

O SPOSOBIE WYSTĘPYWANIA I JAKOŚCI
WODY W PODZIEMIU,
W ŹRÓDŁACH,
RZEKACH I JEZIORACH.

PRZEGLĄD GEOLOGICZNY
UWZGLĘDNIAJĄCY CELE PRAKTYCZNE

SKREŚLIŁ

PROFESOR D^l. JULIAN NIEDŹWIEDZKI

Z RYCINAMI W TEKŚCIE

551.48

WIEDEN
NAKŁADEM AUTORA

1915



MK 2-

WYDZIAŁ ~~ARCHITECTURY~~
Politechniki Czeskiej
Nr 2550 Inżynieria

Drukiem Adolfa Holzhausena we Wiedniu.

SŁOWO WSTĘPNE.

W broszurce tej zawartą jest oznaczona jej tytułem część moich wykładów z geologii ogólnej w lwowskiej Szkole Politechnicznej, naturalnie po przystosowaniu ich do dzisiejszego stanu wiedzy a przytem z małym dopełnieniem przez przytoczenie liczniejszych przykładów objaśniających ogólne określenia.

Spodziewam się, że publikacya ta nie będzie bez korzyści przynajmniej dla licznych byłych słuchaczy moich dotyczących wykładów dla ugruntowania wiedzy, którą im przedstawić zamierzałem. Ale może ona się przyda także innym kołom interesującym się sprawami wodnemi wobec tego, że nie ma w literaturze polskiej dziełka, któreby w podobny sposób obejmowało całość zakreślonej tu części geologii praktycznej, aczkolwiek tylko w ograniczeniu do rzeczy najważniejszych.

Dla zupełnego zrozumienia przedstawionej treści potrzebny jest wprawdzie pewien zasób wiedzy z petrografii opisowej, tektoniki geologicznej i chemii, ale nie większy, jak go podaje przynajmniej część szkół „średnich“.

Wiedeń w lipcu 1915.

J. Niedźwiedzki.

TREŚĆ.

	Strona
Występywanie wody w podziemiu	1
Opad atmosferyczny	1
Dostawanie się jego w podziemiu	2
Podziemne zbiorniki wody	7
Ich rodzaje	8
Stan wody w nich	9
Ich łączność z powierzchniowymi zbiornikami wody	15
Korzystanie z podziemnych zbiorników wody	17
Studnie	17
Studnie artezyjskie	18
Źródła	24
Ich powstawanie i rodzaje	24
Ich trwałość i wydajność	29
Jakość wód podziemia i źródeł	32
Temperatura wód podziemia	32
Temperatura źródeł	33
Cieplice	34
Ich czystość	36
Ich jakość chemiczna	37
Źródła mineralne	43
Powierzchniowe zbiorniki wody	49
Rzeki	49
Jeziora	54
Uwagi	55

obszary ziemi przypadają słupy rocznego opadu zwyż 10.000 *mm*. (W Cherapoonje na stoku pld. g. Himalaja obserwowano nawet 14.200 *mm*.) Na obszarze między Odrą a Dnieprem wysokość opadu trzyma się przeważnie między 500 a 600 *mm*, lecz mamy i tu znaczne wahania: maksimum w Andrychowiu z 1.110 *mm*, minimum w Chocimie z 290 *mm*.¹

W niektórych obszarach ziemi opad wodny staje się czasowo lodem, który w końcu topniejąc łączy się napowrót z tamtym, tak samo jak to się dzieje z częścią opadu śniegowego, także przekształconego miejscowo w lód.

Z całości opadu największa część wraca do powietrzni przez odparowanie wprost z powierzchni ziemi lub przez roślinność, część spływa powierzchniowo do rzek, jezior i morza a reszta dostaje się w podziemie. Jak wielką jest ta część ostatnia, zależy najprzód od całości stosunków meteorologicznych przy opadzie, mianowicie od jego obfitości i trwałości, stosunku ilościowego między deszczem a śniegiem, panującej temperatury i towarzyszącego ruchu powietrza względnie jego spokoju, zależy dalej od stosunków ukształtowania obszaru opadowego t. j. otrzymującego opad, przedewszystkiem jego pochyłości i nierówności, dalej od rodzaju przykrycia wegetacji lub jej braku, wreszcie od niektórych stosunków ustroju geologicznego podziemia, do którego opad się dostaje, mianowicie od tekstury skał, z których jest zbudowany, ich sposobu popękania i ułożenia (tektoniki geologicznej).

Można przyjąć, iż średnio około 25% opadu dostaje się w podziemiu przy miejscowych wahaniami między 5% a 80%.

Sposobów dostawania się wody opadowej do podziemia można rozróżniać trzy następujące, zresztą łączące się ze sobą przejściami. Najprzód dostaje się woda do wnętrza skał przez wsiąkanie głównie pod wpływem siły przyczepności (adhezji) zachodzącej wszędzie między ciałem stałym a przylegającej do niego wody, która najdobitniej objawia się w zjawiskach kapilarnych, drogą nader cieniutkich dla oka niedostrzegalnych przestrzeniek, które znajdują się prawie we wszystkich skałach i to nie tylko przy granicznych przedziałkach zetknięcia się poszczególnych składników ale także w ich wnętrzu, gdzie powstały głównie wskutek wtórnych spękań przedewszystkiem przy łupliwości.

Ta wsiąknięta woda występuje przy wydobyciu skał z podziemia jako ich wilgoć, w ilości bardzo różnej według ich gatunków i od-

Występywanie wody w podziemiu.

Opad atmosferyczny i jego dostawanie się do podziemia.

Pominąwszy morza, woda na powierzchni ziemi występuje najprzód w przylegającym do niej i przenikającym ją powietrzu w postaci mgły wodnej, to jest w nagromadzeniu kuleczek wody, przezwaznie o średnicy 0·006 *mm* do 0·02 *mm*, unoszących się w powietrzu, a powstałych ze skroplenia się (kondenzacyi) pary wodnej. Głównie jednak zbiera się woda czasowo na ziemi ze spadłego z powietrznia deszczu i śniegu, zlewającego się miejscowo w lód, tudzież z mgły osiadłej i skupionej pośród wysterczających skał osobliwie z przeciągających po wyżynach chmur, a te masy wody i śniegu na powierzchni ziemi się zbierające tworzą tak zwany opad atmosferyczny.

Zawarta w powietrzu para wodna dostaje się z nim do podziemia we wszelkiego rodzaju większe i mniejsze przestrzenki i skrapla się tam przy odpowiednim stanie temperatury i ciśnienia. Osobliwie w nagich rozszarpanych skałach górskich skrapla się ona w znaczniejszej ilości z nasyconych nią przepływających prądów powietrza. Ale zdaje się, że pochodzący stąd przybytek wody dla ziemi jest w porównaniu z opadem atmosferycznym ilościowo wogóle bez znaczenia, a to głównie z tego powodu, że przy kondenzacyi pary wodnej wytwarza się ciepłota, która wstrzymuje dalszą kondenzacyę.

Trwale występują dalej wielkie masy wody na powierzchni ziemi w powierzchniowych zbiornikach wody, potokach, rzekach i jeziorach.

Ilość opadu atmosferycznego na całej powierzchni lądów wynosi w przeciągu jednego roku około 112.000 *km*³, tak, że przeciętnie wypadalby na każde miejsce słup wody około 750 *mm* wysoki, jaki według pomiarów rzeczywiście przypada na wiele okolic środkowej Europy zachodniej. Lecz przecież, jak wiadomo, ilość opadu jest najprzód czasowo zmienna według pory roku, w różnych latach po sobie następujących a może także w większych peryodycznych okresach czasowych; dalej rozdziela się on na poszczególne obszary ziemi bardzo nierównomiernie. I tak gdy w części obszarów pustynnych prawie zupełnie nie ma opadu, przeciwnie na niektóre (szczupłych rozmiarów)

mian, głównie zależnie od ich tekstury. I tak co do skał spójnych pełnych: u zbitych, jak na przykład u wapieni zbitych, wynosi ona zwyczajnie objętościowo tylko 1^o/_o do 2^o/_o, u wapieni ziarnistych i ziarnistych skał krzemianowych dochodzi do 5^o/_o. U słabo spójnych: kredy, margli, piaskowców wapieniowych itp. nieraz dochodzi lub nawet przechodzi 20^o/_o. U niespójnych pyłkowych, przedewszystkiem iłów i margli, mianowicie ich odmian piaszczystych, często wynosi znacznie więcej, a gdy skały te mogą zwiększać swą objętość, natenczas niema granicy ilościowej dla wsiąkania wody i np. ił z silnie wilgotnego przechodzi na ił wodnisty, zawierający więcej wody niż iłu. Mianowicie iły piaszczyste wskutek takiego wsiąkania jakoteż zatrzymywania wody opadowej stają się mniej lub więcej ruchliwymi ku dołowi, stają się „usuwiskami iłowymi“.

Wogóle rozchodzi się woda wsiąknięta w skałach powoli, i to wszechstronnie, także w górę; jest w nich przytem z pewną siłą zatrzymywana i ustępuje tylko powoli przez odparowanie na wolnej powierzchni w powietrze. Nawet pod silniejszym ciśnieniem hydrostatycznym może się więc przedostać przez te skały tylko znikoma ilość wody, która tylko dla wyżywienia roślinności może mieć znaczenie.

Skały, które przyjmują do swego wnętrza wodę tylko określonym powyżej sposobem wsiąkania, oznaczane bywają jako (dla wody) nieprzepuszczalnymi. Wystąpienie w podziemiu już nawet tylko cienkiej, ale nieprzerwanej warstwy takiej skały przeszkadza przedostaniu się wody płynącej w dalszą głębokość.

Dalej dostaje się woda do wnętrza skał w drobnych, rozgałęziających się cząstkach przez wciekanie i przechodzi przez nie, przecieka, mniej lub więcej obficie, gdy skały posiadają w swej masie liczne, ponad 0.1 mm szerokie, ze sobą łączące się przestrzeńki, któremi cienkie pasemka wody mogą się pod wpływem ciężkości wolno poruszać. Przestrzeńki zaś takie posiadają w swej masie nie tylko skały o teksturze porowatej i dziurkowatej, przedewszystkiem z klasy okrucowych, jak piaski — z wyjątkiem bardzo miałkich — żwiru, rumowiska, wiele odmian piaskowców, zlepieńców, okrucowców, a dalej martwice, lawy dziurkowane i tufy i dużo odmian wapieni skorupkowych, ale także często skały pierwotnie pełne, pośród których małe próżnie powstały wtórnie osobliwie blisko powierzchni wskutek wielokrotnych drobnych spękań. Takie mianowicie skały, napełniające się w znacznej mierze wodą i dozwalające

przeciekanie jej, nazywają się przepuszczalnemi, a obfite krople lub cienkie pasma wody, które przez nie przechodzą, zbierają się u ich spodu w znaczne jej masy.

Przeciekanie to odbywa się naturalnie u różnych skał pod względem prędkości i ilości przedostającej się wody bardzo niejednakowo. Bardzo prędkim i obfitem jest ono zawsze zwłaszcza u żwirów i grubych piasków. Ale nawet u cieńszych piasków — przynajmniej do 0·1 mm średnicy ziarn — przy wielkiem nasycaniu się wodą, aż powyżej 30%, i zatrzymywaniu jej okazuje się przecież także znaczne przeciekanie. Pouczającym jest pod tym względem doświadczenie, iż ze słupa cienkiego piasku, zawartego w rurce szklanej przy zupełnem nasyceniu go wodą ta ze spodu nie wypływa, ale gdy na górną powierzchnię dalsza jej ilość dodaną zostanie, natenczas ze spodu kroplami wydostawać się zaczyna.

Siła kapilarna objawia się w piaskach jeszcze przy paromilimetrowej średnicy ziarnu. Według A. Atterberga przy średnicy 1—2 mm następuje kapilarne podniesienie wody ponad poziom hydrostatyczny o 6 cm (przy średnicy 0·02—0·01 mm aż do 245 cm).

W pokładach piasków zawartych w podziemiu może wskutek ciśnienia z góry nagromadzić się taka ilość wody, która może przepęćnić obecną w pokładzie porowatość, a gdy tego rodzaju piaski nadmiernie „wodne“ zostaną przy wkopach (studniach, sztolniach, wierceniach) nadecięte, natenczas wypychana skutkiem ciśnienia masa piasku i wody, przybierając na objętości, wydostaje się do powstałego otworu jako t. zw. piaski płynące,² których wdzieranie się często niełatwo przychodzi pokonać.

Piaskowce według zachodzących u nich wielkich różnic tekstury (grubości ziarn, obfitości lepiszcza) mogą zawierać i przepuszczać bardzo różne ilości wody.

Także löss dozwala wodzie przeciekanie wskutek swej osobliwej tekstury, chociaż w ilości dosyć skąpej, w przybliżeniu jak piasek miałki.

Trzecim wreszcie sposobem dostaje się woda w podziemiu przez proste wplywanie. Mianowicie woda zapada w podziemiu i płynie w niem cieńszymi lub grubszymi strugami w szczelinach rozdzielających poszczególne masy skał i w znaczniejszych tektonicznych próżniach przedziałowych, istniejących w skutek nieszczelnego dotykania jednych mas skalnych do drugich, także między poszczególnymi warstwami jednego układu, szczególnie zaś przy niezgodnych zetknięciach dwu

różnych układów warstwowych lub zetknięciach uskokowych części jednego i tego samego układu, wreszcie przy zetknięciu warstw z żyłami.

