

W miejsce słuczonego termometru Alt Nr. 29 zaopatrzyłem się w tym roku w dwa wielkie termometry minimalne, specjalnie do moich celów wykonane w pracowni mechanicznej W. J. Rohrbeck's Nachfolger we Wiedniu. Obydwa (Rohrb. Nr. 1 i Rohrb. Nr. 3) urządzone były według ulepszanego systemu Six'a; jako materię cieplomierniczą zawierały kreozot, wypełniający wielką bańkę, który zmieniając swą objętość, popychał krótki słupek rtęci, a pośrednio index żelazny, połączony w kreozocie. Pomimo jednakiej wogóle budowy, oba termometry (R_1 i R_3) różniły się jakością podziałki. R_1 miał zwykłą podziałkę Celsjusza, sięgającą od -0.4°C . do $+19^{\circ}\text{C}$. i dozwalał odczytywać $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$. (w przypuszczeniu jednostajnej rozszerzalności kreozotu), drugi (R_3) posiadał skalę dowolną (arbiträre Scala), dzieloną na milimetry, a odczytanie jego należało dopiero krótkim rachunkiem zamieniać na stopnie i części stopnia. Najwyższa temperatura, do której R_3 mógł być jeszcze użytym, wynosiła tylko 11.4°C . Przy tak małej rozległości pionowych zmian ciepłoty, jaką wykazują jeziora tatrzańskie, podziały sięgające wyższych temperatur były niepotrzebne: wyzyskałem tę okoliczność, ażeby za to znacznie powiększyć dokładność odczytań temperatury. Niepewność odczytania przy R_1 wynosiła też zaledwo $\frac{1}{10}^{\circ}$, przy R_3 jeszcze mniej, to tylko $\frac{1}{100}^{\circ}\text{C}$., a przy dostatecznej wprawie obserwatora nawet nie tyle. Bez przesady mogą utrzymywać, że piękny i kosztowny termometr R_3 mógł dawać temperatury z dokładnością niemal jednej setnej części stopnia C., jeżeli tylko był używanym z należytą przezornością i jeżeli do odczytań na nim dołączone zostały poprawki z powodu błędu w kalibrze rurki, różnicy rozszerzalności rtęci i kreozotu, a wreszcie zmienności ciśnienia, któremu narzędzie ulegało podczas rozmaitych pomiarów. Poprawki rzeczony,

zresztą nader małe, zostały dla obu termometrów empirycznie wyznaczone z wszelką troskliwością, a liczby, które podaję niżej w tekście, są ciepłotami już poprawnemi. Obydwa termometry używały się w pozycyi leżącej.

Prócz głębokich sondowań termometrycznych, które zawsze budzą zainteresowanie, wykonałem w tym roku termometrami (R_1 przeważnie na Rybiem. R_3 na Czarnym Stawie pod Kościelcem) dłuższy szereg płytkich sondowań w jednym i tem samym miejscu jeziora w celu ostatecznego przekonania się, jak daleko sięgają w głąb dzienne zmiany ciepłoty i o ile zmniejszoną jest tam ich amplituda. Zależało wielce na tem, ażeby taki szereg odnosił się istotnie do tego samego miejsca na jeziorze; przewidując bowiem, że zmiany te będą już tylko drobnemi, i wiedząc, że w tym samym czasie i w tej samej głębokości, ale w dwóch różnych miejscach jeziora, temperatury nie całkiem są identyczne, obawiałem się, że drobne zmiany ciepłoty, spowodowane zmiennością czasu i miejsca, mógłbym złożyć na karb zmienności samego tylko czasu. Zapobiegłem temu, wykonywając te pomiary stale z tyłu tratwy (10-cio metrowej), uwiązanej przodem do brzegu dwumetrowym powrozem w zwykłej jej przystani stale w 12-to metrowej odległości od brzegu, starając się powrozowi napiętemu nadać (kilkoma ruchami wiosel) kierunek prostopadły do linii samego brzegu. Kilkometrowa tylko głębokość jeziora w tem miejscu pozwalała zresztą za dnia bardzo dobrze widzieć dno jeziora, a nawet wyróżniać jego szczegóły, m. i. dwie butelki, które umyślnie w tem miejscu zatopiłem.

Sondowania termometryczne, wykonane w pobliżu dopływów, potwierdziły przedewszystkiem wykazaną rok temu krzywiznę powierzchni izotermicznych i to w stopniu takim, że gdyby nie powtórny pomiar i odczytania liczb termometru czworgiem oczu, nie mógłbym temu uwierzyć. M. i. w dwóch rozmaitych miejscach jeziora znalazłem ciepłotę wody 6.2°C . raz w 9.5 m . drugi raz w 1.1 m . głębokości! Obydwa stanowiska były, co prawda, oddalone od siebie na $150\text{--}180\text{ m}$., ale i tak pochylenie (t. j. kąt z poziomem) izotermicznej powierzchni osiąga wartość całych trzech stopni na tej przestrzeni. W najbliższem sąsiedztwie dopływu (a) z pod Żabiego, znalazłem pochylenie nawet jeszcze większe. Bardzo zimna woda tego małego dopływu ($+3.2^{\circ}\text{C}$.; wszedłszy do jeziora $+3.8^{\circ}\text{C}$.), wlewając się energicznie w basen Rybiego, nie mięszała się przy brzegu wcale z jego ciepłemi ($+10.0^{\circ}\text{C}$.) wodami, ale „przebijając“ jego powierzchnię, sunęła wprost na dno, zrazu płytkie, staczając się zaś po jego stromej już dalej pochyłości, dawała się — jeszcze w odległości 10 metrów od brzegu — termometrem na dnie wysledzić. Dnem samem spływają

zatem. jak widać, najzimniejsze z dopływów jeziora, nie stosując się do uwarstwienia poziomego, ale samej tylko pochyłości (ku środkowi) dna jego ulegając i tam w najniższych miejscach się zbierając. Wywiercony niejako takim spadzistym dopływem, w spokojnych wodach jeziora kanał, przeprowadza strugę zimnej i ciężkiej wody w największe głębie basenu i to wśród otoczenia, które przy bardzo złem przewodnictwie ciepła wody z góry na dół, może ciepłotę strugi tylko nieznacznie podwyższyć. Na podstawie spostrzeżeń, co prawda tylko dwuletnich, wnoszę, iż ciepłota wody w największych głębokościach jeziora jest (w porze letniej) niemal identyczną z ciepłotą tego dopływu, którego ciepłota jest najbliższą wartości $+4^{\circ}\text{C}$. Drobną różnicą, która będzie między temi liczbami istniała, daje się wybornie wytłomaczyć wielkiem ciśnieniem hydrostatycznym, jakiemu ulegają wody w tych głębiach, jak to w następującym rozdziale zobaczymy. Będę się starał tam wykazać, że tak ciepłoty nieco niższe od $+4^{\circ}\text{C}$., jakie na dnie obserwowano, jako też ułamkiem stopnia Celsiusza wyższe od ciepłoty warstw nieco wyższych, dają się w zupełności objaśnić współdziałaniem ciśnienia (prócz ciepłoty) w dążności wód do wytworzenia stałej równowagi jeziora i że nie tyle ciepłota jak gęstość wody, zależna równocześnie i od ciepłoty i od ciśnienia, decyduje o jakości uwarstwienia. Co się tyczy dopływów, to żalować należy, że inni obserwatorowie, którzy mieli sposobność sondować termometrycznie Jezioro Rybie i inne jeziora tatrzańskie w czasach innych, niż sam to czyniłem, nie mierzyli równocześnie ciepłoty wszystkich ważniejszych dopływów jeziora. Przyrost zajęcia obserwatora stąd wynikający będzie tylko nieznacznym: wystarczy bowiem obejść jezioro dokoła ze zwykłym termometrem w rękę, co w przeciągu dwóch godzin daje się bardzo dobrze przy Rybiem wykonać.

Pomiary ciepłoty w okolicznych źródłach, odczytywania wodoskazu, a wreszcie dostrzeżenia meteorologiczne (ciepłota, ciśnienie powietrza, opad i t. d.) wypełniały resztę mego czasu na te zajęcia przeznaczonego.

Przedstawiwszy w tem, co dotąd, różne środki, narzędzia i metody, których używałem kolejno, w miarę jak własne moje poznanie rzeczy wzrastało, mogę obecnie przystąpić do liczbowego uzasadnienia swych wniosków, nie krępując się już dalej nierównocześnieścią ich pochodzenia. Rzeczy tej poświęcam rozdział następujący.

ROZDZIAŁ VI.

Dzienne i roczne zmiany ciepłoty w głębi jeziora.
Rola dopływów. Pionowy rozkład temperatur.
Zmiany wieloroczne.

Przejdziemy teraz kolejno objawy peryodycznych zmian ciepłoty pod powierzchnią jeziora, dziennych i rocznych.

Zmiany dzienne. O tych zmianach, nawet podczas pory letniej, daje się bardzo mało powiedzieć. Na rzecz zwróciłem swą uwagę dopiero w roku 1892.; lepszym termometrem badałem ją dalej w roku następnym, w obu jednak razach z miernym tylko powodzeniem. W obydwóch bowiem tych latach pobyt mój nad Rybiem przypadał na większość dni pochmurnych, słotnych i wietrznych, podczas których nawet ciepłota powietrza ulegała tylko niewybitnym zmianom dziennym, a sama ciepłota wody na powierzchni jeziora mogła skutkiem tego tylko drobne, czasem wątpliwe zmiany wykazywać. Z kilku nieco pogodniejszych dni zebrane pomiary umieszczam poniżej w całości. Przewidując, że dzienne zmiany ciepłoty wody nikną już w małych głębokościach, wykonywałem w każdej wolniejszej chwili (w niejednostajnych terminach) płytkie sondowania termometryczne, stale w głębokości 2·1 m. (w r. 1893. nieco płycej 1½ m.), a sporadycznie także w głębokości 4 m. Wiadomo, że dzienne zmiany ciepłoty gruntu stałego w strefie umiarkowanej znikają w głębokości 0·7—1·2 m.; wiadomo dalej, że według teoretycznych poszukiwań Fourier'a¹⁾ stosunek głębokości z_r , w której znikają zmiany roczne, do głębokości z_d , w której znikają zmiany dzienne, wynosi $\sqrt{365}$, t. j. blisko 19, co zgadza się bardzo dobrze z obserwacjami geotermicznymi, które w środkowej Europie dają 16—24 m. jako głębokość, w której znikają roczne zmiany. Wiedząc już z dawniejszych, tak obcych, jak i swoich pomiarów Jeziora Rybiego, że zmiany roczne nie przekraczają 35 m. głębokości, domyślałem się, że zmiany dzienne Rybiego będą się zacierały w głębokości $\frac{35}{\sqrt{365}}$, t. j. bliżej 2 metrów. To kierowało moim wyborem blisko dwumetrowej głębokości aby rozpatrzyć się w tem, czy fakta odpowiedzą przypuszczeniu; nie tałem jednak przed sobą, że analogia zjawisk tych

¹⁾ Fourier. Théorie analytique de la Chaleur, Paris 1822.

na gruncie stałym i w cieczy jest tylko daleką, i że skutkiem jej ruchliwości rzecz tu i tam może wypaść odmiennie.

W roku 1892. zdołałem zebrać tylko następujące dane:

Rok	Data	Godzina	Powierzchnia	1 $\frac{3}{4}$ m. głębok.	40 m. głębokości
1892.	17/7	8 ¹ a. m.	11·2° C.	10·6° C.	— ° C.
1892.	17/7	10 a. m.	11·6	10·35	10·2
1892.	17/7	11 a. m.	11·9	11·1	—
1892.	17/7	2 p. m.	13·5	10·6	10·35
1892.	17/7	2 $\frac{3}{4}$ p. m.	12·9	10·9	—
1892.	17/7	3 ¹ p. m.	11·9	—	10·55
1892.	17/7	4 $\frac{1}{4}$ p. m.	11·9	10·5	10·45
1892.	18/7	4 p. m.	10·9	10·6	—
1892.	18/7	5 p. m.	10·9	10·7	10·5
1892.	19/7	6 p. m.	10·3	10·0	10·0
1892.	20/7	8 a. m.	9·8	9·95!	9·7
1892.	20/7	10 a. m.	11·9	10·1	10·0
1892.	20/7	12 ¹ p. m.	11·0	9·85.	—
1892.	20/7	3 p. m.	12·0	10·05	9·8
1892.	21/7	8 $\frac{3}{4}$ a. m.	11·0	10·25	8·95!
1892.	21/7	6 ¹ p. m.	10·8	10·0	9·8

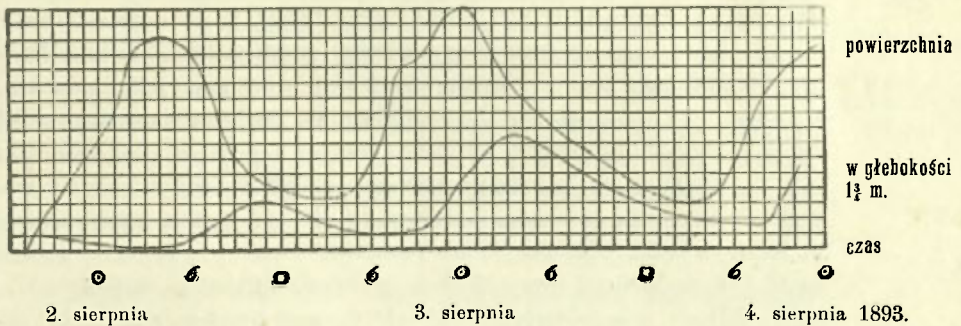
Z tych liczb nie daje się wyciągnąć żaden bezpieczniejszy wniosek. Dni pomiarów były, jak już wspomniałem, zimne i dżdżyste tak, że skutkiem tego sama „fala“ dziennego ruchu ciepłoty powietrza nie mogła się należycie rozwinąć. Wyjątek stanowił dzień 20-go lipca, w którym ciepłota powietrza od 3·5° (o 6. rano) wzniosła się do 14·3° (o 1. popołudniu), aby spaść do 7·6° C. (o 11. wieczór), ale powietrze w tym dniu było zarazem bardzo niespokojne, a jezioro wzburzone. Pomiarzy te, jak i z roku następnego, odnoszą się do tego samego miejsca na jeziorze, 12 m. od brzegu, sąsiadującego ze schroniskiem.

Nieco wymowniejsze są liczby, jakie zebrałem w r. 1893. I teraz wprawdzie aura pozostawiała wiele do życzenia, za to jednak większa dokładność termometru, którym się posługiwałem (Rohrbeck Nr. 1) i doświadczenie poprzednio nabyte, obiecywały lepsze powodzenie w tej mierze.

Otrzymałem liczby następujące:

1893 Dzień	Godzina	Woda na pow.	W głąbo- kości 1½ m.	1893 Dzień	Godzina	Woda na pow.	W głąbo- kości 1½ m.
28/7	12½ p.	12 9°	—	1/8	8 a.	10 5°	10 13°
28/7	8 p.	12 5	11 47°	1/8	10½ a.	10 4	—
28/7	9½ p.	12 3	—	1/8	12½ p.	10 7	—
29/7	6¼ a.	12 1	11 98	1/8	2 p.	10 7	10 11
29/7	8 a.	12 6	—	2/8	6 a.	10 1	—
29/7	9½ a.	12 9	10 52	2/8	7 a.	10 0	—
29/7	1½ p.	12 5	11 15	2/8	8 a.	10 2	10 11
29/7	4½ p.	11 6	11 33	2/8	3 p.	11 3	10 01
29/7	6¼ p.	11 4	10 36	2/8	4¾ p.	11 4	—
29/7	9 p.	11 7	10 72	2/8	5½ p.	11 4	—
30/7	7¼ a.	11 9	11 52	2/8	10 p.	10 6	10 41
30/7	1 p.	11 9	11 37	3/8	6½ a.	10 5	10 17
30/7	4¼ p.	11 9	10 37	3/8	8 a.	10 8	—
30/7	6¼ p.	11 0	10 07	3/8	9 a.	11 2	—
30/7	7¾ p.	10 7	10 21	3/8	11½ a.	11 3	10 28
30/7	9½ p.	10 8	10 52	3/8	1¼ p.	11 6	—
31/7	4¾ a.	10 9	10 51	3/8	3 p.	11 3	10 67
31/7	10 a.	11 6	10 55	3/8	10 p.	10 6	10 45
31/7	12½ p.	12 5	10 95	4/8	6 a.	10 4	10 21
31/7	7 p.	10 7	—	4/8	8 a.	10 8	—
				4/8	10½ a.	11 2	10 44

I ten materyał nie pozwala na wyciągnięcie wniosków stanowczych. Maxima, jakie wogóle w głąbkości 1½ m. otrzymano 11 98°, 11 52°, 11 47° przypadają wszystkie trzy na godziny (6¼ a., 7¼ a., 8 p.)



Ryc. 10.
Graficzne przedstawienie dziennego ruchu ciepłoty na powierzchni Jeziora Rybiego (górną krzywą) i w głąbkości 1½ m. (dolną krzywą).

Odcinki na osi poziomej oznaczają czas, przyczem każda mała podziałka odpowiada jednej godzinie; ☉ oznacza południe, ☐ północ. Rzędne pionowe nie oznaczają tu temperatur, ale każdorazową wielkość iloczynny 10 (— 10°), t. j. dziesięciokrotną przewyżkę ciepłoty ponad 10 0° C.

zdala leżące od maximów ciepłoty wody na samej powierzchni i równoczesnych im prawie maximów ciepłoty powietrza; podobnież mi-

nimum 10·01 niemal na porę (3 p. m.) maximum ciepłoty w najwyższej warstwie wody. Świadczyłyby to więc do pewnego stopnia o \pm 10-cio godzinnem opóźnieniu fazy w głębokości $1\frac{3}{4}$ metra. Nie stoją w sprzeczności z tem liczby z ostatnich trzech dni (2., 3. i 4. sierpnia 1893. r.); nakreślone według nich dwie krzywe [ryc. 10., gdzie na osi x^{osc} odcięty czas (1 kratka = 1 godzinie), zaś na osi y^{osc} nadwyżka ciepłoty τ ponad 10^0 , dziesięć razy powiększona], okazują dość wyraźnie kilkogodzinne opóźnienie się tak maximów, jak i minimów w głębszej warstwie. Rysunek okazuje także, iż wielkość dziennej amplitudy wynosi zaledwie połowę tej wartości, jaką posiada ona na samej powierzchni.

Zmiany roczne ciepłoty.

Dopływy. Jakość i wielkość zmian rocznych zależy od wielu czynników meteorologicznych i hydrograficznych, pomiędzy ostatnimi zaś ważniejszą rolę odgrywają dopływy jeziora, ich pochodzenie, ciepłota, a nawet miejsce, w którym staczają się w basen jeziora. Co do ich pochodzenia, to już poprzednio zauważyłem, że wszelkie dopływy można podzielić na dwa rodzaje: stateczne, pochodzące bądź z jezior wyżej położonych, bądź też ze śniegów zalegających górskie wąwozy (żleby), dziury i rozpadliny na stokach otaczających jezioro, albo też „przypadkowe“, pochodzące wyłącznie od deszczu, (wzgl. śniegu) bądź bezpośrednio skrapiającego powierzchnię jeziora, bądź też wlewającego się po każdej pochyłości strugami do głównego zbiornika. O tych ostatnich sporadycznych dopływach można tylko tyle powiedzieć, że ciepłota ich (latem przynajmniej) wynosi tyle właśnie, ile równoczesna ciepłota powietrza, jakoteż że wpływ ich na stunki ciepłoty wód jeziora ogranicza się tylko do warstw najwyższych. Pierwsze wynika z bezpośrednich pomiarów ciepłoty powietrza, świeżo spadłej deszczówki i deszczowych dopływów, które to ciepłoty (mierzone kilkakrotnie w latach 1891—1893) znajdowałem zawsze prawie równe; drugie okazało się ze sondowań termometrycznych głębszych warstw, które przed deszczem (niekiedy ulewnym) i po nim, nie wykazywały żadnych zmian ciepłoty, któreby można było złożyć na karb opadu. Długotrwałe słoty z niebem ciągle zachmurzonym zdają się przeciw wywierać na jezioro wpływ „ujednostajniający“ ciepłotę w jego głębi: przynajmniej nie umiem sobie w żaden inny sposób wytłomaczyć łagodnego spadku temperatury ze wzrostem głębokości, jaki obserwowałem w Rybiem podczas ustawicznej słoty w pierwszej połowie sierpnia 1891. r. Gdy po inne lata w głębokości 4 m. znaj-

dowałem ciepłotę 10° i 11°, było tam w r. 1891. tylko 8·5°; natomiast w głębokości 20 m. było w tym roku niemal 5! stopni, gdy po inne lata znajdowano tam tylko 4·3°—4·8°. Wyobrażam sobie mianowicie, że długotrwałe letnie opady deszczowe i połączona z niemi depressya termometryczna, wywierają na jezioro ten sam wpływ co roczny ruch ciepłoty powietrza jesienią, t. j. wywołują pionowe prądy konwekcyjne, usiłujące normalne uwarstwienie (termiczne) letnie przeobrazić w uwarstwienie zimowe, a więc odwrotne (cieplejsze wody u dołu) do czego — jak wiemy — poprzednio jest koniecznem, aby wody całej masy jeziora przybrały ciepłotę prawie jednakową i bliską 4° C, a wprzód jeszcze, aby nagły letni spadek temperatury wraz z głębokością przechodził kolejno szereg spadków coraz to łagodniejszych.

Statecznych dopływów Jeziora Rybiego naliczyłem dwa n a s t a c i e, z których dwa wielkie, dziesięć znacznie mniejszych. Największy dopływ tworzą wody ze Stawu Czarnego pod Rysami (właściwego Morskiego Oka) położonego w tyle Rybiego na poziomie 140 m. wyższym od ostatniego, a w odległości poziomej zaledwie 1 hm. Strumień wody na tak znacznym spadku tworzy szereg większych i mniejszych wodospadów, miejscami płynie szeroko po wygładzonym a pochyłym, kamiennym łożysku właściwego masywu górskiego (tz. „samoród“ w przeciwstawieniu do usypisk i moren), u dołu się rozszczepia raz i drugi, wtaczając się trzema blizkimi strugami do basenu Rybiego. Wejście ich do Rybiego oznaczonem jest głoską *D* na karcie Dziewulskiego.

Drugi wielki dopływ, położony niemal symetrycznie do pierwszego ze względu na długą „oś“ jeziora, jest dopływ z poza *M n i c h a*¹⁾ albo od „Stawu za Mnichem“. Tak jest on zwanym, pomimo iż sam Staw (Staszica) dzisiaj nie istnieje, lubo łożysko jego dochowało się dotąd w stanie, który na niedawne zniknięcie zbiornika wód na tem miejscu wyraźnie wskazuje²⁾. Dopływ ten nieco mniej obfity od do-

¹⁾ „Mnich“ jest to ostra turnia będąca gałęzią rozłożystej Mięgoszowieckiej Turni, zwróconą ku północy. Nazwa pochodzi od podobieństwa jej do zakonnika w kapturze.

²⁾ Ten zakątek tatrzański zwiedziłem dnia 8. sierpnia 1891. r., wiedziony tam ciekawością naocznego zobaczenia miejsca, o którym mi sprzeczne informacye dawano, a co do którego jeszcze sprzeczniejsze wiadomości drukiem ogłoszono (Staszic, Zejszner, Fuchs, Kořistka, Kolbenhoyer, Eljasz, Dziewulski i inni). Rzecz poszła stąd, że Staszic wyraźnie powiada o istnieniu (za swoich czasów) dwóch Stawów powyżej Rybiego, z których leżący za Mnichem nazywa Czarnym Stawem, a drugi między Żabiem, Rysami i Mięgoszowieckim: Morskiem Okiem. To ostatnie jezioro nazywają u nas dzisiaj Czarnym Stawem, zaś Niemcy, Węgrzy zgodnie: Morskiem Okiem. Tak samo na mapie sztabu generalnego. Ci, którzy nazwę Morskiego Oka zastrzegają dla dolnego jeziora, t. j. Rybiego (Zejszner, Eljasz itd.) zasłaniają się okolicznością, że Sta-

pływu *D*, rozdwiają się na wysokości ± 80 m. ponad poziomem Rybiego i dwoma dość już odległymi od siebie strugami wtacza się do basenu dolnego. Karta Dziewulskiego oznacza tylko jedną z nich, dalszą od schroniska i to cokolwiek fałszywie, głoską *E*. Gałąź *E*₁ tej „Dwoistej Siklawy“ bliższa schroniska (t. j. bardziej północna) jest otwarta od góry do dołu. druga *E*₂ bardziej ku tyłowi jeziora położona, kryje się na wysokości 20 (\pm) m. nad Rybiem pod ziemię i tam płynąc popod złomami skał. miesza swe wody z wodami Rybiego już pod jego powierzchnią. Dla lepszej orientacyi dodam, że kilka kroków poza *E*₂ jeszcze bardziej ku tyłowi jeziora, znajduje się niewielka jaskinia („Koleba“) *F* utworzona z pospieranych na sobie głazów granitowych tuż przy samej ścieżce obwodzącej jezioro do koła. Ciężkość powietrza w tej „kolebie“ mierzyłem kilkakrotnie, o czym już poprzednio (rozdział I-szy) była mowa.

Dziesięć statecznych, małych dopływów Jeziora Rybiego nieznaczonych na karcie Dziewulskiego, pochodzi już wprost (z wyjątkiem jednego *g*) ze śniegów topniejących. Oznaczam je kolejno głoskami *a*, *b*, *c*. . . *i*, *j* idąc od ujścia jeziora w lewo, t. j. popod Żabie, Miękusowiecką Turnię, Mnicha, Miedziane, część ich zwaną Marchwicznym, z powrotem do schroniska, względnie odpływu. Wszystkie one dostarczają Rybiemu latem wody znacznie skąpiej od *D* i *E*, ale też (z wyjątkiem jednego *g*) bardzo zimnej (3° — 5°).

Trzy pierwsze *a*, *b*, *c* pochodzą ze śniegów zalegających trzy główne źleby w trzonie Żabiego, które to śniegi nawet podczas najgorętszego lata nie giną doszczętnie, skracając się tylko od dołu ku

szc pomieszał rzeczy ze sobą i nie mógł mówić o dwóch wyższych jeziorach, skoro dzisiaj istnieje tylko jedno (Staw Czarny pod Rvsami u nas. Meerauge na kartach niemieckich i węgierskich) Za Mnichem znalazłem głęboką kotlinę zamkniętą prawie zewsząd stokami górskimi (od Miękusowieckiej Turni, Mnicha, Miedzianych) w $\frac{3}{4}$ zawaloną złomiskami skał okolicznych, a prawie w środku niej trzy małe stawki (zdaje się dość płytkie), których wodę zasilają dopływy wprost z topniejących śniegów. Poziomy tych zbiorników wody były nierówne, co już na oko mogłem stwierdzić; były one ze sobą połączone rzeczkami podobnymi do tych, jakie widzimy w Dolinie Pięciu Stawów Polskich. Z najniższego stawku (wysokość około 1620 m. nad poziomem morza) uchodząca woda tworzy właśnie ową „Siklawę z poza Mnicha“, której wejście do Rybiego jest oznaczone głoską *E* na karcie Dziewulskiego. W miejscu, gdzie dno tego koła jest najniższym, a gdzie strumień wody przedostaje się na strome zbocze łączące stopy Mnicha z Miedzianami, dostrzegłem wyraźną pozostałość grobli, która niegdyś zamykała jezioro, niepodzielone zapewne wówczas, jak dzisiaj, na kilka części odrębnych. Rzecz budzi ciekawość ze względu, że mamy tutaj widocznie przed sobą fakt zaginięcia jeziora skutkiem rozerwania grobli, dokonane w czasach między 1805. a 1845. r. (Staszic-Zejszner). Dodam, że według zapewnień Juhasów, wiosną r. 1893. nie trzy ale cztery Stawki „poza Mnichem“ się znajdowały.

górze. To samo, w jeszcze wyższym stopniu stosuje się do dalszych trzech małych dopływów *d*, *e*, *f*, sączących się ze śniegów zalegających rozpadliny w trzonie Turni Mięgoszowieckiej oraz dwa wielkie usypiska granitowe u jej stóp rozsiadłe, w charakterystycznej postaci dwóch półstożków eliptycznych (przeciętych wzdłuż ich osi płaszczyzną, którą tutaj jest ściana turni). Te dwa garby śnieżne nie zginęły nawet jeszcze w drugiej połowie września 1892. r. po niesłychanych upałach drugiej połowy sierpnia i znacznej jeszcze wyższe termometrycznej we wrześniu tegoż roku, lubo wielkość ich wówczas już była bardzo zmalała. Zauważę mimochodem, że największą konsumpcję śniegu górskiego w czasie lata, prócz wiatru halnego (zobacz wyżej) sprawiają deszcze, nie zaś bezpośrednia insolacja. W roku 1892. sam byłem świadkiem, jak wielka ulewa (wieczór 18. lipca) rozdarła jeden z tych płatów śniegu wzdłuż spadku wody na dwie części, a następnie każdą z nich znacznie uszkodziła. Wszystkie trzy zimne dopływy *d*, *e*, *f* (3^0 — 4^0) są ukryte pod złomami skał i odsłaniają się dopiero tuż nad poziomem jeziora.

Postępując dalej wokoło Rybiego, dochodzimy wkrótce do wielkiego (podwójnego) dopływu *E*, o którym była już mowa. Odtąd stromość brzegów jeziora tak wzrasta, że dla wąziutkiej ścieżki prowadzącej pomiędzy zwaliskami skalnymi znalazło się tutaj zaledwie miejsce. Bliżej wielkiego języka *C* (karta Dziewulskiego, gdzie wypadł on nieco za krótki) brzeg staje się już bardziej położystym, na samem *C* jest już dość miejsca na kilkadziesiąt osób „język“ ten jest wielkiem usypiskiem, złożonem z kamyków drobnych, żwirowych, zesuwanających się dnem największego żlebu, jaki z tej strony wrzyna się w trzon Turni Miedzianych. Niezacieśniony i niezbyt stromy, jak inne okoliczne, a do południa nachylony żleb ten zawiera (latem) tylko pod samym ich grzbietem (granią) skąpy zapas śniegów tak, że ciekąca woda ma do przebycia najmniej 300 lub 400 m., zanim dosięgnie poziomu Rybiego Jeziora. W ten tylko sposób mogę sobie wytlómaczyć, dlaczego bardzo powolny dopływ *g*, wlewający się z owego żlebu po przedniej części „języka“ *C* do Rybiego, posiada ciepłość najwyższą ze wszystkich dopływów i to tak dalece, że woda jego częstokroć jest cieplejszą od wody Rybiego na powierzchni. Tak np. dnia 20. lipca 1892. r. znalazłem jego ciepłość = 15.8^0 , podczas gdy ciepłota jeziora wynosiła równocześnie tylko 12.0^0 . Zauważę nakoniec, że „język“ *C* wrzyna się dość położysto pod powierzchnią wody jeszcze głębiej w jezioro tak, że w czasie wyższego stanu wody pozornie się skraca.

Trzy ostatnie dopływy małe *h*, *i*, *j*, również w zloczu Miedzianych, nie przedstawiają nic godniejszego uwagi. Z nich ostatni, naj-

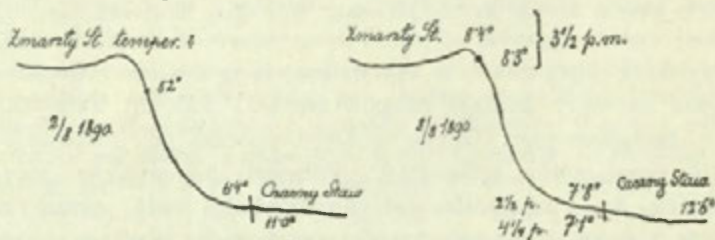
bliższy morenie jeziora, jest w znacznej części ukryty pod kamieniami, skąd tylko szum wody zdradza w pobliżu jego istnienie. Wszystkie trzy są zimne i pochodzą ze skąpych śniegów, zalegających mniejsze żleby i wcięcia w tem zboczach południowym.

Pomiary ciepłoty rozmaitych tych dopływów, jakie zdołałem wykonać, podaję w porządku chronologicznym.

Dopływ D. Pochodzący od jeziora nad Rybiem położonego, dostarcza mu obficie wody o ciepłocie zmiennej i równej niemal każdorazowej temperaturze wód na powierzchni tamtego. Ciepłoty te — ile dotąd znalezione — umieszczam w ustępie Staw Czarny pod Rysami: (część II-ga A), tutaj więc nie mam potrzeby ich powtarzać. Powiedziałem „niemal równej“, gdyż ciepłota odpływu od Stawu Czarnego jest $\frac{1}{2}$ — 1° niższą od ciepłoty wody na jego powierzchni w zaciszu. Co tłumaczę nietylko zesuwaniami się przy upuszczeniu głębszych nieco warstw wody, ale nadto wielką chyżością strumienia, jaki tworzy on zaraz przy wyjściu z jeziora. We wszystkich jeziorach tatrzańskich, które badałem, dostrzegałem statecznie ten sam objaw, że woda w łóżysku odpływowym była zawsze nieco zimniejsza, aniżeli woda tuż obok na spokojnej jeszcze powierzchni Stawu ¹⁾. Co do zmienności ciepłoty tego dopływu wraz z drogą przebytą, zmienności skutkiem samej chyżości strumienia ²⁾, to następujące liczby mogą posłużyć do uzasadnienia rzeczy.

¹⁾ Latem oczywiście; w zimie zdaje się jest odwrotnie. W r. 1891. bezpośrednio pod lodem Rybiego znalazłem ciepłotę $+0.2^{\circ}$ C. ciepłotę wody odpływającej $+0.5^{\circ}$ C. Tyleż jako ciepłotę zimowego odpływu znalazł prof. Świerż w r. 1892., nie zdołał jednak przebić niższej a grubszej skorupy lodowej. aby wykonać sondowanie termometryczne na środku jeziora.

²⁾ Nie chcąc powtórnie przy innych jeziorach tatrzańskich dotykać tego samego przedmiotu, zauważę tutaj od razu, że i co do innych dopływów, względnie odpływów, to samo dostrzegłem. Tak np. znalazłem w r. 1890. ciepłoty dopływu do Czarnego Stawu pod Kościelcem od Zmarłego Stawu pod Zawratem, które przedstawiam tutaj w dwu diagramach.



Ryv. 11.

Podobny objaw dostrzegłem przy Wielkiej Siklawie, t. j. największym z wodospadów tatrzańskich, będącym ujściem wód Stawu Wielkiego, zarazem początkiem

1892,	11.	lipca	7 ^h 45 ^m	p. m.	Odplyw od Czarn. St. u samej góry przy	[kładce . . . 9·4° C
"	11.	"	8 ^h 5 ^m	p. m.	" " " " u dołu przed wejściem	[do Rybiego 8·6° C
"	12.	"	10 ^h 20 ^m	a. m.	" " " " u dołu przed wejściem	[do Rybiego 8·2° C
"	12.	"	10 ^h 50 ^m	a. m.	" " " " u góry przy kładce	[. 9·2° C
"	12.	"	7 ^h	p. m.	" " " " u góry przy kładce	[. 9·4° C
"	12.	"	7 ^h	p. m.	" " " " u dołu . . .	8·5° C
1893,	27.	"	12 ^h	p. m.	" " " " u góry . . .	10·1° C
"	27.	"	12 ^h	p. m.	" " " " w połowie wysokości,	[wodospad 9·0° C
"	27.	"	1 ^h	p. m.	" " " " u dołu przed wejściem	[do Rybiego 9·7° C

W ustępie poświęconym temu jezioru wykazuję, że ciepłota na jego powierzchni latem jest blisko 2·4° C. niższą od równoczesnej ciepłoty na powierzchni Rybiego; obie ciepłoty zresztą ulegają w przybliżeniu jednakim zmianom dziennym względnie rocznym. Szczegóły, które przytoczyłem, pozwalają więc z dostatecznym przybliżeniem oznaczyć różnicę termiczną Rybiego i dopływu *D* na (2·4° + 0·5° + 0·8°) = 3·7° na niekorzyść dopływu *D*. Może to być prawdą jedynie w porze letniej, gdyż w zimie, sądząc z tego, co w Rybiem pod lodem znaleziono, a co też odnosi się do alpejskich jezior, pod lodem Czarnego Stawu itd. woda ma ciepłotę bliską zeru, a sam, skąpy zresztą wówczas dopływ, może mieć tylko tę samą ciepłotę tak, że zimowa różnica termiczna Rybiego i tego dopływu byłaby zerem. Wiosną różnica ta oczywiście wzrasta kolejno do 1° (zważając na opóźnienie w rozmarzaniu Stawu Czarnego względem Rybiego, o czym na innym miejscu tej pracy), 2°, 3° — dosięgając latem maximum około 4°, aby naturalnie jesienią ku zeru znowu powracać¹⁾.

Zimą zatem wody tego dopływu ślizgają się wprost pod lodem po ciekłej powierzchni Rybiego, nie wkraczając wcale w jego głębie.

strumienia Rostoka. W miejscu, gdzie chyżość spadającej wody jest już znacznie osłabłą, znalazłem i tak ciepłotę wody jeszcze przeszło 1° niższą, aniżeli przy wylocie. Spokojna partya wodospadu u dołu w zagłębieniu oddzielonem od strumienia szeregiem kamieni, zawierała natomiast wodę o ciepłocie wyższej (blisko 1°) aniżeli sam odpływ u góry (sierpień 1890).

¹⁾ Najwyższą różnicę 4·2° znalazłem 5. sierpnia 1890. r. Rybie na powierzchni 12·7°, dopływ *D* tylko 8·5° (u dołu).

Jeżeli teraz w głównej naszej tabeli pionowego rozmieszczenia temperatur Rybiego (patrz niżej) będziemy poszukiwali głębokości, w których ciepłota latem jest blisko 37° niższą od ciepłoty na jego powierzchni, to znajdziemy ją około 12 metrów. Tak zatem głęboko, co najwyżej, mięsza ten dopływ swoje wody z wodami Rybiego w przeciągu całego roku, a chociażbyśmy ją jeszcze nieco powiększyli, to na wszelki sposób tyle zostanie pewnem, że wody *D* nie wywierają już żadnego wpływu na to, co pod względem ciepłoty dzieje się w głębokościach Rybiego wynoszących 20 metrów i więcej.