Często drugi i trzeci z przedstawionych powyżej sposobów dostawania się wody do podziemia związane są na jednym miejscu w jednej i tej samej większej partii skał, albo też jedna i ta sama partya wody miejscami przecieka miejscami zaś przepływa więcej swobodnie przeróżne partye skał.

Wiele rodzajów skał spójnych, pomimo, że są nieprzepuszczalne w wystąpieniu caliznowem, dozwala przejście dla wody czasem nawet bardzo łatwe w razie wystąpienia w nich spękań i szczelin. Tak mianowicie bardzo grube nawet układy wapienia zbitego, tworzące wyżyny „krasowe“ dozwolają wodzie opadowej bardzo prędko uchodzić z powierzchni przez szczeliny znacznych rozmiarów pionowe lub stromo pochyłe, które w nich występują. Natomiast przedewszystkiem iły i gliny plastyczne, jak również zbliżone do nich margle iłowe, występują zazwyczaj w masach zwartych, bezszczelinowych, i ich to warstwy wstrzymują najczęściej zupełnie na swej powierzchni wodę, stanowią dla niej podkład nieprzepuszczalny.

Zależnie więc od przedstawionych powyżej warunków dostawania się wody do podziemia natrafia się w niem przy wkopach i wierceniach w różnych miejscach albo — mniejszą lub większą — obfitość wody płynnej albo brak jej zupełny. Dla objaśnienia tych stosunków następuje poniżej przykładowo kilka dotyczących doświadczeń.

Wiercenie we Lwowie wykonane w roku 1894 na placu wystawy w ciągu 450 m pogłębionych w marglu wapienistym („opoce“) nie natrafiło zupełnie na wodę. Dla projektu podmorskiego tunelu popod cieśninę dowerską (Pas de Calais) wykonano w Santage koło Calais 100 m długą próbną sztolnię w marglu (wieku kredowego), która pozostawała suchą, pomimo, że odstęp jej stropu od dna morza do 57 m głębokiego wynosił miejscami tylko 40 m. W Kornwalii koło Botalack chodniki kopalni sięgają na długość kilku km pod morze, miejscami — tylko kilka metrów pod niem położone. Ze stropu jednej jaskini w Alpach szwajcarskich z pośród zupełnie caliznowego granitu (bez widzialnych szczelin lub spękań) spadają ciągle pojedyncze krople wody. Przy budowie tunelu przez górę Mt. Cenis (przeszło 13 km długiego) nie otrzymano dostatecznej ilości wody dla potrzeb budowy, gdyż cały przyływ wynosił tylko 60 l na minutę. Przy wykonywaniu tunelu Gottharda (przeszło 14 km długiego) otrzymano od strony

północnej, pomimo przebijania różnych cienkich układów warstwowych niezgodnie do siebie przytykających, tylko w przestrzeni 1450—1500 m nieco wody (24—28 l na minutę), ale za to od strony południowej miano na przestrzeni 3168—7093 m 2.220 l wody na minutę. W tunelu przebitym niedawno przez górę Simplon natrafiono od południowej strony bardzo wielkie wypływy wody, które wynosiły w dwu miejscach przez jakiś czas 60 m³ na minutę. Osobliwie z przyczyny, że temperatura tych wód wynosiła odpowiednio do głębokości tamtejszego podziemia do 47°, utrudniały one w wysokim stopniu postęp roboty. W kopalni węgla w Duchcovie (Dux, Czechy NW) niespodzianie natrafiono w roku 1879 na przypływ, który w dwóch pierwszych dobach wynosił około 800 m³ na minutę a i długo później jeszcze 12 m³ na minutę. Szyb w Kątach koło Chrzanowa miał od szeregu lat w spodzie przypływ wody około 30 m³, a wzrastał czasowo do 35 m³ na minutę. Z jednej z kopalń (k. Lehigh) w Pensylwanii musiano przez długi przeciąg czasu pompować maszynami 90 m³ wody na minutę.

Spostrzeżenia poczynione w kopalniach stwierdziły, iż podziemne przypływy wody zwiększają się po znacznych opadach lub po tajaniu śniegu na powierzchni, a te miejscowe zwiększania się ilości wody okazują się w jednej i tej samej kopalni czem głębiej tem później. Jest to jeden z najwyraźniejszych dowodów, że te wody podziemne pochodzą rzeczywiście z opadów atmosferycznych.

Posuwaniu się wody w coraz to dalszą głębokość, głównie pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego, w krajach o średniej temperaturze rocznej powyżej 0° wszędzie ostatecznie staje na przeszkodzie gorąco wnętrza ziemi.³

Ale najczęściej woda poruszająca się w kierunku pionowym, napotyka już bliżej powierzchni na inne przeszkody dla swego dalszego posuwania się w głąb, mianowicie ustaje umożliwiającą je przepuszczalność skał. W najprostszym razie następuje to wówczas, gdy pod skałą przepuszczającą zalega jako jej podkład skała nieprzepuszczalna. Lecz tenże sam skutek nastąpi także bez zmiany gatunku skał, przez który woda się porusza, przez — zwykle powolne — ustanie w kierunku ich rozciągłości pionowej ich dziurkowatości jakoteż przez ustanie względnie wykończenie się ich szczelin, spękań.

W krajach zaś o temperaturze średniej rocznej poniżej 0° przeciekająca w porze letniej woda w niewielkiej już głębokości dostaje się do pasu stałego zamarznięcia.

Podziemne zbiorniki wody.

Woda zapuszczająca się w skały podziemia nagromadza się z czasem pośród nich w znaczniejsze zbiorowiska, powstaną więc pośród skał podziemne zbiorniki wody, które, jakoby naczyniem, objęte są masą skały nieprzepuszczalnej. W zbiornikach tych woda albo sama dla siebie wypełnia owo naczynie mieszcząc się, podobnie jak na powierzchni, w pierwotnej próżni, mamy więc wtedy zbiornik wody zupełnie wolnej, albo, co częściej, woda wypełnia jakąś skałę przepuszczalną ograniczoną od spodu ewentualnie i bocznie skałą nieprzepuszczalną, np. pokład żwiru, znajdujący się na podłożu iłowym, a wtedy mamy zbiornik wody zawartej w skale wodonośnej, „wodonoścu“.

Każdy taki zbiornik musiał naturalnie przynajmniej pierwotnie posiadać, najczęściej i obecnie posiada, obszar powierzchni zasilający go swym opadem atmosferycznym i przestrzeń przyływową, którą woda z powierzchni do zbiornika podąża. Gdy pierwotne połączenie z powierzchnią zostało przez jakieś działanie geologiczne przerwane, zbiornik staje się „zamkniętym“. Przytem pamiętać należy, że podziemne zbiorniki wody powstawać mogą nie tylko bezpośrednio z opadu lecz także pośrednio albo z wody zbiorników powierzchniowych albo z wody jakiegoś innego zbiornika podziemnego. Zresztą przyjmują dosyć ogólnie, że do wierzchniej części skorupy ziemi wydostaje się miejscami także woda powstająca w gorącym wnętrzu ziemi, zatem woda dla powierzchni ziemi noworodna, nazwana juwenilną,⁵ w przeciwstawieniu do uważanej poprzednio — w każdym razie bardzo przeważającej — wody naziemnej czyli „wadoznej“⁵ przedostającej się z powierzchni a pochodzącej z opadu.

Zbiorniki wody w podziemiu posiadają bardzo różne rozmiary i kształty, zależnie od budowy geologicznej dotyczącej części podziemia, mianowicie zaś od tektonicznych stosunków skały wodę zawierającej i skały obejmującej, które to stosunki właśnie, przy obecności w tej okolicy opadu atmosferycznego, powstanie zbiornika warunkowały.

Co do ukształtowania można wyróżniać następujące odmiany zbiorników:

- a) płątowe lub talerzowate, o dnie poziomem lub słabo pochylonym, mniej więcej prostym, prawie bez boków;
- b) miskowate, podobne do powyższych, ale posiadające także boki mniej lub więcej wszechstronnie obejmujące;

c) korytowe t. j. wydłużone w dwu przeciwległych kierunkach, np. ujęte w żłobach tektonicznych;

d) wielkoszczelinowe, t. j. wody zawarte w jednej lub paru — kilka z sobą złączonych, często znacznie ponad decymetr szerokich próżniach formy szczelin, rur lub płaskich ale miejscami nieregularnie wypukłych kanałów;

e) cienkoszczelinowe (szczelinkowate), gdy woda wypełnia wielką ilość drobnych próżni szczelinowych, które tworzą pośród skał łączną sieć, rozmaicie rozgałęzioną.

Pomiędzy wymienionymi głównymi odmianami kształtowymi zbiorników obok typowych, często zdarzają się takie, które okazują cechy pośrednie, a niektóre z nich wyróżniać można nawet osobnymi nazwami, np. workowate: pośrednie pomiędzy miskowatemi, korytowemi i szczelinowemi. Cienkoszczelinowe zbiorniki mogą w całości mieć ograniczenie miskowate lub korytowe.

Woda podziemnych zbiorników albo w całości się porusza w kierunkach różnie pochyłych albo pozostaje w jakiejś części lub — wyjątkowo — nawet w całej swej masie w spokoju. Zależy to od tego, czy, w jakim stopniu i w jaki sposób zbiornik jest otwarty ku dołowi lub bocznie.

W ogólności wody podziemia przedstawiają wiele podobieństwa do powierzchniowych zbiorników lądowych: strumyków, potoków, rzek, jezior. Podobnie jak te i zbiorniki podziemne łączą się czasem ze sobą lub jedna i ta sama masa wody w swym pochodzie podziemnym zmienia swe ukształtowanie. Tak np. nawet z wielkoszczelinowych zbiorników powstają w dalszej ich rozciągłości nieraz płasko talerzowate, pomimo wielkiego zresztą pomiędzy nimi kontrastu.

Dalej przeważnie według położenia w podziemiu należy rozróżniać następujące rodzaje zbiorników podziemnych, chociaż one, jakto tak często zachodzi przy wyróżnieniach tworzonych pomiędzy przedmiotami i zjawiskami w przyrodzie, przejściami łączą się ze sobą.

a) Wody zaskórne.⁶ Występują w bardzo płytkim — co najwyżej parę metrów głębokim — podziemiu nie oddzielającym się od powierzchni, pośród sypkich mas skalnych, najeczęściej rumowiskowych, tworzących powierzchniowe przykrycia blisko do powierzchni podchodzących skał nieprzepuszczalnych. Napotyka się więc te ilościowo wogóle mało znaczne wody już przy płytkich wkopach dla budynków zwykłych, często jako przeszkodę dla budowy lub nawet jako trwałą szkodliwość dla budowl, albo jako szkodliwość dla rolnictwa; wtedy przez drenowanie zostają odprowadzane.

Kształtowo wody te należą prawie wyłącznie do wymienionych powyżej odmian *a)* i *e)*.

b) Wody gruntowe.⁷ Występują w głębokości paru do kilkunastu metrów pośród znaczniejszych mas skalnych silnie wodę przepuszczających, które spoczywają na pierwszym od góry grubszym pokładzie nieprzepuszczalnym a od powierzchni są albo wcale nieoddzielone albo tylko przerywanem w swej rozciągłości, cienkiem lub wogóle nieznacznem przykryciem. Najzwyczajniejszymi zawieraczami tych wód są czwartorzędne pokłady piasków i żwirów, zalegające doliny (obecnych lub dawnych) rzek albo rozścielone u podnóża gór, lecz także pokłady dziurkowatych odmian zlepieńca, okrucowca, tufu i law wulkanicznych, tudzież lössu, rzadziej licznymi szczelinkami poprzegradzane pokłady skał pierwotnie pełnych, np. piaskowców, kredy, różnych łupków.

Kształtowo należą te zbiorniki prawie wyłącznie do odmian *a)*, *b)* i *c)*. Ilościowo przewyższają one bardzo wszelkie inne rodzaje podziemnych zbiorników wody, gdyż zwłaszcza co do szerokości dochodzą do wprost olbrzymich, dziesiątki a nawet setki kilometrów dochodzących rozmiarów a także co do głębokości mierzą nieraz parę dziesiątek, wyjątkowo nawet do 100 metrów. Najczęściej okazują one wiele podobieństwa do szerokich rzek lub płytkich jezior.

Ich (podziemna) powierzchnia „zwierciadło“, jest rzadko poziome, częściej, chociaż przeważnie tylko słabo, pochylone a przytem nieco faliste i to w całości głównie zależnie od pochyłu podłoża, a zgodnie z naziemem tylko wtedy, gdy ten odpowiada tamtemu.

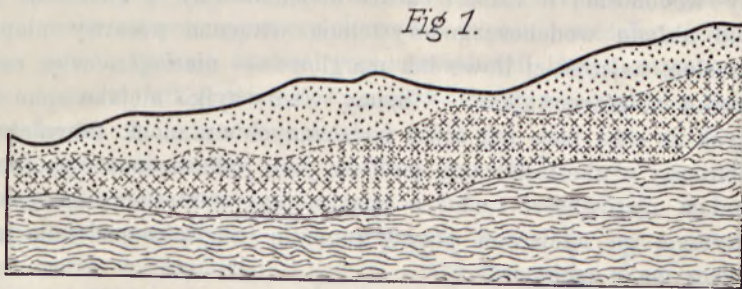


Fig. 1 — jak wszelkie następujące przekrojowo — przedstawia według, B. Salbacha, w skali 1 : 48.000, położenie wody gruntowej w części podziemia miasta Monachium. Jak we wszelkich następnycy rycinach, oznacza w niej kropkowanie skałę przepuszczalną, faliste

kreskowanie skałę nieprzepuszczalną a skośne krzyżyki wskazują wodonośność.

Wyjątkowo, mianowicie w wydmach piaszczystych (diunach) zwierciadło wody gruntowej, pomimo poziomości podłoża, z naziemem aczkolwiek nierównomiernie z nim, się podnosi (w sposobie jako



wskazuje schematycznie* fig. 1 a. Widocznie jest to skutek włoskowatego zatrzymania wody opadowej w masie miękkiego piasku.

Wody gruntowe bardzo rzadko w całości, częściej

w jakiejś tylko części swej masy (nad wklęsłościach podłoża) znajdują się w spokoju. Zwykle są albo w całości albo przynajmniej częściowo w ruchu, płyną bądźto w kierunku pochyłości podłoża bądźto do orograficznego wcięcia naziomu a więc często ku liniom dolinnym, korytom rzek. Ruch ten jest zwyczajnie, z powodu wielkiego tarcia jakie woda ma pośród skały wodonośnej do przewyciężenia i z powodu zwykle małego spadku podłoża, bardzo powolny. Wynosi nieraz tylko niecały metr na dobę, najczęściej jednak, mianowicie pośród piasków, około 4 m, w żwirach nierzadko znacznie więcej, nawet do 40 metrów, a wyjątkowo, na stopniowych załomach podłoża, w podziemnych niejako wodospadach, wynosi nawet wyż 100 metrów na dobę.

Osobliwie pośród układu różnie grubych piasków i żwirów ruch ten jest głównie w skutek miejscowych różnic tarcia przy zmienności skały wodonośnej w całości bardzo niejednostajny, a zwłaszcza gdy pośród układu wodonośnego występują wtrącone warstwy nieprzepuszczalne, najczęściej ilowe lub marglowe — nieciągłe, więc całość zbiornika nieprzerywające — mamy wtedy tylko niejako splot złączonych ze sobą paru lub kilku podziemnych strumieni. Również nierówności w ukształtowaniu podłoża, jego jednostronne wypuklenia, powodują nierówności ruchu a znaczniejsze wzniesienia poprzeczne wstrzymują go miejscami prawie zupełnie (wszystko podobnie jako się rzecz ma u rzek).

Wreszcie nierzadko spływanie jednej i tej samej masy wody gruntowej rozdziela się na dwa, wyjątkowo nawet na parę kierunków, przy stałych lub zmieniających się granicznych liniach rozdziału.⁸

* Także następne ryciny, o ile nie oznaczono inaczej, są schematycznymi.

c) Wody wgłębne⁹ warstwowe (warstwowo-wgłębne). Zawarte są w jednej lub paru warstwach skał przepuszczalnych, położonych w znaczniejszej głębokości między warstwami nieprzepuszczalnymi. W przeciwieństwie więc do wód gruntowych, z którymi zresztą posiadają wiele podobieństwa, które prawie w całości przytykają swem zwierciadłem do powietrzni, chociaż podziemnej, dźwigają zatem tylko jedną atmosferę, wody warstwowo-wgłębne w nieporównanie przeważającej swej masie znajdują się pod ciśnieniem znacznie większym, są naciskane hydrostatycznie przez ciężar górnej części swej masy własnej.

Położenie jest czasem poziome, najczęściej w różnym stopniu pochylone. Rozmiary znacznie skromniejsze niż u wód gruntowych. Większe podobne są do powierzchniowych strumieni, małe nazywane są pasmami wody. Jeżeli jest w nich ruch, to prawie zawsze tylko bardzo powolny.

Znane są miejsca, gdzie woda gruntowa w jakiejś części swej rozciągłości wskutek zachodzącego od boku przykrycia grubym, ciągłym pokładem nieprzepuszczalnym, sposobem wskazanym w figurze 2, staje się wodą warstwowo-wgłębłą.

Wody wgłębne warstwowe stosunkowo płyciej położone albo oddzielone od powierzchni grubszą masą skały słabo wodę przepuszczającej stanowią odmianę przejściową do wód gruntowych.



Fig. 2.

d) Wody wgłębne szczelinowe (szczelinowo-wgłębne). Są to wody wypełniające częściowo lub zupełnie szczeliny i im podobne próżnie pośród skał nieprzepuszczalnych, które rozpoczynają się — czasem lejkowato — w pobliżu naziomu a zachodzą bardzo

nieregularnie w krzywiznach i załomach, w biegu przynajmniej częściowo stromym, a nawet pionowym, nieraz do wielkich głębokości. Miejscami rozszerzają się te ich szczeliny kotłowato albo prze-

ciwnie biegną dosyć prosto, między-warstwowo; czasem też rozgałęziają się lub łączą z sąsiednimi (fig. 3).



Fig. 3.

Przynajmniej dla mniejszych wód szczelinowo-wgłębnych odpowiednia jest także nazwa: żyły wodne. Zdarzają się u nich zastoje, osobliwie miejscowo; zresztą ruch, czasem bardzo silny, dochodzący kilku kilometrów na dobę.

Bardzo ważne modyfikacje co do ruchu wody, ale i pod innymi doniosłymi względami, spowodowują napotykanie miejscami w biegu szczelin prowadzących wodę, także w ich początku przy powierzchni, złożu piasku, które wypełniają nieraz całą grubość szczeliny, i przerywają wolny przepływ wody, gdyż ta przez te przegrody tylko przesączać się może.

Oba rodzaje wgłębnych zbiorników wody występują w bardzo różnych wysokościach nad poziomem morza i pod niem.

Czy i jakie podziemne zbiorniki wody w jakiejś okolicy się znajdują, zależy to, oprócz od stosunków opadu atmosferycznego, głównie od budowy geologicznej jej podziemia zaczawszy od samej powierzchni, więc przedewszystkiem od tekstury skał tam występujących, ich ukształtowania, ułożenia i popękania. Lecz można przyjąć, że prawie wszędzie w krajach, w których nie brak opadu, znajdują się w czwartorzędnych piaskach i żwirach zaścielających mniej lub więcej znaczne wody gruntowe. Bardzo rozległe i miejscami głębokie znajdują się w Europie środkowej przedewszystkiem u podnoży Alp i Karpat tudzież w nizinie Niemiecko-Polskiej.

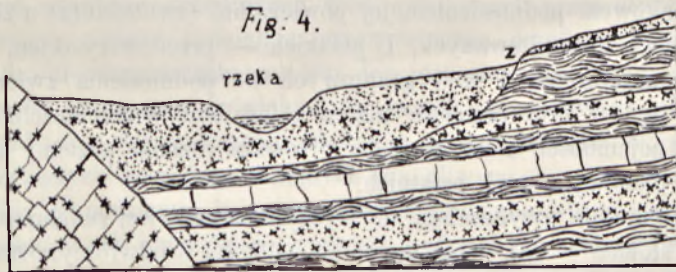
Bardzo interesujący przykład wgłębego zbiornika warstwowego poznano w podziemiu miasta Anzin w północnej Francji. Tutaj spoczywają pod różnemi, częściowo nieprzepuszczalnemi dla wody młodszymi utworami w głębokości zwyż stu metrów piaski niższokredowe na nieprzepuszczalnych iłach, zawierających pokłady węgla. Otóż o ile przy dozywaniu tegoż ich nadkład nieprzepuszczalny został nadwierzony, następywały powtórnie do kopalni gwałtowne zalewy wody („torrent d'Anzin“) nagromadzonych w spodzie wymienionych piasków na przestrzeni eliptycznej o rozmiarze zwyż 24 km^2 . Dla ratowania kopalni musiano w przeciągu przeszło 60 lat wykonywać bardzo energiczne wypompowanie wody na powierzchnię — w 13 latach: 1856—1868 zwyż 10 milionów m^3 —, przyczem zalewający zbiornik ciągle się zmniejszał, ostatecznie w końcu roku 1880 do rozmiaru dennego około 13 km^3 . Z tego wnioskować można, że albo obecnie zasilający przypływ z powierzchni jest małoznaczny albo może on

w ciągu swego, prawdopodobnie wielowiekowego, istnienia, został przez nowsze osady lub dyslokacje zupełnie zamknięty.

Główną dziedziną wielko-szelinowych wód wglębnych są krainy krasowe zbudowane przeważnie z potężnych układów grubolawicowych wapieni, poprzerzynanych pionowymi pęknięciami. Według R. Michaela znajduje się na Górnym Śląsku pośród triasowego układu wapieni i dolomitów rozległy i obfity zbiornik wglębno-szczelinowy.

Czasem znajduje się w podziemiu jednej okolicy nad sobą lub obok siebie parę a nawet kilka różnych zbiorników (pod Królewcem aż 9), co do rodzaju albo zgodne albo różne, które dalej mogą być pochodzenia różnego i są albo ze sobą częściowo połączone, albo, pomimo sąsiedstwa, zupełnie odosobnione.

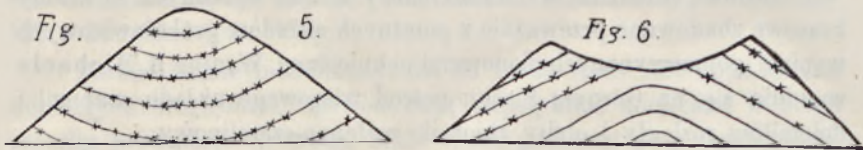
Często wody wglębne bywają zasilane przez leżące powyżej wody gruntowe, lecz zachodzi nieraz także stosunek odwrotny: wpływania wód wglębnych do wód gruntowych odrębnego pochodzenia lub nawet do wytwarzania takowych prawie samodzielnych.



W przekroju fig. 4 uwidocznione są na prawo trzy nad sobą położone zbiorniki płatowe wody zaskórnej u góry i dwu różnych wód warstwowo-wglębnych; na lewo: zbiornik szczelinowy; wreszcie pośrodku: potężna woda gruntowa, nad tamtymi, w części obok nich. Do niej spływa średni zbiornik płatowy; spodni płatowy łączy się ze szczelinowym.

Ilość wody zawartej w zbiorniku podziemnym zależy w pierwszym rzędzie od jego rozmiarów a właściwie od jego pojemności, dalej od ilości opadu dostającego się na obrzarze zasilającym w podziemiu, a wreszcie od sposobu rozdzielania się w podziemiu tego opadu według tektoniki geologicznej, ewentualnie na więcej zbiorników. Nie rozstrzyga więc o zbiornikach podziemia tylko orograficzne ukształtowanie naziomu, od którego zależy rozdział wód powierzchniowych, jak to, w jaskrawym kontrastcie, uwidoczniają fig. 5 i 6, z których

pierwsza przedstawia przekrój pagóru wodę opadową powierzchnie rozdzielającego a dla zbiornika podziemnego skupiającego, zaś druga



podaje przekrój żłobu orograficznego, w którym woda opadowa powierzchnie się skupia a podziemnie rozechodzi.

Ponieważ ilość opadu włącznie z wodą pochodzącą ze stopionego śniegu i lodu na każdym obrzarze jest czasowo zmienna, przeto już z tego powodu wszystkie zbiorniki podziemne okazują w ciągu czasu mniejsze lub większe wahania ilości swej wody aż do zupełnego jej zaniku u niektórych zbiorników, nietrwałych.

Stosunkowo równe wahania ilości wody muszą uwydatniać się niejednakowem podniesieniem jej powierzchni (zwierciadła) u zbiorników różnie ukształtowanych. U płaskich — przedewszystkiem zatem u wód zaskórnych i wód gruntowych — podniesienia zwierciadła muszą być o tyle mniejsze niż u zbiorników wielkoszczelinowych równej pojemności, o ile znacznie przeważa rozmiar poziomy u tamtych a pionowy u tych ostatnich.

Naturalnie uwydatniają się wychylenia czasowej zmienności opadowej, stojące — jak wiadomo — w ogólności w odwrotnym stosunku do wielkości obszaru opadowego, w zbiornikach podziemnych, jakto niejednokrotnie zostało stwierdzone, zmniejszone i spóźnione z powodu drogi, którą woda przebyć musi od powierzchni opadowej do zbiornika, czasem zwłaszcza w kierunku poziomym bardzo — nawet setki kilometrów — oddalonego, gdyż po drodze przeciwne wychylenia się znoszą. Przytem wywiera także znaczny wpływ chyżość ruchu wody w podziemiu a mianowicie okoliczność, czy ruch odbywa się przez przepływanie, czy też tylko przez przeciekanie.