Dopływ E. Wogóle zimniejszy od *D*, jako nie pochodzący z jeziora, w którymby na znacznej powierzchni wody mogły się wygrzać. Według tego co wyżej o nim powiedziałem, należy on do typu dopływów pośrednich między „stawowymi“ a „śniegowymi“. Wiosną będzie on zimniejszy, zapewne jednak stosunkowo dłużej i znacznie aniżeli dopływ *D*, a to dlatego, że kotlina „za Mnichem“ jest, skutkiem swej postaci i położenia; wybornym magazynem głębokich pokładów śniegowych, które wiosną — nieskrępowane powłoką lodową — szybko topniejąc, dostarczają Rybiemu zimnej wody niezawodnie znacznie obficie, aniżeli „zalodzony“ jeszcze Staw Czarny pod Rysami. Pasterze zajmujący w pobliżu tego zaginionego „Stawu Staszica“ nędzny szałas, zapewne najwyższy w Tatrach Polskich¹⁾, zapewniali mię, że w porze przybycia z owcami do szałasu (więc w połowie czerwca) znajdują Siklawę „z poza Mnicha“ tak wezbraną, że przekroczyć jej (jak to latem każdy obchodzący Rybie dokoła musi uczynić) się nie odważają. Kilka znalezionych ciepłot może interesować.

				Dopływ <i>D</i>	Rybie
1892.	12 lipca 7 ¹ p.	Struga ukryta (E_2)	5.4° C	} 5.5°	} 12.5° C
"	12 " " "	" otwarta (E_1)	5.8 "		
"	21 " 3 p. m.	" " . . .	6.2 "	}	} 120 "
1893,	26 " 7 ¹ a. m.	" ukryta . . .	6.7 "		
"	26 " " "	" otwarta . . .	7.8 "	} 7.8°	} 11.5 "
"	1 sierp. 6 ¹ p. m.	" " . . .	5.6 "		

Stosownie do niższej ciepłoty dopływ *E* dociera latem do głębokości znaczniejszych aniżeli *D*; będzie się to zwłaszcza odnosiło do strugi E_2 zimniejszej i — jak wspomniałem — już pod poziomem Rybiego się wlewającej.

¹⁾ Dnia 8. sierpnia 1891. r., 7^h 50^m a. m. hypsometr (przy ciepłocie 15.5° C) wskazywał tam 624.2 mm.; poprzednio przy Rybiem (na piętrze schroniska) notowałem:

5^h a. m. ciepł. powietrza 11.0, hypsom 641.7. mm.

6^h a. m. " " 11.0, " 641.6 "

godzina 10! a. m., przyczem ciepłota na powierzchni Rybiego tuż obok wynosiła równocześnie 12·9°.

Trzeci dopływ *c* już blisko wielkiego dopływu *D* leżący, zdaje się być znacznie cieplejszy od tamtych dwóch. Dwa razy mierzony (1. sierpnia 1893, 2! p. m. i tego samego dnia później) dawał ciepłoty 7·6° i 7·5°. Odosobnione śniegi, z których widocznie pochodził, widniały wysoko ponad poziomem Rybiego w jakichś grzbiecie Zabiego. Tuż obok jest wielki zakręt linii jeziora, który brzeg jego podprowadza pod stopy usypiska od Czarnego Stawu, a dalej do dopływu *D*, o którym była już mowa.

Trzy małe dopływy *d*, *e*, *f* z pod „Chłopka“ i Turni Miękusowieckiej należą do rodzaju dopływów (*a*) i (*b*) poprzednio opisanych. Mierzone 1. sierpnia 1893. r. wieczorem, okazywały zgodnie ciepłotę + 3·5°; rok przedtem 17. lipca 3! p. m. jeszcze mniej, bo tylko 3·3° (dla *f*). Tego dnia sondowałem termometrycznie Rybie w pobliżu, około 50 m. od tylnego brzegu i otrzymałem następujące liczby:

2 ^h 40 ^m p. m. woda na powierzchni	12·5° C.
„ w głębokości 2·1 m.	11·25 „
„ „ 24 „	4·2 „
„ „ 30·1 „	3·5 „ (dno).

Ostatnia liczba (3·5°) jest najniższą, jaką kiedykolwiek latem w głębi Rybiego znaleziono. Sam 2 dni przedtem (15 lipca 1892) na środku jeziora w głębokości 36·3 m. znalazłem dopiero 3·9°, dzień przedtem (16. lipca) nieco poza środkiem ku przodowi Stawu 4·0° w głębokości 32·4 m. I tutaj więc, jak przy *a* pod Zabiem, gęsta woda zimnych dopływów *d*, *e*, *f*, płynie widocznie samem dnem jeziora. w tem miejscu nader stromo spadającym; wody Rybiego nie zachowują więc jednakiej temperatury na poziomie warstwy o pewnej stałej głębokości. Powierzchnie isotermiczne jeziora nie mogą być więc płaszczyznami poziomymi, a może nawet wogóle płaszczyznami.

O siódmym z małych, statecznych dopływów (*g*) mówiłem już poprzednio; jest on jedynym, który możnaby nazwać „ciepłym“. Przynajmniej nie znalazłem go dotąd zimniejszym od wody na powierzchni Rybiego i tak:

1891, 7. sierpnia 1 p. m. dopływ 10·2. Rybie	9·7° C.
1892. 20. lipca 11! a. m. „ 15·8, „ 12·0 „	
1893, 26. „ 7! a. m. „ 11·6, „ 11·0 „	

Trzy ostatnie małe dopływy *h*, *i*, *j* pochodzą wprawdzie wprost od śniegów, ale już wysoko cofniętych ku szczytom w grzbiecie Mie-

dzianych, a w lipcu już dogorywających. Dla pierwszych dwóch znalazłem $6\cdot0^{\circ}$ i $6\cdot1^{\circ}$ (1. sierpnia 1893 wieczorem), do wody ostatniego (ukrytego) nie mogłem się termometrem dostać.

Co do ciepłoty bezpośrednich dopływów śnieżnych (więc „małych“ przynajmniej latem), to z dotychczasowych moich spostrzeżeń zdaje się wynikać, że ciepłota każdego z nich zależy od wysokości, na której resztki zimowego śniegu latem się jeszcze dochowały, i że zimny dopływ jest tem zimniejszy, im niżej w zboczu górskim znajduje się materiał śnieżny. będący początkiem dopływu. Wniosku tego na razie nie mogę poprzeć liczbami, gdyż wysokości, po które latem sięgają płaty śnieżne, mierzyłem (hypsometrem) dotąd tylko sporadycznie. Jeżeli jednak zważymy, że zimną powłoką śnieżną zniża się aż do najgłębszych partyj dolin, że wiosną i wczesnem latem granica śniegów cofa się pod górę już na „hale“, w głębi zaś lata aż popod same grzbiety górskie, to pamiętając, że ciepłota wody tuż przy topniejącym śniegu jest o każdym czasie blizką zera. dojdziemy do wniosku, że ciepłota „małych“ zimnych dopływów jeziora posiada amplitudę roczną sięgającą od 0° (wiosną, a nawet zimną skutkiem topnienia na bezpośredniej insolacyi) do kilku stopni $+$. Dwa garby śnieżne w tyle Rybiego popod Turnią Mięgoszowiecką, nie giną — odkąd znam Tatry — nawet podczas najgorętszego lata i ciepłej jesieni, nigdy, dzięki temu, że leżą dość położyście w cieniu. Ciepłoty $3\cdot3^{\circ}$, $3\cdot5^{\circ}$ C dopływów (*d*), (*e*), (*f*), jakie w głębi lata znalazłem, będą zatem już blizkiemi maximum rocznego chwiania się ich ciepłoty. Im wyżej wycofał się latem płat śnieżny, tem dłuższą drogę, wśród znacznie cieplejszego powietrza, przebyć musi potok od niego pochodzący, tem cieplejszy wleje się nakoniec przy brzegu do jeziora. Stąd widać, że dzięki powolnemu „czołganiu się“ płatów śnieżnych latem ku górze, (a właściwie skracaniu się ich u dołu), można by całoroczny ruch ciepłoty każdego znacniejszego dopływu zimnego, wyznaczyć już zapomocą trzech lub czterech termometrycznych pomiarów. Łatwo przewidzieć, że krzywa przedstawiająca ten ruch, późną jesienią, zimą i wczesną wiosną, będzie prawie poziomą linią prostą (odpowiadającą ciepłocie dopływu blizkiej zera), odtąd wznosząc się, zrazu szybko, później łagodnie, wzniesie się najwyżej (około $+4^{\circ}$) z końcem lata i początkiem jesieni, aby w środku jesieni prawie nagle opaść napowrót do zera (pierwsze opady śniegu w Tatrach). O zmianach dziennych w ciepłocie nie może tu być mowy; okres dzienny będzie oczywiście wpływał już tylko na samą wydajność takiego dopływu.

W celu rozpatrzenia zmian rocznych w głębiach naszego jeziora, wypracowałem tabelę, która zaraz następuje, a która przedstawia wyniki największej części sondowań termometrycznych, jakie wogóle na Rybiem wykonano. Mówię, że wypracowałem ją, gdyż z powodu różności „skal“ na sznurach używanych przez rozmaitych obserwatorów (o czem wyżej), dalej poprawki wskutek kurczenia się sznura we wodzie, oraz poprawki punktu zera, na różnych termometrach różnej, potrzeba było każdą obserwacyjną liczbę z osobna wziąć do ręki, a wreszcie całość ich „paraboliczną interpolacją“ zredukować do pewnych stałych głębokości.

Roczne zmiany ciepłoty w głębi Rybiego.

Weźmy najpierw na uwagę liczby odnoszące się do głębokości 9 metrów w środku jeziora i to w roku 1892. Mamy cztery pomiary z pory letniej tego roku dostatecznie od siebie odległe, a mianowicie:

(A)	28, VI	20 VII	8 VIII	15, IX
	6.65°	7.6°	8.25°	11.4°

(gdzie druga z tych liczb jest średnią z dwóch 7.45° i 7.7° obu znalezionych bardzo blisko środka jeziora). Uderzająco wysoka (por. tabelę) ciepłota 11.4° wywołana została najwidoczniej niezwyklejmi upałami całej drugiej połowy sierpnia 1892., które przeciągnęły się jeszcze do pierwszej połowy września tego roku. Mamy więc tutaj do czynienia z opóźnieniem się fazy ruchu ciepłoty wody w tej głębokości. Jak wielkiem jest to opóźnienie, nie daje się od razu powiedzieć dla braku sondowania w październiku; jeżeli jednak zważymy, że w całym okresie upalnym, najgorętszym dniem był 20. sierpnia, to należy przypuszczać, że opóźnienie to wynosi co najmniej dni kilkanaście. O liczbie 11.4° nie wiemy z góry, czy odpowiada ona maximum, czy też może leży już poza niem, albo nawet jeszcze przed niem. Tę niepewność zdołamy w znacznym stopniu uchylić, jak następuje.

Samo już trudne ogrzewanie się wody wskazuje, że ciepło zewnętrzne potrzebuje pewnego czasu, ażeby dotrzeć do warstw głębszych. Należy więc roztrząsnąć, kiedy to — w lecie roku 1892 — bieg (roczny) ciepłoty powietrza był jakościowo zgodny z ruchem ciepłoty wody, obserwowanym między 28. czerwca a 15. września. Zamiast ciepłot powietrza przy Rybiem możemy wziąć równoległe z niemi ciepłot krakowskie. Aby uchylić przypadkowe perturbacje w pochodzie

Rybie

Ciepłota w sto-

Głębokość z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1883 24/8 S.	1884 20/8 S.	1886 6/8 G.	1890 5/8 B.	1891 25/3 B.	1891 5/8 B. a	1891 6/8 B. b	1891 6/8 B. c	1891 7/8 B. d	1891 7/8 B. e	1892 28/6 S.	1892 15/7 B. a
	środ. jeziora	środ. jeziora	ś od. jeziora	ś od. jeziora	ś. osi jeziora	środ. jeziora	środ. jeziora	$x = 25$ $y = 55$	maximum głębokości	$x = 35$ $y = 45$	środ. jeziora	$x = 25$, $y = 50$ $z = 40$ m.
0 m.	11.3	12.2	(11.3)	12.9	0.2	9.5	9.8	10.2	9.4	9.6	9.1	10.9
2	—	—	11.0	12.5	2.1	8.9	8.9	9.2	—	8.9	—	—
4	—	—	10.7	11.8	3.5	8.5	—	—	—	8.45	—	10.55
6	—	—	(10.3)	10.9	3.65	8.0	—	—	—	8.0	(7.45)	9.8
9	—	6.6	8.5	8.7	3.8	6.9	—	6.85	6.8	7.3	6.65	7.7
12	—	—	7.2	6.7	4.0	6.45	6.25	6.2	6.1	—	5.95	6.15
15	—	(5.1)	6.3	5.3	4.05	5.95	5.8	5.85	5.7	—	5.3	5.2
20	—	4.8	5.5	4.8	4.07	5.4	5.4	5.3	5.45	5.4	4.45	4.5
25	—	(4.5)	5.0	4.4	(4.05)	—	—	4.8	4.75	4.85	4.2	4.1
30	—	4.3	4.6	4.2	(4.03)	4.45	—	4.4	4.5	4.45	4.1	3.95
35	—	(4.3)	4.6	4.1	4.05	4.05	—	4.1	4.35	4.15	4.0	3.90
45	—	4.25	—	—	—	—	—	[4.0]	—	—	4.0	—
45 (48?)	4.5(?)	4.25	—	—	—	—	—	—	—	[4.0]	[3.95]	—

Jezioro.

pniach Celsiusa.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1892	1892	1892	1892	1892	1892	1892	1892	1893	1893	1892	1893	1893	1893
16/7	19/7	20/7	20/7	21/7	8,8	14/9	15,9	29,6	26/7	26/7	26/7	28/7	2/8
B. b	B. c	B. d	B. e	B. f	x.	S.	S.	S.	B. a	B. b	B. c	B. d	B. e
$x=25y=25$ $\zeta=44$ m.	$x=30y=50$ $\zeta=15$ m.	$x=30$ śro. $y=40$ jez. i o a $\zeta=48$ m.	najw. głęb. i a $x=2; y=4$ $\zeta=49,5$ m.	$x=30$ śro. $y=40$ jez. i o a $\zeta=48$ m.	środek jez. i a	środek jez. i a	środek jez. i a	środek jez. i a	$x=22y=24$ $\zeta=45$ n.	$x=27y=38$ $\zeta=48,5$ m.	$x=28y=48$ $\zeta=47,5$ m.	$x=37y=44$ $\zeta=46$ n.	$x=21y=57$ $\zeta=48$ m.
10.8	10.2	11.2	11.6	10.8	10.0	11.4	12.4	7.7	12.15	11.95	12.2	12.65	10.60
10.5	—	—	—	10.0	(9.65)	—	—	—	11.48	—	—	—	—
10.2	—	—	—	9.8	(9.25)	—	—	—	9.91	—	—	—	—
10.0	9.95	—	—	9.55	(8.85)	—	—	—	8.81	8.84	—	8.27	6.86
8.4	8.05	7.45	—	7.7	8.5	11.4	11.4	—	8.17	6.99	7.16	6.17	6.49
6.6	6.45	6.2	5.55	6.2	6.15	—	8.05	—	6.23	6.30	5.63	5.49	5.59
5.7	5.65	5.65	5.35	—	5.45	—	5.65	4.85	5.91	5.50	4.98	5.14	4.86
4.6	—	—	4.9	—	4.3	—	4.50	—	—	4.67	4.55	4.45	4.30
4.15	—	—	4.3	—	4.0	—	4.15	—	—	4.45	—	4.10	4.01
4.05	—	—	—	—	3.9	—	3.95	—	—	4.17	—	3.92	3.75
4.0	—	—	—	—	3.85	—	3.95	—	—	4.08	—	3.85	—
—	—	—	—	—	3.90	—	3.95	3.85	—	4.00	—	3.82	—
—	—	—	—	—	3.95	—	—	—	—	—	—	—	3.70

Objaśnienie skrótów:

Nazwiska obserwatorów: S—Swierz; G=Grissinger; B=autor niniejszej pracy.

Głoski a, b, c, ... obok skróconych nazwisk obserwatorów, służą do wyróżnienia różnych szeregów pomiarów wykonanych przez tego samego obserwatora.

Głoski x, y, w nagłówkach są współrzędnymi prostokątnymi różnych stanowisk na powierzchni jeziora, na których odbywał się pomiar. Objasnienie ich znajduje się w tekście.

Głoska ζ oznacza głębokość jeziora (t. j. dna) na odpowiednim stanowisku.

Liczby ujęte w klamrę [] są cokolwiek wątpliwe; zamknięte w nawiasach okrągłych () pochodzą z interpolacji parabolicznej nie całkiem bezpiecznej.

ciepłoty krakowskiej, przyjmuję średnie 20-to dniowe i tworzę dla owych czterech dat pomiaru następujące liczby:

1. Średnie (krakowskie) ciepłoty powietrza z 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 15 (t. j. której ostatni dzień leży na 5 dni przed datą pomiaru).

2. Średnią ciepłotę powietrza z 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 20 (ostatni jej dzień leży więc 10 dni przed datą pomiaru).

3. Takie same średnie dla 20-to dniówki, której środek wyprzedza datę pomiaru o dni 25.

4. Takie same średnie itd. z wyprzedzeniem 30 dni.

5. " " " " " " 35 "

6. " " " " " " 40 "

Liczby te są następujące:

	28·VI	20/VII	8/VIII	15 IX
1.	16·44 ⁰	17·81 ⁰	16·72 ⁰	18·27 ⁰
2.	16·87	18·17	16·62	20·61
3.	18·03	17·23	17·50	21·05
4.	16·49	17·77	17·14	20·74
5.	15·86	16·45	17·85	19·27
6.	14·25	16·61	18·13	17·69.

Liczby pierwszych trzech szeregów posiadają zmienność (uważaną w kierunku poziomym) zupełnie odmienną od rodzaju zmienności czterech liczb w szeregu (A); nie tylko bowiem, że obszar zmienności ich $18·3 - 16·4 = 1·9$, wzgl. $20·6 - 16·6 = 4·0$ i $21·1 - 17·2 = 3·9$ jest mniejszy, aniżeli obszar zmienności ($11·4 - 6·65 = 4·75$) w szeregu (A), ale co ważniejsza, to że krzywe im odpowiadające (gałązki) przedstawiają załomy (między 20/VII a 8/VIII, wzgl. 28/VI a 20/VII), których niema wcale w szeregu (A). Żaden z trzech szeregów (1, 2 i 3) nie może więc tłómaczyć rzeczy; tem mniej jeszcze może nadawać się do tego szereg ostatni (t. j. 6), w którym czwarta liczba (17·7) występuje już jako zniżka poprzedzającej (18·1⁰), tam właśnie, gdzie szereg (A) wykazuje wyżkę przeszło 3⁰ C. wynoszącą. Pozostają zatem tylko dwa szeregi 4 i 5 jako jedyne powyższego zestawienia, które wykazują zmienność analogiczną do tej, jaką daje szereg (A), a już to samo wskazuje wyraźnie na blisko 30-to dniowe opóźnienie fazy. Można jednak ten czas jeszcze nieco dokładniej wyznaczyć w następujący sposób.

Przyпускаjąc szereg nr. 4, od którego liczb (jako od argumentów) mają być zależne liczby (A), przyjmijmy najprostszy związek,

jaki w tej mierze można sobie tutaj pomyśleć: $\tau = a + b t$, gdzie τ są liczbami szeregu (A), t liczbami szeregu (4), zaś a, b pewnymi stałymi. Wyniki dyskusji rocznych zmian ciepłoty na powierzchni jeziora, uprawniają nas do wyboru takiej właśnie postaci funkeyi. Zobaczymy, z jaką dokładnością dadzą się liczby (A) wyrazić tą formą wówczas, gdy niezgodności rachunku z obserwacją sprowadzimy do minimum zapomocą stosownego doboru stałych a i b . Dla ich wyznaczenia mamy cztery równania:

$$a + 16.49 b = 6.65$$

$$a + 17.77 b = 7.60$$

$$a + 17.14 b = 8.25$$

$$a + 20.74 b = 11.40.$$

które wyrównane metodą najmniejszych kwadratów dają naprzód dwa równania:

$$4.00 a + 72.14 b = 33.90$$

$$72.14 a + 1311.62 b = 622.55,$$

skąd $a = -10.57$, $b = +1.0557$. Nie wchodząc w to, czy to wyznaczenie jest już blizkie rzeczywistości, obliczmy pozostałe niezgodności (w sensie obserw.-rach.); są one:

$$(4) - 0.18, - 0.59, + 0.72, + 0.08. (\text{średni błąd } \pm 0.48).$$

Biorąc dalej za argument liczb τ nie liczby szeregu (4), ale szeregu (5) i postępując jak dopiero co, wyznaczmy najpierw wartości (najprawdopodobniejsze) obu stałych a, b , a to $a = -13.96$, $b = +1.2928$, a wreszcie pozostałe różnice (obserw.-rach.):

$$(5) + 0.12, + 0.30, - 0.85, + 0.46, (\text{średni błąd } \pm 0.51).$$

Stąd widać, że przejście od liczb szeregu (4) do liczb szeregu (5) wywołuje zmianę znaku w przeważnej części tych różnic, co jeszcze lepiej występuje, jeżeli utworzymy w obu razach różnicę dwóch sąsiednich liczb (n. p. $-0.59 - (-0.18) = -0.41$ i t. d.), mianowicie

$$- 0.41, + 1.31, - 0.64$$

$$+ 0.18, - 1.15, + 1.31,$$

a to wskazuje, że najwłaściwszym argumentem temperatur τ (w szeregu A) będą temperatury t w pośrodku między ciepłotami (4) i (5) leżące. Z uwagi, że średnie błędy są w obu razach prawie równe (± 0.48 i ± 0.51), wnosimy, iż szukane opóźnienie fazy wynosi blizko 32 dni, że więc maximum ciepłoty w głębokości 9 metrów nastąpiło około 20. września 1892.

Jeżeliby ten wniosek spotkał się z niedowierzaniem, to wystarczy mi przypomnieć, że takie same, a nawet jeszcze większe opóźnienie się pory maximum rocznego, skonstatowano niewątpliwie tak co do rocznego ruchu ciepłoty gruntu, jakoteż morza w niewielkich już głębokościach pod poziomem. I tak J. D. Forbes¹⁾ w pobliżu Edynburga znalazł

	pora maximum rocznego ciepłoty w głębokości			
	1 m.	1·9 m.	3·9 m.	7·8 m.
w gruncie dolerytowym	2. sierpnia	2. września	17. paźdz.	8. stycznia
" " piaskowym	31. lipca	24. sierpnia	7. paźdz.	30. grudnia;

w głębokości więc niecałych 8 metrów pora maximum rocznego przypada niemal na porę rocznego minimum ciepłoty na samej powierzchni. Podobne opóźnienie fazy wykazano na kilku obszarach oceanu Atlantyckiego²⁾.

Ponieważ wszelka funkcyja w pobliżu swego maximum wzrasta już tylko bardzo powoli, przeto nie oddalimy się zbyt od prawdy, przyjmując maximum wrześniowe ciepłoty wody w 9 metrach głębokości na 11·45° lub 11·5°. To opóźnienie fazy daje się dostrzedz nawet jeszcze w głębokościach 12 i 15 metrów. Według tabeli (str. 322. i 323.) mamy w tym samym roku

	28.VI	20.VII	8.VIII	15.IX
głębokość 12 m.	5·95	6·2	6·15	8·05° C.
" 15 "	5·3	5·65	5·45	5·65.

Wzrost ciepłoty ostatniej głębokości jest już bardzo skromny; wystąpiłby on zapewne nieco wybitniej, gdyby istniał późniejszy pomiar termometryczny tej warstwy, n. p. październikowy. Szczerpłość dat nie pozwala znaleźć wielkości opóźnienia w tych warstwach głębszych; jeżeli jednak zważymy, że w następnej (tabelarycznej) głębokości 20 m. owe cztery ciepłoty są

4·45, 4·5 (blisko), 4·3, 4·5° C.,

¹⁾ Według poszukiwań Elie de Beaumonta ciepło zewnętrzne potrzebuje około 38 dni na przebycie warstwy gruntu stałego o grubości 1 metra (C. Vogt. Lehrbuch der Geologie, Braunschweig 1846, Bd. I. pag. 28). To opóźnienie jest połączone równocześnie ze szybkim ubytkiem amplitudy rocznej, która w strefie umiarkowanej, w głębokości 8 m., wynosi już tylko 1° C., a znika zupełnie w głębokości 20–24 m.

²⁾ Everett. Eighteenth Report of the Committee appointed for the purpose of investigating the rate of increase of Underground Temperature downwards in various localities of dry land and under water (Nature, a weekly journal of science, 3 oct. 1889, pag. 551; także w 11-tem sprawozdaniu tego samego komitetu, Nature vol. XIX pag. 304).

a więc prawie już stałe, to w głębokościach 12 i 15 metrowych należy przyjąć co najmniej $1\frac{1}{2}$ miesięczny czas opóźnienia się fazy. Dla tych trzech warstw wodnych — uważając je zawsze w środku jeziora — daje się rzecz ta rozważyć jeszcze w następujący sposób. Przyjmując dzień 28. czerwca 1892. za początek, a miesiąc (30-dniowy) za jednostkę czasu θ , będziemy mieli według poprzedniego

	$\theta = 0.00$	0.73	1.37	2.63
9 m.	$\tau = 6.65^0$	7.6^0	8.25^0	11.4^0
12 m.	5.95	6.2	6.15	8.05
15 m.	5.3	5.65	5.45	$5.65,$

a teraz starajmy się zależność liczb τ od czasu θ przedstawić empirycznym wzorem, dla każdego poziomego wiersza z osobna. Otrzymamy zwykłym sposobem następujące trzy wzory:

$$\tau =$$

9 m.	$6.65 + 1.83 \theta - 0.999 \theta^2 + 0.3764 \theta^3$
12 m.	$5.95 + 1.00 \theta - 1.219 \theta^2 + 0.4341 \theta^3$
15 m.	$5.30 + 1.22 \theta - 1.238 \theta^2 + 0.3141 \theta^3,$

z czego biorąc pochodne $\frac{d\tau}{d\theta}$, otrzymamy wyrażenia chyżości v zmiennej z czasem

$$v =$$

9 m.	$1.83 - 1.998 \theta + 1.1292 \theta^2$
12 m.	$1.00 - 2.438 \theta + 1.3023 \theta^2$
15 m.	$1.22 - 2.476 \theta + 0.9423 \theta^2.$

Zadna z tych trzech krzywych gałęzi na uważanej tu przestrzeni czasu ($0 < \theta < 2.63$) nie posiada maximum, natomiast wszystkie trzy wykazują minima chyżości v , które są niewątpliwie w związku ze znaczną depresją temperatury powietrza, jaka podczas lipca 1892. panowała ¹⁾ w całej środkowej Europie. Dla czasu każdego z tych trzech

¹⁾ Kraków, który w tej mierze najwięcej musi nas obchodzić, posiadał następujący rozkład temperatur, począwszy od 1. czerwca 1892:

dziesięciodniówka		średnia ciepota
	1/6—10/6	16.54° C.
"	11/6—20/6	" " 16.69
"	21/6—30/6	" " 18.86
"	1/7—10/7	" " 17.49
"	11/7—20/7	" " 16.48
"	21/7—30/7	" " 16.60
"	31/7— 9/8	" " 17.21
"	10/8—19/8	" " 20.07

minimów znajdujemy kolejno $\theta = 0.88, 0.94, 1.31$, co odpowiada dniom 24. lipca, 26. lipca i 6. sierpnia tak, że opóźnienie faz ciepłoty w głębokości 15 metrów wynosiłoby około 2 tygodni w porównaniu z fazami jej w głębokości 9 metrów, a więc około $1\frac{1}{2}$ miesiąca w porównaniu z fazami ciepłoty powietrza. W dostatecznie wielkiej głębi opóźnienie takie mogłoby — analogicznie do tego, co stwierdzono o zmianach rocznych ciepłoty pod poziomem gruntu stałego — spowodować, że maximum roczne przypadałoby tam właśnie w pobliżu pory minimum ciepłoty powietrza. a więc w zimie. Zimowe sondowanie termometryczne Jeziora Rybiego — jedyne jakie istnieje do tej pory — dało ciepłotę 4.05° w głębokości 35 metrów, podczas gdy najniższe ciepłoty latem (r. 1892.) tam znalezione wynoszą 3.85° i 3.90° . Nie śmiem utrzymywać, czy drobna wyżka 0.15° lub 0.2° może wskazywać na istnienie objawu, o którym tu mówimy ¹⁾, tembardziej, że po inne lata znajdujemy tam w miesiącach letnich znowu ciepłoty nieco wyższe od 4.05° (Dr. Grissinger w r. 1886).

Bardziej pewne wnioski dają się wysnuć z rozważania wielkości rocznej amplitudy w rozmaitych głębokościach z, do czego najlepiej użyć letnich pomiarów z r. 1892., jakoteż jedynych zimowych z r. 1891. Zważając, że najwyższa średnia dzienna na powierzchni Rybiego w r. 1892. wynosiła 15.0° (dnia 19. sierpnia), zaś maximum ciepłoty w głębokości 12 m. blisko 8.2° , otrzymamy zestawienie (zawsze w środku jeziora)

z	marzec pod lodem	lato	amplituda (lato-zima)
0 m.	0.2°	15.0°	14.8° C.
9	3.8	11.5	7.7
12	4.0	8.2	4.2
15	4.05	5.7	1.65
20	4.07	4.5	0.43
25	4.05	4.2	0.15
30	4.05	3.9, 3.95, 4.1 średnio 3.98	— 0.15, — 0.1, + 0.05 średnio — 0.07
35	4.05	3.93	— 0.12
40	(4.05)	3.95	— 0.10

Dnia 19. lipca 1892 notowałem nad Rybiem m. i. następujące ciepłoty powietrza:

6 ^h a.	10 ^h a.	2 ^h p.	7 ^h p.	10 ^h p.
4.9 ^o	6.1 ^o	5.9 ^o	6.5 ^o	5.6 ^o C.

a mało co wyższe w dniach sąsiednich.

¹⁾ Te okoliczności usprawiedliwią mię zapewne, dla czego tyle skrupulatności użyłem, wprowadzając poprawki z powodu błędu zera na termometrach, kontrakcyj

(Przedostatnia liczba 3 93⁰ jest średnią z trzech 4 0. 3 85 i 3 95 na środku jeziora znalezionych; ostatnia zaś 3 95 średnią z trzech 4 0. 3 90, i 3 95, wszystkie z r. 1892).

Stąd wnoszę, iż roczna amplituda temperatury pod powierzchnią wody maleje zrazu bardzo szybko, później coraz wolniej, a w głębokości bliższej 30 m. staje się prawie zerem. Tam więc znikają zmiany roczne. Poniżej tej głębokości istnieją — zdaje się — jeszcze drobnitkie zmiany temperatury, ale już raczej z odjemną amplitudą¹⁾ około 0.1⁰ wynoszącą. O przyczynie tych zmian — jeżeli rzeczywiste istnienie ich wykaże obszerniejszy, niż dotąd, materiał obserwacyjny — nie da się obecnie nic pewnego powiedzieć. Różność termometrów używanych, pomimo porównania ich ze sobą nie zawsze może poręczać jedną dziesiątą stopnia C., jak o tem wie dobrze każdy meteorolog. Niepełna identyczność miejsca jeziora, które raz i drugi uważano za jego środek, nakazuje zachować jeszcze większą ostrożność w wysnuwaniu stąd dalekich wniosków. Czy mamy tutaj do czynienia z bardzo znacznem opaźnianiem się fazy zmian rocznych, a może nawet przeszłorocznych, dałoby się wykazać dopiero zapomocą czułego termometrografu, który musiałby jednak najmniej przez pół roku funkcyonować w pewnem stałem miejscu na dnie jeziora, o co nieprędko się kto pokusi. Kwstycę, czy mamy tutaj przed sobą, mało dotąd wyjaśnione, zmiany ciepłoty podobne do tych, jakie niewątpliwie stwierdzono w wielkich głębokościach jezior szwajcarskich, a zwłaszcza Jeziora Genewskiego, nie da się co do jezior tatrzańskich stanowczo rozstrzygnąć przed upływem jakich 20 lat. W porównaniu z takim Jeziorem Genewskim, którego głębokie son-

sznura i t. d. Nie było jej za wiele. Traf jedynie umożliwił mi (27. lipca 1893.) porównać (trzykrotnie) termometr prof. Świerza z moim (Rohrb. nr. 1), którego korekcyą (w pobliżu 4⁰, wynoszącą + 0.06⁰) najstaranniej wyznaczyłem poprzednio. Poprawkę pierwszego z tych termometrów znalazłem równą — 0.05⁰ C. Gdy więc ten termometr dawał ciepłoty nieco za wysokie, a prof. Świerz — jak sam mi to powiadał — „zmiany małej sznura we wodzie“ nie uwzględniał, to widocznem było, że obydwa błędy (latem) się sumowały, dając: za wielkie temperatury w za wielkich głębokościach. W małych głębokościach dawało się to tolerować; wobec drobnych jednak zmian w znacznych głębokościach błąd stąd wynikły może doprowadzić do wniosków całkiem fałszywych.

¹⁾ To co tutaj może być w tej chwili tylko domysłem co do jezior, jest co do źródeł tatrzańskich (posiadających prawie niezmienną ciepłotę) faktem niewątpliwym. Źródło Goszczyńskiego w Dolinie Kościeliskiej, źródło „pod Opalonym“ w Dolinie Rybiego (i inne jeszcze) wykazują zimą ciepłoty nieco wyższą, aniżeli w lecie. Własnych pomiarów ciepłoty źródeł nie umieszczam tutaj, ażeby objętości pracy niniejszej zbyt nie powiększać.

dowania termometryczne istnieją od r. 1779, jesteśmy z jeziorami tatrzańskimi dopiero na samym początku, mogąc wykazać dotąd zaledwie 10-letni okres (1883—1893) pomiarów, początkowo i tak nieco wątpliwych. Szkoda, że liczbę ($7\cdot7^{\circ}\text{C}$), jaką Staszic (r. 1805) jako ciepłotę wody na dnie Rybiego podaje, ufać niepodobna, jakoteż że L. Zejszner, który w połowie XIX-go stulecia tyle zasłużył się badaniem Tatr, nie wykonał żadnego sondowania termometrycznego.

F. A. Forel w jednej z prac swoich¹⁾, proponując ogólny podział wszystkich jezior (na 3 typy: zwrotnikowe, strefy umiarkowanej i podbiegunowej; każdy typ rozpadający się na klasy), formułuje swój pogląd na zmiany ciepłoty w bliskości dna jezior, mówiąc m. i. „Les recherches modernes nous ont appris l'insuffisance de la théorie classique, qui attribuait au fond des lacs d'eau douce une température constante et uniforme de 4°C²⁾”, a następnie wprowadza do nauki — prócz zmian dziennych i rocznych — także zmiany nieokresowe przywiązane do dłuższego lat przeciągu, które zowie „*variations lustrales*“. Szczegóły, które przytoczyłem o Rybiem, a które zostaną potwierdzone pomiarami drugiego jeszcze głębokiego jeziora tatrzańskiego (Staw Czarny pod Kościelcem zob. niżej), pozwalają już dzisiaj z wielkim prawdopodobieństwem wnosić, że nieokresowe zmiany wieloletnie²⁾ występują także i w głębokich jeziorach tatrzańskich. Zanim jednak pomiary w latach następnych nie stwierdzą tego objawu z całą stanowczością, byłoby przedczesnem wdawać się w ich tłumaczenie; w każdym razie należałoby się tylko domyślać, że zmiany takie pozostawałyby w ścisłym związku z ogólną klimatyczną cechą kilku lat poprzedzających pomiar głębinowy.

ROZDZIAŁ VII.

Powierzchnie isotermiczne Rybiego. Inne szczegóły termicznej mechaniki jeziora.

Pierwsze pomiary skierowane wyłącznie w celu lepszego poznania zależności temperatury wody w pewnej stałej głębokości od miejsca,

¹⁾ Forel Classification the mique des lacs d'eau douce, w Compt. rend. etc. Tome 108 (z r. 1889) pag. 587; o czem nadto pobieźna recenzja w Peterm. Mittheil. Bd. 37 (ex 1891) pag. 175.

²⁾ Tak pozwalam sobie przełożyć na język polski wyrażenie Forela „*lustrale*“. *Lustrum* — 5-letni, ogólniej kilkuletni, przeciąg czasu.

na którym pomiar się odbywa, wykonałem na Rybim w godzinach popołudniowych dnia 19. lipca 1892. Pomiarzy te, wykonane wprawdzie z wielką oględnością, mają przecież dwa niedostaki; obydwa tyczą się wyłącznie stanowisk obranych na jeziorze. Nasamprzód wybór tych stanowisk nie był należyty, a powtórne samo oznaczanie raz zajętego stanowiska było za mało dokładne, nawet w porównaniu ze skromną pod tym względem dokładnością późniejszych moich pomiarów. Co do pierwszego to zauważę, że oceniając wówczas jeszcze za nisko znaczenie dopływów (zwłaszcza „małych“, zimnych), obrałem „os“ jeziora, t. j. najdłuższą cięciwę jego rysunku, za podstawę operacyjną, wzdłuż której sondowania termometryczne miały się wykonywać, a w dodatku nie zdołałem (z innych znowu przyczyn) wyzyskać całej tej linii, lecz tylko około 1/3 całej jej długości, licząc od moreny (więc od schroniska). Z tej linii wprawdzie nie wykroczyłem tratwą w prawo lub w lewo dzięki ustawicznemu oryentowaniu się podług dwóch wybitnych krańców tej linii po brzegach, ale samo oznaczanie mego stanowiska na tej „osi“ pozostawiało wiele do życzenia. Gdy jedna z trzech przeszłoroecznych moich „mir“ (zob. wyżej) przestała istnieć (flaga na węgierskiem schronisku pod Zabim, spalona wraz z domem w późnej jesieni r. 1891), nie mogłem teraz używać ze skutkiem busoli Krafft'a, chociaż była pod ręką. Druga część całej czynności, t. j. właściwy pomiar termometryczny, odbyła się za to wśród warunków bardzo sprzyjających, przy względnej pogodzie i spokoju na jeziorze. Termometr pozostawał w wodzie 10—12 minut. Dzień będący na schyłku nie pozwalał na stanowisku wykonać więcej aniżeli trzy (raz 4) sondowania w miernych głębokościach. Znalezione:

Stanowisko na osi w	1/3	2/3	1/3 jeziora
głębokość 6·7 m.	9·7°	9·4°	9·5° C.
9 6	7·95	7·6	7·7
12·4	6·30	6·1	6·3
16 2	—	—	5 05

Jedyny pewniejszy wniosek, jaki stąd dawał się wyciągnąć, był ten, że w średnich głębokościach środek jeziora jest na tym samym poziomie nieco zimniejszy aniżeli przód jego, t. j. część bliższa morenie. Tyłu jeziora (tj. 2/3 od moreny) niepodobna było już badać z powodu zapadającego zmierzchu.

Pomimo wszystkiego nie mogłem wątpić, że powierzchnie izotermiczne Rybiego nie są dokładnie płaszczyznami poziomymi,

a jeżeli już płaszczyznami, to chyba tylko ku przodowi jeziora pochyleniami (dokładniej mówiąc, ku północy, gdyż morena zbacza dość znacznie od położenia E—W). Pokusiłem się wówczas nawet o przybliżone obliczenie wielkości tego pochylenia w kierunku „osi“ jeziora. Interpolacją (paraboliczną) wyznaczyłem nasamprzód (z danych obserwacyjnych) głębokości z , w których na uważanych stanowiskach woda posiadała dokładnie ciepłoty 9° , 8° , 7° C., a następnie przez dwa takie punkty (podwodne), odpowiadające dwom z moich trzech stanowisk, w których ciepłota wynosiła n. p. 7° przeprowadzałem (rachunkiem) linię prostą, którą analitycznie określiwszy, łatwo już można było oznaczyć wielkość samego jej nachylenia ¹⁾. Zwięźle przytoczony rachunek objaśni rzecz najlepiej.

Przedstawiwszy zmienność temperatury τ z głębokością z na stanowisku np. 1-szem (w obrębie sondowania) związkami empirycznymi

$$\tau = a + bz + cz^2$$

i wyznaczając stałe a , b , c z dat pomiaru, znajdujemy

$$a = + 13.90, \quad b = - 0.6435, \quad c = + 0.00246$$

tak, iż wzór

$$13.90 - 0.6435z + 0.00246z^2 = \tau$$

pozwoli ze znacznym przybliżeniem znaleźć głębokości, w których — na uważanym stanowisku — temperatura wody posiadała wartość przepisaną (a między 9.7° i 6.3° leżącą). Kładąc tutaj kolejno $\tau = 9^{\circ}$, 8° , 7° i rozwiązując każdym razem powyższe równanie, znajduję

stanowisko 1.	$\tau = 9^{\circ}$	8°	7° C.
	$z = 7.85$	9.52	11.20 metrów

Podobnie z danych na 2-ym stanowisku zebranych, znalazłem nasamprzód

$$a = + 14.52, \quad b = - 0.8641, \quad c = + 0.01493,$$

a następnie sposobem tym samym co poprzednio

stanowisko 2.	$\tau = 9^{\circ}$	8°	7° C.
	$z = 7.31$	8.92	10.67 metrów;

¹⁾ Później żałowałem, że trzy stanowiska obrałem wówczas na jednej linii prostej, gdyż inaczej mógłbym był przez wszystkie trzy punkty podwodne (z ciepłotą np. 7°) przesunąć (rachunkiem) całą płaszczyznę isotermiczną, której współczynniki wyznaczywszy, otrzymalibyśmy nie tylko nachylenie jej do poziomu, ale także jej orientację, t. j. stronę, w którą się pochyliła. Tak też właśnie postąpiłem w roku następnym.

wreszcie z danych 3go stanowiska znaleziono najpierw

$$a = + 14.71, \quad b = - 0.8949, \quad c = + 0.01746,$$

a następnie

$$\begin{array}{l} \text{stanowisko 3. } \tau = 9^{\circ} \quad 8^{\circ} \quad 7^{\circ} \text{ C.} \\ z = 7.47 \quad 9.12 \quad 10.95 \text{ metrów.} \end{array}$$

Chcąc temu i tak tylko przybliżonemu obliczeniu zapewnić większą nieco dokładność, połączyłem ¹⁾ najmniej różniące się między sobą liczby stanowisk 2 i 3 w średnie, co naturalnie dało mi miejsce pośrednie w $\frac{1}{3}$ ($\frac{2}{3} + \frac{1}{3}$), t. j. środku osi jeziora leżące, a tak otrzymałem:

	9°	8°	7° C.	
środek jeziora	7.39	9.02	10.81	metrów
od przodu $\frac{1}{3}$ „	7.85	9.52	11.20	„
czego różnice	0.46	0.50	0.39	„

Tyle wynoszą pogłębienia płaszczyzny izotermicznej odpowiadającej ciepłotom 9°, 8° i 7° na przestrzeni od środka jeziora aż do stanowiska Igo. Wobec długości osi jeziora, wynoszącej prawie 780 m., odległość wzajemna tych dwóch miejsc wynosi ($\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$) 780 = 234 m. (około), a to pozwala, łącznie z poprzedniemi, obliczyć małą pochyłość każdej z uważanych warstw, oczywiście tylko w kierunku „osi“ jeziora. Bliskość wzajemna wszystkich trzech liczb świadczy z jednej strony, że mamy przed sobą rzeczywisty objaw przyrody, nie zaś jakie złudzenie. z drugiej strony jednak wskazuje, iż byłoby zbyt czułym szukać owego nachylenia u każdej isotermy z osobna. Z pewnością bezpieczniej będzie utworzyć z nich średnią (= 0.45 m.) i uważać ją za średnie pogłębienie się isotermy (8°) ku przodowi jeziora na uważanej jego przestrzeni. Dla kąta nachylenia i (t. j. spadku), jaki zamyka ona z poziomem, będzie teraz

$$\text{tang } i = \frac{0.45}{234}.$$

skąd $i = 0^{\circ} 6'6''$, spadek jest więc całkiem łagodny na tej przestrzeni i w uważanym kierunku. Wykonywając to obliczenie nie przypuszczałem, że głębsze warstwy izotermiczne mogą posiadać bezwzględne nachylenie (t. j. w należywym kierunku uważane) dwadzieścia

¹⁾ W niemożności przesunięcia niepionowej płaszczyzny przez 3 punkty, których rzuty poziome znajdują się na jednej linii prostej.

i więcej razy od tego tu większe, jak to z przyszlórocznych (1893) moich sondowań niewątpliwie wynikało. Różnice głębokości z powierzchni isotermicznych 9° , 8° , 7° zdawały się nawet zdradzać, że powierzchnie te nie są bynajmniej płaszczyznami, ale jakimiś powierzchniami krzywymi.

Nieporównanie większą dokładność posiadają moje pomiary z r. 1893. które specjalnie w tym celu wówczas wykonałem. Raz, że nauczony doświadczeniem roku poprzedniego, postarałem się o kilka mir bądź naturalnych, bądź też sztucznych, do których dyoptrą busoli Krafft'a z tratwy celowałem, skutkiem czego mogłem teraz jej stanowiska oznaczać (na kopii karty Dziewulskiego) znacznie dokładniej, aniżeli w roku ubiegłym, powtóre zaś dlatego, że obecnie pracowałem z termometrem (Rohrbeck Nr. 1) o wiele dokładniejszym od wszystkich kiedykolwiek tutaj używanych (zob. rozdział V).

Lepiej niż wszelkie długie opisy objaśni rzecz naszą samo — jak najwięźlejsze — przytoczenie liczb głównego w tej mierze pomiaru, oraz rachunków, które na jego podstawie wykonałem.

W dniach 26, 27, 28 lipca i 2. sierpnia 1893. wykonałem na Rybiem szereg głębszych sondowań termometrycznych na sześciu rozmaitych miejscach jeziora. Oznaczam je kolejno głoskami *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Bezpośrednie wyniki pomiarów zestawiam tabelarycznie jak następuje:

głębokość <i>z</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
0 m.	12·15 ⁰	11·95 ⁰	—	12 65 ⁰	10·60 ⁰	13·63 ⁰ C.
1·72	11·64	—	—	—	—	—
3·46	10·27	—	—	—	—	—
6·10	8·77	8·78	—	8·20	6·83	—
8·50	—	—	—	—	—	6·95
8·73	8·35	7·12	7·34	6·32	6·56	6·52
11·40	6·51	6·45	5·84	5·57	5·77	—
14·92	5·96	5·52	4·97	5 15	4·87	4·82
19·37	—	4·74	4·57	4·53	—	—
23·85	—	4·48	—	4 16	4·08	—
29·85	—	4 18	—	3·92	—	—
40·00	—	4 00	—	3·82	—	—
44·80	—	—	—	—	3·70(dno)—	—

Potrzeba było obliczyć, — ile możności jak najskrupulatniej — głębokości każdego z tych sześciu szeregów, w których temperatura przybiera wartości 6° , 5° , $4\cdot5^{\circ}$, 4° (zastosowałem tutaj rachunek także

do izotermi 4·5° z powodu, że zmianie ciepłoty od 5° do 4° odpowiada znaczny już przyrost głębokości). Z wielką oględnością przeprowadziłem rachunki interpolacyjne i to w dwojaki sposób, ażebym mógł sam się przekonać, w jakim stopniu da się zaufać głębokościom w ten sposób obliczonym.

W następującej tabelce zestawiam wyniki tych przygotowawczych obliczeń, dołączając zarazem prostokątne współrzędne stanowisk *a, b, c, d, e, f*. Położenie osi tych współrzędnych objaśniam poniżej.

Stanowisko	w hektometrach		głębokość <i>z</i> wyrażona w dekametrach dla ciepłot			
	<i>x</i>	<i>y</i>	6° C.	5° C.	4·5° C.	4° C.
<i>a</i>	2·2	2·4	1·466	—	—	—
<i>b</i>	2·7	3·8	1·305	1·756	2·303	4·000
<i>c</i>	2·8	4·8	1·100	1·477	2·015	—
<i>d</i>	3·7	4·4	0·958	1·596	1·964	2·823
<i>e</i>	2·1	5·7	1·069	1·435	1·777	2·508
<i>f</i>	1·8	3·4	1·200	—	—	—

Stanowiska *a, b, ...* są tutaj oznaczone współrzędnymi prostokątnymi *x, y* odnoszącemi się do karty Dziewulskiego (sporządzonej na milimetrycznym papierze); kierunek „poprzeczniczy“ zero, idący prawie równolegle do moreny jeziora obrębem za oś x^{osc} , kierunek „podłużniczy“ zero, postępujący prawie wzdłuż największej długości jeziora, a za oś y^{osc} .

Z karty widać, iż początek *O* tak obranych współrzędnych znajduje się już poza jeziorem, że mianowicie przypada u stóp grzbietu „Miedziane“ w odległości 70 (±) metrów od brzegu.

Dla dogodności następujących obliczeń przyjęto za jednostkę współrzędnych *x, y* jeden hektometr, natomiast dla współrzędnej pionowej *z* (liczonej od poziomu jeziora na dół) jeden dekametr.

Dodatne kierunki osi x^{osc} i y^{osc} są przytem tak obrane, iż żadna z tych współrzędnych nie może stawać się ujemną na powierzchni wody.

Tabelka okazuje, że tylko co do izotermi 6° rozporządzamy tutaj liczbami odnoszącemi się do wszystkich sześciu stanowisk; głębokości pozostałych trzech izoterm (5°, 4·5°, 4°) dały się podać tylko 3 lub 4. Gdy stanowiska nie leżały teraz na jednej linii prostej (jak to było w roku poprzednim), można było z danych już trzech stanowisk wynaleźć położenie płaszczyzny izotermicznej, oznaczyć jej ory-

entację i nachylenie do poziomu; większa niż 3 ilość danych unależniała nawet rzecz pojąć ogólniej: porzucić przypuszczenie płaskości, a przyjąwszy w ogólności krzywe powierzchni isotermiczne, starać się rachunkiem wynaleźć jakoś tego krzywienia się, chociażby w ogólnych zarysach. Rzeczywiście dało się to wykonać przynajmniej co do jednej isotermy (6° C.) dzięki właśnie temu, że posiadamy aż sześć punktów (podwodnych), przez które ta powierzchnia musi tu przechodzić.

Był pewien kłopot, jak najdogodniej urządzić rachunek, a w ogólności, czy zastosować tutaj jakiś *modus* w połowie rachunkowy, w połowie zaś graficzny, czy też wyłącznie rachunkiem się posłużyć. Gdy rzecz dzieje się w przestrzeni trójwymiarowej a nie na płaszczyźnie, użycie metody graficznej — pomijając już mniejszą jej dokładność — sprawiało trudności, wobec czego wolałem pozostać wyłącznie przy rachunku. Rozumowałem przytem w następujący sposób. Gdyby powierzchnie isotermiczne były płaszczyznami, a w dodatku poziomymi, to równaniem którejkolwiek z nich byłoby $z = \text{stała}$; gdyby były one płaszczyznami wprawdzie, ale ogólnymi, t. j. wogóle do poziomu pod pewnym kątem nachylonymi, z nachyleniem skierowanym w pewną stronę, to za równanie takiej płaszczyzny należałoby przyjąć związek $z = z_0 + x_1 x + x_2 y$, gdzie — w przypuszczeniu małego tylko nachylenia — stałe x_1, x_2 musiałyby posiadać (w porównaniu z z_0) tylko małe wartości.

Porzucając wreszcie przypuszczenie (mało i tak prawdopodobne) płaskości uważanych warstw, należałoby po prawej stronie ostatniego związku przyłączyć jeszcze inne wyrazy od współrzędnych x, y zależne, różne postacią od tam już istniejących, a więc napisać związek kształtu

$$z = z_0 + x_1 x + x_2 y + x_3 x^2 + x_4 xy + x_5 y^2 + x_6 x^3 + x_7 x^2 y + \dots,$$

gdzie ilość wyrazów prawej strony musiałaby się zastosować do liczby stanowisk, na których termometryczne sondowania zostały wykonane. Analitycznie biorąc, równanie takie wyobraża jakąś powierzchnię stopnia 2go, 3go i t. d., stosownie do liczby istniejących po prawej stronie wyrazów. Przy trzech tylko wyrazach mamy ogólną płaszczyznę, przy 6-ciu powierzchnię 2go stopnia, przy 10-ciu powierzchnię stopnia 3go i t. d., wszystkie — jak tego natura rzeczy żąda — uważane jako mierne deformacje płaszczyzny poziomej. Wobec niewielkiej liczby stanowisk, na których zdołałem dotąd takie specjalne pomiary wykonać, nie było co myśleć o dalekiem zapuszczaniu się do powierzchni wysokiego stopnia; sześć wszelako stanowisk, dla których punkty

leżące na powierzchni izotermicznej 6° C. są znane, umożliwiło po raz pierwszy zastosowanie powierzchni 2go stopnia do tego ciekawego zadania. Biorąc za równanie powierzchni izotermicznej 6° związek

$$z = x_0 + x_1 x + x_2 y + x_3 x^2 + x_4 xy + x_5 y^2$$

i korzystając z liczb ostatniej naszej tabelki, otrzymamy na wyznaczenie parametrów x_0, x_1, \dots, x_5 układ sześciu równań, które rozwiązując znajdujemy:

$$\begin{aligned} x_0 &= + 0.6212, & x_1 &= + 0.9891, & x_2 &= + 0.1340, \\ x_3 &= - 0.23425, & x_4 &= - 0.09141, & x_5 &= - 0.00633. \end{aligned}$$

Ponieważ wyróżnik $(x_4^2 - 4x_3x_5) = + 0.00242$ jest tutaj dodatnim, więc nasza powierzchnia jest paraboloidą hyperboliczną (powierzchnią siodłową), ale z przyczyny małości parametrów x_3, x_4, x_5 bardzo zbliżoną do płaszczyzny. Część jej przypadająca na obszar jeziora zajęty 6-ciomą stanowiskami a, b, \dots, f , może uchodzić za płaszczyznę z lekka spaczoną hyperbolicznie. Większa niż 6 liczba stanowisk pozwoliłaby oczywiście lepiej wglądać w szczegóły krzywienia się takiej „spaczonej“ płaszczyzny, o czym zresztą jeszcze kilka uwag poniżej.

Te wyniki, zrozumiałe pod względem analitycznym, nie przemawiają przecież do naszej wyobraźni tak jasno, jakby to rysunek uczynił. Ażeby to osiągnąć — pomimo trudności, jakie sprawia przedstawienie wszelkiej powierzchni krzywej na płaszczyźnie rysunkowej — posłużę się sposobem, który zazwyczaj jest w użyciu, ile razy zachodzi potrzeba rysunkiem przedstawić wielorakie krzywienie się pewnego terenu. Do zwykłych celów służą, jak wiadomo, linie krzywe zwane *isohypsami*, t. j. łączące ze sobą (idealnie) miejsca terenu, posiadające równą wysokość ponad pewnym przyjętym poziomem; rzut ich na płaszczyznę poziomą, uwidoczniwszy np. na specjalnej karcie geograficznej, dostarcza wyborowego środka do ocenienia jakości terenu i to jednym rzutem oka. Do podobnego celu służą podobne krzywe zwane *isobatami* (liniami krzywymi równej głębokości) zastosowane z korzyścią do rysunkowego przedstawienia postaci dna morza lub jeziora. Te ostatnie krzywe właśnie nadają się dobrze do naszego celu.

Pomyślmy sobie, że jedna taka krzywa powierzchnia izotermiczna w jeziorze (jakakolwiek zresztą ona byłaby) nie jest idealną, ale rzeczywistą np. z blachy sporządzoną i że na nią (po wyczerpaniu wody) nalano jakiejś cieczy n. p. rtęci do pewnej głębokości z pod poziomem jeziora, to krzywa, według której rtęć będzie przylegała do uważanej powierzchni, dostarczy dobrego wyobrażenia o jakości

krzywienia się powierzchni isotermicznej w głębokości równej z . Tę krzywą możnaby więc nazwać termiczną isobataą należącą do głębokości z ; zmieniając z odpowiednimi odstępami, możnaby w ten sposób wytworzyć cały układ takich linii krzywych, należących do tej samej powierzchni. Jasną jest rzeczą, że dwie termiczne isobaty nie mogą się nigdy ze sobą przecinać.

Analitycznie rzeczone krzywe przedstawiają się jako różne przecięcia powierzchni isotermicznej płaszczyznami poziomymi. Z otrzymanego równania powierzchni daje się którakolwiek z nich wywieść, nadając współrzędnej z wartość stałą ale zresztą dowolną (w obrębie pewnych granic). Ażeby się nie krępować pewną szczegółową tylko wartością tej zmiennej, najwłaściwiej będzie równanie powierzchni rozwiązać co do jednej ze zmiennych x lub y , pozostawiając z na razie jako nieoznaczone. Rozwiązując je co do x otrzymamy nasamprzód

$$x^2 + \frac{\alpha_1 + \alpha_4 y}{\alpha_3} \cdot x = \frac{z - \alpha_0 - \alpha_2 y - \alpha_5 y^2}{\alpha_3},$$

albo podstawiając znalezione wartości

$$x^2 - (4.222 - 0.3902 y) \cdot x = (2.652 + 0.572 y - 0.0270 y^2) - 4.269 z,$$

skąd po uproszczeniach

$$x = (2.111 - 0.195 y) \pm \sqrt{(7.108 - 0.252 y + 0.0111 y^2) - 4.269 z}.$$

Stąd widać, że dla pewnego obranego z , każdej wartości na y odpowiadają w ogólności dwie wartości współrzędnej x , jedna lub nawet żadna; najczęstszy pozornie przypadek dwóch rozwiązań tworzyć będzie i tak tylko jedno rozwiązanie. jeżeli x wypadnie odjemne albo większe niż 5.5. gdyż w obu razach punkt isobaty termicznej padłby już poza obręb jeziora. Rzecz jasna, że nawet i takie punkty (obliczone) isobaty, które padają jeszcze wewnątrz zarysów jeziora, należy odrzucić, jeżeli będą leżały już zdala od obszaru zajętego przez punkty (stanowiska) a, b, c, d, e, f . Dla rysownika, mającego sporządzić kontury isobatów termicznych, potrzeba, aby miał szereg par współrzędnych x, y pewnej z nich, (np. odpowiadającej głębokości $z = 0.9$ Dm.), które umożliwią mu wyznaczyć najpierw pojedyncze punkty uważanej isobaty, a po złączeniu ich ze sobą krzywymi linealem, nakreślić same isobaty, tutaj mocno wydłużone hyperbole. Najdogodniej będzie pozostawić i teraz jeszcze zmienną z na razie nieoznaczoną i przysposobić sobie naprzód gotowe wzory dla różnych wartości zmiennej y . tych oczywiście tylko, które nie wykraczają poza obręb jeziora, t. j. w których $0 < y < 7.8$. A i ten nawet zakres zmiennej

ności współrzędnej y jest za obszernym, jeżeli zważymy, że z pomiarów wykonanych na sześciu stanowiskach a, b, \dots, f niepodobna wysnuwać wniosków o postaci termicznych isobatów na obszarach jeziora leżących z dala od tych 6-ciu punktów. Wystarczy więc najzupełniej (zob. tabelkę współrzędnych x, y dla tych 6-ciu punktów) przyjmując zakres zmienności y określony nierównością $2 < y < 6$. Przystosowane dla $y = 2, 3, 4, 5, 6$ wzory wyglądają jak następuje:

$$\begin{aligned} \text{jeżeli } y = 2, & \quad x = 1.721 \pm \sqrt{6.648 - 4.269z}, \\ \text{„ } y = 3, & \quad x = 1.526 \pm \sqrt{6.452 - 4.269z}, \\ \text{„ } y = 4, & \quad x = 1.331 \pm \sqrt{6.278 - 4.269z}, \\ \text{„ } y = 5, & \quad x = 1.136 \pm \sqrt{6.126 - 4.269z}, \\ \text{„ } y = 6, & \quad x = 0.941 \pm \sqrt{5.996 - 4.269z}. \end{aligned}$$

Jeżeli w tych wszystkich wzorach będziemy kładli kolejno $z = 0.6, 0.9, 1.2, 1.5$, to otrzymamy następujące zestawienie

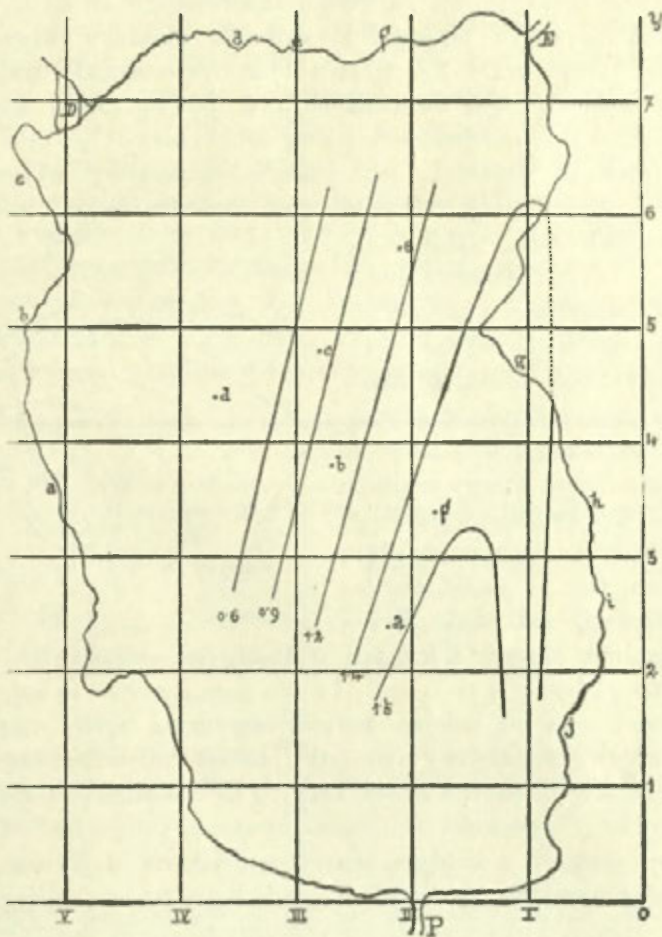
y	Termiczna isobata 0.6 Dm.		Termiczna isobata 0.9 Dm.		Termiczna isobata 1.2 Dm.		Termiczna isobata 1.5 Dm.	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
2	3.74	-0.30	3.40	0.05	2.96	0.49	2.22	1.23
3	3.50	-0.45	3.14	-0.09	2.68	0.37	1.75	1.31
4	3.26	-0.60	2.89	-0.23	2.41	0.26	urojone	
5	3.02	-0.75	2.65	-0.38	2.14	0.14	„	
6	2.79	-0.91	2.41	-0.53	1.88	0.01	„	

Dodatkowo daje się dla ostatniej isobaty 1.5 Dm. z łatwością obliczyć, że gdy $y = 3.26$, to $x_1 = x_2 = 1.48$; dalej dla isobaty 1.4 Dm. (która wydaje się dosyć interesującą, jak to zaraz zobaczymy) następujące wartości

$$\begin{array}{lll} y = 2 & x_1 = 2.54 & x_2 = 0.90 \\ & 3 & 2.22 & 0.84 \\ & 4 & 1.88 & 0.78 \\ & 5 & 1.52 & 0.75 \\ & 6 & 1.08 & 0.80. \end{array}$$

Zapomocą tych danych nakreśliłem na papierze milimetrowym pochod powyzszych 5-ciu isobatów termicznych, ograniczając się na-

turalnie tylko na badany obszar jezior i jemu poblizki. gdyż dalej — zwłaszcza bliżej brzegów — całe to wyznaczenie nie może już posiadać



Ryc. 12.

Jezioro Rybie. — Rysunek brzegów, dopływy, odpływy. Termiczne isobaty 0·6, 0·9, 1·2, 1·4 i 1·5 Dm., na powierzchni isotermicznej 6° C., nakreślone według sondowań termometrycznych, wykonanych w r. 1893. na sześciu stanowiskach *a, b, c, d, e, f*.

Objaśnienia.

D wielki dopływ od Czarnego Stawu (Morskie Oko) pod Rysami.

E wielki dopływ z poza Mnicha od resztek dawnego Stawu Staszica.

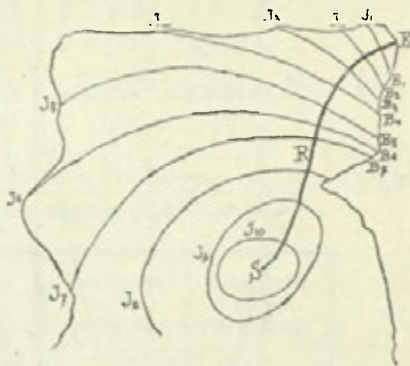
a, b, c, d, e, f, g, h, i, j małe dopływy.

P przedarcie w morenie naczelnej, początek Potoku Rybiego.

Bok każdego kwadratu siatki (=15·2 mm.) odpowiada 100 metrom w naturze.

znaczenia rzeczywistości. Z ryciny ostatniej widzimy, iż w najbezpieczniejszych pod tym względem częściach jeziora (t. j. w obrębie

badanego obszaru). krzywe hyperboliczne są tak wydłużone, iż tylko nie wiele się różnią od linii prostych. Gdybyśmy rozporządzali pomiarami nie na 6-ciu, ale np. na 10-ciu stanowiskach a, b, c, \dots rozrzuconych po całym jeziorze, to wówczas możnaby (używając powierzchni isotermicznej 3go stopnia, jak to poprzednio widzieliśmy) nietylko wysledzić bieg termicznych isobatów na całym obszarze jeziora, ale także — co bardzo ciekawe — wyznaczyć postać strug pod wodnych, posiadających właśnie temperaturę uważanej powierzchni isotermicznej. Pomyślmy sobie bowiem, że na obocznej rycinie krzywe $J_1B_1, J_2B_2, J_3B_3, J_4B_4, \dots$ są termicznymi isobatami odpowiadającymi pewnej powierzchni isotermicznej (np. 6°C.) i tak uporządkowanymi, że każda następna jest głębszą od poprzedniej. Pomyślmy sobie dalej, że w punkcie E przy brzegu znajduje się ujście dopływu, dostarczającego jezioru wody o temperaturze przyjętej (tutaj 6°), to jasne, że, jeżeli poczynając od punkt E na-



Ryc. 13

kreśliśmy linię krzywą ERS tak, iż każdy jej element (łuk nieskończenie mały) będzie prostopadły do termicznych isobatów następujących po sobie kolejno. krzywa otrzymana będzie przedstawiała największy możebny spadek powierzchni isotermicznej, należący do punktu E . Innymi słowy, krzywa ERS będzie postacią strugi podwodnej, wywołanej istnieniem uważanego dopływu. Tak samo możnaby postąpić z każdym innym widzialnym dopływem jeziora, a zbierając wszystko, sporządzić wreszcie kartę przynajmniej głównych prądów podwodnych jeziora. Dotychczasowy materiał obserwacyjny nie pozwala jeszcze na to; mając jednak zamiar badanie termiki jezior tatrzańskich dalej prowadzić, oddaję się nadziei, że te tutaj jej szczególnie przyszłymi pomiarami zdołam może rozświecić.

Mamy za szczupłą ilość danych u pozostałych powierzchni isotermicznych (5°, 4.5°, 4°). ażeby módz już teraz postąpić tak samo, jak to uczyniliśmy z isothermą 6°. Trzy tylko dane isotermy 4° umożliwiają np. wyznaczyć jedynie płaszczyznę o pewnej orientacji i pewnym nachyleniu do poziomu, niejako ściśleścyczną do rzeczywistej powierzchni isotermicznej na stosunkowo małym obszarze, odpowiadającym trzem stanowiskom b, d, e (por. tabelkę). Chociaż więc wnioski, jakie stąd dadzą się wyciągnąć, będą się mogły stosować tylko

do jednej części jeziora. to przecież — z powodu znaczniejszej głębokości tych trzech isoterm — rzecz zasługuje na rozpatrzenie. Mamy wprawdzie po 4 dane punkty dla dwóch isoterm (5° , $4\cdot5^{\circ}$), mogące posłużyć do przesunięcia przez nie jakiejś powierzchni nieco ogólniejszej od płaszczyzny, ale względ na to, iż przy trzeciej z nich (4°) posiadamy tylko 3 punkty, nakazuje pozostać przy płaszczyznach u wszystkich trzech. przesuując je naturalnie przez 3 odpowiednie punkty. odpowiadające tym samym trzem stanowiskom b , d , e . Dla osiągnięcia zupełniejszego przeglądu objawów, które w tej rzeczy występują, wciągam do sprawy także i zbadaną poprzednio isotermę 6° C., uważając ją teraz za płaszczyznę, o ile nie przekroczymy zbytnio trzech naszych stanowisk b , d , e . Godząc się na to, aby wszystkie trzy współrzędne x , y , z były (co teraz dogodniejszym) wyrażone w hektometrach, otrzymamy najpierw tabelaryczne zestawienie

Stano- wisko	x	y	Głębokość z wyrażona w hektometrach			
			Isoterma 6°	Isoterma 5°	Isoterma $4\cdot5^{\circ}$	Isoterma 4°
b	2·7	3·8	0 1305	0 1756	0 2303	0 4000
d	3·7	4·4	0 0958	0 1596	0 1964	0 2823
e	2·1	5·7	0 1069	0 1435	0 1777	0 2508.

które doprowadzi nas bardzo łatwo do równań wszystkich czterech szukanych płaszczyzn. Biorąc pierwszą z nich (isotermę 6°) i pisząc jej równanie

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y,$$

otrzymamy z dat pomiaru na wyznaczenie ilości α_0 , α_1 , α_2 trzy równania, które rozwiązane dają:

$$\alpha_0 = + 0\cdot2670, \alpha_1 = - 0\cdot02291, \alpha_2 = - 0\cdot01965.$$

tak, iż równaniem szukanej płaszczyzny będzie

$$(\text{isot. } 6^{\circ}) \quad z = 0\cdot2670 - 0\cdot02291 x - 0\cdot01965 y.$$

W podobny sposób dla pozostałych trzech płaszczyzn otrzymuję

$$(\text{isot. } 5^{\circ}) \quad z = 0\cdot2590 - 0\cdot00493 x - 0\cdot01845 y,$$

$$(\text{isot. } 4\cdot5^{\circ}) \quad z = 0\cdot3922 - 0\cdot01454 x - 0\cdot03227 y,$$

$$(\text{isot. } 4^{\circ}) \quad z = 0\cdot9198 - 0\cdot05934 x - 0\cdot09726 y.$$

Warunkiem cechującym wszelką isobatę termiczną jest $z = \text{stała}$, więc równaniem którejkolwiek z nich będzie tutaj

$$-x, x - z_2 y = \text{stała};$$

jeżeli więc dla jednej z powierzchni (tu płaszczyzn) izotermicznych oznaczymy przez k kąt którejkolwiek isobaty (wszystkie będą bowiem wówczas prostymi równoległymi) z dodatnią częścią osi x^{osc} , to nasamprzód ogólnie mamy

$$\text{tang } k = -\frac{z_1}{z_2}, \quad \sin k = \frac{-z_1}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}, \quad \cos k = \frac{z_2}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}},$$

skąd daje się natychmiast znaleźć kierunek układu isobatów, należących do uważanej płaszczyzny izotermicznej, a więc i samą orientację tej płaszczyzny. Dalej, na wyrażenie kąta i , jaki tworzy sama płaszczyzna izotermiczna z poziomem, (t. j. z płaszczyzną $z = 0$) daje geometrya analityczna związek

$$\text{tang } i = \sqrt{z_1^2 + z_2^2},$$

a jedno i drugie, zastosowane do naszego konkretnego przypadku, dostarcza nam po wstawieniu odpowiednich wartości na z_1 , z_2 jak je dopiero znaleźliśmy następującego zestawienia:

isoterma	k	i
6°	130·6°	1·7°
5°	165·0	1·6
4·5°	155·7	2·2
4°	148·6	6·5.

Stąd widać najwyraźniej, że wszystkie cztery płaszczyzny izotermiczne jeziora są pochylone — przynajmniej na uważanym obszarze trzech stanowisk b , d , e — bardzo blisko w jedną i tę samą stronę, zamykając z poziomem kąt wynoszący 2 i więcej stopni. Prócz tego zdaje się, że kąt ten jest tem większy, im niższej ciepłocie wody odpowiada uważana płaszczyzna izotermiczna. Od liczb tutaj otrzymanych nie będziemy wymagali zbyt wiele: niniejsza część hydrotermiki naszego jeziora jest bardzo „delikatną“, a ja sam musiałem się dziwić, że i taka zgodność wyników dała się osiągnąć. Średnia z czterech wartości na kąt k , t. j. 150·0° (odpowiadająca ciepłotom wody między 5° a 4° leżącym) będzie zapewne wzbudzała większe zaufanie; którąkolwiek zresztą z nich weźmiemy, to zawsze niepodobna zaprzeczyć, że kierunek isobatów zimniejszych powierzchni izotermicznych

Rybiego zgadza się dobrze z położeniem słabo hyperbolicznych isobatów. jak je dłuższym rachunkiem dla isotermy 6° znaleźliśmy.

Będzie wreszcie bardzo ciekawą rzeczą zobaczyć. jakie też położenie posiada płaszczyzna przesunięta przez 5 punkty dna jeziora, punkty odpowiadające właśnie naszym trzem stanowiskom b, d, e i dla niej znaleźć tak orientację (k') jakoteż nachylenie (i') do poziomu. Trzy punkty jeziora (b, d, e), w których pomiary wykonywałem, nie były wprawdzie swego czasu przez E. Dziewulskiego bezpośrednio sondowane, ale trzy inne punkty leżące w najbliższym sąsiedztwie tamtych, których głębokości znamy, pozwolą z dostateczną dokładnością wyznaczyć oba kąty k', i' dla dna na uważanej przestrzeni. Na trzech punktach ($x = 2.0, y = 4.0$), ($x = 4.0, y = 4.0$), ($x = 2.0, y = 6.0$) znalazł Dziewulski bezpośrednio sondowaniem trzy głębokości 49.5, 46.0 i 43.0 metrów; liczby te nie są wprawdzie poprawione z powodu kurczliwości sznura w wodzie, ale wpływ tego błędu daje się tutaj zupełnie uchylić. Jakakolwiek byłaby kurczliwość sznura używanego. Prawdziwe głębokości na wymienionych trzech punktach jeziora będą oczywiście 49.5 l , 46.0 l i 43.0 l metrów, gdzie l jest ilością nieco mniejszą od jedności, zależną wyłącznie od jakości sznura, a zresztą nieobchodzącą nas bliżej. Ponieważ wszystkie trzy współrzędne x, y, z wyrażamy w hektometrach, więc na wyznaczenie nowej naszej płaszczyzny (przy samym dnie) mamy następujące dane:

x	y	z
2.0	4.0	0.495 l
4.0	4.0	0.460 l
2.0	6.0	0.430 l

Biorąc za jej równanie jak zwykle:

$$z = z_0 + z_1 x + z_2 y,$$

podstawiając w niem kolejno wszystkie trzy trójki przynależnych wartości, dzieląc wszystkie trzy równania po obu stronach przez l i kładąc dla krótkości

$$\frac{z_0}{l} = \beta_0, \quad \frac{z_1}{l} = \beta_1, \quad \frac{z_2}{l} = \beta_2,$$

otrzymamy układ trzech równań. który rozwiązany daje

$$\beta_0 = +0.660, \quad \beta_1 = -0.0175, \quad \beta_2 = -0.0325.$$

tak, że

$$z_0 = +0.660l, \quad z_1 = -0.0175l, \quad z_2 = -0.0325l.$$

Na wyznaczenie kąta k' mamy jak poprzednio

$$\operatorname{tang} k' = -\frac{z_1}{z_2} = -\frac{175 l}{325 l} = -\frac{175}{325}, \quad \sin k' > 0,$$

skąd $k' = 151.7^\circ$, jakimkolwiek byłoby l . Natomiast nachylenie i' zależy w małym stopniu od tej ilości; związek

$$\operatorname{tang} i' = \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = l \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2} = 0.0369 l$$

dla $l = 0.94$ (t. j. skrócenie się sznura w wodzie 6%, co dla nowego sznura, jakiego Dziewulski używał, jest blizkiem rzeczywistości) daje $i' = 2.0^\circ$, a mało co większą wartość biorąc l równem jedności.