W ślad zatem wykazują stosunkowo niewielkie wahania zbiorniki podziemne zasilane wodą pochodzącą z wielkich a oddalonych obszarów opadowych, jak np. wody gruntowe rozprzestrzeniające się u podnoży rozległych gór. Przeciwnie bardzo wielka zmienność ilościowa występuje prawie zawsze u wód zaskórnych tudzież u takich zbiorników wgłębnych wielko-szczelinowych ku powierzchni otwartych, które po każdym na blizkiej powierzchni spadłym deszczu nawalnym

rychło się napełniać a swą wodą do głębszego podziemia tylko powoli oddawać mogą. U wód tego rodzaju krasowych doświadczone wahania dochodzące 40 m. Ale także u rozległych wód gruntowych okazują się nierzadko znaczne wahania dochodzące czasem nawet parę metrów a w wielu okolicach wklęsłe partye naziomu bywają czasowo wskutek podniesienia się zwierciadła płytkich wód gruntowych zalewane przez wodę wydostającą się z podziemia.

Wahania płytkich wód podziemnych, więc zbliżanie się ich zwierciadła do powierzchni względnie oddalanie się od niej, mają wielką doniosłość dla stosunków higienicznych w sąsiednich osadach ludzkich jakoteż dla gospodarstwa rolnego. W ślad zatem musi być nieraz zwierciadło wody gruntowej sztucznie — przez wykopy odprowadzające wodę — zniżane. Jak daleko uważane zniżenie sięgać może, poucza doświadczenie, że przez (bardzo głęboki) wykop kanału łączącego w Szlezwiku morze Bałtyckie z Północnem sąsiednie wody gruntowe na odległość 8 km zostały obniżone o 20 m. Czasem możliwe jest usunięcie szkodliwych wód gruntowych przez otwarcie im odpływu w głębsze podziemie przez sztuczne przedziurawienie ich podkładu nieprzepuszczalnego, gdy ten jest niegruby (szyby odwadniające).¹⁰ Odwrotnie w niektórych razach spowodowane wkopami ziemnymi (choć niezamierzone) obniżenie wód gruntowych okazało się dla przyległych gospodarstw rolnych szkodliwem.

Gdy w podziemiu jednej okolicy znajduje się więcej różnych ze sobą połączonych zbiorników, wówczas wahania ich oddziaływają na siebie wzajemnie. Podziemne zbiorniki wody pozostają często w łączności z powierzchniowymi.

I tak wody zaskórne nieraz łączą się z moczarami. W torfowiskach nizinnych mamy niejako złączenie jeziora, wody zaskórnej i gruntowej. Wielokrotnie stwierdzono wpływanie wód wgłębnych do jezior, rzek i morza.

Pod wielu względami bardzo ważne są stotunki zachodzącej prawie zawsze łączności i wzajemnego oddziaływania na się pomiędzy wodami gruntowymi a przytykającymi do nich rzekami i jeziorami, przyczem one ilościowo albo dorównują sobie w przybliżeniu albo przeciwnie jedne są wobec drugich zupełnie podrzędne a dalej wahania ich albo schodzą się ze sobą czasowo albo są mniej lub więcej niezgodne zależnie od tego czy są zasilane z jednego i tego samego obszaru opadowego czy przeciwnie z obszarów od siebie znacznie odległych i wogóle odrębnych.

Bardzo często są jeziora i rzeki zasilane dopływem wody gruntowej a zasób rzek tym sposobem nie tylko się w całości zwiększa ale oraz i ujednostajnia. Wiele z nich zawdzięcza swe istnienie w czasach posuchy tylko dopływom ze zbiorników wody podziemnych.

Wiele jezior przedstawia się w całości tylko jako część wody gruntowej, odkrywająca się miejscowo skutkiem wklęsłości naziomu pod jej zwierciadło w tej okolicy. Jeziora te okazują więc wszelkie wahania zwierciadła wody gruntowej, do której należą, a wślad zatem niektóre istnieją tylko czasowo przy dostatecznym jego wzniesieniu się. W kraju naszym występują liczne tego rodzaju jeziora stałe między Leżajskiem a Grodziskiem o średnicy ponad 100 m a głębokości do 2 m.

Odwrotnie wody gruntowe występujące pośród piasków i żwirów przylegających do rzek często otrzymują wpływ od nich, ewentualnie tylko w czasie wezbrań tychże, ale naturalnie jedynie wtedy, gdy rzeka nie jest zupełnie objęta korytem nieprzepuszczalnym.

Bardzo pouczający dla tych stosunków przykład mamy w średnio około 30 km szerokiej dolinie Renu między Wogezami a Schwarzwaldem. Jest ona tu zaścielona bardzo przeważająco żwirami i piaskami, w układzie różnej ale przeciętnie około 15metrowej całej grubości, w których bardzo powoli w kierunku północnym płynie woda gruntowa, powstała z opadów na obszarach sąsiednich. Według około 25% pojemności wodnej tych piasków-żwirów (przyjmowanej na podstawie dochodzeń) byłoby tu w poprzecznym pasie na metr szeroki około 112.000 m³ wody gruntowej, więc kilkadziesiąt razy tyle ile posiada tu przy średnim stanie Ren, którego woda pochodzi przeważnie z dalekich obszarów alpejskich. Jego wezbrania na przestrzeni na północ od Bazylei następują, ponieważ pochodzą przeważnie z topienia górskich śniegów i lodowców, dopiero w porze letniej, właśnie gdy stan przylegającej wody gruntowej jest niski. W ślad zatem stwierdzono wpływanie wody z Renu do przylegających żwirów-piasków i znaczne podnoszenia się zwierciadła ich wody gruntowej, rozchodzącego się od brzegu rzeki obustronnie w kształcie fali na daleką poprzeczną przestrzeń, między innymi daleko poza okolicę Strassburga. W niektórych obszarach ziemi, zasłanych piaskiem-żwirem, całe rzeki wody gruntowe powstały z rzek zanurzających się w podziemiu w całości lub częściowo, trwale albo tylko czasowo. W krainach krasowych niektóre większe wielkoszczelinowe zbiorniki podobnie powstały przez spuszczenie się w podziemiu wody rzek, również częściowo lub nawet w całości.

Korzystanie z podziemnych zbiorników wody.

Wodę zbiorników podziemnych używa się, o ile jest jakościowo do tego przydatną (o czym później), do picia, do gotowania, do kotłów parowych i dla różnych celów fabrycznych.

Dla racjonalnego urządzenia jej wydobywania wskazane jest najprzód ogólne określenie stosunków zbiornika, głównie ze strony geologicznej, a następnie zbadanie szczegółowe hydrotechniczne. Dla skromnych potrzeb często wystarczają wzbierane w ciągu czasów w każdej prawie okolicy doświadczenia praktyczne.

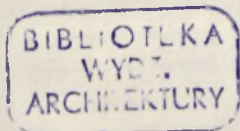
Z każdego zbiornika można w najlepszym razie wydobywać tę ilość wody, która do niego dopływa trwale z zasilającego go obszaru opadowego, gdyż inaczej wszelki jego zapas wody nagromadzony w ciągu minionych przed wydobywaniem czasów ostatecznie się wyczerpie. Ze względu jednak na czasowe wahania dopływów opadowych tylko wyjątkowo — przy bardzo wielkiej zawartości zbiornika w stosunku do jego dopływu — można z niego dostawać trwale ilość wody odpowiadającą średniej ilości dopływów opadowych; w innych razach należy liczyć tylko na mniejszą wydajność trwałą.

Do hydrotechnika należy zadanie oznaczenia wydajności zbiornika. Rzeczywistej ręką, że otrzyma się trwale wymaganą ilość wody, dostarczyć może prawie tylko próbne wydobywanie przez dłuższy przeciąg czasu, obejmujący także niekorzystne peryody opadu atmosferycznego.

Najczęściej dostaje się do podziemnych zbiorników wodnych albo przez pionowe, „kopane“ lub „wiercone“, studnie, albo przez poziomo od boku prowadzone sztolnie, „galerye wodne“. Najwykłej otrzymana z nowo-otwartego zbiornika w pierwszym czasie ilość wody wnet później się znacznie zmniejsza, wskutek wyczerpania się nagromadzonego w ciągu czasów zapasu, a nieraz następnie wydajność znowu się nieco podnosi, z powodu samodzielnego utarcia dróg, ułatwienia się przyprływu ku miejscom wypływu.

Jako przykład bardzo znacznego korzystania z wód gruntowych może posłużyć zaopatrzenie w wodę Berlina i kilkudziesięciu sąsiednich miast i osad mniejszych.

Zbudowane one są pośród szerokiej płaskiej doliny utworzonej w ostatniej części okresu lodowego epoki czwartorzędnej („Urstromtal“), rozciągającej się w kierunku wschodnio-zachodnim od Warszawy przez



Krossen do Havelberg, po której płyną obecnie rzeki Havel i Spree. Dolina ta zasłana jest nanosem piasków ze żwirem, które spoczywają na iłach częścią czwarto—częścią trzeciorzędnych i zawierają tylko mało rozciągnięte wstawki iłowe. Pod okolicą Berlina piaski-żwiry są 20 m do 50 m grube i zawierają w swym spodzie bardzo potężny strumień wody gruntowej, powstały z opadów na otaczających dalszych obszarach, poruszający się powolnie w kierunku zachodniego upadu całej doliny a oraz ku rzece Spree, płynącej w spodku doliny. Otóż z tego wielkiego podziemnego zbiornika czerpie Berlin i sąsiednie gminy za pomocą bardzo licznych i stosunkowo głębokich studni około 145 milionów m^3 rocznie wody do picia i użyć domowych tudzież fabrycznych.

Także Budapeszt zaopatruje się w wodę do picia z wody gruntowej, a to zawartej w nanosach żwirowo-piaskowych doliny dunajowej, bezpośrednio powyżej miasta (wydobycie blisko 90 milionów m^3 rocznie).

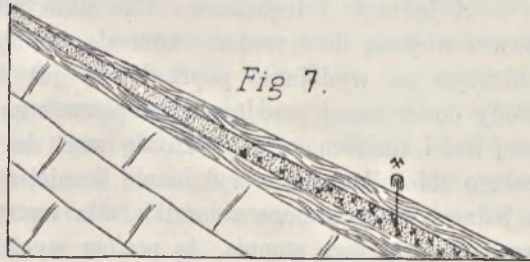
Już w kilku obszarach, w których wody gruntowe, zresztą do użycia odpowiednie, okazały się za skąpe, zdołano je dostatecznie zasilić przez sprowadzenie do ich nawierzchni wody z sąsiednich rzek lub jezior („sztuczne“ wody gruntowe).

W studniach pogłębionych do wody gruntowej zwierciadło tejże leży zwyczajnie w przybliżeniu równo z powierzchnią całego zbiornika i znajduje się pod ciśnieniem tylko jednej atmosfery. Natomiast gdy studnia wiercona dosięgnie zbiornika wody wgłębnej, która znajduje się pod ciśnieniem hydrostatycznym, wywierancem przez wyżej położoną część swej masy, wtedy woda podniesie się w otworze świdorowym, ewentualnie w nasadzonych rurach, jak w ramionach „naczyni połączonych“ nad powierzchnię zbiornika w miejscu dosięgnięcia, mniej lub więcej wysoko, do poziomu wyciskania,¹¹ którego położenie nad każdą częścią zbiornika wgłębnej zależy od ciśnienia hydrostatycznego w tem miejscu zbiornika tudzież od wielkości oporu tarcia, jakie wydobywająca się tu woda ma do przezwyciężenia. Przy ciśnieniu dostatecznym podniesie się woda w otworze świdorowym aż ponad naziom i otrzymuje się wtedy studnię „artezyjską“. (Nazwa ta pochodzi od hrabstwa Artois w północno-zachodniej Francji, gdzie studnie takie wykonywano w XII. wieku; w Chinach i Egipcie wykonywane były one około 3000 lat wcześniej.)

Otrzymanie więc studni artezyjskiej możliwem jest tylko przy szczególnych warunkach budowy geologicznej. Najzwyczajniej warunki



te dane są w sposobie przedstawionym w fig. 7, mianowicie gdy istnieje pośród pochylonego układu warstwowego wgłębnny zbiornik płytowy, który tak w stropie jak i w spągu zawarty jest między pokładami nieprzepuszczalnymi, zasila się wodą opadową u wychodni swej warstwy w poziomie znacznie wyższym od naziomu przy otworze

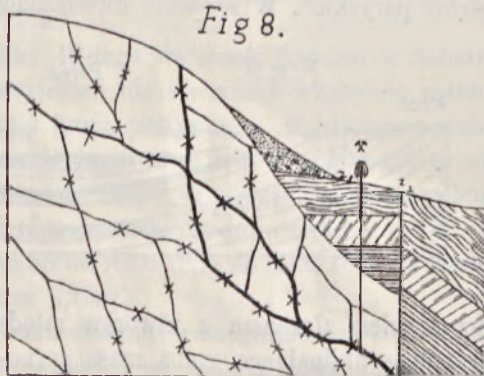


świdrowym, a w kierunku upadu albo wcale niema wyjścia na powierzchnię albo tylko po przebyciu bardzo dalekiej drogi, zatem dopiero po przewyciężeniu przez wodę bardzo wielkiego oporu tarcia.

Wymieniony pochyły układ warstwowy może być rozmaicie zagiętym, a mianowicie może być częścią układu synklinalnego. Najzupełniej mogą więc też odpowiadać wymaganym pod tym względem warunkom miskowate układy warstw, t. zw. zagłębienia tektoniczne.