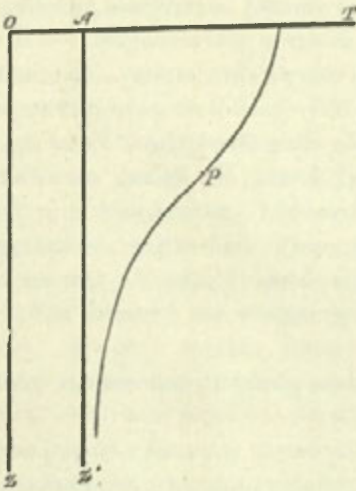
Jeżeli porównamy wartość 151.7° otrzymaną teraz na kąt k' ze średnią wartością 150.0° kąta k , znaną wyłącznie rozważaniem powierzchni isotermicznych, to znaczne zbliżenie się do siebie obu tych wartości doprowadza nas do nieuniknionego wniosku, że — przynajmniej na badanym tu obszarze Rybiego — głębsze powierzchnie isotermiczne jeziora posiadają postać zbliżoną do postaci samego dna, że więc po tych powierzchniach spływają, w kierunku największego spadku, strugi wodne z dopływów pochodzące, aż do miejsca największego pogłębienia się powierzchni isotermicznej.

Bezpośredni następstwem tego wniosku jest dalszy wniosek. że zimne i ciężkie dopływy ($3.2^\circ - 4.0^\circ$), staczając się strugami po samym dnie jeziora wzdłuż największych jego spadków i począwszy od maximum głębokości całego basenu po dnie się rozpościerając, wydźwigują, zwolna ale nieustannie, całą masę wody do góry. To samo czynią dopływy nieco cieplejsze z tą tylko różnicą, że dla nich dnem są różne powierzchnie isotermiczne, postacią swą wogóle zbliżone do dna rzeczywistego. Skalisty basen, zasilany ustawicznie świeżą i zimną wodą w głębszych swych częściach, pozbywa się równocześnie przy odpływie ciepłej wody z najwyższych warstw jeziora pochodzącej¹⁾, a nieustanność tego procesu dynamicznego zapewnia mu stan utrwalenia oczywiście bardzo już dawny.

¹⁾ Niejakie porównanie tego hydrodynamicznego utrwalenia daje aparat destylacyjny, w którym zimna woda odnawia się z pod spodu, podczas gdy równocześnie ciepła górą odpływa.

Zależność temperatury od głębokości.

Wspomniałem już, że każdorazowa zależność temperatury wody od samej głębokości nie daje się przedstawić tak dla Rybiego, jak i dla innych jezior tatrzańskich, jedną jedyną funkcją. Powód leży w tem, że ciepłota rzeczona (τ) nie od jednej, ale od dwóch naraz zmiennych zależy: od głębokości z i od czasu θ , w którym sondowanie termometryczne zostało wykonane, wyraźniej mówiąc: od pory roku. Jeżeli pojedyncze szeregi pomiarów (letnie) przedstawimy ry-



Ryc. 14.

sunkiem, to na wyrażenie zależności temperatury od samej głębokości otrzymamy rozmaite linie krzywe, posiadające wprawdzie jeden i ten sam typ, ale różniące się znacznie pomiędzy sobą tak szczegółami krzywizny, jakoteż położeniem. Jedną z takich krzywych przedstawia schematycznie oboczna rycina 14. Tutaj na prostej poziomej OZ odcięte są (począwszy od punktu O) głębokości z , na prostej pionowej OT temperatury wody, przynależne do obranych głębokości. Wspólne wszystkim takim krzywym (letnim) znamiona. są dwa następujące:

1) Prosta pionowa AZ' jest dla wszystkich nich asymptotą, przyczem odległość OA odpowiada bardzo blisko temperaturze 4°C .

2) Wszystkie posiadają w górnych swych częściach punkt przejęcia (infleksyi) P , będący granicą, na której krzywa przestaje być wklęsłą do osi OZ , a poczyna być wypukłą.

Pierwszy szczegół wyraża fakt, że w znacznych głębokościach jeziora temperatura prawie już żadnym nie ulega zmianom, zależnym od samej głębokości i zdąża widocznie do pewnej stałej wartości, bliskiej 4°C . Nie można utrzymywać, jakoby ona wynosiła dokładnie 4° , czy nawet 4.08° , t. j. znaną temperaturę maximum gęstości wody pod ciśnieniem jednej atmosfery; wyznaczenie jej, wiążące się bardzo ściśle z ciemną jeszcze kwestyą zmian wieloletnich (zob. rozdz. VI), nie da się obecnie przeprowadzić. Prosta AZ' będzie zresztą tylko wtedy asymptotą wszystkich krzywych -- i to dokładną -- jeżeli przysze poszukiwania okażą, że zmiany te (variations lustrales) nie istnieją wcale w jeziorach tatrzańskich; w przeciwnym razie wi-

doczna, iż układ krzywych, odpowiadających n. p. rocznemu albo chociaż półrocznemu (letniemu) przeciągowi czasu, nie może wcale posiadać wspólnej asymptoty. Stosuje się to wszystko także i do krzywej „zimowej“, t. j. do krzywej przedstawiającej związek ciepłoty pod lodem jeziora z głębokością. Wprawdzie krzywa, nakreślona według pomiarów jedyne go dotąd sondowania termometrycznego pod lodem, przedstawia podówczas wzrost ciepłoty z głębokością, a nie ubytek jak latem, to jednak kwestya istnienia lub nieistnienia wspólnej asymptoty całej gromady „zimowych“ krzywych nie różni się od poprzedniej. Jedyne — w razie istnienia takiej prostej — krzywe „zimowe“ zbliżałyby się do rzeczonyj asymptoty ze strony przeciwnej.

Drugi szczegół wspólny wszystkim krzywym (letnim) — istnienie punktu przegięcia P — daje się łatwiej uchwycić ilościowo, nawet już na podstawie dotychczasowego materiału obserwacyjnego. Zauważmy od razu, iż punkt P leży właśnie w głębokości, dla której chyżość ubytku temperatury (latem) wraz z głębokością jest maximum; jest to więc ten sam punkt, o którym już poprzednio mówiliśmy, a którego głębokość (warstwa „krytyczna“) oznaczyliśmy głoską K . Oto co — posługując się tak rachunkiem, jak i rysunkiem na papierze milimetrowym — dało się stwierdzić.

1) Wszystkie krzywe letnie posiadają punkt P , zimowa zaś wcale go nie posiada.

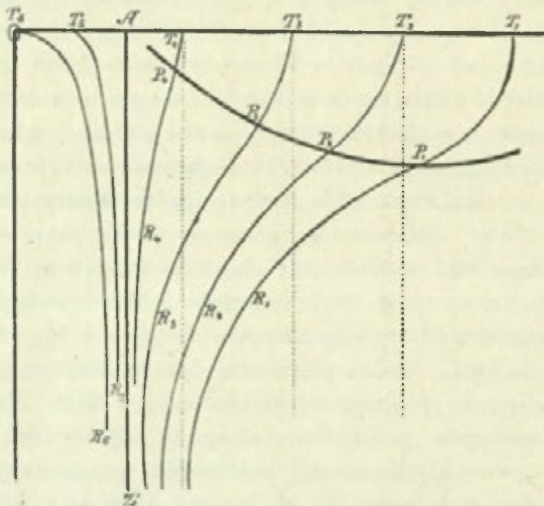
2) Głębokość K punktu P jest zmienną z porą roku, lepiej mówiąc, z letnim i jesiennym pochodem temperatury czy to powietrza, czy też wody na powierzchni jeziora. Wczesnem latem głębokość ta jest małą, wzrasta w ciągu lata, aby osiągnąwszy z końcem jego maximum głębokości, zmniejszać się z początkiem jesieni. Jest więc rzeczą nieuniknioną, że punkt P w ciągu roku dwa razy, z końcem wiosny i z końcem jesieni, znajdzie się na samej powierzchni jeziora. Można sobie jednak wyobrażać, że punkt ten istnieje także i na krzywej tak „wiosennej“, jakoteż „zimowej“, ale nad powierzchnią jeziora, jeżeli obie krzywe pomyślimy sobie przedłużonemi idealnie w górę, t. j. tam, gdzie niema już wody.

3) Sama chyżość V zmiany ciepłoty wody wraz z głębokością uważana w punkcie P , gdzie jest największością, jest również zależną od temperatury na powierzchni, to jest od pory roku. Latem chyżość ta (odjemna) jest największością wówczas, gdy punkt P leży jak najgłębiej; staje się coraz mniejszą (absolutnie biorąc, gdyż jest ona stale odjemną, t. j. $\frac{d\tau}{dz} < 0$), gdy punkt P przybliża się do powierzchni jeziora, więc wczesnem latem i z początkiem jesieni; w zimie

największość chyłości $\frac{d\tau}{dz}$ jest dodatną i odpowiada wartości z blizkiej zera. Geometrycznie biorąc, znaczy to, że należące do rozmaitych miesięcy, krzywe $\tau = f_1(z)$, $\tau = f_2(z)$, $\tau = f_3(z)$ posiadają styczne w punkcie P rozmaicie nachylone do prostej OZ ; kąt tego nachylenia staje się coraz większy w miarę, jak sam punkt P się pogłębia, mniejszy, gdy P zbliża się (z pod spodu) do powierzchni wody. Krótko mówiąc, każda z tych krzywych jest tem głębiej i tem silniej wygiętą w punkcie P , im wyższa (latem) temperatura znajduje się na powierzchni jeziora.

4) Letnia stała równowaga termiczna przechodzi w zimową stałą, podczas oziębiania się górnych warstw wody do 4° C. (blizko) i wynika stąd zaburzenia równowagi jeziora aż do znacznych głębokości, co należy sobie wyobrażać jako krótkotrwały stan niestalej równowagi jeziora, zakończony równowagą obojętną wówczas, gdy prawie cała masa wody przybierze (za sprawą pionowych prądów konwekcyjnych) temperaturę bardzo blizką 4° C. Wówczas to krzywa nasza degeneruje w prostą linię AZ' , ażeby odtąd przeginać się w stronę przeciwną, podczas gdy postępujący proces oziębiania powierzchni wody (od $+4^{\circ}$ do zera), nie mogąc już dalej wywoływać prądów konwekcyjnych, zapewnia wodom jeziora stałą równowagę (zimową), zabezpieczoną jeszcze bardziej wówczas, gdy jezioro powlecze się skorupą lodową. Odwrotne przemiany krzywej $\tau = f(z)$ wystąpią wiosną po zrzućeniu lodów. Krzywa zimowa (bez punktu infleksyi P) pocznie — wraz z ogrzewaniem się górnych warstw wody do 1° , 2° , 3° , 4° — zbliżać się coraz bardziej do prostej AZ' , cechującej równowagę obojętną, a odtąd po dokonaniem odwróćeniu uwarstwienia zimowego na letnie, wyginać się znowu wklęsłą swą stroną ku osi OT ; punkt P , który w zimie na naszej krzywej mógł istnieć tylko idealnie, bo nad powierzchnią wody, pocznie się pogłębiać coraz bardziej, a krzywa w tem miejscu wyginać się coraz więcej. Przekroczywszy maximum tego pogłębiania a zarazem wygięcia się (maximum maximorum) rozpoczna odtąd obydwie te określniki ponowny szereg (okresowy) przemian, jak go co dopiero opisaliśmy. Jedna część tych wniosków opiera się już na poprzedzających wywodach, których niema potrzeby powtarzać; resztę uzasadniam zaraz niżej. Wydaje mi się pożytecznem przedstawić na rycinie 15. pochod zmian, jakim tak położenie, jakoteż postać krzywej $\tau = f(z)$ ulega w ciągu roku. Rozpoczynając od ręki prawej, widzimy tutaj krzywą $T_1P_1R_1$ (odpowiadającą końcowi lata), posiadającą punkt przegięcia P_1 w największej możliwej głębokości; styczna do niej w tym punkcie zamyka z osią OZ kąt możliwie największy. Następujące dwie krzywe $T_2P_2R_2$ i $T_3P_3R_3$ (nb. cofamy się ku wio-

śnie) posiadają punkty przegięcia P_2 względnie P_3 płycej, aniżeli poprzednio, styczne w tych punktach zamykają z osią OZ kąty mniejsze, aniżeli się to działo w punkcie P_1 , a to samo stosuje się w stopniu jeszcze wyższym do krzywej $T_4P_4R_4$, która odpowiada samemu początkowi lata. Postępując wstecz dalej, krzywa nasza przekształca się z końcem wiosny w prostą AZ' , wskazującą na stałość temperatury każdej głębokości, przy czem długość OA odpowiada bardzo blisko ciepłocie 4.08°C , t. j. zwykłemu maximum gęstości wody. Odtąd, cofając się w głąb wiosny, jej początek, a



Ryc. 15

wreszcie zimą, krzywa nasza przeradza się z prostej AZ' na wklęsłą do osi OZ i to na całej swojej przestrzeni, przy czem wielkość jej krzywienia się jest w pobliżu samej powierzchni tem większą, im bliższą środka zimy będzie pora sondowania termometrycznego. Ostatni wniosek wynika wprost z uwagi, że wszelka zmienność krzywych, tak po prawej stronie linii AZ' , jakoteż po lewej jej stronie, odpowiadając dwom stanom równowagi stałej, musi się odbywać w sposób ciągły.

Na prostej linii AZ' (albo na wąziutkim pionowym paseczku, leżącym po obu stronach tej linii, w razie jeżeli istnieją zmiany wieloroczne) następuje zerwanie ciągłości, odpowiadające wiosennemu i jesiennemu odwróceniu termicznego uwarstwienia.

Obliczywszy dla wszystkich sondowań termometrycznych, wykonanych na środku jeziora, obie ilości: K (głębokość punktu przegięcia P) i V (maximum chyżości ubywania ciepłoty wraz z głębokością), otrzymamy następujące zestawienie (str. 350).

Obie liczby K , V , wyprowadzone z pomiarów r. 1884., są nieco wątpliwe z powodu niestosownego doboru „skali“ głębokości (0, 10, 20, 30, metrów), o czem mówiłem już poprzednio. Do tych oznaczeń dołączamy osobno (niżej) podobne oznaczenie, wynikające z mojego zimowego sondowania: niepodobna było bowiem odpowiednich liczb umieszczać razem z poprzednimi w jednej tabelce, gdyż krzywa zi-

	Rok	Data	K metry	V	Obserwator	UWAGA
1	1884	20/VIII	13·2	— 0·32	Świerz	Liczby nieco wątpliwe
2	1886	6/VIII	11·36	— 0·64	Grissinger	
3	1890	5/VIII	8·93	— 0·77	B.	
4	1891	5/VIII	6·62	— 0·39	B.	
5	1892	28/VI	1·60	— 0·26	Świerz	K nieco za małe
6	1892	15/VII	8·40	— 0·85	B.	
7	1892	8/VIII	10·86	— 2·31	Świerz	
8	1892	15/IX	8·84	— 1·78	Świerz	
9	1893	27/VII	5·39	— 0·87	B.	Srednie z dwóch

mowa nie posiada, jak wiemy, punktu P wcale, a nie mając go, nie może tem samem posiadać chyżości V , przynależnej takiemu punktowi przegięcia. Zobaczymy, że posiada ona natomiast inny punkt P' wprawdzie tylko idealny i przynależną doń (maximalną) chyżość V' , oczywiście tutaj dodatną, tak, że obie ilości K' , V' będą mogły uchodzić bądź co bądź za analogiczne z ilościami K , V .

Z naszego zestawienia najważniejsze są oczywiście cztery przytoczone pod liczbami 5, 6, 7, 8, a to z powodu, że odnoszą się one do rozmaitych czasów jednego i tego samego roku (1892.). Rzut oka na te cztery pary liczb dowodzi od razu prawdziwości przytoczonego powyżej pod 1. 2. i 3. W czerwcu 1892. r. głębokość K była jeszcze bardzo małą (1·60 m.), to sama i chyżość V (wzięta absolutnie, t. j. ze znakiem dodatnim) posiadała bardzo niewielką wartość (— 0·26) wogóle najmniejszą w całym zestawieniu, w połowie lipca okazał się już znaczny wzrost obydwóch tych ilości, jeszcze większy w pierwszej połowie sierpnia, a wreszcie spadek obojga w połowie września, okazujący najwyraźniej, że tak K , jak i V przeszły tymczasem przez maximum roczne. Będzie rzeczą ciekawą zobaczyć, kiedy to nastąpiło dla jednej, a kiedy dla drugiej z tych ilości.

Licząc czas θ od dnia 1. czerwca 1892. r., a za jednostkę jego biorąc 30-to dniówkę, otrzymamy liczby

θ	K	V
1·5	8·40	— 0·85
2·3	10·86	— 2·31
3·6	8·84	— 1·78,

gdzie czerwcowych K , V nie zamieściłem z powodu, że maximum tak na K , jak i na $-V$ przypadało widocznie między pomiarami lipcowymi a wrześniowymi. Obie te ilości uważane tutaj za funkcyje czasu θ dają się przedstawić — na uważanej jego przestrzeni — wzorami:

$$K = 8.40 + 4.840 \xi - 2.205 \xi^2,$$

$$V = -0.85 - 2.676 \xi + 1.064 \xi^2,$$

gdzie dla krótkości $\xi = (\theta - 1.5)$ położyłem. Warunki dla maximum względnie minimum tych funkcyj. t. j.

$$\frac{dK}{d\xi} = 0, \quad \frac{dV}{d\xi} = 0$$

dają z pierwszego

$$4.84 - 4.41 \xi = 0, \text{ skąd } \xi = 1.10, \theta = 2.60,$$

to jest blisko 17. sierpnia 1892. r.,

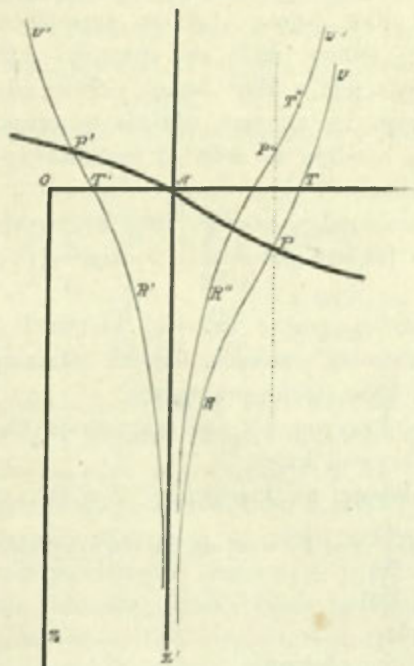
zaś z drugiego

$$-2.676 + 2.128 \xi = 0, \text{ skąd } \xi = 1.26, \theta = 2.76,$$

t. j. dzień 22. sierpnia 1892. roku. Ta wyśmienita zgodność obydwóch czasów, otrzymanych z rozważań elementów tak różnych od siebie, jak obie ilości K , V , dowodzi prawdziwości reszty twierdzeń. jakie pod l. 2. i 3. przywołem, jak niemniej prawdziwości jednej ich połowy pod l. 4. przytoczonych. Średnia z obydwóch dat pada dokładnie na datę maximum średniej dziennej ciepłoty powietrza w dniach 19. i 20. sierpnia 1892. r. podczas trwania niezwykłych upałów całej drugiej połowy tego miesiąca.

Jeżeli zatem pomyślimy sobie, że wszystkie punkty P_1 , P_2 , P_3 , ..., istniejące dla letniego (i częściowo jesiennego) termicznego uwarstwienia jeziora, rołączymy ze sobą ciągłą linią krzywą, to dochodzimy do bardzo ciekawego wniosku (porówn. ostatnią figurę), że krzywa ta przecina oś OT dwa razy w ciągu roku (na końcu wiosny i w połowie jesieni), że więc na całej tej przestrzeni posiada ona konkretne znaczenie; gdy jednak nie nam nie wzbrania krzywą tę przedłużyć idealnie ponad oś OT , t. j. ponad powierzchnię jeziora, wnosimy, iż krzywe „zimowe“ wolno uważać za nieróżne od letnich jakością, tylko samem położeniem, że mianowicie u pierwszych, punkt przegięcia P przeniósł się (postępując po krzywej $P_1 P_2 P_3$, ...) ponad powierzchnię jeziora. Jeżeli tak jest w istocie, to dla każdej krzywej „zimowej“ znajdzie się symetryczna względem prostej AZ krzywa „letnia“, jeżeli tylko tę ostatnią podniesiemy tak wy-

soko, iżby jej punkt (rzeczywisty) P znalazł się na wysokości tej samej, na której leży (idealny) punkt P' krzywej zimowaj. Rycina znajdująca się obok, objaśni rzecz lepiej, przyczem dogodniej będzie



Ryc. 16.

cały proces przeprowadzić odwrotnie. Przypuśćmy, że krzywa $T'R'$ przedstawia zależność ciepłoty wody od głębokości wówczas, gdy ciepłota jej na powierzchni posiada wartość leżącą między 0° a 4° C.; krzywa ta nie posiada rzeczywistego punktu przegięcia, jaki istnieje dla krzywej letniej $T'P'R'$ (w punkcie P'). Jeżeli jednak pomyślimy sobie krzywą $T'R'$ przedłużoną do góry według tego samego prawa, które rządzi jej krzywieniem się poniżej prostej OT , to otrzymamy ponad tą prostą idealną gałązkę $U'P'T'$ naszej krzywej, o której to gałązce zaraz udowodnimy, że posiada również punkt przegięcia (mianowicie P'). Jeżeli teraz całą krzywą $U'P'T'$ obrócimy około prostej AZ' jako osi symetrii. to

krzywa przejdzie w położenie $U''P''R''$, a jeżeli wreszcie ją zesuniemy na dół tak, że punkt P' padnie na krzywą $P_1P_2P_3 \dots$ (zobacz poprzednią rycinę) będącą miejscem geometrycznym wszystkich punktów P , to krzywa nasza znajdzie się ostatecznie w położeniu $UTPR$, t. j. przybierze dokładnie postać krzywej „letniej“. Zesuwanie, o którym mowa, musi tak się odbywać, iżby każdy punkt krzywej $U''P''R''$ zniżył się po prostej równoległej do AZ' o jedną i tę samą długość $= P''P$, gdyż w każdym innym razie prosta AZ' nie mogłaby być asymptotą równocześnie do obu krzywych $U''P''R''$ i $UTPR$, co musi się bezwarunkowo spełniać. Prosta AZ' jest bowiem asymptotą obu krzywych. letniej $T'P'R'$ i zimowej $T'R'$, a więc także krzywej $U''P''R''$ która jest symetryczna do $U'P'T'R'$.

Tak sobie wyobrażam „funkcyjne“ przejście od letniego układu krzywych $f(z)$ do zimowego i na odwrót. Nie zapominam, że jest to tylko wyobrażenie, mające za cel ujęcie dwóch różnych stanów równowagi stałej pod jeden matematyczny punkt widzenia. Wystarczy przyjąć, że krzywa $f(z)$ porusza się po jednej stronie prostej

AZ' tak, iż jej punkt przegięcia P będzie zakreślał krzywą $P_1P_2P_3\dots$ (którą możnaby nazwać kierownicą) — widocznie zależną od rocznego pochodzenia temperatury powietrza — a nadto tak, aby krzywa $f(z)$ w każdym swym położeniu miała linię prostą AZ' za asymptotę. Wówczas proste obrócenie krzywej letniej około osi symetrii AZ' przemieni ją na zimową tak, iż obrót ten o 180° będzie dobrze oddawał przewrót uwarstwienia letniego na zimowy właśnie wówczas, gdy temperatura na powierzchni τ_0 spadnie do $4\cdot08^\circ\text{C}$. przedstawionej na rycinie długością OA .

Tak więc, zamiast szukania postaci całego szeregu linii krzywych (zob. ryc. przedostatnią) tak letnich jakoteż zimowych, wystarczyłyby następujące dwie czynności:

1) Oznaczyć, ile się da najściślej, postać krzywej kierownicy $P_1P_2P_3\dots$ (a da się to uczynić zapomocą czterech danych ostatniej naszej tabelki, jakoteż piątej danej, którą zaraz przytoczę).

2) Znaleźć postać tylko jednej krzywej $f(z)$ ze wszystkich danych obserwacyjnych i to takiej krzywej, która:

a) posiada punkt przegięcia leżący na kierownicy $P_1P_2P_3\dots$;

b) w tym punkcie dostarcza na $\frac{d\tau}{dz}$ ($\equiv V$) wartość dającą się podać

(porównaj tabelkę wartości na K i V);

c) prostą AZ' ma za asymptotę.

Analitycznie biorąc, jedno jedyne równanie

$$\tau = 4\cdot08 + (\tau_0 - 4\cdot08) F[z(\tau_0 - 4\cdot08)]. \psi(z)$$

będzie przedstawiało roczny przebieg zmian ciepłoty wody, tak w zależności ich od czasu, jakoteż od głębokości, jeżeli tylko obie funkcje F, ψ zostaną należycie dobrane. Zamiast czasu θ występuje tu zmienna τ_0 od samego θ bezpośrednio zawisła, a bez porównania właściwsza niż θ w naszym wzorze, gdzie τ należało uczynić funkcją równocześnie dwóch zmiennych niezależnych. Jak wspomniałem, postaci obu funkcyj F, ψ dadzą się dla Rybiego (a także dla innych jeszcze, głębokich jezior tatrzańskich) wyznaczyć już nawet na podstawie dotychczasowego materiału obserwacyjnego, jednakże rezultaty, jakie do tej pory otrzymałem, nie nadają się jeszcze do publikacji. Zauważę tylko, że obie funkcje F, ψ muszą posiadać m. i. własność, że $F(0) = 1, \psi(0) = 1$, co dla $z = 0$ daje $\tau = 4\cdot08 + (\tau_0 - 4\cdot08) = \tau_0$, jak być powinno; dalej, że dla $\tau_0 = 4\cdot08^\circ$ jest także $\tau = 4\cdot08^\circ$ jakimkolwiek byłoby z , co daje prostą AZ' odpowiadającą wiosennemu i jesiennemu odwróceniu termicznego uwarstwienia jeziora; że dla $\tau_0 \geq 4\cdot08$ musi być również $\tau \geq 4\cdot08$ i to aż do bardzo znacz-

nych głębokości, a nawet do samego dna, jeżeli zmiany wieloletnie nie istnieją, że więc funkcya $F(u)$ nie może być nieparzystą, t. j. taką, aby $F(-u) = -F(u)$ i t. d.

Pozostaje jeszcze okazać, że krzywa „zimowa“ posiada istotnie idealny punkt przegięcia P' . Jedyne dotąd sondowanie Rybiego pod lodem (w marcu r. 1891.), dało mi następujące ciepłoty bezpośrednio odczytane na termometrze maximum (i poprawione):

	z	τ	Δ		z	τ	Δ
1	0 m.	0.2°		5	10 m.	3.87°	
2	2	2.12	+ 0.96	6	13	4.02	+ 0.05
3	4	3.50	+ 0.69	7	17	4.07	+ 0.01
4	7	3.68	+ 0.06	8	22	4.07	+ 0.00
5	10	3.87	+ 0.06	9	36	4.00	(- 0.005?),

gdzie dołączyłem od razu wartości znanej nam (zob. rozdział V.) ilości Δ , t. j. zmiany ciepłoty odpowiadającej wzrostowi głębokości o 1 metr. Widać stąd najwyraźniej, że na całej przestrzeni od $z=0$ do z bliskiego $25(\pm)$ metrom ilość Δ nie wykazuje ani maximum ani minimum, że więc maximum — jeżeli istnieje — musi leżeć albo na samej ciepłej powierzchni jeziora (t. j. tuż zaraz pod lodem), albo już ponad nią (idealnie). Ażeby rzecz tę ilościowo lepiej rozpatrzeć, przedstawiam pionowy pochód ciepłoty w małych głębokościach zwykłym wzorem interpolacyjnym; opierając go na pierwszych czterech liczbach, otrzymujemy

$$\tau = 0.2 + 1.028z - 0.0173z^2 - 0.00837z^3,$$

skąd różniczkowaniem, dla zmiennej chyżości ciepłoty τ (wzdłuż z) wyprowadzamy

$$v = 1.028 - 0.0346z - 0.02511z^2.$$

Warunek $\frac{dv}{dz} = 0$ na maximum lub minimum chyżości v daje teraz

$$-0.0346 - 0.05022z = 0, \text{ skąd } z = -0.69 \text{ m.,}$$

a samo maximum $V = +1.05^\circ \text{C.}$ (na samej powierzchni, t. j. dla $z=0$ mało co mniej, bo $+1.03^\circ \text{C.}$). Punkt krzywej P' leżący nad powierzchnią wody charakteryzuje się tem, że dla niego $\frac{d^2\tau}{dz^2} = 0$, t. j.

że styczna w nim poprowadzona przylega do krzywej nie do jednego, ale aż do dwóch nieskończenie bliskich elementów (łuczków) krzywej, jest więc on istotnie punktem przegięcia czyli infleksyi.

Wynik ten wydał mi się dość ważnym, ażeby go sprawdzić na podstawie już nie czterech, ale pięciu temperatur wody odpowiadają-

cych pięciu kolejnym głębokościom zimowego sondowania termometrycznego. Kładąc algebraiczną krzywą termiczną przez 5 punktów odpowiadających głębokościom $z = 0, 2, 4, 7, 10$ m., otrzymamy najpierw wzór

$$\tau = 0.2 + 1.0680 z - 0.04334 z^2 - 0.006313 z^3 + 0.000490 z^4,$$

skażd na wyrażenie zmiennej chyżości v otrzymujemy

$$v = 1.0680 - 0.08668 z - 0.018939 z^2 + 0.001960 z^3$$

tak, iż warunek dający maximum lub minimum tej ilości będzie

$$-0.08668 - 0.037878 z + 0.005880 z^2 = 0,$$

co rozwiązawszy, otrzymujemy wartość obchodzącego nas tutaj pierwiastka $z = -1.79$ m. Samo maximum V' wypadające z ostatniego wzoru interpolacyjnego wynosi $+1.15^\circ \text{C.}$; obie pary zbliżonych wartości

K'	V'
- 0.69	+ 1.05°
- 1.79	+ 1.15

wskazują wyraźnie na rzeczywiste istnienie punktu przegięcia P' na idealnej odnodze $T' U'$ naszej krzywej „zimowej“, i świadczą, że wartości, jakie K' i V' przybierają w tym punkcie, są w przybliżeniu -1.2 metra, a względnie -1.1°C. Pierwsza z tych dwóch wartości dała się z liczb tego sondowania wyznaczyć z mierną tylko dokładnością głównie dlatego, że nie przewidując rzeczy, nie wykonałem był wówczas pomiaru temperatury wody w głębokości np. 1 metra i 3 metrów, t. j. tam, gdzie v posiada znaczne jeszcze wartości.

Zanim rozpoznałem znaczenie punktu P w fizycznym badaniu termicznej „mechaniki“ jezior tatrzańskich, a nawet zanim spostrzegłem jego istnienie, usiłowałem jakiś czas — nie oceniając jeszcze należycie roli, jaką dopływy i prądy w całej rzeczy odgrywają — wytłumaczyć zmienność temperatury τ wraz z głębokością z zapomocą prostego przewodnictwa ciepła zewnętrznego do coraz to głębszych warstw wodnych. Byłem w błędzie, a przekonawszy się później o niepoziomem uwarstwieniu termicznym jeziora, tudzież o niezmiernym wpływie, jaki na całość zjawiska wywierają dopływy, porzuciłem dawniejsze wyobrażenia, a to tem rychlej, ponieważ w samej teorii przewodnictwa ciepła znalazłem ważny szczegół przemawiający przeciwko takiemu wyobrażeniu. Gdyby bowiem pionowa zmienność (letnia) temperatury wody miała dać się objaśnić wyłącznie prze-

wodnictwem ciepła, to według teorii Fourier'a musielibyśmy mieć dla pionowej jej zmienności

$$\tau = \tau_0 - A \int_0^z e^{-ku^2} du,$$

gdzie stałe $k > 0$, zaś $A \geq 0$ według tego czy mamy przed sobą ubytek czy też wzrost temperatury wraz ze wzrostem głębokości z .

Zmienna chyżość $v = \frac{d\tau}{dz}$ wyrażałaby się w obu razach prostym równaniem

$$v = - A e^{-kz},$$

skąd widać, że jej maximum lub minimum (według tego czy $A < 0$, czy też $A > 0$) musiałoby zachodzić w obu razach, dla $z = 0$, t. j. na samej powierzchni jeziora, czego nie potwierdzają fakta zaczerpnięte bezpośrednio z termometrycznych sondowań. Ponieważ punkt P , w którym faktycznie zachodzi maximum pionowej zmiany ciepłoty w porze letniej, leży stanowczo pod powierzchnią wody, zimą zaś bardzo prawdopodobnie w małej wysokości ponad nią, niepodobna zmian temperatury w kierunku pionowym wytłumaczyć samem tylko przewodnictwem ciepła w płynnej masie jeziora, z czego jednak nie musi jeszcze wynikać, ażeby ono na powikłane objawy hydrotermiczne nie wywierało żadnego wpływu. W każdym razie czynnikowi temu potrzeba będzie przyznać tutaj znaczenie tylko drugorzędne. Jeżeli zważymy, że letnia głębokość K punktu P może osiągnąć wartości kilkunastu metrów, dalej, że zimowa wysokość K' punktu P' (wówczas na idealnej gałęzi $T' U'$ leżącego) jest bardzo skromną, to z pewnością nie oddalimy się od prawdy twierząc, iż wpływ przewodnictwa ciepła na pionową zmienność temperatury w jeziorze, występuje najwybitniej w porze zimowej, gdy jezioro nie pobiera prawie wcale dopływów, skąpo zaś pobieranych (o temperaturze bardzo blizkiej 0°C.) nie „dopuszcza“ do swego wnętrza. W tym stanie zimowej nieruchomości, powiedziałbym martwoty wód jeziora, już w bardzo małej głębokości pod lodem, zachowuje się całe jezioro tak prawie, jak gdyby było ciałem stałym, a dopiero wówczas przewodnictwo ciepła, latem zamaskowane o wiele potężniejszą działalnością prądów, może wyraźniej zaznaczyć swoje istnienie i wpływ na zmiany obserwowane.

Ostatni szczegół, jaki wypada mi tu podnieść, dotyczący się zresztą nie tylko Rybiego, ale i wszystkich innych, głębokich jezior tatrzańskich,

odnosi się do osobliwszego na pozór faktu, że w największych ich głębokościach znajduje się bardzo często ciepłota niższa o połowę i więcej stopnia C. od 4°C ., skoro wiadomo, że woda w tej ciepłocie (a nawet nieco wyższej, bo w $4\cdot07 - 4\cdot09^{\circ}\text{C}$.) posiada największą gęstość, a stałość równowagi żąda, ażeby na samem dnie woda była najgęstsza. Osobliwość tego zjawiska jest jednak tylko pozorną. Jest prawdą, że woda w zwykłych warunkach, t. j. zostająca pod ciśnieniem blizkiem jednej atmosferze osiąga w $4\cdot08^{\circ}\text{C}$. maximum swojej gęstości, ale przestaje to być prawdą wobec ciśnień znaczniejszych. Liczba $4\cdot08^{\circ}\text{C}$. nie jest ciepłotą maksymalną gęstości wody w głębszych jej „warstwach“, ulegających znacznemu ciśnieniu hydrostatycznemu, wzrastającemu co 10 metrów blizko o jedną atmosferę.... W bardzo znacznych głębokościach oceanów, nawet podzwrotnikowych znaleziono ciepłoty 3°C ., 2°C ., a nawet mniej jeszcze; na dnie oceanu podbiegunowego znaleziono ciekłą wodę mającą ciepłotę $-0\cdot2^{\circ}\text{C}$., a nawet $-0\cdot8^{\circ}\text{C}$.! A pomimo tego cała masa wody znajduje się w równowadze stałej (lepiej mówiąc, w stanie stałego utrwalenia hydrodynamicznego), gdyż ubytek gęstości wody, spowodowany znizieniem się jej ciepłoty poza $4\cdot08^{\circ}\text{C}$., zostaje sowiec nagrodzony wzrostem gęstości wywołanym ściśliwością wody ugniatanej setkami atmosfer ciśnienia hydrostatycznego. Na mniejszą skalę występuje to samo w głębokich jeziorach tatrzańskich, a niezawodnie także wogóle we wszystkich głębszych jeziorach strefy zimnej i umiarkowanej. Można stwierdzić liczbami, że równowaga jeziora jest stateczną nawet wówczas, gdy ciepłota na dnie jest niższą od $4\cdot08^{\circ}$ o połowę stopnia i więcej.

Przyjmując gęstość wody w 0°C . za jednostkę, mamy dla niej (na przestrzeni od 0 do $+15^{\circ}\text{C}$.) następujący, przez Kopp'a podany wzór empiryczny

$$\rho' = 1 + 0\ 000061045\ \tau - 0\ 0000077146\ \tau^2 + 0\ 00000003640\ \tau^3,$$

który wyśmienicie przedstawia liczby experymentem znalezione. Prawa jego strona, którą oznaczam krótko $z(\tau)$, daje gęstości wody zmienne z temperaturą pod stałym ciśnieniem bardzo blizkiem jednej atmosferze. Według doświadczeń, które wykonał Grassi¹⁾, współczynnik ściśliwości wody mającej temperaturę blizką 4°C . wynosi $0\ 000049$; jeżeli więc głośką p oznaczymy całkowite ciśnienie, jakiemu ulega warstwa wody znajdująca się blizko dna jeziora, a posiadająca ciepłotę blizką 4°C ., to rzeczywista gęstość wody w tem miejscu będzie

¹⁾ Annales de chimie et de physique, III-me Série, T. 31.

$$\rho = \varphi(\tau) \cdot [1 + 0.000049(p - 1)],$$

zamiast czego, z przyczyny małości wszystkich współczynników tutaj występujących, wolno pisać prościej

$$\rho = \varphi(\tau) + 0.000049(p - 1),$$

przyczem ciśnienie p musi być wyrażonem w atmosferach. Dla dowolnego jeziora głębszego ciśnienie to składa się z dwóch części, raz ze samego ciśnienia b zewnętrznego powietrza, mierzonego każdorazową wysokością słupka rtęci w barometrze, powtóre z ciśnienia hydrostatycznego, proporcjonalnego (bardzo blisko) do głębokości z uważanej warstwy wody. Dla Rybiego i innych nienajwyższych jezior tatrzańskich średnie ciśnienie b wynosi blisko 0.83 atm.; zważając teraz, że ciężar gatunkowy rtęci wynosi 13.596 g., normalny stan barometru 0.76 m., znajdujemy, że słup wody o głębokości $13.596 \cdot 0.76 = 10.33$ metrów wywiera ciśnienie hydrostatyczne równe jednej atmosferze, że więc słup wody z metrów głęboki wywiera ciśnienie

$$\frac{z}{10.33} = 0.0968 \cdot z \text{ atmosfer.}$$

Skutkiem tego będzie najpierw

$$p = (0.83 + 0.0968 \cdot z) \text{ atm.}$$

a następnie

$$\rho = \varphi(\tau) + 0.00000474 \cdot z - 0.0000083,$$

gdzie głębokość z ma być podaną w metrach.

Jeżeli ten wzór zastosujemy do sondowania termometrycznego, wykonanego dnia 17. lipca 1892. r., które m. i. dało najniższą, jaką kiedykolwiek tutaj znaleziono, ciepłość $+3.50^{\circ}\text{C}$. i to już w głębokości 30 m., to otrzymamy zestawienie:

z	τ	ρ
0.0 m.	12.5°	0.9996204
2.1 "	11.25	0.9997622
24.0 "	4.20	1.0002285
30.0 "	3.50	1.0002546,

które okazuje, że pomimo obniżenia się ciepłoty wody od 4.08° do 3.50° , dolne jej warstwy są gęstsze od wyższych, że więc zabezpieczoną jest stałość równowagi jeziora. To samo stosuje się i do reszty ciepłot niższych od 4°C . jakie tak dla Rybiego, jakoteż dla innych głębokich jezior tatrzańskich (zwłaszcza Czarnego Stawu pod Kościelcem) tak prof. Świerż, jak i ja sam wielokrotnie znalazłem. Z po-

wyższego widać, iż ciepłoty takie jak: 3·8°, 3·5°, 3·2° C. (jaką np. znalazłem dnia 25. lipca 1892. r. w Czarnym Stawie pod Kościelcem w głębokości 41·9 m.), nietylko że nie są jakąś nieprawidłowością w termicznym uwarstwieniu jeziora, ale właśnie wprost nieuniknionem następstwem stałości letniej jego równowagi. Jedyny dotąd, a rzeczywiście osobliwy przykład anormalnego uwarstwienia termicznego znalazłem dnia 22. lipca 1892. r. w Zmarzłym Stawie pod Zawratem, gdzie po wodzie o temperaturze 2·60° C. (w głębokości niecałych 4 m.) zesuwała się górna warstwa cieplejsza (3·05°) i od tamtej widocznie cięższa, dążąc wprost do odpływu. Bliższe szczegóły podaję na właściwym miejscu.

CZĘŚĆ II.

Inne jeziora tatrzańskie.

Szczegółowe badania termiki Jeziora Rybiego zawarte w części I tej pozwoliło wniknąć w dość znaczną ilość zjawisk wspólnych wszystkim jeziorom górskim; wielokrotnie też wypadło, mówiąc o tamtem, natrafić zarazem o inne, aby uniknąć powracania do jednego i tego samego objawu przy każdym jeziorze z osobna. Korzystając z tego, zdołamy tę część II-gą zamknąć w objętości znacznie mniejszej, a to tem bardziej, że zasób obserwacyjny co do pozostałych jezior jest nieporównanie mniejszym, aniżeli dla Rybiego. Jak już na wstępie powiedziałem, niedostatkowi temu daje się obecnie zapobiedz wprowadzeniem porównawczej metody badania, polegającej na rozpoznaniu różnic, jakie uważane jezioro na punkcie swej termiki wykazuje z tak typowem jeziorem tatrzańskiem, jak Rybie.

A. Czarny Staw nad Rybiem.

Najlepszy, jaki znam, opis tego jeziora podał E. D z i e w u l s k i ¹⁾, który w dniach 21.—24. sierpnia 1880. r. bawił przy niem, aby zdjąć

¹⁾ Pam. Tow. Tatr., Tom V. Kraków 1880. str. 36 — 43. Ciekawe, że D z i e w u l s k i wymieniając w swej pracy daty różnych dni, w których bawił przy tem jeziorze, nie podaje nigdzie roku (tak samo i w poprzedniej pracy o Rybiem), czego dopiero dochodzić było potrzeba.

plan jego oraz pomierzyć jego różne głębokości. Do tego opisu niewiele nowego mogę dodać, zwrócę tylko uwagę, że — jak wszystkie głębokości podane przez Dziewulskiego, tak i tutaj — należy pomniejszyć blisko o 6% z powodu kurczenia się sznura we wodzie, dalej, że wysokość jeziora nad p. m., jaką on podaje (1552·9 m.) jest stanowczo za małą. Z pomiaru barometrycznego E. Janoty, obliczonego przez prof. Karlińskiego¹⁾ wypadła liczba 1581·7 m., z podobnego pomiaru Kolbenheyer²⁾ znajduje jeszcze nieco więcej bo 1597·7. Liczba 1594·7 m., którą p. Swierz podaje, jest niewiadomego dla mnie pochodzenia.

Co do topografii jeziora zauważę jeszcze, że chyba nie istnieje drugie, większe a głębsze jezioro w Tatrach, któreby w takim jak ono stopniu było zacieśnione. Mówię o zacieśnieniu nietylko w poziomych kierunkach, ale także w pionowym. Należy wyobrazić sobie głęboki kocioł o ścianach bardzo stromych, wznoszących się na 1 kilometr ponad poziomem jeziora, nagich, dzikich, urwistych, z którego to kotła zaledwo jaka $\frac{1}{4}$ lub $\frac{1}{5}$ -ta część całej powłoki (od północy) została usunięta. Wobec tego stosunki insolacyjne tego jeziora są bardzo mizerne; podczas długiego dnia letniego wody tego jeziora są oświetlane promieniami słońca najwyżej przez jakie 5 godzin i to jeszcze pod warunkiem, że w godzinach blizkich południa słońce nie znajduje się poza chmurami. Przez blisko 6 miesięcy (październik — marzec) wody jeziora pozostają nawet w południe w ustawicznym cieniu, który rzucają na nie bardzo blizkie grzbiety Żabięgo, Rysów i Turni Miękusowieckiej. Jezioro ma, jak wiadomo z karty Dziewulskiego, postać owalu, ku stokom Rysów miernie wydłużonego z jedynem głębszem wejściem na samej granicy obu masywów górskich: Żabięgo i Rysów. To wejście jest nieco za płytkiem na karcie Dziewulskiego (pomiędzy *C* i *F'*). Część południowa brzegów (na karcie Dziewulskiego między *E* i *C*), tam gdzie Rysy wiążą się trzonem z Turnią Miękusowiecką, jest już nawet dość położystą, aby miejscami zezwolić na utworzenie się murawników. Stwierdzam również istnienie wśród jeziora ogromnego złomu granitowego, który już Dziewulskiemu wydał się zasługującym na zaznaczenie (przedmiot *D* jego karty); jest to największy egzemplarz zatopionego złomiska, jaki zdarzyło mi się kiedykolwiek widzieć w jeziorach tatrzańskich. O wielkiem polu śnieżnem (*C*) pod Rysami, mającem budowę w połowie już lodową, podaję niżej kilka szczegółów.

¹⁾ Sprawozd. Komisji fizyograf. za rok 1867,

²⁾ Jahrb. des ungar. Karpathen-Vereines, Bd. VII, pag. 130.

Do znajomości stosunków ciepłoty powietrza w tej dzikiej kotlinie posiadamy nieporównanie mniej danych, aniżeli z sąsiedniej Doliny Rybiego Jeziora. Trzydzieści kilka obserwowanych tam temperatur w miesiącach letnich różnych lat i o rozmaitych godzinach, nie zezwala na wyprowadzenie żadnych bezpieczniejszych wniosków nawet metodą różnic z Krakowem. Bardziej zresztą właściwem byłoby wyznaczenie różnicy termicznej pomiędzy obydwoma kotlinami; ale i do tego celu drobny zasób dorywczych dat termometrycznych jest niewystarczającym. Dziewięć rzeczywiście równoczesnych takich dat, jakie zebrałem w r. 1892.¹⁾ zapomocą termometrografu funkcyjującego czasowo przy schronisku Staszica, mogą dostarczyć oczywiście tylko bardzo skąpych informacji.

Rok	Data	Godzina	Rybie	Czarny Staw
1892	11. lipca	2 ^h p.	14·3 ⁰	13·9 ⁰ C.
"	"	3 "	13·5	13·6
		6 "	12·6	13·0
		7 "	11·2	10·2
		8 "	10·2	9·0
"	12. lipca	10 ¹ / ₄ a.	13·4	10·7
	"	11 ¹ / ₄ "	14·0	10·9
		5 p.	15·5	14·0
		6 ¹ / ₄ p.	13·6	12·3.

Stąd można wnosić tylko tyle, że termiczna różnica obu miejscowości wynosi blisko 1·2⁰ C., że jest ona — zdaje się — nieco większa przed południem, zapewne skutkiem wczesnego oświetlenia kotliny Rybiego przez promienie słońca, podczas gdy wyższa kotlina około dwóch godzin pozostaje jeszcze w zupełnym cieniu. Prawie tę samą liczbę otrzymujemy, obliczając termiczną różnicę z różnicy wzniesień obydwóch jezior (b. blisko 19 hm.) nad p. m., a mianowicie przyjmując letni ubytek ciepłoty na 1 hm. wysokości równym 0·6⁰ C. do 0·65⁰ C., co według poszukiwań prof. Hann'a na podobnych terenach alpejskich rzeczywiście zachodzi. Zważając więc, że jako różnicę aertemiczną (Kraków — Rybie) mamy w miesiącach letnich wartość 6·1⁰, będzie w tej samej porze (Kraków — Czarny Staw) = 7·3⁰, skutkiem czego na przebieg roczny otrzymamy w przybliżeniu

$$(\text{Kraków} - \text{Czarny Staw}) = 6\cdot5^0 + 0\cdot046 T.$$

¹⁾ Włączając starsze odczytania termometryczne, oraz zebrane przeze mnie w lecie 1893., możnaby się doliczyć ich razem około 50.

gdzie, jak zwykle, przez T rozumiemy równoczesną temperaturę karkowską. Nie będę powtarzał, że wzór ten, lubo nie mogący zadawałać meteorologa, jest do celów hydrotermicznych przybliżeniem dostatecznym.

W następującej tabelce zestawiam wszystkie, znane dotąd ciepłoty na powierzchni tego jeziora wraz z równoczesnymi ciepłotami powietrza, datami i godzinami, w których obserwacja została wykonaną.

Rok	Data	Godzina	Powietrze t	Woda -	Obserwator	Uwagi
1866	18 sierp.	9 ¹ a. m.	8·7° C.	10 0° C.	Janota	
1876	12 lipca	3 ³ / ₄ p. m.	12·0	7·0	Swierz.	
1877	24 sierp.	?	11·2	11·5	Roth	
1878	24 "	5 ³ / ₄ p.	10·0	8·8	Swierz.	
1879	23 "	6 ¹ / ₄ a.	8·0	8·0	"	
1880	23 "	popoł.	13°—16° (śred. 14·5°)	10·2 (upust)	Dziew.	(środek 8·6°)
1890	5 "	9 a. m.	18·1	8·5	B.	(dopł. do Ryb. u dołu mierzony)
1892	11 lipca	10 ¹ / ₄ a.	15·4	9·3	"	"
1892	11 "	2 p.	13·9	10·7	"	Staw w słońcu
1892	11 "	3 p.	13·6	9·6	"	Staw w cieniu
1892	11 "	6 p.	13·0	9·3	"	Środek stawu, cień
1892	11 "	7 p.	10·2	9·4	"	Odływ u góry przy kładce
1892	11 "	8 p.	9·0	8·6	"	Odływ u dołu przed wejściem do Rybiego
1892	12 "	10 ¹ / ₄ a.	10·7	8·2	"	"
1892	12 "	11 ¹ / ₄ a.	10·9	9·5	"	Staw w cieniu
1892	12 "	5 p.	14·0	10·5	"	Staw w słońcu
1892	12 "	6 ¹ / ₄ p.	12·3	10·8	"	W zatoce
1892	12 "	7 p.	11·5	9·4	"	Odływ u góry mier- zony
1893	26 "	8 ¹ / ₄ a.	6·8	7·7	"	Odływ u dołu mier- zony
1893	27 "	11 a.	17·0	9·4	"	Staw przy Turni Mię- guszowieckiej
1893	27 "	12 ¹ / ₄ p.	17·4	10·1	"	Odływ u góry; cień
1893	27 "	12 ³ / ₄ p.		9·0	"	Sikława w pół wyso- kości
1893	27 "	1 p.	17·8	9·7	"	Sikława u dołu przed wejściem do Rybiego
1893	1 sierp.	6 p. m.	9·6	9·0	"	Odływ przy kładce u góry.

Druga tabelka, którą poniżej pomieszczam, zawiera przybliżone średnie dzienne wody tego jeziora, otrzymane po zastosowaniu wspo-

mnianych redukcji, jako też takie same a równoczesne ciepłoty na powierzchni Rybiego, zasilanego właśnie wodami tamtego. W całym piętnastoleciu od 1860. do 1875. nie znalazł się ani jeden wykształcony turysta, któryby poświęcił odrobinę czasu, aby ciepłotę wody na powierzchni rozgłósnego jeziora dolnego chociażby raz zmierzyć, podczas swego tam pobytu. Dziewulski, który w sierpniu r. 1880. bawił kilka dni przy górnem jeziorze (zob. wyżej), a przy sposobności pomiarów jego głębokości zmierzył także ciepłotę jego w trzech punktach powierzchni, nie wspomina słowem, jaka też mogła być równoczesna ciepłota na powierzchni Rybiego, lubo mógłby był wówczas z największą łatwością jakie 10 razy taki pomiar wykonać. W dwóch lub 3 takich przypadkach nie pozostawało nic innego, jak tylko poprzestać na obliczonych (zapomocą zasadniczego naszego wzoru) przybliżonych średnich dziennych ciepłotach wód Rybiego, ażeby w porównawczej tabelce luki nie pozostawiać.

Tak postępując doszedłem do następującego zestawienia:

Rok	Data	Czarny Staw	Rybie	Różnica
1876	12 lipca	6·5 ⁰	9·5 ⁰	— 3·0 ⁰ C.
1877	24 sierp.	11·1	12·4	— 1·3
1878	24 „	8·6	10·6	— 2·0
1879	23 „	9·1	11·9	— 2·8
1880	23 „	9·1	12·0	— 2·9
1890	5 „	9·8	13·4	— 3·6
1892	11 lipca	9·5	12·0	— 2·5 (ważność 2)
„	12 „	9·5	12·3	— 2·8 („ „)
1893	26 „	8·8	11·5	— 2·7
„	27 „	9·2	11·3	— 2·1
„	1 sierp.	8·9	10·6	— 1·7

Średnia różnica po uwzględnieniu ważności — 2·5⁰ C.,

w miesiącach lipcu i sierpniu. Dwom liczbom nadałem ważność podwójną z powodu, że wypadły one z kilku (moich) odczytań termometru w ciągu dnia, podczas gdy pozostałe polegają na jednorazowym tylko jego odczytaniu.

Byłoby daremne z tak skąpego jeszcze materiału obserwacyjnego usiłować wyciągnąć jakie dalsze wnioski prócz tego jedyne. Jeżeli zważymy, że według wiadomości, jakie dotąd dały się zebrać (zob. ustęp o zimowej fizyognomii jezior tatrzańskich) odmrażanie tego jeziora następuje około 2 tygodnie później od podobnego zjawiska przy Rybiem, to przyjmując analogicznie 2-tygodniowe przyspieszenie je-

siennego zamarzania, otrzymamy okrągło miesiąc czasu, o który Czarny Staw pod Rysami jest krócej w stanie zupełnej ciekłości, aniżeli większe, płytsze i niższe odeń jezioro Rybie.

Staw Czarny pod Rysami jest jeziorem ściśle należącym do typu Igo, tj. pobierającym dopływy wprost od topniejących śniegów. Gdy brzegi jego do początku lipca bywają zawałone zlodowaciałym śniegiem, zwłaszcza po stronie południowej i wschodniej (urwistość brzegów zachodnich nie pozwala na znaczniejsze nagromadzanie się śniegu w porze zimowej), a śniegi te mało wytopiwszy się ku górze, zalegają w niewielkiej już wysokości całe tylne (południowe) jego pobrzeże nawet w głębi lata, trudno mówić tutaj o dopływach w tem rozumieniu rzeczy jak przy Rybiem. Małe, zimne dopływy, które tam nawet nie wpadają w oczy wobec obydwóch wielkich jego dopływów, są tutaj regułą, gdy tam na punkcie obfitości były jedynie drugorzędny objawem. Jeżeli już chodzi o wskazanie widoczniejszych dopływów tego jeziora, a więc obfitszych i przedstawiających dłuższe strugi wodne, to mogę wymienić dwa tylko. Obydwa pochodzą ze śniegów zalegających kociołkowate części Turni Mięcuszowieckiej tutaj nietylko że prostopadłą ścianą ku jezioru spadającej, ale w jednym miejscu (*E* na karcie Dziewulskiego) zwieszanej ponad jego wodami. Jedna z tych „Siklaw“ widnieje z daleka długą białą smugą na czarnych skałach tej Turni, druga od niej obfitsza, właśnie przy wspomnianem urwisku, spada w powietrzu na stosy złomów granitowych, wśród których się gubiąc dla oka, ukrycie zasila swą wodą basen jeziora. Zresztą każdy topniejący płat śnieżny jest początkiem drobnego, lecz bardzo stałego dopływu, posiadającego przez długi czas z rzędu jednostajną ciepłotę niewiele wyższą od 0°. Najobfitszy z nich (prócz dwóch wspomnianych wodospadów) posiadał ciepłotę 1.6° C. w dniu 11. lipca 1892. Wielkie pole zlodowaciałego śniegu, wspomniane już przez Dziewulskiego (karta jego lit. C pod Rysami, tuż obok kolosalnego złomu granitowego *D* zatopionego w jeziorze i sterczącego może $\frac{1}{10}$ -tą częścią ponad poziomem jeziora), tworzące początek tego dopływu, liczyło (w dniu 11. lipca 1892) 106 metrów szerokości, a jakie 300 m. (ocenionej na oko, nie mierzonej) długości ku górze. Przy dwumetrowej blisko grubości tego pokładu, objętość jego przekraczała więc 50 tysięcy metrów sześciennych, a masa taka zdoła niezawodnie oprzeć się topnieniu nawet wśród najgorętszego lata. Dnia 1. sierpnia 1893. nie znalazłem żadnej widoczniejszej zmiany w ogólnym wyglądzie tego skalistego śniegu, pomimo że nadzwyczajne upały sierpniowe roku 1892. i nadmiernie ciepły wrzesień tegoż roku dawały dostateczną sposobność do znaczniejszego stopnienia pokładu.

Zauważę jeszcze, że w lipcu 1892. oglądałem m. i. na zboczach Żabiego średniej wielkości płaty śnieżne, częścią zlodowaciałe z powrastałymi w nie kamieniami średnich rozmiarów, co zdawało się wskazywać na resztki lawin wiosennych. Od tych płatów należy wyróżnić bardziej krystaliczne lawice półlodowe, które rozsiadły się znacznie niżej od tamtych, a w których jestem skłonny upatrywać szczątki zimowej powłoki jeziora, pozostawione tam po zmniejszeniu się wysokiego stanu wody jeziora na samym początku lata.

Zupełny dzisiaj brak tratwy na tem posępnem jeziorze nie pozwolił nawet myśleć o tak szczegółowem sondowaniu termometrycznem jego wód, jak to co do Rybiego dało się skutecznie, a spór graniczny udaremnił chęć zbudowania tratwy.

Jedynie przyrzędem pomysłu Fugger'a (zob. wyżej), który zastosowałem do termometrycznego sondowania, zdołałem z kłopotem i trudem zdobyć chociaż trzy liczby z pewnego względu bardzo pouczające:

1892, 11. lipca p. m.,	głębokość	0 m.	ciepłota 9·3° C.
	2·5 „		6·5
	14·0 „		5·9 ;

liczby te odnoszą się do stanowiska tratwki Fugger'a bliższej już tyłowi jeziora, a mianowicie punktu leżącego w okolicy przecięcia się podłużnicy III z poprzecznicą 3 na karcie Dziewulskiego. Głębokość (niepoprawiona) dna jeziora wynosiłaby w tem miejscu około 75 metrów.

Stąd widać, że podówczas jezioro było pokryte na powierzchni cienką warstewką wody nieco cieplejszej, ale że już w bardzo małej głębokości pod jego poziomem następował nagły spadek temperatury. Gdy między powierzchnią a małą głębokością 2·5 m. średni ubytek na 1 metr wynosił aż 1·12° C., taki sam średni ubytek pomiędzy 2·5 m. a 14·0 m. wynosił już tylko 0·052° C. Choć więc trzy powyższe daty nie pozwalają obliczyć głębokości „krytycznej“ *K*, w której zachodzi najspieszniejszy spadek ciepłoty wraz z głębokością, to jednak już z tego porównania wynika, iż rzeczona głębokość z wszelką pewnością nie przenosiła 2 metrów. Wielokrotnie już omawiany przez nas punkt przegięcia *P* krzywej termicznej zdołał więc — dzięki późnemu odmarznięciu jeziora i jego bardzo skąpej insolacji — do dnia 11go lipca 1892. ponurzyć się bardzo jeszcze płytko, na co zresztą wskazywały już same kry lodowe z rzadka pływające po jego powierzchni. Co się tyczy innych szczegółów jego termiki, to wnosząc ze spostrzeżeń przy Rybiem zebranych i zważając na znacznie większą stromość jego dna, a wreszcie postać znacznie mniej wydłużoną, na-

leży się domyślać, że jego powierzchnie isotermiczne będą mocno wklęsłymi, coś w rodzaju paraboloid eliptycznych, że więc postać termicznych isobatów będzie się zapewne zbliżała do układu elips prawie współśrodkowych. Termometryczne sondowania, które — mam nadzieję — zdołam ja sam, czy kto inny, rychlej lub później na tem jeziorze wykonać, wykażą, o ile domysł ten jest uzasadnionym.

B. Jeziora Doliny Pięciu Stawów Polskich.

Co do fizyograficznego i geograficznego opisu tej doliny, wystarczy mi odwołać się do prac L. Zejsznera ¹⁾, E. Dziewulskiego ²⁾ i Rehmana ³⁾. Z obchodzących nas tutaj szczegółów topograficznych wymieniam tylko następujące. Kierunek tej długiej doliny, poprzecznej do głównego łańcucha tatrzańskigo, jest z *NE* na *SW*; wejście do niej leżące na wysokości 1120 metrów (Schronisko Roztoka), całkiem jeszcze pośród zasięgu leśnego, jest mocno zacieśnione zbliżonymi tutaj do siebie bocznymi łańcuchami górskimi. Z tych prawy (dla wchodzącego) utworzony jest z rozległych stoków potężnego masywu górskiego: Wołoszyna, oraz przełęczy jego ze sąsiednią Małą i Wielką Koszystą; na lewy, a wogóle znacznie niższy, składają się przedłużenia grzbietu Miedziane, spadające ku przodowi Doliny dość nagle, a w rozmaitych swych częściach zwane Swistówka, Wirch Opalony, itd. Prawa ściana doliny, postępując ku jej tyłowi, zniżywszy się na głośniej przełęczy Krzyżne, piętrzy się dalej jako Granaty, Kozi Wirch, przełęcz Zawrat, a wreszcie Swinnica, ostatnia już do głównego łańcucha należąca. Trzeciorzędne gałęzie górskie, dziś już mocno zniszczone, oddzielające się od wspomnianych, do nich znowu prostopadłe, a noszące nazwy Buczynowej Turni itd., wytworzyły po prawej stronie głównej doliny szereg mniejszych, wyższych dolin, noszących rozmaite nazwy (Buczynowa, Pusta, pod Kołem) a przerażających swą dzikością. Szerokość głównej doliny jest bardzo niejednakowa; najniższe jej piętro u wejścia jest zarazem najwęższe. Tamtędy pomiędzy stykającymi się prawie stopami obu drugorzędnych łańcuchów górskich przedziera się potężny strumień wodny: Roztoka, zabierający wody z całej tej doliny i wszystkich pobocznych. Ogromny

¹⁾ Biblioteka Warszawska z roku 1844 i 1849.

²⁾ Pam. Tow. Tatr., T. VI, Kraków 1881, str. 86—98. Pamiętnik Fizyograficzny, Warszawa 1881, T. I, str. 86—100.

³⁾ Słownik geograf. Królestwa polskiego, tom XII, sub voce Tatrzy.

spadek terenu w środkowej części doliny sprawia, że Roztoka na całej swojej przestrzeni tworzy nieprzerwany szereg wodospadów, z których największy: Wielka Siklawa, jest bezpośrednim odpływem największego jeziora tej doliny, Wielkiego Stawu, będącego wogóle największym ze wszystkich jezior tatrzańskich. Minawszy urwistą Świśtówkę, stajemy na górnym piętrze doliny, gdzie właśnie rozsiadły się jeziora, z których na tem stanowisku tylko trzy są widzialne: Staw Przedni, Mały i Wielki; dwa pozostałe, Staw Czarny, a zwłaszcza najwyższy ze wszystkich Zadni, leżą na dwóch jeszcze wyższych piąterkach już pod samym głównym łańcuchem górskim (u Staszica Liptowskie Mury, dziś trzon Miedzianych, Gładkie, Zawory, Swinnica), i dają się dostrzedz dopiero podczas dalszego pochodu doliną tutaj już znacznie rozszerzoną. Zwłaszcza ostatni (Staw Zadni) jest tak ukryty poza długą i łukowatą wygiętą gałęzią (trzeciorzędną), że dla turysty zwiedzającego po raz pierwszy to pustkowie. istnienie zbiornika wód w tem miejscu jest niespodzianką. Cztery pierwsze jeziora usadowiły się bezpośrednio pod lewą ścianą całej doliny; z tej strony nie posiada ona wcale dolin pobocznych, jak je widzimy po prawej. Dochowane dotąd zwały (moreny) w tych ostatnich, uderzające regularnością swojej budowy (zwłaszcza w Dolinie Buczynowej) oraz lej-kowate tam zagłębienia wypełnione grubym pokładem śniegów, nie-schodzących nawet w głębi lata, świadczą wyraźnie o istnieniu tam mniejszych jezior i to w nie tak dawnej jeszcze przeszłości. Wogóle fizyognomia całej doliny uległa niewątpliwym zmianom już od czasów Zejsznera, jak o tem będę miał jeszcze sposobność pokrótce nadmienić; zapewne nigdzie więcej w Tatrach nie postępuje proces niszczenia wzniesień i ogólnej nivelacyi krokiem szybszym, jak tutaj właśnie.

Cztery większe jeziora tej doliny (Staw Mały o powierzchni niecałego $\frac{1}{4}$ ha., a tylko 2 m. głęboki, może uchodzić za odnogę Stawu Przedniego), należą już to do typu Igo (Przedni, Czarny pod Gładkiem i Zadni pod Zawratem), już to do IIgo (Wielki), lubo typ Iszy mógł się dla przyczyn, które wyłuszczam poniżej, rozwinąć wyraźnie tylko w jednym z nich (Zadni). Wszystkie trzy zasilają Wielki Staw z osobna dopływami (Przedni za pośrednictwem Małego) z nadmiaru własnych wód pochodzącymi; same zaś pobierają wody już wprost z topniejących śniegów. Baseny ich odgraniczone są po stronie spadku doliny zwałami (morenami), podobnymi jak przy innych jeziorach tatrzańskich, co występuje najwyraźniej przy Czarnym Stawie pod Gładkiem, gdzie wał taki, jak gdyby ręką ludzką usypany, zadziwia turystę swoją regularnością. Najmniej pokaźnie przedstawia się znacznie

już zniszczona morena Stawu Przedniego, co może wskazuje na większą jej starość niż pozostałych.

1. Wielki Staw.

Dwudziestu kilku dat aerotermicznych, jakie odnoszą się do środkowego tarasu Doliny Pięciu Stawów Polskich nie można uważać za materiał meteorologiczny. Wobec tego nie pozostaje nic innego, jak różnicę termiczną tej miejscowości (3 stawy: Przedni, Mały i Wielki) i Rybiego, oznaczyć w przybliżeniu z różnicy ich wzniesień nad poziom morza. Różnica ta wynosi bardzo blisko 2·9 hm., co dawałoby $2·9·0·65 = 1·9^{\circ}$ C. termicznej różnicy w porze letniej; z uwagi więc, że różnica (Kraków - Rybie) w porze letniej wynosi bardzo blisko $6·1^{\circ}$ C., będzie w tej samej porze dostatecznie dokładnie

Kraków — środk. taras Dol. 5 Staw. = 8° C.,

a więc różnica termiczna nieco zmienna w ciągu różnych pór roku

Kraków — środk. taras Dol. 5 Staw. = $7·2^{\circ} + 0·046 T$,

gdzie, jak zwykle, T oznacza równoczesną ciepłotę powietrza w Krakowie. Przybliżone średnie (normalne) miesięczne, odnoszące się do tarasu, o którym mówimy, byłyby więc:

Styczeń	(— 11·2) ^o C.	Maj	+ 5·9 ^o	Wrzesień	+ 6·2 ^o
Luty	(— 9·5)	Czerwiec	+ 9·6	Październ.	+ 1·3
Marzec	(— 5·5)	Lipiec	+ 10·8	Listopad	(— 5·3)
Kwiecień	(+ 0·5)	Sierpień	+ 10·1	Grudzień	(— 9·5),

przybliżona średnia roczna + $0·3^{\circ}$ C.

Liczby ujęte w nawiasy są mniej pewne od pozostałych.

W następującej tabelce zestawiam, podobnie jak co do Czarnego Stawu pod Rysami, średnie dzienne ciepłoty wód tego jeziora, otrzymane z bezpośrednich liczb obserwacyjnych po zaopatrzeniu ich wiadomymi poprawkami, oraz w sąsiedniej kolumnie równoczesne średnie dzienne wód Rybiego, otrzymane sposobem już poprzednio użytym. Dalsza kolumna zawiera różnice (Wielki Staw — Rybie), zaś ostatnie dwie kolumny równoczesne wartości krakowskich ciepłot T' i T'' znane nam już z części I-ej.

Rok	Data	Wielki Staw	Rybie	Różnica	T'	T''
1876	16 lipca	9·2 ^o	11·8	— 2·6 ^o	18·1	15·5
1877	8 sierp.	10·0	11·6	— 1·6	17·6	17·7
1880	15 lipca	11·9	12·8	— 0·9	21·2	15·2

Rok	Data	Wielki Staw	Rybie	Różnica	T'	T''
1880	31 lipca	11·0 ⁰	12·9	— 1·9 ⁰	19·0	18·5
1881	22 „	—	—	—	—	—
1882	12 sierp.	7·1	10·8	— 3·7	15·8	17·6
1884	5 „	7·9	11·3	— 3·4	16·5	17·2
1884	25 „	8·0 ⁰ 1)	10·2	— 2·2	15·5	18·0
1890	5 „	11·5	13·4	— 1·9	18·5	16·6
1892	21 lipca	8·1	11·0	— 2·9	17·3	17·4
„	22 „	8·6	11·1	— 2·5	17·2	17·5
„	7 sierp.	9·0	11·3	— 2·3	16·5	17·3
„	19 „	12·7	14·4	— 1·7	19·0	17·2
„	20 „	12·4	12·9	— 0·5	19·7	17·2
„	4 wrześn.	11·5	12·7	— 1·2	20·1	17·7
„	13 „	11·4	12·2 2)	— 0·8	16·7	17·9
„	21 „	[11·3]	[11·9]	— 0·6	16·0	18·7
„	22 „	[10·8]	[11·6]	— 0·8	16·1	18·7
1893	5 sierp.	9·9	10·9	— 1·0	16·0	17·1

Cztery liczby ujęte w nawiasy kwadratowe oznaczają nie średnie dzienne, ale wprost równoczesne odczyty termometryczne przy jednym, a względnie drugim jeziorze, które — trafem — dokładnie o tych samych godzinach tam i tu (prof. Swierz przy W. Stawie. moi obserwatorzy przy Rybiem) zostały wykonane.

Bezpośrednich odczytań ciepłoty nie umieszczam, ażeby i tak już wzrosłej objętości swej pracy nadto nie powiększać (obserwatorzy: Swierz, Dziewulski, Dr. J. Karliński, oraz autor pracy niniejszej). Co do miejsca, w którym pojedyncze pomiary ciepłoty były wykonane, to z wyjątkiem trzech liczb znalezionych na środku jeziora, wszystkie inne odnoszą się do pobrzeża północno-wschodniego.

Pomimo szczupłości powyższego zestawienia, widąc stąd — i to wcale wyraźnie — że odjemna różnica (Wielki Staw — Rybie) jest nieco zmienną, że mianowicie absolutna jej wartość (t. j. wzięta dodatnio), zależną jest w znacznym stopniu od termicznej jakości pory letniej, z której też wyłącznie posiadamy daty hydrotermiczne tego jeziora.

¹⁾ Zredukowane tylko w przybliżeniu; dzień był chłodny, w 3 pochmurny, wietrzny; obserwacja (8·4⁰) wykonana około 3h. p. m.; korekcyja na średnią dzienną wynosiła w przybliżeniu — 0·4⁰ (zobacz rzecz o korekcyjach w Części I-ej).

²⁾ Liczba wzięta z ogólnego wyrównania (pięciodniówkami) systematycznych obserwacji przy Rybiem we wrześniu 1892 r. i z pewnością dokładniejsza, aniżeli średnia z bezpośrednich obserwacji pochodząca (Borowski), która w tym dniu była nieco za wysoka.

Ażeby umożliwić zorientowanie się pod tym względem, dołączyłem w powyższej tabelce znane nam ze znaczenia średnie krakowskie T' i T'' (średnia ciepłota powietrza 3-ech ubiegłych pięciodniówek, względnie podobna średnia z 9-ciu jeszcze wcześniejszych pentad). Już powierzchowne rozpatrywanie liczb wykazuje, że termiczna różnica obydwóch jezior bywa największą w latach zimnych, t. zw. „zgniętych“, zmniejsza się zaś podczas długo trwających upałów. Wybitnie pod tym względem zaznaczają się zwłaszcza daty 15. lipca 1880, 20. sierpnia 1892, oraz wrześnie tego samego roku — wszystkie odnoszące się do miesięcy anormalnie gorących — jeżeli je porównamy z liczbami nadto chłodnego lipca r. 1892, sierpnia 1884, a zwłaszcza niezwykle zimnego sierpnia 1882. r. Rzecz jasna, iż na wywołanie trzy-stopniowej niemal zmienności owej różnicy, musiały się składać dłużej trwające czynniki przyrody i że momentalna termiczna anomalia albo nawet anomalia średniej dziennej (tj. średnia dnia daty n — średnia normalna dnia daty n) nie może odgrywać tu żadnej ważniejszej roli. Niezmiernie opieszale ogrzewanie się wody nakazywało oglądać się za przyczynami tego objawu, leżącymi znacznie wstecz przed datą odpowiedniego pomiaru. Jak poprzednio, przy rozpatrywaniu termiki Jeziora Rybiego, tak i tu należało mi dopiero dochodzić uciążliwymi rachunkami i zestawieniami tabelarycznymi, jaki kres wsteczny rzeczonych przyczyn (przebiegu zmian ciepłoty powietrza) przyjąć wypada. Średnie ciepłoty powietrza ubiegłej pięciodniówki, a nawet dekady, nie objaśniały żadnej ze znaczniejszych różnic: dopiero włączenie trzeciej wstecznej pentady pozwoliło dopatrzeć szukanego związku, który już dość wyraźnie zarysował się pomiędzy każdą parą liczb (różnica hydrotermiczna obydwóch jezior i liczba T'). Występujące tu i owdzie drobniejsze niezgodności zdawały się wskazywać, że i wcześniejsze od tych pentady nie są na rzecz bez wpływu. Kolejnym cofaniem się (już dekadami), zestawiając zawsze średnie otrzymane z różnicami, które jeszcze należało objaśnić, dosięgnąłem stanowiska czasu blisko dwumiesięcznego przed datą uważanej obserwacji¹⁾. Gwoli jednostajności wprowadziłem i tutaj — jak przy badaniu termiki Rybiego — te same dwa argumenty T' i T'' .