Odmianą od powyżej wymienionej podstawę otrzymania studzien artezyjskich mogą dać wgłębne zbiorniki wielkoszczelinowe, gdy ich woda znajduje się w spodzie pod znacznym ciśnieniem hydrostatycznym, np. w sposobie uwidocznionym w fig. 8 pod znakiem górniczym, gdzie zbiornik przedstawia się u spodu zamkniętym przez nieprzepuszczalny górotwór przylegający bocznie ścianą uskokuwą.

W jednym razie mianowicie koło miasta Monmouth w stanie Illinois (Ameryka północna) dowiercona studnia artezyjska posiadała siłę wytrysku do zwyż 200 m wysokości nad naziom w rurze. Zresztą



zwyczajnie w pierwszym okresie czasu po otwarciu wodotrysku jego wydajność i wysokość jest znacznie większą niż później, gdyż początkowo zużywa się uzbierany w ciągu czasu zapas wody sięgający wysoko w górę zbiornika. Nieraz ostatecznie zasilający przypływ

opadowy nie wystarczy do podniesienia wody w studni ponad naziom i ta przestaje być artezyjską.

Z jednego i tegosamego zbiornika wglębnego można otrzymać nawet większą ilość wodotrysków ale później wykonane oddziałują zniżająco na wydajność poprzednich; już drugi nie podwaja ilości wody dostarczanej przedtem przez pierwszego; przez wykonanie większej ilości studzien, przychodzi się wnet do maksymalnej wydajności całego zbiornika. Przez wykonanie liczniejszych studzien artezyjskich z jednego i tegosamego zbiornika, siła wytryskowa już nieraz zmniejszyła się do tego stopnia, że poziom wyciskania dla niektórych lub nawet dla wszystkich studzien zniżył się ostatecznie pod naziom a więc przestały one być artezyjskimi.

Nieporównanie przeważająca ilość studzien artezyjskich — tysiące takowych — została wykonana w drugiej połowie IX. stulecia dla celów kultury rolniczej, dla nawodniania obszarów, które nie otrzymują ilości opadu wystarczającej dla wyżywienia obfitszej roślinności. Gdźniedzie siła wytryskowa jest tak znaczną, że została zużyta do pędzenia motorów.

Znaczniejsze studnie artezyjskie w ostatnio minionem stuleciu wykonane zostały najpierw w Paryżu.

To miasto leży w pośrodku okrągławej do 300 km szerokiej wklęsłości orograficznej, której podziemie tworzy tektoniczne „zagłębienie paryskie“. W sposobie uwidocznionym w fig. 9 zajmuje tu, pod



przykryciem złożonem z utworów młodszych (1, 2, 3), średnią część układu synklinalnego gruba masa górno- i środkowokredowych warstw kredy i marglu (4). Skały te jako nieprzepuszczalne szczelnie od góry zamykają następujący w ich spagu 9—10 metrowy pokład piasków (5), zielonawych („sables verts“) z powodu przymieszki glaukonitu, który spoczywa na przeważnie ilowych, więc także nieprzepuszczalnych utworach niższokredowych (6).

Wymienione piaski znajdują się pod Paryżem (którego naziom przy Sekwanie leży 33 *m* ponad morzem) przeważnie w głębokości 550—600 *m*, a podnoszący się z całym wschodniem skrzydłem zagłębia pokład ich wychodzi na powierzchnię w pasie pierścieniowym otaczającym zagłębienie paryskie od wschodu w półkolu ciągnącym się od podnóża Ardenów poza Szampanię aż do Loary, pośród wzgórz dosięgających zwyż 100 *m* wysokości nad miasto. Opady, które na całej tej rozciągłości wciekają w piaski, muszą w nich nagromadzać się pośród dna synklinali paryskiej i pozostawać pod ciśnieniem zwyż 600-metrowego słupa wody.

Na podstawie tego przeświadczenia wykonano w roku 1842 wiercenie w obrębie miasta, na placu Grenelle, w poziomie 36·6 *m* n. m. i osiągnięto w głębokości 548 *m* wodę. Ilość otrzymanej wody wynosiła początkowo zwyż 2 *m*³*; słup jej w nasadzonych rurach dosięgał wysokości 32 *m* nad naziom.

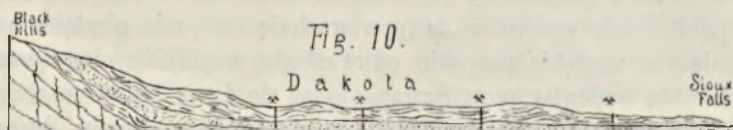
Później jednak wydajność zmniejszyła się znacznie a w roku 1861 wynosiła tylko 0·6 *m*³. W tym roku dowiercono w oddaleniu 3 *km* w dzielnicy Passy (wysokości n. m. 53·3 *m*) w głębokości 587 *m* drugą studnię artezyjską Paryża z wydajnością około 4 *m*³ (po ustaleniu się jej po niej jakim czasie). W 36 godzin po otwarciu studni w Passy zaczęła spadać wydajność studni w Grenelle i zmalała ostatecznie do 0·45 *m*³. W późniejszych czasach wykonano w obrębie Paryża jeszcze parę innych studni artezyjskich; wszystkie dotychczas funkcjonują, z wydajnością razem zwyż 12 *m*³.

W drugiej połowie wieku 19-tego wykonali francuzi w Saharze algierskiej setki studni artezyjskich dla stworenia względnie rozszerzenia urodzajnych oaz pośród kraju pustynnego, w którego podziemiu znajdują się bardzo obszerne warstwowe wody wgłębne, i to nie bardzo głęboko, pośród pokładów, które wychodzą na powierzchnię w górach Atlasu i Sudanu i tam się wodą opadową napełniają. W samej krainie Oued Rhir wykonano od roku 1856 do roku 1880 29 studni artezyjskich wydających razem 72 *m*³.

Bardzo korzystne ku temu stosunki geologiczne umożliwiły powstanie licznych studzien artezyjskich na średnio około 600 *m* n. m. wzniesionem płaskowyzu — części „Great Plains“ — stanów N. i S. Dakota i Nebraska w Ameryce północnej.

* Dodana przy znaku *m*³ lub / kreska u góry oznacza tu i następnie: na minutę.

W spodzie podziemia tego całego obszaru zalegają w głębokości paruset metrów w sposobie przedstawionym w fig. 10, co do długości



bardzo nierozmiernie skróconej, jako podkład nieprzepuszczalny utwory formacji węglowej a na nich spoczywa, często w piasek przechodzący, piaskowiec „Dakoty“ wieku kredowego, grubości 100—120 m, który jest przykryty paruset metrów grubą masą nieprzepuszczalnych iłów, przeważnie także wieku kredowego. Pokłady wymienionych utworów, posiadają pod płaskowyżyną bardzo słaby nachył ku wschodowi, przy zachodniej jej granicy zaś w pogórzach Black Hills, które występują jako przedgórze gór skalistych (Rocky Mountains), podnoszą się ostrem wygięciem w górę, tak że piasek-piaskowiec „Dakoty“ występuje tam w poziomie 1000—2000 m n. m. na powierzchnię i pochłania tu w siebie nie tylko dosyć obfity opad atmosferyczny ale i część wody rzek płynących po tym obszarze. Woda ta tworzy w niższej części piasku-piaskowca bogaty zbiornik, porusza się w nim i wydostaje na powierzchnię dopiero po przebyciu około 500 km drogi w zagłębieniu naziomu przy rzece Missouri, m. i. koło m. Sioux Falls, w poziomie 330 m, znajduje się więc przedtem pod ciśnieniem wyż 1600 m wysokiego słupa swej górnej masy. W ślad zatem posiada ona na bardzo znacznej części uważanego obszaru poziom wyciskania, wznoszący się mniej lub więcej nad naziom aż do 500 m (w rurze), i na tej podstawie powstały w ciągu czasu setki obfitych i w części wysoko rzutnych studzien artezyjskich, które stały się główną dźwignią wysokiej tamtejszej kultury rolnej przy wcale niedostatecznym opadzie atmosferycznym. W mieście Woonsocket np. wytryska słup wody wolno do wysokości 35 m, w rurze o średnicy 15 cm do 95 m nad naziom, w ilości 4·2 m³. Siły niektórych wytrysków zostają zużywane do popędu maszyn.

Jak wiadomo, większa południowo-zachodnia część Australii otrzymuje tylko bardzo skąpe opady atmosferyczne, przeważnie poniżej 250 mm na rok. Otóż bardzo wielkie obszary, na których dawniej kultura rolna była niemożliwa, stały się obecnie, głównie w stanach Queensland i N. S. Wales, żyznymi pastwiskami lub wogóle dla kultury

rolnej przydatnymi wskutek wykonania wielkiej ilości studzien artezyjskich. W Queensland wykonano ich (udałych) zwyż 500, przeważnie 350—500 *m* ale wyjątkowo nawet ponad 1500 *m* głębokich, które razem wzięwszy wydają około 1200 *m*³, jedna z nich sama 18·75 *m*³.

Kilkanaście udałych studzien artezyjskich otrzymano w Rosyi południowej w głębokościach dochodzących 600 *m*, głównie w gubernii taurydzkiej a oprócz tego w Charkowie i Kijowie tudzież w Brjańsku koło Moskwy. (Przy jednej ze studni artezyjskiej wykonanej w ostatnio wspomnianej miejscowości z powodu wadliwie wykonywanego rurowania bardzo silnie wytryskająca woda wydobyła ze sobą z głębokości znaczne masy luźnego materiału skalnego, wskutek czego powstały w podziemiu próżnie a w ślad zatem zawalenia nawierzchni z wielką budowlą.)

Oprócz wodotrysków, o jakich dotąd była mowa, u których woda podnosi się wskutek ciśnienia hydrostatycznego, istnieją (nieliczne) inne, u których woda dowiercona wydobywa się na powierzchnię wskutek prężności, jaką posiada z powodu zawarcia gazów, które przez nią zostały pochłonięte pod ciśnieniem panującym w głębokości. Gdy do takiego zbiornika wody, przedtem przynajmniej do pewnego stopnia zamkniętego, zostanie przez wiercenie stworzony otwór, woda podobnie jak każdy płyn prężny, wybiega z zawartym gazem na wolną powierzchnię. Gazem wypychającym jest najczęściej bezwodnik węglowy. Tego rodzaju studnią wytryskową jest „Großer Solsprudel“ w mieście Bad Nauheim w pruskiej prowincyi heskiej, dowiercony w roku 1855 w głębokości 180 *m*, a w Brohlthal przy średnim Renie wydobywa się z otworu świdrowego naprzemian woda z dużą ilością bezwodnika węglowego i tenże gaz sam „suchy“.

Także gazy naftowe, głównie metan, są czasem podstawą studzien wytryskowych. Tak się rzecz ma u wytrysku „Geyser well“ w mieście Kane w Pensylwanii, dowierconym w głębokości 600 *m* i wytryskującym z ciśnieniem do 100 atmosfer, w słupie czasem zwyż 40 *m* wysokim.

(Przynajmniej według prawa austryackiego podziemne zbiorniki wody należą do właścicieli gruntu nad nimi, ale nie są prawnie ochrone przed podebraniem lub uszkodzeniem przez wydobywanie wody na sąsiednich posiadłościach.)

Źródła.

Powstawanie i rodzaje źródeł.

Najczęściej mamy w źródłach sposobem naturalnym utworzone wypływy jakichś, zwykle podziemnych, zbiorników wody na powierzchni ziemi, chociaż czasem pod przykrywającą ją wodą rzeki, jeziora lub morza (źródła podwodne). Lecz nieraz zupełnie podobne wypływy zostały spowodowane także ręką ludzką pośród obszerniejszych wkopów podziemnych (szybów, sztolni, tuneli).

O ile wytwarzają się w głębi ziemi wody juwenilne o tyle istnieją także źródła juwenilne; będzie o nich mowa później przy sposobności, dodatkowo. Pozatem mamy w źródłach wydobyć się zbiorników wody wadoznej.

Podstawy więc istnienia każdego źródła są: po pierwsze zbiornik wody, najczęściej podziemny, a po drugie szczególne stosunki geologiczne umożliwiające wodzie wydobyć się z niego na powierzchnię ziemi względnie do wkopu górniczego.

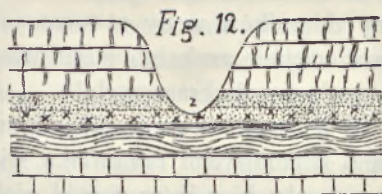
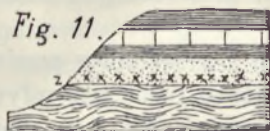
Często prowadzi od zbiornika do źródła mniej lub więcej długa droga, jakoby szyja wyjściowa. Gdy jej niema, zbiornik sam jest w źródle końcowo lub bocznie, nadcieciem albo mniej lub więcej zupełnym przecięciem, otwarty, a takiż sam skutek może być przez zwężenie się skały wodonośnej lub wyklinowanie się jej spowodowane.