Tyle co do genezy liczb T' , T'' , od których należało mi zatem uczynić zawisłą zmienność różnicy hydrotermicznej. Pozostawało jeszcze

¹⁾ Niezmierną usługę w niniejszem poszukiwaniu oddały mi akademickie publikacje Komisji fizyograficznej w Krakowie (sekcya meteorologiczna), bez których rozpatrywanie zjawisk hydrotermicznych u jezior tatrzańskich byłoby nie do wykonania.

samo ilościowe wydobyć związku, o którym mowa. Użycie funkcji liniowej

$$r = \alpha + \beta T' + \gamma T'',$$

gdzie r jest różnicą termiczną obydwóch jezior w porze letniej, daje szereg równań, które — po jak najkorzystniejszym wyrównaniu między sobą — pozwalają znaleźć wartości stałych α , β , γ , z dokładnością, od której naturalnie nie będziemy zbyt wiele wymagali. Na rzezoną różnicę termiczną r znalazłem w ten sposób wyrażenie

$$r = -13.7^{\circ} + 0.32 T' + 0.42 T'',$$

które całość naszych liczb niezgorzej przedstawia. Pomimo niedostatków, jakie niewątpliwie tkwią w tym wzorze, a których na podstawie obecnego materiału obserwacyjnego niepodobna uchylić, zdaje on przecie lepiej sprawę z objawów termicznej różnicy obydwóch jezior, aniżeli gdybyśmy poprzestali jedynie na średniej ($= -1.8^{\circ} \text{C.}$) z bardzo różnych wartości tej różnicy. Tłómaczy on m. i. i ten ciekawy objaw, że na samym schyłku lata, zwłaszcza gorącego, albo też na początku jesieni, wody obu jezior posiadają na swych powierzchniach ciepłoty mało co różne, pomimo blisko 3 hm. różnicy ich wzniesień. Wystąpiło to wyraźnie, zwłaszcza na początku jesieni r. 1892. po niebywałych upałach drugiej połowy sierpnia tego roku, poczem nastąpiła w całym wrześniu znaczna jeszcze zwyczajka temperatury ponad normalną. Objaw ten dostrzegamy zresztą także i w pozostałych jeziorach Doliny Pięciu Stawów: wskazuje na to już ta jedna okoliczność, że pochod zmian ciepłoty we wszystkich pięciu jest niemal równoległy, jak to poniżej zobaczymy. Daje się on skonstatować, chociaż mniej wybitnie, także i co do Czarnego Stawu pod Kościelecm, posiadającego znacznie późniejsze warunki insolacyjne od tamtych, a nawet w tak wysoko położonem i zimnem jeziorku, jak Zmarzły Staw pod Zawratem. Tu i tam daje się dostrzedz w podobnych warunkach meteorologicznych, wyraźna dążność do wyrównania ich ciepłoty (na powierzchni) z ciepłotą jezior znacznie niżej położonych. Tłómaczy się to zjawisko całkiem naturalnie zubożeniem materiału zasilającego jeziora statecznie w normalnych warunkach, tj. śniegu. Niebo zupełnie wypogodzone, które towarzyszy wysokiej temperaturze letniej, a zwłaszcza bezpośredniej insolacji, brak świeżych opadów, składają się na posuchę, w czasie której poziomy jezior opadają, a zasób wody odpływającej schodzi do minimum. Jedną część odpływów, z mniejszych zwłaszcza jezior (tak np. z licznych stawków Gąsienicowych pomiędzy Swinnicą a Kościelecm) zanika nawet rok rocznie z końcem

lata, czego wymownem świadectwem jest nawet sama nazwa Suchy Potok, (częściej Sucha Woda), przydzielona takim peryodycznym potokom. Jasnym jest, że wówczas jeziora przedstawiają się jako zbiorniki wody prawie stojącej, że więc górne warstewki ich wód. będą zdążyły do przybrania tej samej ciepłoty, gdzie tylko równe w przybliżeniu warunki insolacyjne będą istniały. Wzniesienie nad p. m. odgrywa w takich razach rolę tylko podrzędną, a to tem bardziej, że insolacya (nie ciepłota w cieniu!) wyższych miejscowości przy zmniejszonym pochłanianiu promieni ciepła słonecznego w atmosferze. jest w ogólności większą aniżeli niższych. Niedaleko szukając, sam Wielki Staw. o którym mówimy. posiadał w pierwszej połowie września 1892 r. ciepłotę na powierzchni przeszło 1½ stopnia wyższą aniżeli Staw Czarny pod Kościelcem, pomimo że pierwszy ½ hm. leży ponad ostatnim, nie mówiąc już nie o Czarnym Stawie pod Rysami. który będąc o cały hektometr niższym od Wielkiego. wykazuje na niekorzyść swojej ciepłoty co najmniej taką samą różnicę.

Najstarsze sondowanie termometryczne tego jeziora wykonał p. Świerz w dniu 25. sierpnia 1884 r. w dwóch tylko miernych głębokościach¹⁾. Ponieważ badacz posługiwał się wówczas innym sznurem i innym termometrem (Kappellera jun.). dalej ponieważ 5 dni przedtem (20 sierpnia 1884) wykonał tem samem narzędziem zupełniejsze sondowanie Rybiego, więc będzie rzeczą właściwą porównać ze sobą wprost liczby tam i tu otrzymane bez wprowadzania korekcyj. Znalezioneo

z'	Wielki Staw	Rybie	W — R
0 m.	8·4 ⁰	12·2 ⁰	— 3·8 ⁰
10 m.	8·3	6·5	+ 1·8
20 m.	4·5	4·8	— 0·3,

gdzie głóska z oznacza głębokość niepoprawioną z powodu kurczliwości sznura w wodzie, zaś τ' odczytaną temperaturę również niepoprawioną z powodu (możliwego) błędu zera podziałki termometru. Prócz jedynego szczegółu, który zostaje zresztą potwierdzony przez sondowania termometryczne r. 1892, że pionowa zmienność ciepłoty małych głębokości jest mniejszą w Wielkim Stawie aniżeli w Rybiem, nie umiem z tych liczb żadnego innego wniosku wyciągnąć.

Zupełniejsze i głębsze są termometryczne sondowania, jakie w r. 1892 wykonał p. Świerz²⁾. Gdy daty ich 1892 r., 7 sierpnia, 13.

¹⁾ Pam. Tow. Tatr., Tom X. Kraków 1885, str. 122.

²⁾ Pam. Tow. Tatr., Tom XIII. Kraków 1893, str. 3.

września, 21. września są bardzo zbliżone do dat podobnych pomiarów r. 1892. 8. sierpnia, 14. września, 15. września, wykonanych tym samym termometrem na Rybiem Jeziorze, będzie najbezpieczniej i tutaj porównać wprost liczby znalezione bezpośrednią obserwacją. Do pierwszej wspólnej (prawie) daty odnoszą się dane:

z'	Wielki Staw	Rybie	W — R
0 m.	9·0 ⁰	10 0 ⁰	— 1·0 ⁰
10 m.	9·0	8 2	+ 0·8
15 m.	7·25	5·7	+ 1·55
20 m.	5·0	4·6	+ 0·4
30 m.	4·5	4·0	+ 0·5
40 m.	4·4	3·9	+ 0·5
50 m.	4·2	4·0 (dno)	+ 0·2
60 m.	4·2	—	—

Różnica (W — R) na powierzchni odjemna, znika więc już w małej głębokości, a w jedenastu (\pm) metrach wynosi już jeden stopień C. na korzyść W. Stawu. wzrastając jeszcze dalej aż do głębokości kilkunastu metrów. ażeby odtąd się zmniejszać, — zrazu szybko, później łagodnie — pozostając aż do samego dna ciągle dodatnią. Wniosek, jaki z tego zachowywania się różnicy (W — R) możnaby wysnuć, że największa część pionowego słupa wodnego w Stawie Wielkim bywa statycznie cieplejszą od takiego samego słupa w Rybiem Jeziorze, byłby jednak przedwczesnym. Wracam do tego szczegółu poniżej, więc ograniczę się tutaj na przypomnieniu, że pomimo równoczesności obu dat, a raczej właśnie z powodu tej równoczesności, stanu termiki obu jezior nie można uważać za równoczesny, skoro wiosenne rozmarzanie Stawu Wielkiego następuje blisko trzy tygodnie później od podobnego zjawiska na Rybiem (zobacz rozdział IV), skoro więc czas, jaki upłynął od równowagi obojętnej do uważanej daty, jest o tyleż krótszy w tem jeziorze.

Wzór interpolacyjny różnicy r z 3 danych (dla $z' = 10, 15$ i 30 m., przyczem za r przy tej ostatniej głębokości wzięto $0·47^{\circ}$ t. j. średnią z trzech blizkich różnic $0·4^{\circ}, 0·5^{\circ}, 0·5^{\circ}$ dla $z' = 20, 30$ i 40 m.) jest

$$r = 0·8^{\circ} + 0·2055 (z' - 10) - 0·0111 (z' - 10)^2,$$

skąd na maximum różnicy (W — R) znajduje się warunek

$$0·2055 - 0·0222 (z' - 10) = 0$$

dający $z' = 19.2$ m. z przynależną wartością 1.75° samej różnicy v . W głębokości bliskiej 5.5 m. rzeczona różnica byłaby zerem.

Dalej biorąc cztery ciepłoty Stawu Wielkiego dla $z' = 10, 15, 20$ i 30 m, otrzymujemy najpierw wzór

$$\tau' = 9.0 - 0.2083 (z' - 10) - 0.0375 (z' - 10)^2 + 0.00183 (z' - 10)^3,$$

który na zmienną chyżość w kierunku pionowym daje

$$v = -0.2083 - 0.0750 (z' - 10) + 0.0055 (z' - 10)^2.$$

Pochodna tego wyrażenia przyrównana do zera daje na głębokość K' punktu przegięcia krzywej termicznej warunek

$$-0.0750 + 0.0110 (K' - 10) = 0,$$

skąd $K' = 16.8$ m., jakoteż przynależna największość pionowej zmiany chyżości $= -0.46^\circ$ C. Przypominam, że wszystkie długości, o których tu mowa, wymagają małej poprawki (z powodu kontrakcy sznura), wynoszącej około 6% .

Jeżeli zważymy na małość liczby -0.46° w porównaniu z podobnymi Rybiego, (albo jednej jeszcze większej od nich Czarnego Stawu pod Rysami), jeżeli dalej zwrócimy uwagę na nierównie łagodniejszy pionowy spadek wszystkich wogóle temperatur Wielkiego Stawu aniżeli u Rybiego, a bardziej jeszcze u stawu pod Rysami, to nastroczają się nam uwagi następujące:

1) Pionowa zmienność temperatur Stawu Wielkiego jest latem znacznie mniejszą aniżeli równocześnie u Rybiego, co w znacznej części tłumaczy się większą bliskością uważanej daty do pory (z początkiem lata), w której obydwaj jeziora aż do znacznej głębokości posiadają temperaturę prawie równą 4° C., a która to pora jest w Rybiem blisko 3 tygodnie wcześniej niż w Stawie Wielkim.

2) Nie dająca się zaprzeczyć zwyżka temperatur (latem) w znacznych nawet jeszcze głębokościach Stawu Wielkiego, porównanych z takimi samymi Rybiego, zdaje się pochodzić stąd, iż pierwsze jezioro, pobierające swoje dopływy aż z trzech innych jezior (Małego Stawu nie licząc) długimi strugami (1 — 2 km.) o spadku nieporównanie łagodniejszym od takich dwóch wodospadów jak przy Rybiem, jest już „arcytypem“ jeziora typu IIgo. „Wygrzane“ na powierzchni trzech tamtych jezior wody, doprowadzone osobnymi, długimi strugami do tego wspólnego ich zlewiska, zasilają je taką ich obfitością, iż drobne dopływy, pochodzące bezpośrednio ze śniegów na zboczach grzbietów „Miedziane“, są wobec nich znikome. Znaczna rozwartość doliny (zob. wyżej) w tej części, oraz znacznie niższa tutaj linia grzbie-

tów górskich, cofniętych zresztą od jeziora dalej niż całe otoczenie obu jezior w najwyższem piętrze Doliny Rybiego, składają się nadto na warunki insolacyjne, względnie pomysłne. Rzeczono trzy wielkie dopływy posiadają na swych powierzchniach ciepłoty wprawdzie niższe od ciepłoty na powierzchni tego zbiornika, ale różnice te są mało znaczące w porównaniu z różnicą termiczną jego powierzchni i skąpych dopływów bezpośrednich. (Staw Zadni, najwyższy, wykazuje największą różnicę, ale i tak nie przenoszącą 1½ stopnia; zob. niżej). Wody ich po wlaniu się do Wielkiego nie mogą więc (latem) przekroczyć pewnej głębokości i tworzą coś jakby staw nad stawem w tem najgłębszem jeziorze tatrzańskiem. Zważmy bowiem razem wszystkie okoliczności, towarzyszące grze wielkich i małych dopływów tego jeziora. Śniegi dające początek tym ostatnim, rozsiadły się po jego stronie południowej (na zboczach grzbietu Miedziane) nierównie niżej i bliżej poziomu jeziora, aniżeli to równocześnie (latem) widzimy nad Rybiem, a krótkość strug wodnych sprawia (zobacz podobne uwagi w części pierwszej), że dopływy „małe“ są tutaj niezmiernie zimne¹⁾. Zniżka 2 i 3 stopni poniżej 4° C. odgrywa w takich razach rolę ważniejszą, niż zwykła 3 i 4 stopni ponad tę graniczną temperaturę; woda o ciepłocie 2° C. (a jeszcze niższą ciepłotę „małego“ dopływu raz znalazłem) posiada tę samą gęstość co woda o ciepłocie 6·1°, wody o ciepłotach 1° C. i 7·2° C. nie różnią się także swoją gęstością. Jasna więc, że tak zimne wody małych dopływów nie mogą latem spływać do większych głębokości albo wprost na dno; pamiętajmy, że przy ostatniem jeziorze najzimniejsze małe dopływy miewają (latem) ciepłotę tylko ułamkiem stopnia niższą od 4°, a samo jezioro jest blisko o połowę płytsze od Stawu Wielkiego (78 metrów). Gdyby letnie gorąca trwać mogły np. jeszcze w ciągu października, a zapasy zimowego śniegu po zboczach górskich dotrwały choć w części do tego to czasu, „wyczołgawszy się“ (zob. rozdział VI tej części Iszej) jednak znacznie ku gorze, to — wyobrażam sobie — objawy termiki Stawu Wielkiego nie mogłyby wykazać żadnej znaczniejszej różnicy od termiki jeziora Rybiego. Widocznie musiałyby wówczas istnieć pora, w której wody dopływów śnieżnych na dłuższej ich drodze od płatu śnieżnego (0° C.) aż do poziomu jeziora wygrzałyby się przynajmniej

¹⁾ Jak dotąd, co prawda, że mierzyłem ciepłotę tylko dwóch z pośród nich. Mały dopływ zaraz w tyle poza Małym Stawem miał + 2·2° w dniu 5. sierp. 1893; jeszcze mniej, bo tylko + 1·7° C. znalazłem dnia 8go sierpnia 1891 dla większego nieco śniegowego dopływu z pod „Spisglasowych Perci“, któremi w tym dniu przesadziłem (od Rybiego) grzbiet Miedziane z istotnem narażeniem życia po najdzikszych bezdrożach.

do $+3.5^{\circ}$ lub 3.8° C. (ile przy Rybiem daje dla nich termometr), a dopiero wówczas, bardzo już blizkie maximum gęstości wody, mogłyby staczać się po dnie jeziora aż do największych jego głębokości. Tak oczywiście nie jest; małe i wielkie dopływy zniżają swe wody pod poziom jeziora tylko do miernych jego głębokości, tu wyrównują swoje ciepłoty, tj. po prostu mieszają się ze sobą, w czem głębsze warstwy wodne nie mogą latem brać udziału. Mniemam, iż okoliczność ta usprawiedliwia porównanie, jakiego poprzednio użyłem, uważając ten najgłębszy w całych Tatrach zbiornik wód (podczas lata) za jezioro ponad jeziorem leżące.

Wczesna zapewne już jesień dokonywa tutaj zaburzenia takiej równowagi czasowej i to za sprawą wielkich dopływów od trzech wyższych jezior, a najwcześniej Zadniego (pod Kołem) jako najwyższego a zarazem najzimniejszego (zob. niżej). Te oziębiwszy się na powierzchni blizko do 4° C. (co następuje już pewnie w połowie października), wlewają się obfitą strugą już na dno Stawu Wielkiego, a wydzwigując całą masę wód jego do góry, „odnawiają“ dopiero wówczas jego dolne warstwy, które lato w stagnacyi przepędziły. Reszty przewrotu dokonywa oziębienie się samejże powierzchni Wielkiego Stawu do 4° C. i niżej. Z tego przedstawienia rzeczy wypływa, że w tem jeziorze „małe“ a bardzo zimne dopływy nie mogą wogóle nigdy na obniżenie ciepłoty dna jego znacniejszego wpływu wywierać. Tyle co do przyczyn — ambarasującej zrazu — zwyżki ciepłoty na dnie Stawu Wielkiego, jakoteż łagodnego wygięcia się (latem) całej jego krzywej termicznej. Stanowczem sprawdzeniem powyższych wywodów byłoby głębokie sondowanie Stawu Wielkiego w późnej jesieni wykonane: powinno wykazać ono ciepłotę wielkiej jego głębi niższą od 4° C. i równą prawie ciepłocie tego właśnie z pośród jego dopływów, którego ciepłota byłaby podówczas najbliższą rzeczonej wartości. Zresztą już nawet dotychczasowy materiał obserwacyjny świadczy, że powyższe wyobrażenia nie są od prawdy zbyt odległe. W ciągu 45 dni (od 7. sierpnia do 21. września 1892), z których przypadało na okres niesłychanych upałów, ciepłota warstw wodnych tego stawu mało co głębszych od 25 m. nie uległa żadnym zmianom, jak świadczą liczby ze sondowań p. Świerza pochodzące:

z'	7/VIII	13. i 21/IX.	
10 m.	9.0° C.	10.7° C.	
15	7.25	7.4	} blizko; temper. 7.1° mierzona tylko dla z' = 17 m.

z'	7/VIII	13. i 21/IX.
20 m.	5·0° C.	5·4° C. (blizko, z tego samego powodu).
25	4·8 (b. blizko)	4·9
30	4·5	4·5 (interpol.)
40	4·4	4·4
50	4·2	4·2
60	4·2	4·2
77	—	4·2.

Wśród tego samego (prawie) czasu, Rybie w głębokości kilkunastu metrów wykazywało gdzieś blizko trzy razy większą zmienność ciepłoty na tym samym poziomie.

Jesienne prawie równoczesne sondowania Wielkiego Stawu i Rybiego dają zestawienie (pomijając ciepłotę dla $z' = 0$. nadto zmienną z porą dnia tu i tam)

z'	W. Staw	Rybie	W — R.
10 m.	10·7° C.	11·4° C.	— 0·7° C.
17	7·1	5·6	+ 0·5
23	5·3	4·35	+ 0·95
25	4·9	4·3	+ 0·6
45	4·3	4·0	+ 0·3
48	4·3	—	—
65	4·2	—	—
77	4·2	—	—
78	4·24	—	—

skąd widać, jak poprzednio, że różnica ($W - R$) = r staje się największą gdy z' jest blizkie dwudziestu metrom. Trzy dane (dla $z' = 17, 23$ i 25 m.) dostarczają empirycznego związku

$$r = 0\cdot5 + 0\cdot2625(z' - 17) - 0\cdot03125(z' - 17)^2,$$

który pozwala znaleźć samo maximum tej różnicy = + 1·05° C. w głębokości (niepoprawionej) $z' = 21\cdot2$ m. Te same ilości z letnich sondowań (zob. wyżej) mają wartości + 1·75° wzgl. 19·2 m.; nie ulega więc żadnej wątpliwości, że w pobliżu 20 m. głębokości zachodzi latem na Stawie Wielkim maximum zwyżki termometrycznej (około 1½ stopnia) w porównaniu z ciepłotą Rybiego w takiej samej głębokości. Różnica ciepłot obu jezior znikła podówczas w głębokości $z' = 14$ m. więc znacznie głębiej aniżeli poprzednio (blizko 5½ m.); cała letnia „kanikuła“ podniosła ciepłotę Rybiego w 10-ciu metrowej głębokości

o $3\cdot2^{\circ}$, gdy w Stawie Wielkim tylko o $1\cdot7^{\circ}$; zato jednak nawet jeszcze w 25-cio metrowej głębokości daje się dostrzedz w ostatnim jeziorze drobny przyrost ciepłoty ($+0\cdot15^{\circ}$), kiedy Rybie już żadnej wyraźniejszej zmiany nie wykazuje. Łącznie z poprzedniem zniewala mię to tem silniej do przekonania, że kilkunastumetrowa górna warstwicą wody Stawu Wielkiego bywa latem widownią energicznego wyrównywania się ciepłot za pośrednictwem mieszania się wód, który to proces — o tej porze — w górnych warstwach Rybiego jedynie na skalę znacznie mniejszą może się odbywać. Głębokość K' punktu przegięcia krzywej termicznej nie daje się tutaj znaleźć z dostateczną dokładnością (z powodu, że pomiędzy $z' = 0$ a $z' = 10$ m., jakoteż pomiędzy $z' = 10$ i $z' = 17$ m. nie wykonano żadnego sondowania) chyba że wprowadzilibyśmy do rachunku także jedną z trzech temperatur ($11\cdot4^{\circ}$, $11\cdot3^{\circ}$, $10\cdot8^{\circ}$) odczytanych przy $z' = 0$, czego zawsze unikać należy, aby nie wikłać rzeczy dziennymi zmianami na powierzchni; którąkolwiek zresztą z tych liczb obralibyśmy za czwartą potrzebną daną do znanego rachunku, doszlibyśmy zawsze do wyniku, że K' nie przenosiło wówczas 12-tu metrów. To porównane z poprzednio (7-my sierpnia 1892. r.) znaną wartością tej ilości, bliską 17-tu metrom, wystarcza już do stwierdzenia, że w dniach 21. i 22. września t. r. jesienne wynurzanie się punktu P' było już w pełnym toku na tem jeziorze.

2. Staw Przedni (i Staw Mały).

Położone o kilkanaście metrów wyżej od Stawu Wielkiego w najbliższym jego sąsiedztwie, podlega to jezioro takim samym jak on czynnikom meteorologicznym. Pod względem hydrotermicznym zachodzi między nimi ta jednak różnica, iż pobierając swój zapas wody wyłącznie ze śniegów zalegających żleby i rozpadliny na północnych stokach grzbietu Miedziane (i Swistówki), należy ono już do jezior typu pierwszego. Jeżeli pomimo tego staw ten na powierzchni bywa latem o ułamek stopnia cieplejszy od Stawu Wielkiego — jak to zaraz zobaczymy — to przyczyną tego jest bezwątpienia okoliczność już poprzednio wspomniana, że na zapas wód ostatniego jeziora składają się dopływy trzech jezior (Staw Przedni, Czarny pod Gładkiem i Zadni pod Swinnicą) posiadających nieco odmienne stosunki ciepłoty. (Staw Mały będący tylko odnogą Stawu Przedniego możemy tutaj zupełnie pominąć). Wszystkie trzy wymienione jeziora należą wprawdzie do typu I-go, ale leżąc na poziomach, których różnica dochodzi do 2 hm., muszą wykazywać pokaźne różnice we fazach swych ciepłot (na powierzchni), chociażby amplitudy roczne były prawie jednakie. Naj-

zimniejsza część wielkich dopływów Stawu Wielkiego pochodzi, jak już wspomniałem, wprost ze Stawu Zadniego; wody tej dostarcza strumień, który na przestrzeni blisko 2 km. — prawie pozbawiony bezpośredniej insolacji — płynie ukrycie popod złomami granitu na znacznej części całej tej długości. Widzieliśmy poprzednio, że drobniejsze dopływy bezpośrednie Stawu Wielkiego, pochodzące latem z topniejących śniegów na zboczach Miedzianych, oziębiają raczej górne jego warstwy aniżeli dolne. Temu obniżeniu przeciwstawioną może być jedynie drobna zwyżka ciepoty wód dostarczanych z powierzchni Stawu Przedniego, gdzie mniej jeszcze aniżeli w Rybim może występować latem mieszanie się wód w górnych jego warstwach. Dopływ od Stawu Czarnego (pod Gładkiem) należącego również do typu I-go, nie wykazuje w porównaniu ze Stawem Wielkim żadnej wyraźniejszej (na powierzchni) różnicy termicznej, jak to pod l. 3. zobaczymy. Najwłaściwiej będzie więc pozostałe jeziora tej grupy porównywać wprost ze Stawem Wielkim. Zestawienie dat hydrotermicznych, które następuje, zawiera prócz równoczesnych temperatur powietrza t wszystkie znane mi pomiary na Stawie Przednim wykonane: dołączam do nich także liczby znalezione na Stawie Małym, który może uchodzić za bezpośrednie przedłużenie Przedniego.

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator
1887	26 lipca	9 a.	13·0	11·1	Świerz (M)
"	8 sierp.	6 a.	8·0	9·1	"
"	8 "	6¼ a.	8·0	8·9	" (M)
1880	15 lipca	11 a.	13·2	13·6	" (M)
"	15 "	11½ a.	12·7	13·4	"
"	16 "	10¼ a.	13·2	13·2	"
"	31 "	?	?	11·2	Dziew.
1890	5 sierp.	1 p.	19·3	14·7	B.
"	5 "	2 p.	18·2	14·7	"
1892	22 lipca	8 a.	9·2	9·8	"
"	22 "	9 a.	9·8	10·1	" (M)
"	22 "	9 a.	12·0	10·5	"
"	22 "	10 a.	12·5	10·8	"
"	19 sierp.	9 a.	16·0	13·4	Świerz
"	23 wrześ.	12¼ p.	14·0	10·5	"
1893	4 sierp.	4 p.	11·6	10·9	B.

(Głoska *M* oznacza pomiar wody Małego Stawu). Podaję *in extenso* oryginalne liczby obserwatorów, aby mieć przed oczami skromną całość

dotychczasowych pomiarów ciepłoty na powierzchni tego jeziora, a w razie przybycia świeżych obserwacyi, przyszłemu pracownikowi oszczędzić trudu zbierania i zestawiania. Prócz różnicy termicznej tego jeziora i Stawu Wielkiego, idącej, jak wspomniałem, wyłącznie na karb samej topografii lokalnej, nie zaś różnicy czynników meteorologicznych, która jest tutaj znikomą, nie daje się z powyższych liczb żaden inny wniosek wydobyć. Rzeczona różnica znajduje się dogodnie dzięki okoliczności, że turysta-obszawator wykonywając pomiar ciepłoty jednego jeziora, najczęściej nie pominał i sąsiedniego. Dziewięć pomiarów o datach jednakich (zob. zestawienie liczb pod l. 1) nadaje się najbardziej do tego celu; drobną niejednostajność pochodzącą z nieco znaczniejszej nierównoczesności pory dnia (w czterech parach pomiarów) uchylimy z dostateczną dokładnością, dołączając do liczb ostatnich! część różnicy obserwowanych temperatur powietrza. W ten sposób znajduję średnio w letnich miesiącach

Przedni Staw — Wielki Staw = + 0·6° C.

przypuszczam jednak, że dla wczesnego lata i późniejszej jesieni różnica ta będzie jeszcze mniejszą albo i wprost zerem. Przy 18-to metrowej zaledwo różnicy poziomów obu jezior i bezpośrednio ich sąsiedztwie nie można oczekiwać żadnej wyraźniejszej różnicy faz w rocznym pochodzie ich ciepłoty, a półstopniową zwyżkę Przedniego ponad Wielkim w porze letniej, tłómaczę sobie znacznie mniejszą głębokością pierwszego (około 28 m.), jakoteż położeniem w miejscu bardziej zacisznem.

Do tej pory istnieją dwa sondowania termometryczne tego jeziora: pierwsze wykonane przeze mnie (przyrządem Fugger'a) w dniu 22. lipca 1892 i drugie szczegółowsze od mego, wykonane przez p. Swierza d. 23. września tego samego roku. Podaję oryginalne liczby:

22/VII.	z	τ	23/IX.	z'	τ'
	0 m.	10·2°		0 m.	10·5°
	5 4	9 45		8	10·3°
	8 9	8·9		9	8·4
	10·4	7·7		10	6·7
	20·4	4·6		11	5·7
				12	5·4
				15	4·6
				20	4·4
				25	4·3
				28	4·42 (w mule),

z których m. i. już wprost widać, że dnia 23. września czynność pionowych prądów usiłujących letnie uwarstwienie termiczne doprowadzić do przejściowego ustroju (zob. część I-szą), aby go następnie zamienić na zimowe uwarstwienie, już się na dobre rozpoczęła. Wskazuje na to także zmiana głębokości punktu przegięcia *P*, która dla pierwszej daty wynosi blisko 12 m., dla drugiej już tylko około 8½ m., co zarazem pozwala domyślać się, iż maximum pogłębienia się tego punktu, przypadające niezawodnie wkrótce po okresie upalnym drugiej połowy sierpnia, przenosiło 12 metrów. Znaczna szybkość pionowego ubywania temperatury (dla pierwszej daty maximum, nie dość bezpieczna, wynosi 1·0° na 1 m., dla drugiej aż 1·9° C), którą widzieliśmy już przy Czarnym Stawie pod Rysami, jest właśnie jedną z najbardziej charakterystycznych cech wyróżniających jeziora typu I-go od jezior należących do II-go typu. Co do głębokości, w której tutaj znikają roczne zmiany ciepłoty, to zważając na średnią tylko głębokość jeziora (nie dochodzącą do 30 m.) i niezawodnie większe tutaj niż nad Rybiem ostateczne różnice rocznej ciepłoty powietrza, możemy śmiało twierdzić, że zmiany te w Stawie Przednim sięgają aż do dna jego. Zbytecznym będzie dodawać, iż amplituda zmian rzeczonych będzie ze wzrostem głębokości szybko malała i że na samym dnie będzie mogła wynosić już tylko drobny ułamek jednego stopnia. To samo stosuje się zresztą także i do następującego jeziora blisko ½ hm. wyżej położonego, a które tylko kilku metrami jest głębszem od Stawu Przedniego.

3. Staw Czarny (pod Gładkiem).

Położony na tarasie, blisko 60 m. wyższym od Stawu Wielkiego wykazuje on pomimo tego stosunki termiczne bardzo zbliżone do podobnych stosunków ostatniego jeziora. Jeszcze uboższy materiał obserwacyjny niż Stawu Przedniego pozwala stwierdzić tylko tyle, że pomimo różnicy średnich temperatur lata, wynoszącej 0·3 do 0·4° C. na korzyść niższego jeziora, hydrotermiczna ich różnica może latem wynosić z pewnością nie więcej jak czwartą część tej wartości (porównaj związek między zmianami ciepłoty powietrza i wody, wyprowadzony w części pierwszej). Większe różnice mogłyby się objawić dopiero wczesnem latem (t. j. wiosną w górach) lub późniejszą jesienią, a to choćby dla tego samego, iż pora zrzucenia lodów na tem jeziorze (i piątem tej grupy: Stawie Zadnim), bywa o cały tydzień i więcej późniejsza, niż na Stawie Wielkim¹⁾. Taka kilkudniowa różnica fazy w rocznym po-

¹⁾ Według zapewnień pasterzy (z Białki), którzy spędzają tu lato przy jedynym w tej dolinie szałasie.

chodzie ciepłoty tu i tam, traci wprawdzie na znaczeniu w pobliżu przy maximum rocznego, przy wiosennej jednak żwawej zmienności temperatur może ona wywrzeć wpływ znaczniejszy. Czysto mechaniczny proces wyważania skorupy lodowej jeziora ciśnieniem (z dołu do góry) nadmiaru wody powstałej z nagłych roztopów wiosennych, musi wiosną wystąpić wcześniej i energiczniej w niższych partyach jednej i tej samej doliny, nawet przy niewielkich różnicach wzniesień. Znane są każdemu turyście tatrzańskiemu rozmiary wezbrania strumieni górskich w średnim i niższym ich biegu, nawet po krótkotrwałym deszczu, gdy równocześnie wyższe partye strug wody i wyższe jej zbiorniki zaledwo skromny przyrost okazują¹⁾.

Jak dotąd, to posiadamy wszystkiego sześć pomiarów ciepłoty na powierzchni tego jeziora wogóle mało zwiedzanego, z powodu, że leży ono opodal zwykłego szlaku, prowadzącego ze Zawratu przez Swistówkę do Rybiego. Liczby te są następujące:

Rok	Data	Godzina	<i>t</i>	-	Obserwator
1877	8 sierp.	9 $\frac{3}{4}$ a.	12 0 ^o	10.6	Swierz
1880	31 lipca	p. m.	?	11 0	Dziewulski
1881	22 „	1. p.	19.6	9 0	J. Karliński
1892	20 sierp.	10 $\frac{1}{4}$ a.	17.0	13.5	Swierz
„	23 wrześ.	4 p.	12.2	11.2	„
„	24 „	9 a.	10.8	10 8	„

Porównane z liczbami (prawie równoczesnymi) odnoszącymi się do Stawu Wielkiego i opatrzone znaną poprawką z powodu niezupełnej równoczesności godzin (tego samego dnia), w których tu i tam termometr odczytano, prowadzą one do różnicy termicznej równej prawie zeru. Nie należy jednak zapominać, że większość tych pomiarów przypadła na sierpień lub wrzesień w latach wyjątkowo gorących; dwa lipcowe pomiary wskazują raczej na drobną zniżkę kilku dziesiątych stopnia

¹⁾ Na tę okoliczność zwrócił był uwagę już Jerzy Wahlenberz, który, będąc naocznyim świadkiem groźnego widowiska: wylewu wód górskich, wywołanego „oberwaniem się chmury“ dnia 24 sierpnia 1813. roku, w Tatrach spiskich, wyruszył w najbliższym po katastrofie dniu pogodnym na górne tarasy górskie po to tylko, aby niezobaczyć spodziewanego tam spustoszenia. Czytaj zajmujące szczegóły w jego *Flora Carpatorum principalium* i t. d. Gottingae 1814, pag. IX i CXIII, gdzie m. i. powiada „...sed haec expectatio (t. j. znalezienia większego spustoszenia bliżej głównego łańcucha tatr.) me omnino fefellit. Quanto profundius in montes perveni, eo magis imminuebantur reliquiae inundationis adeo, ut antequam terminum Abietis attingerim, ne vestigium quoddam ulterius detegendum esset. Iam dudum in Rothe-Lehm et Drechselhäuschen (= Tokarnia) nulla mutatio observabatur...“ i t. d.

na niekorzyść Stawu Czarnego, co powinnyby wyraźniej wystąpić z końcem czerwca, albo na samym początku lipca. Pośrednio przemawiają ze tem liczby dla ostatniego a najwyższego tej grupy jeziora (Staw Zadni) znalezione (zob. niżej), gdzie wspomianana często różnica fazy w rocznym przebiegu ciepłoty już bardzo wyraźnie występuje.

Jedyne dotąd sondowanie termometryczne (p. Świerza) w dniu 24. września 1892 dało wyniki dość nieprzewidziane, a mianowicie okazało, że staw ten we wszystkich sondowanych warstwach był podówczas cieplejszym, aniżeli w równych głębokościach Staw Przedni, dzień przedtem badany (23. września), pomimo, że ostatni leży blisko 1 hm. niżej od Czarnego. Dla lepszego porównania zestawiam obok siebie liczby do obydwóch jezior należące.

z'	Czarny (24. wrześ. 1892)	Przedni (23. wrześ. 1892)
0 m.	10·8° C.	10·5° C.
10 "	10·8	6·7
15 "	7·0	4·6
20 "	5·3	4·4
25 "	4·5	4·3

Różnic temperatur na tych samych poziomach, dosiegających wartości 4·1°. nie umiem sobie wytłómaczyć. Obydwa jeziora należą ściśle do typu I-go. t. j. pobierają wodę już tylko wprost z topniejących śniegów, których co prawda z końcem września 1892 na okolicznych zboczach górskich już prawie całkiem nie było. Szkoda, że pod względem ówczesnej topografii szczątków pól śnieżnych (z ubiegłej zimy, bo nowe śniegi spadły w górach dopiero w październiku) nie podaje prof. Świerz żadnego szczegółu. W dniu 22-gim lipca t. r. zwiadałem Dolinę Pięciu Stawów Polskich zajęty termometrycznym sondowaniem Stawu Przedniego i Zadniego (ob. niżej); dzień przedtem był tam mój pomocnik, którego tam poprzód wysłałem (od Rybiego) ze sznurami i tratwą przyrzędu Fugger'a, oraz z jednym termometrem. Prócz odczytania ciepłot wody w Stawie Przednim, Wielkim, ewent. ich dopływów, miał on także polecenie rozpatrzenia otoczenia śniegowego tych jezior, podania wielkości, położenia płatów śnieżnych, o ile do nich dojsć zdoła. Nazajutrz oznaczyłem sam hypsometrycznie wysokość kilku takich płatów, z których najniższy był ucepiiony blisko 50 m. nad poziomem Przedniego Stawu; inny blisko 80 m. nad tym samym poziomem a mający około 60 m². powierzchni (niewiadomej zresztą grubości) zalegał lejowatą, zewsząd zasłoniętą kotlinkę pod Świstówką w miejscu

dobrze znanem wszystkim turystom¹⁾. Prócz tego naliczyłem w pobliżu pięć innych większych takich płatów śnieżnych, ukrytych w licznych zaułkach Świstówki. Równoczesne otoczenie Stawu Czarnego było wówczas w śniegi znacznie uboższe; na zboczach Gładkiego zwanych „Ławkami“ wcale ich nawet nie było. Czy, (w przypuszczeniu że to zubożenie śniegowe okolic Czarnego Stawu już w lipcu 1892. r., a tembardziej we wrześniu tego roku było zupełniejszym niż w otoczeniu Stawu Przedniego), można tę okoliczność uważać za *causa sufficiens* objawu, o którym mowa była powyżej, nie śmiem utrzymywać. Wysokość, na której znajdują się latem śniegi, dostarczające bezpośrednich dopływów jeziorom, odgrywa w ich termice rolę ważniejszą, aniżeli się to zdawało, większą, aniżeli to sam zrazu przypuszczałem (zob. szczegóły dotyczące się Rybiego w części pierwszej). Wszelkie jednak rozprawiania na ten temat nie zdołają doprowadzić do ilościowego poznania związku między jednymi a drugimi objawami, dopóki nie zostanie nagromadzonym materiał hypsometrii pól śnieżnych w Tatrach, sam dla siebie zresztą już bardzo pożądany. Ale taka praca, chociażby nie barometrem, lecz trygonometrycznie „z dalsza“ miała być wykonaną, przekracza możliwość jednego człowieka.

Samo położenie Stawu Czarnego wyklucza, zdaniem mojem domysł, jakoby przyczyną zwyżki jego ciepłoty na całym pionie (w porównaniu ze Stawem Przednim) miałyby być n. p. lepsza jego insolacya. W tej mierze wystarczy mi powołać się na dobry opis topografii obydwóch jezior, jakiego dostarczył Dziewulski²⁾. Z niego wynika, iż Staw Czarny raczej późniejszy od Przedniego ma warunki insolacyjne, jako wciśnięty w kąt pomiędzy dwoma niemal prostopadłymi do siebie łańcuchami górskimi (Gładkie, a wogóle część głównego łańcucha tatrzańskiego od zachodu, Miedziane od południa). Zresztą w razie lepszej insolacyi musiałaby rzeczona zwyżka wystąpić przedewszystkiem na jego powierzchni i tuż zaraz pod powierzchnią, nie zaś dopiero w głębokości 10-ciu do 15-tu metrów. Pomiar ciepłoty dwóch, trzech jego

¹⁾ Idąc z Opalonego a minąwszy już trawiastą ścieżkę pnącą się w zakosy aż do znanego urwiska Świstówki (prostopadła ściana wprost na dolny taras Siklawy) jednak przed wejściem na „perć“ ciągnącą się po samych złomiskach granitowych. Wspomniany wielki lej utworzony z mnóstwa kamieni pochyło na sobie wspartych miałem sposobność obserwować w różnych latach i miesiącach poczynawszy od r. 1886. Zawsze znajdowałem w nim znaczną obfitość śniegu stwardniałego (tak jeszcze w połowie sierpnia 1889. r.) zakonserwowanego, jakby w lodowni; ściek wody wytapianej z tej wielkiej bryły nie jest widocznym i zapewne odbywa się spodem, dziurami pośród gruzów tego stożkowatego usypiska.

²⁾ Pamięt. Tow. Tatr. Tom VI, Kraków 1881, str. 92—93.

dopływów mógłby był rzecz znacznie rozświecić i szkoda, że tego nie uczyniono. Podobne objawy u kilku jezior alpejskich i jurajskich znalazł także p. Delebeque, ale tłónaczenia, jakie podaje ¹⁾, (wiatry działające mają rzekomo odmiennie na mieszanie się wód w jeziorach kolistych, odmiennie w wydłużonych) wydają mi się naciągane. Toż samo drobnych różnic w podłożu jeziora (kamień, muł) nie uważam wraz z prof. Simonym za dostateczną przyczynę mogącą wywołać tak znaczną różnicę w postaci krzywej hydrotermicznej. O wiele już naturalniejszą wydaje mi się domyślna przyczyna, którą poprzednio przytoczyłem. Sądzę, iż zaniknięcie a przynajmniej wysokie „wyczołganie się“ poników śnieżnych z końcem nadmiernie gorących sierpnia i września 1892, przyczem skąpe już wody dopływów musiały się na domiar rozlewać po jeziorze mającem powierzchnię przeszło 1 1/2 razy większą od powierzchni Stawu Przedniego ²⁾, mogło we wodach Stawu Czarnego wywołać prawie stagnację, której następstwem było ocieplenie się ich aż do znaczniejszej głębokości.

4. Staw Zadni („pod Kołem“).

Powierzchnia 5-6 ha., największa głębokość $z = 29$ m. (Dziew.), wyniesienie nad poziom morza 1889 m. (sztab general.).

Znaczne wyniesienie tego najwyższego z Pięciu Stawów Polskich a zarazem najwyższego ze wszystkich jezior tatrzańskich po stronie polskiej ³⁾, pozwala oczekiwać znaczniejszych różnic termicznych od pozostałych jezior całej tej grupy, chociaż, jak wiemy, nie samo tylko wzniesienie decyduje w tej mierze. Okoliczność, że staw ten nie leży już na właściwym szlaku turystycznym, który dla podążających przez Zawrat do Rybiego prowadzi dość wysoko ponad północno-wschodnimi jego brzegami, dalej wielka niegościnnność tej części doliny sprawiają, że dzikie to pustkowie bywa tylko nader rzadko zwiedzane. Prócz p. Świerza w r. 1877., Dziewulskiego w r. 1880. (zajętego tutaj wówczas zdejmowaniem planu jeziora) i mnie w r. 1892. nie wiem, czy kto inny zapuszczał się kiedy do samego jeziora, czy to z termometrem, czy też wogóle ze zamiarem zbierania jakichkolwiek spostrzeżeń naukowych. Prawda, że drobna usługa, jaką zdoła wyświadczyć przy-

¹⁾ W pracy już raz przywiedzionej.

²⁾ Powierzchnia Stawu Czarnego pod Gładkiem 10-77 ha., Przedniego tylko 7 ha. (Dziewulski).

³⁾ Jedynie wyższym jest maleńki stawek (Zmarzły) pod Świnnicą w Dolinie Suchej Wody, a należący do zanikającej już grupy Stawków Gąsienicowych.

rodnik meteorologii, albo hydrotermice w krótkim czasie swego tutaj pobytu. nie stoi w żadnym stosunku z mozołem na to wyłożonym.

Trzy oznaczenia:

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator
1877	8/VIII	11 $\frac{1}{4}$ a. m.	12·5 ⁰	8·8 ⁰	Świerz
1880	31/VII	?	?	9·0	Dziewulski
1892	22/VII	2 $\frac{1}{4}$ p. m.	7·7	7·5	B. (śred. z 3 odczytań mało co różnych)

wyczerpują wszystko, co o stosunkach temperatury na powierzchni tego jeziora dotąd wiemy. Uwzględniając znane z poprzedniego poprawki, wywołane niezupełną równoczesnością pomiaru tu i przy Stawie Wielkim, otrzymuję stąd różnicę termiczną powierzchni obu jezior blisko 1·5⁰ C. wynoszącą na niekorzyść Stawu Zadniego. Tę wartość należy zresztą uważać za minimum rzeczony (a oczywiście zmiennej nieco w ciągu roku) różnicy, która z powodu niejednoczesności faz w letnim ogrzewaniu się obu zbiorników wody (Staw Zadni odmarza blisko 2 tygodnie później od Stawu Wielkiego, a jeszcze więcej czasu upływa między zupełnem pozbyciem się lodów tu i tam), wczesnem latem musi dochodzić do znaczniejszych rozmiarów. Na letnią wartość depresyi składają się też prócz samej różnicy wzniesienia (213 hm. nad Stawem Wielkim) wybitna przynależność jego do typu I-go (wyłącznie dopływy ze śniegów), jakoteż niekorzystniejsze warunki insolacyjne; na długim dniu letnim jezioro zapada w cień od Zaworów już około 4-tej popoł., kiedy Staw Wielki, oddalony o jakie 2 km. bardziej od głównego trzonu górskiego, najmniej dwie godziny dłużej jest oświetlany. Jaki w tem udział przynależy każdemu z tych trzech czynników z osobna, trudno powiedzieć; pierwsze dwa z nich dawałyby¹⁾ różnicę średnich ciepłot powietrza 213 · 0·6 = 1·3°C., co jeszcze nie dosięga wartości 1·5⁰, jaka wypadła z porównania ciepłoty obu jezior.

Ze zaś ostatnia wartość różnicy hydrotermicznej nie jest jej największością, świadczą niektóre ze szczegółów, jakie o tem jeziorze podałem w rozdziale o zamarzaniu i odmarzaniu jezior tatrzańskich, do czego dodam jeszcze następujący. Dnia 22. lipca 1892 Staw był zupełnie rozmarznęty; jedynie po brzegach zalegały znaczniejsze ławice śniegu spodem zlodowaciałego, najobficiej pod Swinnicą i w zakłębieniu pod Zawratem (na karcie Dziewulskiego II, 1), gdzie wypadło nam

¹⁾ Biorąc ubytek ciepłoty 0·6⁰ C. na 1 hm. wzniesienia, co w Tatrach jest raczej wygórowanem niż za nizkiem.

je przekroczyć. Natomiast w dniu 5. sierpnia 1893 na Stawie, lubo rozmarzniętym, pływało kilka niedotopionych kier lodowych, pomimo że otoczenie jego było uboższe w śniegi aniżeli 22. lipca roku poprzedniego. Sama obecność resztek kry na powierzchni Stawu świadczyła, że ciepłota nie była chyba wyższą jak w roku 1892.. t. j. nie wyższą od $7\frac{1}{2}$ stopni. Gdy zaś tego samego dnia o 10 h. a. ciepłota Wielkiego Stawu wynosiła $10\cdot3^{\circ}$, średnia dzienna około $\frac{1}{2}^{\circ}$ mniej, wnoszę, że różnica termiczna obu jezior w tym dniu była bliską wartości $2\cdot3^{\circ}$, a w każdym razie większą od $1\cdot5^{\circ}$. Powodem tego mogło być ogólne opóźnienie się wiosny roku 1893.

Wykonane w dniu 22. lipca 1892 przyrzędem Fugger'a sondowanie termometryczne, jedyne jakie dotąd istnieje, dało mi następujące liczby:

0.0 m.	7.4° C.
2.4	6.7
5.4	5.6
10.4	5.4
15.4	4.3.

Już więc w głębokości 15 m. temperatura wynosiła (z końcem lipca) bardzo blisko $4\cdot4^{\circ}$ C., gdy na tym samym poziomie Staw Przedni miał blisko $5\cdot2^{\circ}$ C.. Czarny Staw pod Rysami, t. j. właściwe Morskie Oko $5\cdot5^{\circ}$, Rybie $5\cdot7^{\circ}$, Staw Czarny pod Gładkiem $6\cdot9^{\circ}$ (kor. termometru i sznura uwzględnwszy; taksamo i w następnym) Staw Wielki aż $7\cdot1^{\circ}$ C. (Ostatnie dwie liczby należy pomniejszyć o kilka dziesiątych stopnia z powodu, że pochodziły z pomiarów wrześniowych, względnie sierpniowych p. Świerza). Widać stąd ponownie, że samo wzniesienie jezior nad p. m. nie może objaśniać ich różnic termicznych, w głębi jezior mniej jeszcze aniżeli na ich powierzchni.

Z czterech pierwszych dat daje się obliczyć wzór empiryczny

$$\tau = 7.4 - 0.1903 z - 0.0549 z^2 + 0.00526 z^3,$$

który daje maximum (odjemnej) chyżości $\frac{d\tau}{dz} = 0.38^{\circ}$, oraz głębokość

K wiadomego punktu przegięcia = 3.5 m. Tak płytko więc zdołał się pogłębić punkt P od czasu zupełnego rozmarznięcia jeziora (w końcu czerwca), aż po dzień 22. lipca. W ciągu sierpnia, a może jeszcze w początkach września pogłębił on się z pewnością nieco więcej; na wszelki jednak sposób wydaje mi się nieprawdopodobne, aby najwię-

ksza wartość głębokości K mogła była w tym roku przenosić jakie 6 lub 7 metrów. Zważmy, że jak zmienność wszelkiej funkcji w pobliżu jej maximum tak też i rocznego biegu temperatury powietrza, wody w jeziorach, a wreszcie zawisłej od nich liczby K , może być już tylko małą w ciągu sierpnia (normalnego), którego średnia ciepota, zawsze normalnie biorąc, jest już nieco niższą od lipcowej. Porównajmy tę tak małą wartość głębokości K z wartościami 16-tu i więcej metrów (zob. przywiedzione w części I dla przykładu jezioro sabaudzkie Lac d'Anney; Lac de Bourget, oraz jeziora szwajcarskie Léman, Quatre Cantons i t. d. dają jeszcze więcej) w jeziorach sabaudzkich, jurajskich i niżej leżących jeziorach szwajcarskich, porównajmy ją zresztą już chociażby z wartościami 9-ciu, 12-tu i 15-tu metrów, jakie w różnych czasach dla Rybiego, a nawet Wielkiego Stawu znaleźliśmy, a dojdziemy do wniosku prawie oczywistego, że letni rozkład temperatur w jeziorach wysoko położonych jest bardzo zbliżonym do wiosennego ich rozkładu czy to niższych jezior tatrzańskich, czy nawet nizinnych. Nie oddalimy się zatem zbyt od prawdy twierdząc, iż badając termometrem równocześnie dwa jeziora górskie położone na znacznie różnych poziomach, spełniamy prawie tę samą czynność, jak gdybyśmy jedno i to samo jezioro tak samo badali w dwóch porach roku, znacznie od siebie oddalonych.

Wywody, jakie tu i na innych miejscach pracy niniejszej złożyłem, wskazują, mojem zdaniem, wyraźnie, że w ilości K pozyskałiśmy jedną z pożytecznych cech rozpoznawczych na różnice termiczne:

- a) jednego i tego samego jeziora w różnych porach roku,
- b) równoczesnego stanu rozmaitych jezior,

że więc badanie skierowane do lepszego niż dotąd poznania zmienności tej właśnie ilości, będzie mogło, prędzej niż na innej drodze, rozświecić dokładniej stosunki ciepłoty jezior tatrzańskich. Mniemam także, iż gdyby moja propozycja wprowadzenia ilości K , jako charakterystyki termicznej pewnego jeziora, przyjęła się w nauce, to bardzo ehwiejny dotąd podział jezior, rozmaity u rozmaitych badaczów¹⁾, mógłby się kiedyś oprzeć na podstawach ilościowych.

¹⁾ Tak n. p. starszy podział Saussure'a (jeziora ze zmiennością ciepłoty aż do dna i tylko do pewnej głębokości), Buchanan'a (na podstawie pomiarów jezior szkockich, Nature t. XIX p. 421), nawet i Forel'a (o czem wyżej w części I) nie usuwający dla poszczególnych jezior wątpliwości, do którego typu i klasy jedno lub drugie zaliczyć, najmniej zaś całkiem nietrafny podział Geistboeck'a (jeziora ciepłe, umiarkowane i zimne.)

C. Grupa jezior w Dolinie Suchoj Wody.

Grupa ta tworzy całość jedynie pod względem topograficznym i hydrograficznym; jednocześnie tutaj pod wspólnym nagłówkiem jeziora tej Doliny, nie mamy więc wcale na myśli jakiejś wspólności ich pod względem termicznym. W sam opis doliny nie widzę potrzeby się wdawać po tem, co inni o niej pisali; wystarczy przypomnieć, że kierunek jej jest wogóle równoległym do kierunku obu poprzednich dolin (Rybiego i Pięciu Stawów Polskich), że tylna jej ściana należy już w znacznej części do głównego łańcucha tatrzańskieg0, w części zaś przypiera (od wschodu) do drugorzędnych gałęzi górskich: Kozi Wirch, Granaty, Wołoszyn (zob. szczegóły poprzedzającego rozdziału), które wraz z trzeciorzędniemi gałęziami Kościeleca Wielkiego i Małego, Żółtej Turni i Koszystej rozdzielają główną dolinę po stronie wschodniej na kilka pobocznych. Każda z tych dolin pobocznych była niegdyś siedzibą licznych jezior, a i dotąd dochowały się one tutaj w dość okazałej mnogości, lubo już tylko jedno z nich (Staw Czarny pod Kościeleccm) swą powierzchnią przekracza średnie rozmiary.

Sześć drobnych i płytkich stawków pomiędzy Swinnicą a Kościeleccm (Stawy Gąsienicowe) znajdują się obecnie w stadyum widocznego zanikania; to samo stosuje się do Stawku Czerwonego w (bocznej) dolinie Pańszczycy pomiędzy Żółtą Turnią a Koszystą. Żyjąca dotąd starsza generacya przewodników Tatrzańskich umie jeszcze to i owo powiedzieć o dwóch stawkach w tej dolinie (zwykły szlak na słynną przełęcz „Krzyżne“); drugiego szukałbyś tam dzisiaj napróżno lubo ślad jego dotąd jest wyraźny. Zmiana wyglądu stawku Zmarłego pod Zawratem i Granatami daje się wykazać już od czasu wycieczek Janoty, więc od lat 30-tu, nakoniec boczna dolina pomiędzy Koszystą a Wołoszynem wykazuje dzisiaj już tylko niewyraźne ślady istnienia tutaj kiedyś jakiegoś zbiornika wód. Zresztą wody deszczowe i śnieżne z tej ostatniej doliny nie są już dopływami potoku Sucha Woda (a pośrednio Poronca), ale odwiedzone od niego niższemi wzgórzami przełęczy Waksmundzkiej, Przysłópu i Gęsiej Szyi, łączą się blisko Czerwonych Brzeżków ze strumieniem Roztoka uprowadzającym wszystkie wody z Doliny Pięciu Stawów Polskich.

Z powyższego widać, że jeżeli chodzi o stosunki ciepła głębokich jezior tatrzańskich, to grupa ta wykazuje tylko jedno takie jezioro, t. j. wspomniany Staw Czarny pod Kościeleccm, który nie tylko ze względu na swą znaczniejszą głębokość, ale i z innych jeszcze powodów zasługuje na zbadanie. Dodatkowo umieszczam pod koniec niektóre szczegóły tyające się dwóch lub trzech płytkich jeziorek tej

grupy, zwłaszcza Stawu Zmarzłego nad Czarnym, którego wody tworzą właśnie główny dopływ Czarnego.

Staw Czarny pod Kościelcem ¹⁾.

Położenie i otoczenie tego jeziora jest dobrze znane z opisów Kolbenheyer'a, Dziewulskiego, prof. Wierzejskiego i innych. Nie chcąc powtarzać rzeczy wiadomych, ograniczę się tylko do szczegółów, które dla jego termiki nie są obojętne. Położony na wysokości 1626 m. w bocznej części (połudn.-wschodn.) Doliny Suchej Wody zbiornik ten kształtu mniej więcej trójkątnego, weisnięty jest głęboko pomiędzy urwiste ściany Kościelca i bardziej położyste stoki Żółtej Turni. Trzeci bok rzeczonoego trójkąta, będący zarazem wejściem do doliny jeziora, tworzy ogromny zwał (morena przednia) spadający znacznie stromiej na zewnątrz, aniżeli u innych jezior tatrzańskich. Natomiast wewnętrzny spad (t. j. od strony jeziora) moreny jest nieporównanie łagodniejszym; nosi on na sobie, równie jak sam trawiasty jej szczyt, ślady wielkiego zniszczenia, dokonanego w otoczeniu jeziora najwidoczniej już po utworzeniu się wału. Świadczy o tem znaczna ilość złomów granitowych nie wrosłych w ciało moreny (po stronie wewnętrznej), ale wprost na niem leżących i jak gdyby świeżo tam położonych, z których dwa samotne tuż przy brzegu jeziora są rzeczywiście zdumiewającej wielkości. Wklęsło ku górze wygięty i wielorako poszczerbiony zwał jeziora jest pomostem łączącym ze sobą Mały Kościelec od zachodu, Żółtą Turnię od wschodu: jedyne przedarcie blisko środka całej jego długości pozwala wodom jeziora odpływać po przednim stoku moreny zrazu łagodnym, następnie stromym, w Dolinę Suchej Wody ²⁾. Główny zapas wody zasilającej jezioro pochodzi ze stawku „Zmarzłego“ położonego w dzikiej kotlinie z tyłu jeziora na piętrze 170 m. wyższem od poziomu Stawu Czarnego. Staw Zmarzły (o którym niżej jeszcze) wsząd ukryty pomiędzy urwiskami Granatów i Koziego Wirchu, a pobierający swe wody wprost ze śniegów, które nawet brzegi jego ustawicznie zaścielają, jest na punkcie warunków insolacyjnych niezmiernie

¹⁾ Inaczej Cz. St. w dol. Suchej Wody; u Dziewulskiego Cz. St. Gąsienicowy.

²⁾ Już raz zauważyłem w ciągu pracy niniejszej, że bardzo pożądanem byłoby sporządzenie dokładnych planów „terenowych“ t. j. z isohypsami i pozostałymi szczegółami wybrzeża, nie zaś jedynie, jak u Dziewulskiego, samego rysunku brzegów, nie tylko jezior tatrzańskich, ale także moren (naczelných), tak charakterystycznie tutaj rozwiniętych. Położenie upustu w morenie i jakoś terenu w pobliżu niego rzuciłyby niejedno światło na postać starego lodowca, kierunek jego spadku, jakoś pochodu jego podczas cofania się ku górze i t. d.

upośledzony: przyjmując, że jest dziennie przez cztery godziny naświetlany przez słońce w ciągu długiego dnia letniego. obawiam się jeszcze, czy nie zawiele podałem. Przy małej jego powierzchni (około $\frac{1}{2}$ Ha) i głębokości 4--5 m. w stanie normalnym, więcej zapewne wiosną i po deszczach) może on uchodzić prawie tylko za rozszerzony początek strumienia, prowadzącego wody wprost od śniegów ku Czarnemu Stawowi. Drugorzędne dopływy naszego jeziora pochodzą od śniegów zalegających wąwóz Zawratu (dopływ odrębny od poprzedniego głównego) oraz liczne źleby Żółtej Turni. O żadnym zatem większym „wygrzaniu się“ wody po górnych zbiornikach nie może tutaj być mowy, a sam dolny jej zbiornik należy zaliczyć bez wątpienia do jezior typu I-go. Zauważę dalej, że drugorzędne zimne jego dopływy znajdują się prawie wyłącznie po stronie wschodniej, t. j. u stóp Żółtej Turni¹⁾, tam więc, gdzie jezioro jest w ogólności płytsze; wschodni brzeg założony wiszącymi ponad wodą głazami odpadłymi od przepaściściwych ścian Kościelca, nie wykazuje żadnego trwalszego dopływu. Tam też zarazem Staw posiada znaczną głębokość tuż przy brzegu (por. sondowania Dziewulskiego, Pam. Tow. Tatr. T. VII; str. 81.). Przy sposobności dwukrotnego „objazdu“ tratwą wokoło jeziora samymi brzegami, uderzyła mię ogromna pod tym względem różnica wschodnich i zachodnich jego brzegów. Zbliżywszy się nadto (7-go sierpnia 1893) do brzegu po stronie Kościelca uwiązłem jednym bokiem tratwy już na kamienistym dnie jeziora; drąg przeszedł trzymetrowy, którym manewrowaliśmy, aby tratwę zepchnąć na wodę, nie zdołał równocześnie po drugiej jej stronie dna dosięgnąć. Widoczne w przejrzystych wodach szczegóły podwodne świadczyły o niezmiernie szybkim spadku dna w tych tu miejscach; nie mogłem się wraz ze swym towarzyszem oprzeć przekonaniu, iż ściany Kościelca znajdują głębokie przedłużenie popod poziomem jeziora, przedłużenie prawie огоłocone ze szutrowiska. Pospolite we wszystkich jeziorach tatrzańskich „przyładki“, t. j. nierówności brzegów, wsuwające się językowato w rysunek jeziora, a powstałe działaniem usypisk („piargów“) podnoszących nieustannie dno w pobliżu brzegów, występują tutaj wyłącznie po stronie wschodniej. Ich to działaniu należy przypisać, utworzenie nawet małej wysepki, jedynej ile wiem na stawach tatrzańskich, która na tym stawie znajduje się pod

¹⁾ Zwrócę uwagę na pomyłkę Dziewulskiego, który w tylnej części wschodniego otoczenia tego jeziora upatruje stoki Koziego Wirchu (Pam. Tow. Tatr. VII str. 81.) na co wątpię, aby ktokolwiek znający miejscową topografię i ustaloną tutaj nomenklaturę, mógłby się zgodzić. Cały ten maszyn górski zwie się niepodzielnie Żółtą Turnią, która wspólnie z Koszyską i Wołoszynem dopiero wyrasta z Koziego Wirchu.

Żółtą Turnią niedaleko odpływu, a około której jezioro posiada głębokość już tylko nieznaczną ¹⁾.

Istniejący do tej pory materiał obserwacyjny ciepłoty na powierzchni tego jeziora jest następujący:

Rok	Data	Godzina	t	:	Obserwator	Uwaga
1873	8/VIII	11 ^h a.	18·5	16·4 ⁰	Kolb.	
1874	12/VIII	10 ^h a.	9·2	10·0	"	(Hradzky nie 9·2 lecz 7·0)
1876	15/VII	11 ^h a.	21(?)	9·6	Świerz.	
"	16/VIII	?	15·1	11·2	Kolb.	
1879	30/VII	11 ^h ₄ a.	12·5	8·4	Świerz.	
1880	16/VII	4 ^h p.	18·0	12·8	"	
1881	17/VII	11 a.	16·4	9·3	Karlińsk.	
"	30/VIII	?	?	11·0	Dziew.	
1883	7/VIII	?	?	9·0	Świerz.	
1884	25/VIII	?	?	8·4	"	
1890	2/VIII	2 p.	17·0	11·0	B.	
"	8/VIII	1 ^h p.	15·0	12·9	"	(po ulowie z gradem)
"	"	1 ^h p.	13·6	13·2	"	(środek jeziora)
"	"	2 ^h ₄ p.	11·7	13·1	"	
"	"	4 ^h p.	13·4	12·6	"	(przy dopł. od Zmarzł.
1891	9/VIII	10 ^h ₃ a.	9·6	8·3	"	(brzeg, jak zwykle)
"	"	11 a.	9·8	8·2	"	(środek jeziora)
"	"	2 p.	10·3	8·4	"	(brzeg ")
"	"	2 ^h ₁ p.	10·3	8·3	"	(środek ")
1892	23/VII	5 ^h p.	9·2	8·5	"	
"	"	7 p.	9·0	8·4	"	
"	24/VII	11 a.	7·7	8·3	"	} znaczna depresja temperatury powietrza
"	25/VII	8 ^h ₄ a.	5·4	8·3	"	
"	"	10 ^h ₁ a.	4·3	8·3	"	
"	28/VII	12 ^h ₁ p.	11·0	8·8	Świerz	(środek stawu)
"	29/VII	? (rano)	?	8·3	"	(brzeg)
"	10/VIII	2 ^h p.	16·5	9·6	"	(przy upuście)
"	18/VIII	12 ^h p.	19·0	12·6	"	(środek stawu)
"	5/IX	7 a.	10·8	10·4	"	(brzeg)
"	"	12 mer.	?	11·2	"	(środek stawu)
"	12/IX	3 ^h p.	12·0	9·9	"	"
"	21/IX	7 ^h a.	8·0	10·0	"	"

¹⁾ Położenie tej wysepki na karcie sztabu generalnego jest zupełnie błędem.

Rok	Data	Godzina	t	τ	Obserwator	Uwaga
1893	5/VIII	7½ p.	12·2	9·7	B.	(dopływ od Zmarzłego 3·6°)
"	6/VIII	8¼ a.	8·9	9·4	"	(po deszczu)
"	"	11¾ a.	8·1	9·2	"	
"	"	4 p.	9·2	9·4	"	
"	"	6½ p.	7·7	9·0	"	
"	7/VIII	7¼ a.	6·7	8·7	"	
"	"	9 a.	6·8	8·7	"	
"	"	11¾ a.	7·0	8·8	"	
"	"	2½ p.	6·7	8·9	"	(środek jeziora)
"	"	7¼ p.	6·3	8·8	"	
"	8/VIII	6¾ a.	5·9	8·3	"	
"	"	8¾ a.	6·6	8·5	"	(środek jeziora)
"	"	10¼ a.	7·7	8·7	"	

Okolo stu liczb temperatury powietrza przy tem jeziorze dających się zebrać w całości (między niemi 60 odczytanych na termografie w lipcu 1892) jest materyałem za nadto szczupłym, aby módz z niego wydobyć chociażby przybliżone średnie ciepłoty (w miesiącach letnich) sposobem podobnym do użytego przy Rybiem. Nie pozostaje więc nic innego, jak tylko poprzestać (na razie) na obliczeniu różnicy aerotermicznej (Czarny Staw — Rybie) ze znanej różnicy obu wznieścień. Różnica ta wynosi bardzo blisko 2·4 hm., co w miesiącach letnich odpowiada niższe ciepłoty powietrza blisko 2·4 · 0·65 = 1·5 C. wynoszącej, na niekorzyść naszego jeziora. W przybliżeniu będzie zatem

$$\text{Kraków} - \text{Czarny Staw} = 6·8^{\circ} + 0·046 T.$$

Znalezienie różnicy termicznej obu jezior jest obecnie nieco utrudnione z powodu nierównoczesności pomiarów ciepłoty tutaj i nad Rybiem. W powyższem zestawieniu można znaleźć rzeczywiście tylko sześć równoczesnych oznaczeń, a mianowicie

Rok	Data	Godzina	Czarny Staw	Rybie	Różnica
1892	10/VIII	2½ p.	9·6 (upust)	9·9	— 0·3° C.
"	18/VIII	12½ p.	12·6 (środek)	15·5	— 2·9
"	5/IX	7 a.	10·4	13·4	— 3·0
"	"	12 mer.	11·2 (środek)	13·7	— 2·5
"	12/IX	3½ p.	9·9	12·1	— 2·2
"	21/IX	7¼ a.	10·0	11·2	— 1·2

stąd wartość rzeczonyj różnicy wypadalaby średnio blisko -2° C. Całość materyału obiecuje osiągnąć nieco większą dokładność w tej mierze, przyczem jednak nie da się ominąć interweneyi krakowskich obserwacyj.

Konieczne do tego celu ujednostajnienie materyału obserwacyjnego daje się uzyskać tylko redukcją każdej z osobna liczby Stawu Czarnego na przybliżoną średnią dzienną zapomocą środków podanych w części I-ej. To uczyniwszy, należy potem wpisać średnią dzienną Rybiego: liczbę pochodzącą albo z bezpośrednich i równoczesnych obserwacyj (co, jak widzieliśmy, zdarzyło się tylko kilka razy), albo też obliczoną zapomocą zasadniczego naszego wzoru, który przedstawia przebieg zmian rocznych (a przynajmniej kilku miesięczną ich część) ciepłoty Rybiego z dostateczną dokładnością. Świadom tej właściwości wzorów, mających przedstawiać roczny pochod pewnego zjawiska meteorologicznego, iż zacieraają one szczegóły zjawiska, a dają jedynie »wygładzony« jego obraz, używałem ostatniego sposobu tylko w ostatecznym razie. kiedy dla daty obserwacyi przy Czarnym Stawie szukałbyś napróżno — w prawo. albo w lewo — obserwacyi (R) przy Rybiem, chociażby w przybliżeniu synchronistycznej. Tak było np. w latach 1873, 1874, jakoteż 1880 i 1881, w których co do Stawu Czarnego mamy chociaż po jednej obserwacyi, a w których — jak się zdaje — nikt nie zwiedził Rybiego z termometrem. Ile razy jednak daty obserwacyj przy obu wodach były do siebie zbliżone (tak r. 1876. Czarny Staw 15. lipca, Rybie 12. lipca; 1879. Czarny Staw 30. lipca, Rybie 24. lipca itd.), tyle razy postąpiłem nieco odmiennie, a sądzę, że ściślej i bezpieczniej. Jeżeli obliczymy teoretyczne średnie dzienne R'_m , R'_n wód Rybiego w obu blizkich datach m i n , to — gdyby wzór zasadniczy przedstawiał wszystkie szczegóły zmian temperatury, obliczona średnia R'_m musiałaby być dokładnie równą średniej R_m istotnie obserwowanej przy Rybiem pod datą m ; dla przyczyn dopiero wymienionych, różnica ($R_m - R'_m$) najczęściej nie będzie jednak zerem. Zważmy teraz, iż termiczna zmienność jeziora dokonywa się sposobem ciągłym, zważmy zarazem na ciągłość wzoru „teoretycznego“, przedstawiającego roczny normalny pochod ciepłoty na powierzchni Rybiego, a będziemy mogli stanowczo utrzymywać, że dla daty n , blizkiej dacie m , różnica ($R_n - R'_n$) będzie posiadała znowu tę samą wartość (bardzo blizko), gdyż wielkość anomalii „wyrównanego“ przebiegu jakiegoś zjawiska meteorologicznego od istotnego jego przebiegu, nie jest przywiązaną do daty dnia jedynej, ale utrzymuje się zawsze przez czas dłuższy. Jeżeli więc $R_n - R'_n = R_m - R'_m$, to wzór

$$R_n = R_m + (R'_n - R'_m)$$

da zawsze bardzo zbliżoną wartość średniej ciepłoty R_n , lubo dla daty n nie istnieje faktyczny pomiar ciepłoty wód Rybiego. Oczywiście, że będzie to prawdą tylko tak długo, dopóki obie daty m , n nie będą zbyt odległymi od siebie. Jeżeliby oprócz pomiaru R_m pod datą m , istniał jeszcze drugi niedaleki pod datą m , to w taki sam sposób osiągnęlibyśmy jeszcze drugie zbliżone oznaczenie liczby R_n potrzebnej nam do porównania; wówczas średnia z obu oznaczeń dostarczyłaby naturalnie wartości tem bezpieczniejszej. Gdzie różnica dat m , n nie przekracza dwóch, trzech dni i ten zachód będzie najczęściej zbyt zbytnym, a za R_n będzie wolno wówczas przyjąć wprost R_m . Z rzadkim bowiem tylko wyjątkiem bardzo nagłych zmian średniej dziennej ciepłoty powietrza, z którymi i tak nie skoro oswoją się wody jeziora, różnica $(R'_n - R'_m)$ będzie w takich razach zawsze bardzo małą, mniejszą bez kwestyi od drobnych niepewności, tkwiących jeszcze tak w samej redukcji, jak i w błędzie podziałki rozmaitych termometrów.

Takim to, dość mozolnym sposobem, otrzymałem poniższe zestawienie. Objaśniam zaraz, iż głoska r wskazuje na liczbę wprost obrachowaną zapomocą naszego wzoru zasadniczego, głoska d (differ.) zaś na liczbę znalezioną metodą różnic dopiero co wyłuszczoną, ta sama podwójnie (dd) na liczbę otrzymaną z dwukrotnego zastosowania tej metody do dwóch pobliskich dat m i m' .

Rok	Data	Cz Staw	Rybie	Różnica = ρ	T'	T''	T'''
1873	8/VIII	15.1 ⁰	15.3	$r - 0.2^0$	21.0	20.7	18.4
1874	12/VIII	9.8	12.7	$r - 2.9$	15.7	19.1	18.2
1876	15/VII	8.0 ¹⁾	9.9	$d - 1.9$	17.8	18.1	15.5
"	16/VIII	10.0	11.3	$d - 1.3$	17.7	18.8	18.0
1879	30/VII	7.9	9.8	$dd - 1.9$	18.3	16.5	17.5
1880	16/VII	11.8	12.3	$r - 0.5$	21.9	21.2	15.3
1881	17/VII	8.0	10.8	$r - 2.8$	18.3	18.9	15.9
"	koniec sierpnia	10.0(±)	12.8(±)	$r - 2.8(±)$	16.5(±)	16.6(±)	19.1
1883	7/VIII	9.0(±)	11.3	$d - 2.3$	19.4	16.1	18.1
1884	25/VIII	8.4(±)	10.9	$d - 2.5$	14.2	15.5	18.3

¹⁾ Liczba tylko przybliżona z powodu, że ciepłota powietrza (21⁰C.) zanotowana przez obserwatora (p. Świerż) jest stanowczo za wysoką i pochodziła zapewne z odczytania termometru bez dostatecznego ocenienia. Kraków tego dnia miał średnią dzienną 17.8^o, Zakopane (8 . 2 . 8) 16.6, Poronin (7 . 2 . 9) 15.25. Prawda, że dzień był bardzo pogodny i panowała wybitna wyżka barometryczna.

Rok	Data	Cz. staw	Rybie	Różnica = ρ	T	T'	T''
1890	2/VIII	10.8	12.2	<i>dd</i> -1.4	23.8	17.2	16.5
"	8/VIII	12.9	12.5	" +0.4	22.1	20.0	16.4
1891	9/VIII	8.2	9.6	<i>ddd</i> -1.4	15.3	16.2	17.3
1892	23/VII	8.4	11.9	" -3.5	19.2	17.0	17.3
"	24/VII	8.3	11.7	" -3.4	18.2	16.9	17.4
"	25/VII	8.3	10.5	" -2.2	15.0	16.7	17.4
"	28/VII	8.6	11.5	" -2.9	17.6	16.4	17.5
"	29/VII	8.6 (\pm)	10.9	" -2.3	16.4	16.3	17.4
"	18/VIII	12.0	14.8	-2.8	23.5	18.4	17.3
"	5/IX	10.7	13.1	-2.4	15.5	19.5	18.1
"	12/IX	9.4	11.7	-2.3	16.1	17.0	18.4
"	21/IX	10.0	11.9	-1.9	15.2	16.0	18.7
1893	5/VIII	9.8	12.6	<i>ddd</i> -2.8	19.9	18.5	17.2
"	6/VIII	9.3	11.8	" -2.5	18.4	18.2	17.0
"	7/VIII	8.7	11.2	-2.5	16.9	18.2	17.0
"	8/VIII	8.4	10.6	-2.2	15.5	18.1	17.0

Średnia -2.1° C.

Średnia wartość -2.1° C. różnicy ρ , jaka wypada z tego zestawienia, może oczywiście służyć tylko do ogólnego zorientowania się w rzeczy. jeżeli zważymy, że osobne jej wartości dochodziły z jednej strony do -3.5°, innym zaś razem były bliskimi zera, a raz nawet doszły do wartości dodatniej (+0.4 w dniu 8. sierpnia 1890). Ze samego zestawienia już widać, że i tutaj — podobnie jak dla Stawu Wielkiego — (odjemna) różnica ρ się zmniejsza w czasie upałów, jak tego dowodzą liczby z dat 8. sierpnia 1873, 16. lipca 1880, 2. i 8. sierpnia 1890. Ile razy zresztą zachodziła większa nierównoczesność obserwacji przy Czarnym Stawie i przy Rybiem, tyle razy i użyta redukcja „na równoczesność“ jest nie dość bezpieczną, na co jednak już żadnej rady niema. Próba dopatrzania zależności liczby ρ od ciepłot T , T' , T'' , które są umieszczone zarazem w ostatniej tabeli, miała skutek tylko częściowy. Ugrupowawszy różnice ρ według ich wartości i utworzywszy, jak to już kilkakrotnie czyniliśmy, średnie z kilku tylko grup w celu kompensaty błędów, otrzymywałem przy kilku odmiennych grupowaniach zawsze za mało wyraźne ślady rzecznej zależności, ażeby mógł rokować powodzenie ilościowemu wyznaczeniu. Mogłem tylko stwierdzić, że największe wartości (odjemne) różnicy ρ zdarzają się wówczas, gdy po czasie słotnym następuje wypogodzenie, co wygląda tak, jak gdyby Rybie po takiej zmianie pogody ogrze-

wało się zwawiej, aniżeli Staw Czarny. Wzrost ten (odjemnej) różnicy trwa jednak tylko do pewnego kresu. gdyż za nastąpieniem dłuższej pogody. ciepłoty obu jezior na powierzchniach zdążają ponownie do jednakowej wartości.

Co się tyczy sondowań termometrycznych tego jeziora, to (prócz bardzo wątpliwej liczby 5·0°, znalezionej przez Dziewulskiego ¹⁾ w sierpniu 1881. na dnie w miejscu największej głębokości) posiadamy je dotąd z pięciu różnych lat. Z tych chronologicznie pierwsze (p. Świerza wykonane w dniu 25. sierpnia 1884) jakoteż drugie (jakie wykonałem 8. sierpnia 1890) podałem był już w części I-ej niniejszej pracy, dołączając tam zarazem niektóre uwagi tyczące się pionowej zmienności temperatur. a zwłaszcza głębokości znanego nam punktu przegięcia *P*. Wyniki sondowań termometrycznych z lat następnych 1891, 1892 i 1893 umieszczam poniżej, zachowując oryginalne liczby dane wprost obserwacyą; zauważę tylko, iż z roku 1892. istnieją (jak przy Rybiem) dwa niezależne od siebie szeregi sondowań, wykonanych przez p. Świerza i przeze mnie.

1891, 9. sierpnia, pomiar rozpoczęty o 11^h a. m. przy temperaturze powietrza 9·6°C. (termometr minimum Dr. Houdek).