Gdy zaś istnieje szyja wyjściowa, woda w niej, zależnie od wysokościowego położenia zbiornika względem źródła, albo przeważnie porusza się w dół albo przeważnie ku górze, a stąd rozróżnianie źródeł spływających i — rzadszych — wznoszących się; naturalnie są i pośrednie o położeniu prawie poziomem.

Zresztą, głównie według sposobu wydobywania się wody, można wyróżnić następujące rodzaje źródeł:

1. Warstwowe. Przy tych wychodzi warstwa — prosta lub nieco krzywa, pozioma lub pochyła — tworząca nieprzepuszczalne dno zbiornika, najczęściej płatowego lub korytowego, na powierzchnię wskutek przecięcia orograficznego naziemem stokowym, a w ślad zatem musi wystąpić tu także woda nad tem dnem się znajdująca, która spływa ku powierzchni (z w fig. 4, 11).

2. Nadcięciowe. Takim mianem można oznaczyć źródła, które okazują się na dnie wązkich dolin wskutek wcięcia się dna



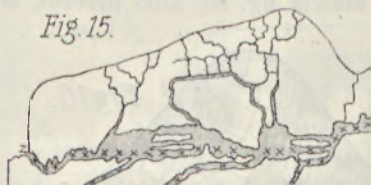
tychże aż pod zwierciadło wody zbiornika zresztą ukrytego (z w fig. 12).

Bardzo zbliżone do powyższych rodzajów są, rzadkie zresztą, źródła powstające wskutek zwięzienia lub wyklinowania się skały wodonośnej, w sposobie uwidocznionym w fig. 13.

3. Przelewowe. Przedstawiają wypływ zbiorników mianowicie miskowatych przez najniższą część, ewentualnie szczybę lub wygięcie, brzegu obejmującego pokład nieprzepuszczalnego (fig. 3 z, 14 z₂).



4. Szczelinowe. U tych szyja szczelinowa wychodząca od zbiornika, mniej lub więcej długa, odprowadza wodę nazewnątrz (fig. 14 z₁ szyja w rzucie pionowym). Jest ona często krętą lub zygzakowatą, ale nieraz, zwłaszcza gdy idzie wzdłuż uskoku tektonicznego, także prosta. Bardzo wskazane jest rozróżniać odmiany drobno i wielko szczelinowe, chociaż naturalnie bez ścisłego od-



graniczenia. Wielkoszczelinowe otrzymały we Francji nazwę „vauclusiennes“ od wspaniałego tego rodzaju źródła w dolinie Vaucluse koło Avignonu we Francji południowej, które jest wypływem nadzwyczaj wielkiego wgłębnego zbiornika szczelinowego, prawie rzeki podziemnej, który ma zawierać conajmniej 10 milionów m³ wody. Rycina fig. 15 (według E. A. Martela, uproszczona) przedstawia przy źródle

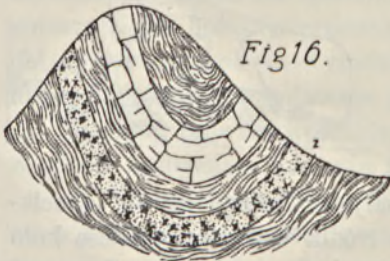
(z) część południową zbiornika w szczelinach w spodzie rozszerzonych i tylko częściowo wodą napełnionych.

Co do stosunku wyjścia na powierzchnię nie różnią się wypływy zbiorników wody utworzonych w podziemiu od wydobycia się na powierzchnię rzek lub jezior weszłych w podziemie przedewszystkiem w krainach krasowych.¹⁵

5. Rumowiskowe. Wydobywają się z przedziałów pomiędzy bryłami składającymi rumowiska wielko-bryłowe i albo są wypływem nieznacznych zbiorników pośród nich utworzonych (fig. 8 z) albo — co częściej — przedstawiają tylko ostatnią część szyi jakiegoś źródła innego rodzaju po wyjściu z wnętrza zawierającej go skały w rumowiskowe jej przykrycie. Takim źródłem jest np. „wywierzyisko“ na Kalatówkach w Tatrach.

Oprócz u źródeł przelewowych u wszystkich innych wymienionych powyżej rodzajów źródeł wypływ wody odbywa się pod mniejszem lub większem ciśnieniem hydrostatycznym.

6. Wytryskowe. Wychodząc z podziemia w kierunku stromym, często nawet pionowym, wznoszą się, albo wznosiłyby się w nasadzonej rurze nad naziom przy ich wyjściu. Takie źródła powstają przeważnie przy stosunkach analogicznych do tych, które warunkują powstanie studzien artezyjskich, więc ze zbiorników głębokich, w których woda znajduje się pod tak wielkiem ciśnieniem hydrostatycznym, że jej poziom wyciskania leży powyżej naziomu (p. str. 19). Wydobycie się wody na powierzchnię jest w tym razie w naturze umożliwione albo przez wyjście warstwy wodonośnej na powierzchnię wskutek jej wygięcia w górę, w sposobie jakto przedstawia fig. 16, albo przeto, że jakaś prosta lub kręta szczelina w ska-



łach przykrywających zbiornik dozwala jego wodzie podnieść się w górę. Źródło z₂ w przekroju fig. 8 mogłoby być wytryskowym.

Ale mamy i inne sposoby powstania źródeł wytryskowych. Najprzód nierzadko gazy mianowicie bezwodnik węglowy, wydobywający się (wskutek niektórych działań geologicznych) w głębokim podziemiu, gdy dostaną się do występującej tam wody, zabierają ją ze sobą w pędzie ku powierzchni i w ten sposób powstają źródła „gazowo-wytryskowe“. Dalej czasem para

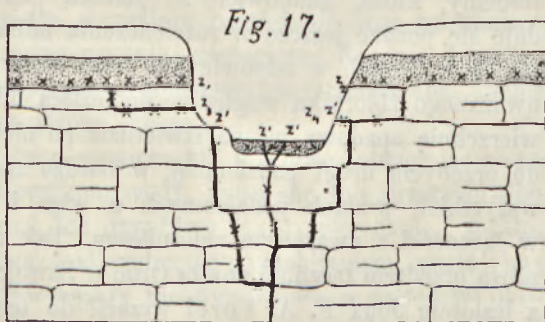
wodna wytwarzająca się we wglębnym (wadoznym) zbiorniku przez ogrzanie plutoniczne, mianowicie wulkaniczne, prze wodę do góry, czasem w różnym sposobie przerwowo według nagromadzenia się przegrzanej pary, jakto się dzieje w większej części tak zwanych wulkanicznych gajzirów, w których uwidacznia się czasowe zakipianie wody przegrzewanej w spodzie głębokiego jej słupa, złączonego tam przy tem zwyczajnie ze zbiornikiem workowatym.

Wreszcie oprócz wymienionych rodzajów wytryskowych źródeł wadoznych mamy także takie, których woda, ze skroplenia wulkanicznej pary wodnej powstająca, jest przez nią ku górze pędzona, więc juwenilne źródła wytryskowe.

Niektóre źródła przedstawiają w sobie kombinacye wymienionych powyżej znamion rodzajowych, tak, że je do dwu różnych rodzajów zaliczyć można.

Z jednego i tego samego zbiornika może wypływać więcej źródeł. W razie gdy zbiornik jest talerzowaty albo ujęty w szczelinie prostobiegłej, a przecinający go naziom jest prosto-rozciągły, natenczas powstałe tym sposobem częściowe źródła rozłożone są w linii prostej; w innych razach rozłożenie częściowych wypływów źródłanych — „źródłowiska“ — przedstawia chociaż czasem jeszcze przy pewnej regularności, wielką rozmaitość.

Sąsiadujące ze sobą źródła nie zawsze są rodzajowo-równe; czasem pochodzą nawet z różnych zbiorników. Wreszcie w niektórych źródłach połączone są ze sobą wypływy dwu różnych zbiorników. Wyjątkowo nawet także wód wadoznych i juwenilnych. I tak np. źródło przy znaku z_1 w fig. 8 mogłoby być równocześnie rumowiskowem i warstwowem i łączyć wypływy wody gruntowej i zbiornika szczelinowego. W rysunku fig. 17 przedstawione są blisko siebie położone różnego rodzaju źródła pochodzące z dwu różnych zbiorników. Mianowicie z warstwowo-głębnego, chociaż nie bardzo głęboko położonego zbiornika pochodzą źródła spływające: warstwowe z_1 i z_2 tudzież szczelinowe z_3 i z_4 , zaś po-



nżej tych wydobywa się (z niewidocznego) zbiornika głębokiego wznoszące się w czterech ramionach źródło szczelinowe z' , z których to ramion dwa środkowe mają wyjście pośród płytkiej wody gruntowej, jedno, prawe, łączy się przed wyjściem ze źródłem z_4 a tylko jedno, lewe, ramię wydobywa się na powierzchnię jako samodzielne źródło szczelinowe, możliwie wytryskowe.

W wielu miejscowościach znane są „podwodne“ źródła wydobywające się na dnie jezior. Przy wielu wybrzeżach morskich poznane zostały wypływy wód wgłębnych do morza na jego dnie. Są one czasem tak znaczne i tak silnym wydobywają się prądem, że wytwarzają pośród słonej wody morskiej do paruset metrów wysoki słup wody słodkiej sięgający do powierzchni morza i tworzący nieraz nawet wyraźne wzniesienie, garb, ponad nią.

Wiele źródeł różnych rodzajów występuje w poziomach wzniesionych znacznie nad trwale zamieszkałe okolice, czasem nawet w wysokościach bardzo znacznych nad morzem, aż powyżej 5000 *m*. Takie nazywają się górskimi w przeciwieństwie do nieporównanie liczniejszych nizinnych. Górskie wypływające blisko wierzchołków odosobnionych szczytów zasilane bywają najczęściej głównie przez mgły (obłoki).

Dla stwierdzenia przypuszczanej w danym razie łączności jakiegoś źródła z jakimś zbiornikiem podziemnym, jakoteż dla przekonania się, z którego obszaru opadowego, ewentualnie z którego zbiornika powierzchniowego jego wody są zasilane, można użyć ciał barwiących wodę nawet w nadzwyczaj wielkim rozcieńczeniu, np. fluoresceiny, która, mianowicie za pomocą „fluoroskopu“ Marboutina, daje się poznać jeszcze w rozcieńczeniu miliardowym¹⁶. Obecność ciał takich wylanych w odpowiedniej ilości do studzien zapuszczonych do uważanego zbiornika względnie do jeziora lub nawet na zasilającą powierzchnię opadową można stwierdzić po jakimś czasie, potrzebnym do przebycia drogi podziemnej, w bardzo znacznych odległościach we wszystkich wodach podziemnych a więc i w źródłach zostających w łączności z uważanym zbiornikiem. Tak np. ażeby stwierdzić wątpliwą przedtem łączność źródła Orbe w Szwajcaryi północno-zachodniej z jeziorem Joux F. A. Forel wrzucił do tego 2 *kg* fluoresceiny. Za parę dni źródło Orbe zabarwiło się całkiem wyraźnie a po 16 dniach także jedno 46 *km* oddalone źródło, o którego łączności z poprzednim przedtem wcale się niedomyślano.

Trwałość i wydajność źródeł.

Pomimo, że prawie już do pojęcia źródła należy trwałość wypływu wody, u wielu źródeł doświadcza się zanikanie, mianowicie na jakiś krótszy przeciąg czasu, co u niektórych źródeł objawia się peryodycznie, w pewnej części roku lub doby, albo tylko kiedyś raz pośród długiego szeregu lat, jakto nastąpiło w lecie roku 1904 na znacznej części Europy środkowej.

Zniknięcie źródła spowodowane być może albo przez zupełny zanik zbiornika, z którego źródło wypływa, albo, co częściej, przez zmniejszenie się stanu wody w tymże pod jakiś poziom potrzebny dla wypływu źródła. Więc, podczas gdy nietrwałe zbiorniki mogą wydawać tylko nietrwałe źródła, to także źródła z trwałych zbiorników wypływające nie mogą być trwałymi, jeżeli ich wypływ położony jest w pasie wahań zwierciadła zbiornika, co przedewszystkiem zachodzi u źródeł przelewowych.

Peryodyczność wypływu jest czasem spowodowana nietylko peryodyczną zmiennością opadu, lecz także oraz przez szczególniejsze ukształtowanie szyi wyjściowej źródła, analogicznej do lewaru, więc przez działanie lewarowe.

Ponieważ istnienie źródeł taksamo jak istnienie podziemnych zbiorników wody warunkowane jest przez stosunki tektoniki geologicznej w podziemiu dotyczącego obszaru, a więc także zmiana tych stosunków, mianowicie przesunięcia (dyslokacje) tektoniczne spowodowane głównie przez trzęsienie ziemi, tudzież zatkania dawnych otworów w podziemiu wskutek nowotworów chemicznych lub otwarcia nowych dróg wskutek działań gryzących skały, mogą spowodować zupełny zanik jakiegoś źródła względnie przełożenie jego na miejsce inne. Lecz pomimo, że różne czynniki geologiczne działają ku przemieszczeniu wód wypływających z podziemia, to przecież dużo źródeł trwa od wielu wieków na swoim miejscu.

Także podziemne roboty górnicze lub tunelowe, otwierając nowe odpływy podziemnym zbiornikom wody, mogą zupełnie przerwać albo przynajmniej zmodyfikować ich wypływy na powierzchnię, źródła. Tak np. wskutek odpływu wód nadciętych przebijaniem tunelu simplońskiego przez jego otwór znikły niektóre źródła w sąsiedniej okolicy nad tunelem położonej a wymieniony na stronie 6 wypływ wody w kopalni w Duchcowie spowodował u wznoszącego się (prawie wytryskowego) źródła leczniczego w Cieplicach — w oddaleniu

zwyż 6 km — znaczne obniżenie tegoż w jego pionowym otworze odpływowym.

Ażeby u źródeł użytkowanych zapobiedz według możliwości przynajmniej w pobliżu ich ujścia przełożeniu tegoż i ażeby uchronić je od przyłączenia się tu (przymieszania) jakościowo odmiennych wód, przedewszystkiem zaskórnych i płytszych gruntowych, otrzymują ich ujścia mniej lub więcej głęboko sięgającą obudowę, „ujęcie“, które gdy jest hydrotechnicznie należyście wykonane, utrwała użycie źródła na długie czasy. (Między innymi wytryska dotąd koło Gaety we Włoszech południowych źródło w obudowie utworzonej w starożytności przez Greków.)

Wskutek wahań ilości opadu, dostającego się w podziemie i stąd pochodzących ilościowych wahań w zbiornikach podziemia zwyczajnie i u źródła wydajność jest mniej lub więcej zmienną a tylko bardzo wyjątkowo (prawie) stałą. Nawet źródła, u których wahanie wydajności wynosi tylko kilka procentów, są bardzo rzadkie; nieco liczniejsze są źródła o wahaniami około dwukrotnem; a nawet pomiędzy bardzo obfitymi źródłami użytkowanymi są liczne takie, u których wahanie jest dziesięciokrotne.

Większą stałość w wydajności muszą okazywać przedewszystkiem te źródła, które pochodzą ze zbiorników o nieznacznym wahaniami ilościowych. Ale także źródła wypływające ze zbiorników znacznie się wahaających będą okazywały stosunkowo wielką stałość wydajności, gdy ilościowo odpowiadają tylko niewielkiej części przypływu opadowego do zbiornika i wypływają z niego poniżej pasu wahań jego zwierciadła. Natenczas te wahaniami będą wpływały tylko hydrostatycznie na ilość wypływu w źródle. Przeciwnie źródła, które stanowią całość opadowego przypływu swego zbiornika, muszą okazywać całą amplitudę tych wahań. W każdym razie także wahaniami źródła okazują równoległość do wahań opadu w obszarze zasilającym, ale naturalnie z mniej lub większym opóźnieniem wskutek przebywania przez wodę podziemnej drogi, szyi, zależnie od tego jak ona jest długą i zależnie od prędkości poruszania się w niej wody. Więc źródła mogą nawet okazywać maksymalną wydajność w czasie panującej na powierzchni posuchy. Także zmiany ciśnienia atmosferycznego wpływają na wydajność źródła; różnice stąd wynikające dochodzą do 10%.

Trwała wydajność każdego źródła może co najwyżej odpowiadać całemu trwałemu względnie średniemu dopływowi z powierzchni do

zbiornika, z którego źródło pochodzi, ale może też przedstawiać tylko małą część tego przypływu, odpowiednio do okoliczności umożliwiających wypływ wody ze zbiornika do uważanego źródła.

Najprostszym sposobem wykonywa się mierzenie wydajności źródła przez przystawienie do niego naczynia o znanej pojemności i oznaczenia czasu, w którym to całym wypływem się napełnia.

U bardzo rzadkich wielkich źródeł średnie wydajności wynoszą setki m^3 . Wspomniane już przedtem źródło wielko-szczelinowe Vaucluse wydaje średnio nawet około 1000 m^3 , przy wahanich rocznych między 500 a 7000 m^3 i wahanich wyjątkowych między 240 a 9000 m^3 (okrągło). Źródło Areuse w szwajcarskich górach Jura wydawało w szeregu lat ostatnich 213 m^3 do 244 m^3 , okazuje więc przy bardzo wielkiej wydajności nadzwyczajnie małe wahania.

Najobfitsze ze źródeł rzeki Selle w Apeninach neapolitańskich, które (wodociągiem 213 *km* długim) zostały sprowadzone do Apulii, wydaje średnio około 240 m^3 . Źródło „Vanne“ sprowadzone wodociągiem 173 *km* długim do Paryża wydaje średnio około 8·3 m^3 przy wahanich zwykłych tylko dwukrotnych. Źródło sprowadzone dla Monachium waha się między 40 a 70 m^3 . Wydajność głównego (szczelinowego) źródła pierwszego wiedeńskiego wodociągu „Kaiserbrunnen“ koło Reichenau w północnych styryjskich Alpach wapiennych, waha się zwyczajnie w ciągu roku między 10 a 13 m^3 , spada jednak wyjątkowo do 8 m^3 . Wspomniane przedtem „wywierzyisko“ w Tatrach wydaje minimalnie około 10 m^3 . Warstwowe źródło rzeczki Szkło koło Janowa (na zachód od Lwowa) wydaje średnio około 6 m^3 .

W źródłach otrzymanych przy robotach podziemnych zwyczajnie z początku wydajność jest nieporównanie większą od ustalonej w czasie późniejszym z powodu, że w pierwszym czasie odpływa z nowo-otwartego zbiornika zapas nagromadzony wciągu bardzo długich czasów, podczas gdy później wypływa tylko czasowy przypływ do zbiornika.

Przez odpowiednie ujęcie źródła można czasem zwiększyć jego wydajność, jeżeli się przytem usunie przeszkody wypływ tanujące. Nadaje się nawet niekiedy możliwość utworzyć gdzieś dla jakiegoś zbiornika wody otwór odpływowy, więc stworzyć nowe źródło.

W dolinach jarowych obszaru podolskiego występują dość liczne aczkolwiek najeczęściej mało obfite lecz trwałe źródła, przeważnie warstwowe, wypływające z pod utworów trzeciorzędnych. Na obszarze Wołynia wydostają się gdzieniegdzie obfite źródła ze szczelin w utwo-

rze kredowym. Obszar Karpat piaskowcowych posiada tylko źródła skąpe i bardzo chwiejne w wydajności lub wcale nietrwałe.

Dla użycia źródeł nie maksymalna ani nawet średnia ich wydajność, chociażby na długotrwałych obserwacjach doświadczona, nie jest rozstrzygającą lecz tylko ich wydajność zmniejszona, mianowicie ich wydajność w czasie największego zapotrzebowania, więc w lecie, gdyż w rezerwoarach mały tylko zapas z czasu ich większej wydajności da się nagromadzić. Ale dla krótkotrwałych zapotrzebowań, np. przemijających robót inżynierskich w polu, często zupełnie nadaje się użycie nawet nikłych źródełek w pobliżu występujących.

Jakość wód podziemia i źródeł.

Temperatura.

Różne rodzaje zbiorników wody w podziemiu przedstawiają pod względem temperatury znaczne różnice.

Wody zaskórne okazują, przy zupełnej z powietrzną sąsiednią zgodności co do średniej rocznej, bardzo znaczne wahania temperatury w ciągu roku, chociaż o wiele mniejsze niż sąsiednia powietrzna.

U różnych wód gruntowych znajdujemy co do temperatury znaczną różnorodność, przy zgodności przynajmniej bliższej co do średniej temperatury rocznej z powietrzną sąsiednią; tylko stosunkowo głębiej położone są o mniej więcej jeden stopień* cieplejsze. W ciągu roku okazują one albo tylko wahania małe, bez praktycznego znaczenia, zgodnie z wahaniami temperatury w ich podziemiu, albo wahania znaczniejsze, aż do kilku stopni dochodzące, a to wtedy, jeżeli mają czasową łączność z rzekami.

U wód warstwowo-wgłębnych temperatura jest zwyczajnie stałą i według głębokości swego położenia mniej lub więcej wyższą od średniej temperatury rocznej powietrzni swego nadziemia, w stopniowaniu: około jeden stopień na 30 m głębokości.

U zbiorników szczelinowo-wgłębnych stosunki temperatury przedstawiają bardzo wielkie różnice, zależnie od sposobu połączenia z nawierzchnią, od głębokości położenia, ukształtowania, a wreszcie zależ-

* Celzjusza; tak też zawsze następuje.

nie od obecności przegród piaskowych. Czasem ich temperatura nawet w wielkich głębokościach nie jest stałą a przytem niższą od swego podziemia wskutek prędkiego spadu z powierzchni w otwartym szerokim przewodzie bez przegród piaskowych, o rozciągłości przeważająco pionowej, i z tych powodów pochodzącej niemożliwości przybrania stałej i wyższej temperatury swego podziemia. W innych razach temperatura ich jest stałą i albo odpowiada głębokości ich podziemia albo jest znacznie wyższą wskutek przebycia dłuższej drogi lub wogóle dłuższego zatrzymania się w większych głębokościach.

Powyższe wskazówki objaśniają o temperaturze wody dosięganej studniami. U artezyjskich najczęściej woda jest ciepłą lub nawet gorącą, odpowiednio do ciepła panującego w znaczniejszych głębokościach, w których zostały dowiecone. Tak woda wymienionej przedtem studni artezyjskiej w Paryżu na placu Grenelle okazuje 27.6° (wobec temperatury średniej rocznej Paryża 11.6°) a dowiecona w Varosliget w Budapeszcie w głębokości 970 m woda wytryskająca do 13 m nad naziom posiada temperaturę stałą 73.8° .

Co do stosunków temperatury u źródeł, to przedewszystkiem wskazać należy, że są one zgodne ze stosunkami temperatury zbiorników wody, z których one wypływają, o ile ewentualnie przez długą drogę wypływu (szyję) nie uległy zmianie, nic nastąpiło ustalenie, podwyższenie lub niżenie temperatury.

W ślad zatem okazują źródła pochodzące z wód zaskórnych, płytszych gruntowych i wgłębnych wielko-szczelinowych takich, które nie przechodzą przez przegrody piaskowe, zwykle w ciągu roku znaczniejszą zmienność temperatury, dosięgającą nawet kilku stopni. Źródła takie są przytem najczęściej także bardzo chwiczne co do wydajności albo nawet nietrwałe.

Wielka część źródeł posiada temperaturę stałą albo w przybliżeniu stałą, wahającą się mniej niż o 2° , przytem albo zupełnie zgodną ze średnią temperaturą roczną powietrzni w miejscu wypływu lub od tej tylko małą, niewięcej jako 2° , różną, więc w krajach północnych zbliżającą się do 0° a w niskich poziomach krajów równikowych przechodzącą 25° . Te źródła pochodzą widocznie ze zbiorników podziemnych położonych w głębokościach, w których panuje już temperatura stała, ale przecież w głębokościach nie bardzo wielkich, gdyż trudno przyjąć większe niż dwustopniowe oziębienie się wody w szyi. Ze wspomnianych przedtem źródeł „Vaucluse“ waha się o 1.5° , okazuje temperaturę średnią roczną o 2° niższą w porównaniu do powietrzni

obok; „Kaiserbrunnen“ waha się między 7° a 7.75° a reguliekie między 9.2° a 9.6° , przy temperaturze średniej rocznej 8° w obu razach.

U niektórych zresztą nie częstych źródłach z temperaturą w przybliżeniu stałą, jest ona aż do paru stopni niższą od średniej rocznej temperatury miejsca wypływu. Objaśnia się to tem, że źródła te wypływają ze zbiorników płytszych lub głębszych wielko-szczelinowych bez przegród piaskowych, które się zasilają stale na bliskich wyżynach z topniejącego śniegu lub lodu.

Liczniesze od powyższych są źródła posiadające temperaturę (stałą) przynajmniej o parę stopni wyższą od średniej rocznej temperatury ich miejsca wypływu a te nazywamy cieplicami lub termami z wyróżnieniem takich, które, występując pośród krajów o położeniu geograficznym równem położeniu środkowej i południowej Europy, okazują temperaturę przynajmniej $+20^{\circ}$, jako cieplice właściwe albo bezwzględne lub absolutne.¹⁷ Znajdujemy u nich temperatury różnie wysokie aż do temperatury wrzącej wody.

Już źródło w Krentznach w Prusiech nadreńskich okazujące temperaturę 12.5° przy temperaturze średniej rocznej powietrzni obok oznaczane jest przynajmniej przez niektórych badaczy jako cieplica. Przykłady innych cieplic właściwych: 1) Jaszczurówka koło Zakopanego 20° , 2) Baden koło Wiednia 36° , 3) Cieplice Tenczyńskie na Węgrzech północno-zachodnich 40° , 4) Gastein w Alpach zaleburskich 49° , 5) „Sprudel“ w Karlsbadzie w Czechach północno-zachodnich $72-73^{\circ}$, 6) Albano koło Werony 84° , 7) Hammam-Meskoutine koło Constantine w Algeryi 96° .

Termy napotykaemy w bardzo różnych poziomach nad morzem, w Tybecie nawet w wysokości 4700 m. Należą one zresztą co do sposobu wypływu do różnych rodzajów źródeł, chociaż przeważają pomiędzy niemi wznoszące się szczelinowe.

Wysoka temperatura części cieplic ma swą przyczynę w pochodzeniu ze zbiorników wody wadoznej nadzwyczaj głęboko położonych, które ogrzewają się ogólnem ciepłem wnętrza ziemi, a więc termy takie można nazwać wadozno-plutonicznymi.