<i>z</i>	<i>t</i>
0·0 m.	8·2° C.
2·1	7·95
4·0	7·85
6·7	7·65
12·4	6·3
16·2	5·5
21·0	4·9
32·4	4·15
36·3	4·20.

Termometr zapuszczony na dno stawu (w miejscu blisko 48 m. głębokiem) znalazł w szczelinę między kamieniami, skąd został wprawdzie wydobyty z kłopotem, ale rozbity, o czem już poprzednio wspominałem. Indeks stalowy wskazywał temperaturę 4·5° (sic!), której to liczbie nie mogę jednak ufać z powodu, że skutkiem wstrząśnień, jakich doznał termometr w całej tej przygodzie, musiał wskaźnik zapewne nieco opadnąć własnym ciężarem. Powyższe sondowanie przypadało na czas długotrwałej niepogody. To samo ujednostajnienie temperatury w pionowym słupie wody, które widzieliśmy już przy sier-

¹⁾ Pam. Tow. Tatr., T. VII. Kraków 1882. str. 85.

pnionych t. r. sondowaniach Rybiego, występuje również i tutaj: od 12 do 36 m. głębokości zniża się ciepłota tylko o 2° C., gdy w roku 1890 na tej samej przestrzeni mieliśmy zniżkę całych 3°. Charakterystyczną jest zwłaszcza krzywa termiczna w pobliżu punktu przejścia *P*. Głębokość jego wynosiła wówczas wprawdzie około 10 m., a więc dość wiele, ale krzywa przedstawiała w tem miejscu wygięcie bardzo słabe, a maximum (odjemne) zmiany chyżości $\frac{d\tau}{dz}$ nie dosięgnęło nawet wartości — 0.3°. Dłużej trwająca słota letnia wywołuje wpływ na jezioro prawie taki sam, co przejście lata w jesień: w obu razach krzywa termiczna wydyma się coraz mniej i zbliża się wreszcie do linii prostej. Widzieliśmy poprzednio (część I), że objawowi temu towarzyszy zarazem podnoszenie się punktu *P* ku powierzchni jeziora, lubo związek obopólny tych zmian nie dał się na podstawie dotychczasowych pomiarów ilościowo wyznaczyć. Z powyższego zdaje się jednak wynikać, iż na raptowne zniżki temperatury powietrza „czulszą“ jest ilość *V* aniżeli *K* (zob. część I rozdział VII), tj. że za zmianami takimi krzywa termiczna szybko usiłuje przetrworzyć się w linię prostą, podczas gdy sam punkt *P*, dość głęboko latem pograżony, znacznie opieszalej zaczyna się wynurzać.

Sondowania tego jeziora w dniach 23, 24 i 25. lipca 1892 dały mi liczby następujące:

<i>z</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
0.0 m.	8.4 ⁰	8.3 ⁰	8.3 ⁰
2.1	8.35	8.25	8.2
4.0	8.25	8.2	8.1
6.7	8.10	6.8	6.5
9.6	7.4	—	6.5 (sic!)
12.4	6.0	—	5.95
16.2	—	—	5.2
21.0	4.7	—	—
25.8	—	—	4.3
41.9	—	—	3.2.

Ostatnia liczba (3.2° C.) jest najmniejszą, jaką kiedykolwiek dla którego z głębokich jezior tatrzańskich znalaziono. Jedynie raz niższą od tej wartości temperaturę znalazłem (latem) na dnie płytkiego, ale wysoko położonego jeziora tatrzańskiego, o którym pod koniec.

Trzy przytoczone szeregi odnoszą się zresztą do trzech odmiennych stanowisk na Czarnym Stawie. Pierwszy odpowiadał przodowi

jeziora naprzeciw ścieżki prowadzącej w zakosy na przełęcz zwaną „Karb“ łączącą obydwie Kościelece, drugi odbywał się również z przodu jeziora, ale po stronie bliższej odpływowi, w odległości $30 (\pm)$ m. od moreny przedniej, gdzie jezioro jest już dość płytkim; trzeci (c) został wykonany poza „środkiem“ jeziora już w tylnej jego części, niedaleko miejsca największej jego głębokości, które nie leży w środku, ale znacznie bliżej Wielkiego Kościeleca (por. sondowanie Dziewulskiego). Zadnym razem nie doszedłem do dna i to rozmyślnie z obawy, aby termometr Alta, którego teraz używałem, nie uległ temu samemu losowi, co jego poprzednik.

Liczby z głębokości 6·7 m. (3-ci węzeł) zdają się wskazywać na pochylenie głębszych powierzchni (płaszczyzn) isotermicznych ku prawej stronie moreny i to nawet weale znaczne. Z danych powyższych możnaby wprowadzić dla jednej isotermy (6·8°) wyznaczyć łatwym zresztą rachunkiem tak nachylenie jej (*i*) jakoteż orientację (*k*), wahał się jednak przystępować do wyprowadzania wniosków w tej delikatnej materii jedynie na podstawie trzech liczb. Pomimo, że odczytywanie termometru minimum wykonywałem zawsze z największą uwagą i bacznością, nie mogę zaręczyć, czy też nie wkrađa się przy którymś odczytaniu omyłka, a nie taję przed sobą, że gdyby jedna z trzech wspomnianych ciepłot odnoszących się do głębokości 6·7 m. (np. liczba $8 \cdot 10^0$ przy pomiarze *a*, od pozostałych dwóch 6·8° 6·5° uderzająco większa) była nierzetelną, to rachunek doprowadziłby do wartości *i*, *k* zupełnie fałszywych. Niewątpliwe, jak mi nie mam, rezultaty, które w tej mierze pozyskałiśmy co do Rybiego, pozwalają jednak utrzymywać, że i tutaj przód jeziora będzie cieplejszy, że więc spadek płaszczyzn isotermicznych będzie wogóle ku morenie zwróconym. Wielka stromość dna nakazuje prócz tego oczekiwać znacznego krzywienia się głębszych powierzchni isotermicznych, zwłaszcza w poprzek jeziora, tj. w kierunku równoległym do moreny, z powodu, że dno jeziora wykazuje największe spadki właśnie na kierunku poprzecznie, od Żółtej Turni ku Wielkiemu Kościelcowi. Zauważę, że z tych powodów Staw Czarny do badania postaci powierzchni isotermicznych jest z pewnością polem wdzięczniejszem, aniżeli Rybie jezioro, którego dno posiada spadki znacznie łagodniejsze.

W kilka dni po moich sondowaniach wykonał tutaj (28. lipca 1892) p. Świerż krótki szereg sondowań, mierząc temperatury, jak zwykle na „środku stawu“, w czterech rozmaitych głębokościach.

Znaleziono:

z'	τ'
0 m.	8·8° C.
10	7·4
15	5·6
20	4·8
25	4·5,

gdzie głębokości z' nie są poprawione z powodu kurczenia się sznura, temperatury τ' nie poprawione z powodu błędu zera na podziałce termometru Negretti and Zambra (z wyjątkiem pierwszej liczby 8·8°, która zawsze zwykłym termometrem bywała oznaczaną). Należy załować, iż wówczas nie sondowano stawu do większych głębokości. Sierpniowe i wrześniowe sondowania p. Świerza na tem jeziorze dały mu (zob. niżej) dla $z = 47$ m. jeszcze tak wysoką temperaturę jak $\tau' = 4·2°$, gdy znacznie płycej dla $z = 41·9$ m. otrzymałem tylko 3·2°, a więc o cały stopień mniej. Prawda, że stanowiska nasze na jeziorze bardzo były odmienne (moje w tylnej części jeziora lecz bliżej Kościełca), nie śmiem jednak utrzymywać, czy ta jedna okoliczność jest dostateczną do objaśnienia tak znacznej różnicy. Nie mogę zaś uwierzyć, aby 24ro - dniowy przeciąg czasu (od 25. lipca do 18. sierpnia 1892) mógł ją wywołać. Wogóle najniższą obserwowaną przez p. Ś. w tym roku temperaturą w głębi tego jeziora była 4·2° C. (popraw. 4·15°); natomiast w roku 1884. blisko dna jeziora ($z = 46$ m.) znalazł termometrem Kapp. tylko 3·3°, więc liczbę do 3·2° bardzo zbliżoną. Niezgodności powyższej nie umiem sobie wytłómaczyć; muszę jednak wykluczyć podejrzenie błędności liczby 3·2° z powodu, że (jak czytamy w równoczesnych swych zapiskach) głęboki pomiar, który ją dostarczył, został wykonany wśród warunków bardzo sprzyjających (spokój na wodzie, sznur pionowy itd.) i właśnie z troskliwością większą aniżeli przy innych, płytszych sondowaniach. Kłopotliwe, a dla całości termometru zawsze niebezpieczne, spuszczenie go do bliskości dna stawu, przestrzegało przed ryzykownem powtarzaniem manipulacji; raz ją wykonywając czułem, że potrzeba wszystko uczynić, aby mózdz zupełnie zaufać liczbie otrzymanej. Bliższe okoliczności głębokich sondowań sierpniowych pana Świerza nie są mi znane; przypuszczenie, że poprawka termometru Negr. and Zambra była nieco odmienną w r. 1892., aniżeli w r. 1893. (równa — 0·05°; z bezpośredniego porównania jego termometru z moim R') nie zdoła wytłómaczyć różnicy 1°. Można sobie wprawdzie wyobrażać, iż termometr Alt Nr. 29. zapuszczony przeze mnie w tylnej części jeziora do głębokości 41·9 m., napotkał tam właśnie strugę bardzo zimnej wody, pochodzącą

od śniegów zalegających wąwóz Zawratu, a że w prawo i w lewo od koryta tego prądu woda była już znacznie cieplejsza i że bystrość takiej strugi, odpowiadająca znacznemu spadkowi dna jeziora, nie zezwalała na wyrównanie się temperatur, tj. na pomieszczenie się wody prądu z wodą jego łożyska. Ale to wszystko należy tylko uważać za domysł, który dopiero zapomocą przyszłych badań do tego celu skierowanych, dałby się uzasadnić. Istnieje dostateczna zgodność przy mniejszych głębokościach między liczbami p. Świerza i mojemi, a drobne różnice dają się zupełnie wytłómaczyć odmiennymi stanowiskami traw. W obu razach głębokość K punktu przegięcia P (biorąc $z = 0.95 z'$) znajduje się blizką 11-tu metrom, maximum (odjemne) V pionowej zmiany ciepłoty blizkie $-0.5^{\circ} C$.

Sierpniowe sondowania p. Świerza (d. 18/VIII 1892) dały następujące wyniki:

z'	t'
0 m.	12.6° C.
10	7.6
15	5.3
20	4.8
25	4.4
30	4.4
35	4.2
40	4.2
45	4.2
47	4.25 (w mule).

Odstęp między pierwszą głębokością (0 m.) a drugą, jakoteż między drugą a trzecią jest tutaj nieco za wielki, a z tej przyczyny nie daje się teraz oznaczyć bezpiecznie ilość K . Co do drugiej ilości, t. j. V , to z uwagi, że

$$\frac{7.6 - 12.6}{10 - 0} = -0.50^{\circ}, \quad \frac{5.3 - 7.6}{15 - 10} = -0.46^{\circ}$$

możemy utrzymywać stanowczo, iż wartość jej w dniu 18. sierpnia nie była mniejszą, jak 28. lipca 1892.

Zauważmy, że 21 - dniowy czas podwyższył temperaturę wody w głębokości $z' = 10$ m., zaledwo o 0.2° (z 7.4 na 7.6°), że w głębokości $z = 15$ m. nastąpiło wśród tego zniżenie się ciepłoty o 0.3° (z 5.6 na 5.3), które jeszcze nawet w głębokości $z' = 25$ m. się uwydatnia zniżką 0.1° (z 4.5 na 4.4). Wszystko oczywiście w przypuszczeniu (mało prawdopodobnem), że obydwaj sondowania termometryczne

p. Świerza odbywały się dokładnie na jednym i tem samym stanowisku jeziora.

Więcej informują sondowania wrześniowe tego samego obserwatora. Okoliczność, że tym razem sondowano jezioro w mniejszych odstępach sznura, pozwala obie ilości K i V oznaczyć z należyłą dokładnością, a nadto dopatrzyć wpływu, jaki na wody jeziora poczęły wywierać nastające już chłody jesienne. Obydwa szeregi przedstawiają się jak następuje

z'	5/IX	z'	12/IX
0 m.	11·2° C.	—	9·9° C.
5	10·2	—	—
8	10·0	—	—
10	9·8	—	9·6
11	—	—	9·5
12	9·7	—	9·3
13	9·2	—	8·0
14	—	—	6·7
15	—	—	6·2
16	5·8	—	—
17	—	—	5·7
18	5·2	—	—
22	4·8	—	—
33	4·3	—	—
47	4·2	—	—

Porównanie tych liczb z liczbami szeregów z dnia 23. lub 28. lipca t. r. okazuje nasamprzód, że cały okres upalny r. 1892 na ciepłość wód jeziora wywarł wpływ nie głębiej, jak do 21 m. Jakoż wprowadzając korekcyę termometru Negr. and Zambra = — 0·05°, a zarazem biorąc $z = 0·95 z'$, będziemy mieli

1892	28. lipca (pomiar a)	$z = 21·0$ m.	$\tau = 4·7^{\circ}$ C.
	28. „	19·0	4·75
	18. sierpnia	19·0	4·75
	5. września	20·9	4·75.

Poniżej tej głębokości nietylko że nie można już dostrzedz wzrostu temperatury, ale owszem miejscami występuje drobne obniżenie (jak np. dla $z' = 25$ m. w lipcu 4·5°, w drugiej połowie sierpnia 4·4°). W tydzień później (12. września 1892) występuje już bardzo wyraźnie oziębiający wpływ jesieni we wszystkich warstwach wodnych nie głębszych od 13·0 95 = 11·4 m. Jeszcze 5. września całkowity ubytek

ciepłoty od powierzchni do $z = 10$ m. wynosił $(11.2 - 9.8) = 1.4^{\circ}$, w tydzień później na tej samej przestrzeni mamy już tylko $(9.9 - 9.6) = 0.3^{\circ}$. Wspomniałem już poprzednio, że ten objaw jest wspólnym wszystkim jeziorom strefy umiarkowanej; m. i. został on także stwierdzony przez jesienne sondowania profesora Forel'a na licznych jeziorach szwajcarskich i sabaudzkich.

Te początki przeradzania się krzywej termicznej w późno-jesienną linię prostą — jak to widzieliśmy zresztą już przy Rybiem — dają się uczuć, pomimo tygodniowej tylko różnicy czasu, nawet już w samej głębokości punktu przegięcia P . Z czterech dat ($z' = 12, 13, 16$ i 18 m.) pierwszego szeregu, obliczam wzór interpolacyjny

$$\tau' = 9.7 - 0.1250 \xi - 0.4292 \xi^2 + 0.05417 \xi^3, \quad \xi = (z' - 12),$$

który na zmienną chyżość temperatury daje

$$v' = -0.1250 - 0.8584 \xi + 0.16251 \xi^2,$$

skąd, kładąc $\frac{dv'}{d\xi} = 0$, otrzymujemy na maximum funkcji v'

$$\xi = 2.64, \text{ więc } z' = (12 + 2.64) = 14.64 \text{ m.},$$

tak, że K wynosiło wówczas (odtrącając 5% na kurczenie się sznura, blisko 14 m. Podobny rachunek z drugiego szeregu liczb tygodniem późniejszego daje na K wartość wynoszącą już tylko 12.2 m.; ilość V posiadała natomiast w obu razach wartość prawie jednaką i równą -1.3° . Szkoda, że jeszcze jeden szereg tegoroczny — z dnia 21. września — składa się tylko z dwóch ¹⁾ liczb: temperatury na powierzchni (10.0°) i na dnie (4.2° , ta sama co w sierpniu); cztery sondowania w pobliżu 10 m. głębokości, gdyby je wówczas wykonano, byłyby niezawodnie wykazały jeszcze znaczniejsze zmniejszenie się głębokości K , ewent. także i chyżości — V .

Co do głębokości, w której w tem jeziorze znikają roczne zmiany ciepłoty, to z powodu braku zimowego tutaj sondowania, można na to pytanie w przybliżeniu tylko odpowiedzieć. Przypuściwszy uwarstwienie termiczne tego jeziora, zimą jednakie z uwarstwieniem Rybiego, doszlibyśmy do wniosku, że głębokość, o której mówimy, mu-

¹⁾ Jest tam jeszcze trzecia liczba $\tau' = 10.0^{\circ}$ dla $z' = 10$ m., ale ją uważam za bardzo wątpliwą. Woda była cieplejszą o 2° od powietrza, termometr (systemu Negretti and Zambra odwracany dopiero po wyjęciu z wody) mógł tutaj dawać bardzo łatwo temperaturę najwyższych warstw wody, które dwukrotnie przekraczał (wpuszczany i wyciągany).

siałaby być nieco większą w Stawie Czarnym niż w Rybiem, tj. większą od 30 metrów.

To przypuszczenie zyskuje na prawdopodobieństwie, jeżeli zwążywszy, że ostateczności rocznych temperatur powietrza są z wszelką pewnością przy Stawie Czarnym bardziej odległe od siebie, aniżeli przy Rybiem, niższem o 2½ hm. od tamtego i jeszcze wśród zasięgu leśnego leżącego. Wiadomo zaś, że właśnie wielkość amplitudy rocznej decyduje o głębokości, w której zmiany roczne znikają, czy to pod wodą, czy też pod powierzchnią gruntu suchego. Przypominam, że w krajach międzywrotnikowych Ameryki południowej, gdzie roczna amplituda ciepłoty powietrza nie dochodzi 5° C., znalazł Boussingault stałą jak rok długi temperaturę już w głębokości 0·6 m., gdy w środkowej Europie rzeczona głębokość wynosi już 24 m., a jeszcze więcej w kontynentalnym klimacie Azji środkowej, jak to wynika z poszukiwań Ermann'a.

Przy wysnuwaniu jakichś ilościowych na tym punkcie wniosków co do Stawu Czarnego, potrzebne jest zachowanie ostrożności, jeżeli będziemy pamiętali, że pionowy rozkład temperatur zimą będzie analogicznym jak w Rybiem, ale tem samem nie musi on jeszcze być identycznym w tych dwóch jeziorach. Niepewność, o ile głębiej popod 30 m. leży warstwa wody, na którą roczne zmiany ciepłoty powietrza nie mają już wpływu. daje się — jak na teraz — w małej tylko części uchylić zapomocą rozważania największego pogłębienia się punktu *P* w jednym, a względnie w drugim jeziorze. Zważmy, że równoczesne wartości tego pogłębienia się ($= K$) nie wypadają w obu równe, ale że w Stawie Czarnym znajdowaliśmy zawsze wartości większe. Około połowy września 1892, gdy tu i tam ilość *K* doszła do swego maximum, sama ich różnica przybrała wartość największą ze wszystkich dotąd znanych i równą blisko $(14 - 9) = 5$ m. Objaw ten nie wydaje mi się przypadkowy, a to tem więcej, że równoczesna postać obu krzywych termicznych poniżej ich punktów przegięcia nie wykazuje już żadnej wyraźnej różnicy tak, że dolne gałęzie obu krzywych, po należytem ich przemieszczeniu, mogłyby się nakryć w zupełności. Jest więc prawdopodobne, że wielkość dodatkowego pogłębienia, o którym mówiliśmy, nie o wiele przekroczy 5 m. tak, że głębokość Stawu Czarnego, w której znikają roczne zmiany ciepłoty, możemy w przybliżeniu przyjąć jako równą 35 — 40 m. Z uwagi, iż największa głębokość jeziora wynosi 45 m. (Dziewulski 47 m.), mniemam, że najgłębsze warstwy wody o grubości co najmniej 5-cio metrowej nie ulegają już wpływowi rocznych zmian temperatury powietrza. Że późno-jesienne, zimowe i wiosenne dopływy

jeziora nie mogą mieć żadnego wpływu na ciepłość najgłębszych warstw jeziora, uzasadniłem już w części I-szej; wody tych dopływów pogrążają się jesienią, wiosną i wczesnym latem tylko do miernych głębokości, a zimą płyną nawet tylko po samej powierzchni, nie naruszając ustroju termicznego warstw głębszych. Nie ma więc potrzeby powtarzania, iż tylko letnie lub wczesno jesienne dopływy mogą „odświeżać“ wodę w pobliżu dna jeziora, ewentualnie wywołać drobną zmianę ich temperatury.

Pozostają jeszcze do przytoczenia wyniki moich sondowań tego jeziora z r. 1893. Dnia 7. sierpnia tego roku otrzymałem (termometr R_3) następujące liczby

z	t
0·00 m.	8·85 C.
1·72	8·72
3·46	8·59
6·10	7·96
8·73	6·01
11·40	5·14
14·92	4·70
23·85	3·96.

Głębiej nie mogłem zapuszczać termometru z powodu ulewy, która mię zaskoczyła. Pomiary rozpocząłem o 2½ p. m. Temperatura powietrza była przez cały dzień niższa od temperatury wody; pierwsza z nich wynosiła tylko 5·8° C. o godzinie 1 popołudniu. Tak samo zimnym był dzień poprzedni (maxim. temper. 9·2° C. o 4^h p., minimum 6·8° o 8^h p.), jakoteż następny, t. j. 8. sierpnia (maxim. 8·5° o 2^h p., minimum 5·6° o 6^h a.); znaczna depresja termometryczna rozciągała się zresztą na wielkiej przestrzeni kraju już od 30. lipca, a dla Krakowa średnia jej wartość wynosiła — 1·8° C., średnio dla 12 dni od 30/VII — 10/VIII, dosięgając w poszczególnych dniach wartości — 3·6° i — 3·8° C.

Zniżka ta nie mogła pozostać bez wpływu na pionowy rozkład temperatur w jeziorach tatrzańskich. Widzieliśmy poprzednio, że dla Rybiego ilość K w samym końcu lipca 1893 r. zmaląła do niebывałej latem wartości 5·4 m., a takie samo cofnięcie się punktu P ku górze możemy skonstatować także i dla Stawu Czarnego. Z 3-ej, 4-ej, 5-ej i 6-ej danej ostatniego sondowania, daje się obliczyć wzór interpolacyjny

$$\tau = 8·59^\circ + 0·83 \zeta - 1·86 \zeta^2 + 0·40 \zeta^3,$$

gdzie dla skrócenia $\xi = \frac{z - 3.46}{2.63}$ położono. Stąd dla zmiennej pionowej chyżości temperatury otrzymujemy

$$v = \frac{dz}{dz} = \frac{1}{2.63} \cdot \frac{dz}{d\xi} = \frac{1}{2.63} (0.83 - 3.72 \xi + 1.20 \xi^2),$$

a warunek na jej maximum daje

$$- 3.72 + 2.40 \xi = 0,$$

skąd $\xi = 1.55$, zaczem szukana głębokość

$$K = 1.55 \cdot 2.63 + 3.46 = 7.6 \text{ m.},$$

jakoteż przynależne maximum (odjemne) samej chyżości $V = - 0.78^\circ \text{C}$.

Ponieważ i reszta sierpnia 1893., z wyjątkiem tygodnia leżącego około 5-tej jego pentady, była anormalnie chłodną, więc nie wydaje się prawdopodobnem, aby podczas reszty lata i początku jesieni t. r. mogła głębokość K znacznie wzrosnąć. Podczas mego tegorocznego pobytu przy tem jeziorze (od 5. do 8. sierpnia) nie było już wcale śniegu po źlebach Zóltej Turni, a tem mniej po zaułkach Kościelca; jedyny, a dość daleką drogę do jeziora mający dopływ śnieżny, był z wąwozu Zawratu. Ciepłota jego przed wejściem do jeziora była 3.2° ; niewiele więcej, bo 3.6° wynosiła ciepłota głównego dopływu od Stawku Zmarzłego. Obie były mierzone dnia 5. sierpnia około 6-tej wieczorem. Jeden i drugi mógł się więc dostać wówczas aż do dna jeziora (nie tracąc swej ciepłoty), skoro temperatura już w głębokości niecałych 24 m. wynosiła wówczas tylko 3.96° , a w pobliżu dna z pewnością niewięcej jak 3.5° . Była to więc właśnie pora „odświeżania“ wody w znacznych głębokościach jeziora. Już dnia 1. września 1893. spadły pierwsze i to dość obfite śniegi w Tatrach, pokrywając wzgórza tą powłoką znacznie niżej od górnego zasięgu leśnego. Staw Czarny leży blisko 120 m. wyżej od tej granicy botanicznej; źleby w jego otoczeniu i samo pobrzeże poczęły już wówczas dostarczać dopływów o ciepłocie niewiele wyższej od zera. Wody te, jako lekkie, mogły się pogrążyć już tylko bardzo płytko, a mieszając się w górnych warstwach jeziora z wodami dotąd cieplejszemi, poczęły je oziębiać i przygotowały w ten sposób już wówczas powrót do zimowego ustroju termicznego w masie jeziora.

O kilku małych i płytkich stawkach, leżących po drugiej stronie Kościelca u stóp Swinnicy mówiłem już pokrótce na początku

tego rozdziału, jakoteż w rozdziale poświęconym zimowej fizyognomii jezior tatrzańskich. Materiały do ustalenia stosunków temperatury na ich powierzchniach są prawie żadne, a z 2 lub 3 liczb sporadycznie znalezionych, nawet nie zawsze w tem samym miejscu przy brzegu, nie można żadnych wniosków wyciągać. Blizkość Stawu Czarnego, podleganie więc czynnikom meteorologicznym bardzo zbliżonym do występujących przy tamtem głębokiem jeziorze, pozwalają oczekiwać tutaj tego samego w ogólności przebiegu rocznych zmian ciepłoty na ich powierzchniach. Większe wzniesienie się ich nad p. m. (Zielony Staw 1675 m.; Długi Staw, o którym już była raz wzmianka 1790 m.) skracają dla nich oczywiście ten przeciąg czasu, w którym uwarstwienie termiczne jest letniem, w którym więc zimniejsze warstwy są nakryte ciepłszymi. Dla najgłębszego z nich Stawu Zielonego (145 m.) znalazł p. Swierz sondowaniem w dniach 20. i 28. września 1892

z'	t'
0 m.	11 0° C.
6	10 0
12	5 7
14 5 (dno)	5 4,

skąd głębokość K wypada równą jeszcze około 8 m. Nie należy zapominać, że te pomiary były wykonane po niebywałych upałach drugiej połowy sierpnia i znacznej jeszcze wyższe ciepłoty powietrza w ciągu niezwykle pogodnego września. Ta okoliczność z jednej strony potwierdza nasze zdanie — często wypowiedane w ciągu pracy niniejszej — że przedewszystkiem insolacja jest głównym czynnikiem jakości stosunków hydrotermicznych w Tatrach, z drugiej zaś wskazuje, iż skracanie się czasu, podczas którego jezioro posiada letnią budowę termiczną (skracanie się idące na karb wzrostu wzniesień u różnych jezior), nie jest równomiernem wiosną (względnie wczesnem latem) i jesienią. Widzimy tutaj, że w dniach już po równonocy jesiennej, budowa tego dość wysokiego jeziora nie tylko że była jeszcze letnią, ale nawet dość jeszcze oddaloną od uwarstwienia przejściowego (zob. rozdział III-ci części I-iej) i obojętnej równowagi całego jeziora. Najznaczniejsza więc część owego skracania się jest udziałem wiosny i lata; różnica fazy w ogrzewaniu się jezior na różnych wysokościach jest więc wywołaną głównie różnicą czasów ich odmarzania, znacznie zaś mniej różnicą w czasach zamarzania, która i tak — według dotychczasowych informacji — jest mniejszą od pierwszej. O Stawie Długim czyli Kuklatym mam do nadmienienia tylko tyle, że maleńka jego powierzchnia 15 ha.,

plytkość (latem niecałe 7 m.) i znaczne wzniesienie (1790 m.) mogą się bardzo łatwo złożyć na zamarzanie jego w ciągu zimy aż do dna, jak o tem przewodnicy góralscy jednoznacznie opowiadają (zob. rozdział IV-ty części I). Zresztą poziom wody we wszystkich jeziorkach Gąsienicowych Doliny Suchoj Wody zniża się późnem latem i jesienią dość znacznie, jak samo wysychanie potoku Sucha Woda o tem świadczy, co może tylko ułatwić zamrażnięcie aż do dna.

Ostatnie jeziorko, Staw Zmarzły pod Zawratem, zasługuje jeszcze na wzmiankę, oraz na przytoczenie kilku szczegółów, z których jeden jest nawet interesującym z powodu swej niezwykłości. Jest to ten sam stawek, który tworzy górny, lecz mały i bardzo zimny zbiornik dla wód Stawu Czarnego pod Kościelcem, a o którym zresztą na innym miejscu tej pracy kilkakrotnie wspominałem. W opis niezmiernie dzikiej dolinki tego jeziorka wdawać się nie będę, znany jest on bowiem dostatecznie nawet z „Przewodników Tatrzańskich“ Eljasza i Kolbenheyera. Wspomnę tylko o nadzwyczajnem zacieśnieniu dolinki i o wielkiej stromości obrzeża tego stawku popod zboczami Granatów, Koziego Wirchu i rozległem „morenowatem“ usypiskiem na tyłach Kościelca. Po tem właśnie usypisku wiedzie droga na Zawrat od Stawu Czarnego; na niem to oberwane od Kościelca głązy utworzyły wielką jaskinię („Kolebę“), dobrze znaną turystom, tuż obok bardzo obfitego, a niezmiernie zimnego źródła¹⁾, tworzącego

¹⁾ Według pomiarów Kolbenheyera wysokość Stawu Zmarzłego nad p. m. wynosi 1795 m., prawie tyleż (1793 m.) wypada z pomiaru Janoty, obliczonego przez prof. Karlińskiego; źródło leży na wysokości 1820 m. (Kolbenh. Jahrb. des ungar. Karp. Ver. VII, 122). Sam mierzyłem barometrem te wysokości, dotąd jeszcze ich jednak nie obliczyłem. Ta część starej moreny Zmarzłego jest zatem blisko (1820 — 1794) = 26 m. wysoka; sam staw jest dzisiaj już płytkim, (dosondowałem się niecałych 5 m.), ale istnieją najwyraźniejsze oznaki, że był on niegdyś znacznie większym, a — przy wielkiej stromości wybrzeża — zarazem znacznie głębszym. Stary Roj (przewodnik I klasy) i Wala (patryarcha przewodników) znajdujący miejscowość od kilkudziesięciu lat zapewniali mi, że „Zmarzły“ za ich lat młodych był znacznie większym i wyglądał odmiennie; ostatni w pogadance ze mną przepowiadał po swojemu, że „za 50 lat“ stawek będzie już zasypanym. Temperatura źródła (poniki jego są dotąd nieznaną) była dotychczas 8 razy mierzoną:

Rok	Data	Godzina	t (powietrz.)	τ (woda)	Obserwator	Uwaga
1867	14/IX	—	—	1·7° C.	Janota	Powyżej śnieg zlodowaciały.
1875	24/VIII	4 p. m.	9·4°	3·0	Kolb.	—
1876	15/VII	1½ p.	15·0	1·6	Świerz	—
1880	16/VI	3 p.	14·0	2·0	„	—
1881	27/VIII	9½ a.	18·0	2·3	„	—

główny i stateczny dopływ Zmarzłego. Inne jego dopływy pochodzą wprost już z blizkich płatów śnieżnych, w głębi jeszcze lata zwieszonych nad samą wodą przy brzegach; śniegi z wąwozu Zawratowego nie dostarczają jednak tutaj wód dopływowych, te bowiem napotkawszy zaporę w siodelku łączącym podstawy Kościelca i Koziego Wirchu, staczają się wprost do Czarnego Stawu.

Zejsście lodów na stawku następuje najwcześniej w drugiej połowie czerwca, zazwyczaj dopiero z początkiem lipca. Dnia 15. lipca 1876. jezioro, po większej części pokryte jeszcze śniegiem (Swierz), miało na powierzchni tylko $+1.6^{\circ}\text{C}$., znajdowało się więc podówczas jeszcze w zimowym ustroju termicznym. tj. na dzień posiadało ciepłotę bez wątpienia wyższą od $+1.6^{\circ}$ a niższą od 4°C . Natomiast d. 8. sierpnia 1890 r. po długotrwałej pogodzie lipca i początkowych dni sierpnia znalazłem temperaturę na jego powierzchni 8.4°C . (przy brzegu), więc wcale wysoką; stawek nietylko że był zupełnie rozmarzniętym, ale także i śniegu niewiele miał naokoło. Nawet bystry dopływ od niego przed samem wejściem do Czarnego Stawu posiadał jeszcze ciepłotę mało różną (7.8° o $2\frac{1}{2}$ p. n. 7.1°C . o $4\frac{1}{2}$ p. n. tego samego dnia); wody jeziora miały wówczas niezawodnie letnią budowę termiczną i to już nawet niezbyt „świeżą”. W dniu 22. lipca 1892 r. sondując termometrycznie to jezioro zapomocą przyrządu Fuggera (termometr minimum Alt Nr. 29) otrzymałem:

w głębokości z	temperatura τ
0 0 m.	3.05°C .
3 0 m.	2.95
3 8 m.	2.60,

tylż jeszcze w głębokości 4.2 m. (na dnie) albo raczej cośkolwiek (0.1° , co najwyżej zaś 0.2°) mniej, gdyż przynaglony zawieruchą śnieżną i deszczową wytrzymałem termometr na dnie tutaj tylko 4 minuty. Te trzy liczby, za których dokładność, przynajmniej aż po $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$., mogę poręczać, okazują, jak ostrożnym potrzeba być we wnioskach. dotyczących mechaniki jeziora górskiego, zwłaszcza wówczas, gdy temperatura na powierzchni jest blizką $+4^{\circ}\text{C}$. Ciepłota w dolnych warstwach była tutaj niższą, aniżeli na powierzchni, termiczny ustrój jeziora był więc „letnim”, a przecieź lżejsze wody (tj. bardziej

Rok	Data	Godzina	t (powietrz.)	τ (woda)	Obserwator	Uwaga
1890	8/VIII	$3\frac{1}{2}$ p.	12.0°C .	2.5°C .	B.	po deszczu i gradzie.
1891	8/VIII	$4\frac{1}{2}$ p.	4 0	3 6	B.	po dłuższej słońcu i wśród deszczu.
1893	5/VIII	$4\frac{1}{2}$ p.	11 0	2 1	B.	dzień b. pogodny.

od 4°C . ku zeru oddalone) znajdowały się niżej, a nieco cięższe wyżej. Ten „paradoks“ mogą sobie wytłómaczyć tylko w jedyny sposób. Przypomnę mianowicie, że mechanika każdego wogóle jeziora nie jest zjawiskiem hydrostatycznym ale hydrodynamicznem, że więc objaw, o którym mowa, byłby rzeczywiście niemożliwym w wodach stojących, że zaś może on bardzo dobrze występować wśród ciecicy znajdujących się w z w a w y m r u c h u. Wyobrażam sobie, że zimna aż po $2\cdot6^{\circ}$ (może aż po $2\cdot5^{\circ}$) woda dopływów śniegowych wpadając z wielką nagłością po bardzo stromem pobrzeżu stawku, przedziera w takich razach gęstsza od siebie, ale spokojną już wodę powierzchni jeziora. a ulegając dalszemu bystremu spadkowi jego basenu, wyślabia sobie pod działaniem siły ciężkości korytko aż do samego dna jeziora. Stąd wydźwiguje się ku powierzchni niegłębokiego zbiornika, ażeby ustąpić miejsca nowo przybywającej wodzie dopływowej o tej samej, co ona wprzód temperaturze, którą znowu ten sam los ma spotkać. Wyobrażam sobie niedopełnioną misę wody, po której wysokich i bardzo stromych brzegach — jak gdyby po płaszczyznach pochylonych prawie pionowych — staczają się do wody liczne kulki drewniane. Choć drzewo pływa po wodzie. gdy żadna siła zewnętrzna nie udzieli mu pionowego przyspieszenia, to przecież zatonie ono w niej czasowo, tracąc w środowisku opór stawiającem swą chyżość pionową, aż ją wreszcie całkiem postrada w pewnej pod powierzchnią głębokości. Odtąd dopiero hydrostatyczne prawo Archimedes'a daje się z wszelką ścisłością zastosować do owych kulek drewnianych, od tej dopiero głębokości, która w płytszym zbiorniku wody może być aż na dnie samem — rozpoczną kulki drewniane drugą część swej wędrówki, ku powierzchni w górę. Zastąpmy liczny szereg kulek drewnianych jeszcze liczniejszemi kroplami wody lżejszej gatunkowo, a — sądzę — analogia jednego i drugiego zjawiska będzie zupełną. W tym konkretnie obserwowanym przypadku, temperatura na powierzchni była o $0\cdot95^{\circ}\text{C}$. niższą od temperatury maximum gęstości wody: łatwo jednak wyrozumieć, że taki sam „paradoks hydrodynamiczny“ będzie się zdarzać także wówczas, gdy w miarę letniego ogrzewania się powierzchni jeziora, ciepłota na niej wzrośnie nawet do 4° . Z podniesieniem się górnej temperatury do 5° , 6°, zniknie oczywiście cała osobliwość tego zjawiska, a jezioro będzie wówczas miało zupełnie normalną letnią budowę termiczną.

Czernichów pod Krakowem, w grudniu 1893 r.

SPIS RZECZY.

Wstęp	Str. 3
-----------------	-----------

CZEŚĆ I-sza.

Jezioro Rybie.

Rozdział I-szy.	Stosunki temperatury Doliny Rybiego	9
"	II-gi. Dienne zmiany ciepłoty na powierzchni Rybiego	23
"	III-ci. Roczne zmiany ciepłoty na powierzchni Rybiego	49
"	IV-ty. Zimowa fizyognomia jezior tatrzańskich	79
"	V-ty. Stosunki ciepłoty w różnych głębokościach. Uwagi ogólne	93
"	VI-ty. Dienne i roczne zmiany ciepłoty w różnych głębokościach Jeziora Rybiego	128
"	VII-my. Powierzchnie isotermiczne. Inne szczegóły mechaniki termicznej Jeziora Rybiego	147

CZEŚĆ II-ga.

Inne jeziora tatrzańskie.

A.	Czarny Staw nad Rybiem (pod Rysami)	176
B.	Jeziora Doliny Pięciu Stawów Polskich	183
C	Jeziora Doliny Suchej Wody	206



81. 9 5/1

13/11/195

4738
54

20. -

3337