Przedewszystkiem głęboko sięgające szczeliny dyslokacyjne umożliwiają wodom opadowym dostęp do wielkich głębokości, skąd również szczelinami mogą wydobywać się one napowrót na powierzchnię jako źródła wznoszące się z przejętą w głębi ciepłota. Dlatego też spotykamy termy w niektórych obszarach ziemi rozłożone wzdłuż wybitnych linii dyslokacyjnych.

Ale także źródła wydobywające się u podnóża gór lub na dnice głębokich dolin górskich — chociażby drogą przeważnie poziomą albo mało pochyłą, czasem także jako źródła spływające warstwowe — przynoszą z wnętrza mas górskich na powierzchnię często temperaturę nawet bardzo wysoką.

Wymienione powyżej cieplice z wyjątkiem przytoczonych pod 5) i 6) uważane bywają ogólnie jako termy wadozno-plutoniczne.

Dla grupy cieplic występujących w Baden pośród pogórzy północnej Szwajcaryi z temperaturą $+ 48^{\circ} - 50^{\circ}$, dowodzi Alb. Heim, że wody ich pochodzą z opadów na wysokich górach wapiennych Szwajcaryi środkowej, które przebywają drogę ku północy w głębokości do 1.500 m popod Zurych i tam się ostatecznie dogrzewają. Zgodnie z tem okazują one wahania wydajności, zresztą przeważnie tylko nadzwyczaj małe, tylko 8%, w dobitnej zgodności z wahaniami opadu w wysoko-górskim obszarze zasilającym ich zbiornik, z półtora- do dwurocznym opóźnieniem.

Osobną pośród cieplic grupę stanowią źródła, które swą wyższą temperaturę otrzymują od wulkanizmu, więc termy „wulkaniczne“. Jeden ich rodzaj powstaje, gdy wody wadozne dostaną się podziemnie w bliskie sąsiedztwo czynności wulkanów. Wówczas lawy i pary wulkaniczne podnoszą mniej lub więcej temperaturę tych wód z góry przybyłych i przyczyniają się przynajmniej do wypychania ich ku powierzchni. Byłyby to termy wadozno-wulkaniczne. Pozostaje wreszcie jeszcze jeden — pewnie nie liczny i przez niektórych badaczy nawet kwestyonowany — oddział term: juwenilno-wulkaniczne, których woda powstałaby z wyziewów gorącej magmy wulkanicznej a po drodze ku powierzchni nie utraciłaby zupełnie swego pierwotnego ciepła.

Cieplica przytoczona powyżej pod 6) jest niewątpliwie wulkaniczna; bardzo prawdopodobnie są takimi także cieplice Karlsbadu a wielce poważni badacze uznali je nawet za juwenilne.

Często mamy w jednej termie złączenie różnego rodzaju cieplic i źródeł co do temperatury zwyczajnych.

Pominąwszy termy wulkaniczne, których gorąco musi być zmienne wskutek przebiegu intensywności działania wulkanicznego, zresztą temperatura cieplic jest w przybliżeniu stałą, naturalnie jeżeli przed swem wyjściem na powierzchnię nie łączą się one w podziemiu z wodami chłodnemi w ilościach czasowo się wahających. Ponieważ takie złączenia mogą być w ciągu czasów zmieniane przez dyslokacje, spowo-

dowane przede wszystkim przez trzęsienia ziemi, więc też i temperatura takich cieplic może się zmienić.

Czystość wód podziemia i źródeł.

Wodę uważa się za czystą, gdy przy zupełnej bezbarwności i przezroczystości nie zawiera w sobie zawieszonych względnie pływających cząstek mineralnych i ciałek organicznych. Tamte są często przyczyną mętności u wód zaskórnych, czasem także u płytkich wód gruntowych.

Czystą jest zwyczajnie woda w głębszych zbiornikach podziemnych a więc i w źródłach, które z nich wypływają, bezpośrednio przy wypływie, gdyż, chociaż woda opadowa przychodząc z powierzchni do podziemia prawie wszędzie zabiera ze sobą przez swój ruch (mechanicznie) czasem nawet znaczne ilości drobnych cząstek różnych ciał, to przecież przy przeciekaniu pośród skał przez cieniutkie dziurczki teksturowe i wąziutkie przedziałki, wskutek bardzo wielkiego zwolnienia ruchu, pozostawia je po drodze i oczyszcza się takim sposobem zupełnie. Wystarcza do tego już np. przejście wody przez parumetrowy pokład cienkiego piasku lub lössu albo przez 6—10 metrowy pokład średnio grubego żwiru.

Lecz obok zupełnych odczyszczeń i trwałych, stwierdzone zostały wielokrotnie nawet u głębszych wód podziemia oczyszczenia niezupełne chociażby tylko czasowo się uwydatniające. Mianowicie zbiorniki wielko-szczelinowe bez przegródek piaskowych a więc i wypływające z nich źródła często okazują czasowo, zwłaszcza po gwałtownych ulewach albo doraźnem topieniu śniegu na ich obszarze zasilającym, wodę mętną z powodu niedostatecznej w szerokich przepustach filtracji. Pouczającym w tym względzie jest doświadczenie nabyte przy wspomnianem już głównem źródle „Kaiserbrunnen“ pierwszego wiedeńskiego wodociągu. Pomimo swej wielkiej wartości wogóle wychodzi ono przecież niekiedy, nawet na przeciąg 2—3 dni, mętnie i zostaje z tego powodu od wodociągu wyłączane a zastępuje go niejako wtedy nieporównanie mniejsze źródło „Stixenstein“, także szczelinowe, które wypływa w oddaleniu około 13 km z tegosamego układu warstw co „Kaiserbrunnen“ i niezawodnie dostaje wodę z tegosamego obszaru opadowego, a przecież zawsze a więc i podczas mętności tamtego źródła wydaje wodę zupełnie czystą.

Wody zaskórne mogą być niekiedy bardzo czyste, mianowicie pośród obszarów górskich niepokrytych wegetacją. Ale w pobliżu

osad ludzkich zawierają one zwyczajnie bardzo dużo różnych nawet nieuzbrojonym okiem wprost dostrzegalnych zanieczyszczeń. Wody z pod torfiastej nawierzchni są zwykle żółtawo mętne z powodu zawieszonych w nich cząstek humusowych zabranych z powierzchni.

Często wody rzek wpływające przez żwiry do wód gruntowych wnoszą do nich swą mętność.

Najzwyczajniej w mechanicznie zanieczyszczonej wodzie zbiorników podziemnych, ale często także w wodzie na pozór czystej, znajdują się w bardzo różnych ilościach, nawet tysiącach w mm^3 , różnorodne, dopiero pod mikroskopem dostrzegalne drobnoustroje (mikroorganizmy), głównie bakterye. Pochodzą one także z powierzchni i pozostały w wodzie — przy możliwych wogóle dla ich istnienia warunkach — z powodu niewystarczającej w danym razie dla usunięcia ich naturalnej filtracji przy przeciekaniu wody przez skały, np. w płytkich wodach gruntowych pośród grubych żwirów i w zbiornikach wielkoszczelinowych bez przegródek piaskowych. Albowiem nawet zupełne miejscowe ustanie ruchu wody w podziemiu na zawartość bakteryi nie ma prawie żadnego wpływu.

Niezupełnie czyste wody oczyszcza się, w celu użycia ich, za pomocą (sztucznego) filtrowania; specjalnie dla użycia ich do picia muszą one być uwolnione od zarazków organicznych albo drogą chemiczną (sterylizacją), mianowicie przez odpowiednie dawki ozonu lub wapna chlorowego lub samego chloru, albo przez naświetlanie promieniami ultrafioletowymi.

Ujęcia źródeł mają też na celu ochronę przed zanieczyszczeniami z zewnątrz.

Jakość chemiczna wód podziemia i źródeł zwyczajnych.

Woda opadowa zawiera — pominiawszy ewentualne zanieczyszczenia mechaniczne — przedewszystkiem pochłonięte przez się powietrze, w ilości maksymalnej około 20 cm^3 na l wody (przy temperaturze 15° i ciśnieniu atmosferycznym 760 mm). W skład tego powietrza wchodzi jednak tlen w ilości prawie dwukrotnie, a bezwodnik węglowy w ilości nawet wielokrotnie większej od procentowego udziału tych gazów w powietrzu wolnym. Dalej znajdują się często w wodzie deszczowej sole sodowe i amonowe, ale w ilościach tak drobnych, przeważnie mniej niż 10 m^3 w l , że nie mają praktycznego znaczenia.

Powietrze pochłonięte znajduje się także we wszelkich wodach podziemia, w bardzo zresztą różnych ilościach i zwykle z odmiennymi w porównaniu z atmosferą stosunkami ilościowymi swych składników.

Wody podziemia posiadają więc bardzo często pewną ilość, parę do kilku *mg* w *l*, wolnego tlenu; lecz przecież nieraz brakuje go zupełnie.

Pominawszy to, znajdujemy u różnych wód podziemnych i źródeł bardzo wielką różnicę składu chemicznego. Najpierw wody zaskórne przedstawiają się pod względem chemicznym bardzo różnorodnie. W takich obszarach górskich oddalonych od osad ludzkich, które nie są pokryte wegetacją, prawie nie różnią się one od wody opadowej. Natomiast przede wszystkim w pobliżu siedzib ludzkich są zwyczajnie także chemicznie bardzo zanieczyszczone substancjami pochodzącymi z rozkładu ciał zwierzęcych, zawierają między innymi amoniak, siarkowodór, sole azotawe i azotowe, przy braku tlenu wolnego.

Wody towarzyszące torfowiskom nizinnym, mokrym łąkom i moczarowym zaroślom okazują zwykle, prócz obfitości bezwodnika węglowego i gazów węglowodorowych, znaczne ilości ciał humusowych węglanów, azotanów i fosforanów wapnia i żelaza.

U wód gruntowych zachodzą ważne różnice pod względem składu chemicznego przede wszystkim zależnie od tego, czy te wody mają chociażby czasową tylko łączność z nieczystymi wodami zaskórnymi, przez co się one same w różnym stopniu zanieczyszczają muszą.

Dalej, gdy i o ile wody gruntowe są zasilane przez rzeki lub jeziora, zbliżają się także pod względem jakości chemicznej do tych wód powierzchniowych (o których składzie chemicznym poniżej będzie mowa). Jeżeli zaś nie zachodzą wspomniane łączności, natenczas skład chemiczny wód gruntowych, mianowicie głębszych, wogólności nie przedstawia wybitnych, praktycznie ważnych różnic w porównaniu ze zwykłymi wodami wgłębniemi, a jakość chemiczną jednych i drugich poznamy razem w następnem rozpatrywaniu składu chemicznego ich wypływów, źródeł zwyczajnych. Tylko wody zbiorników wielkoszczelinowych nie posiadających odczyszczających przegródek piaskowych przedstawiają się czasem odmiennie, zbliżając się pod względem jakości chemicznej niekiedy do płytkich wód gruntowych a nawet do wód zaskórnych.

Źródła zwyczajne zawierają przede wszystkim ze składników gazowych, prócz innych składników powietrza, bezwodnik węglowy (CO_2) jako rozpuszczony a pozatem i wolny gaz, w ilościach bardzo różnych, wahających się najczęściej między 0.1 m^3 a 5 cm^3 czyli

między 0·2 *mg* a 10 *mg* w 1 wody. Już małe ilości tego gazu — może łącznie z zawartym tlenem — nadają wodzie „świeżość“ w smaku.

Dalej znajdują się we wszystkich źródłach rozpuszczone ciała, które zostaną następnie wyszczególnione, z których po odparowaniu wody — po ustąpieniu części lotnych — pozostaje reszta jako ciała stałe, i stąd nazwane są one zawartościami stałymi lub mineralnemi. Cała ich ilość, „suma“ w skróceniu: S, u zwykłych źródeł waha się najczęściej między 100 *mg* a 400 *mg* w 1; * rzadko jest mniejszą, chociaż znane są źródła, zawierające nawet tylko 25 *mg*; częściej natomiast cała zawartość mineralna jest znacznie większą od wymienionej o 100, nawet 200, 300 *mg*. Zawierające więcej niż 600 *mg* nazywane bywają „twardymi“ w przeciwstawieniu do reszty, „miękkich“.

Szczegółowo o składzie chemicznym wód źródłanych, pouczają wykonane przez chemików zupełne analizy chemiczne. Te przedstawiają jako wynik dochodzenia, oprócz oznaczeń odnoszących się do paru gazów, jedynie stwierdzenie obecności i ilości szeregu pierwiastków w wodzie się znajdujących, a tylko z niejakiem mniejszem lub większem prawdopodobieństwem można przypuszczać, jak stwierdzone pierwiastki są lub mogłyby ze sobą być złączone, przedewszystkiem w sole. Nowsza nauka chemii fizycznej, mianowicie w teorii jonów, wyjaśniła nawet, że w roztworach tak rozcieńczonych, jak je mamy w wodach podziemia, sole mogą tylko bardzo podrzędnie występować natomiast nieporównanie przeważająco znajdują się tylko ich części składowe, odrębne jony. Pomimo to będzie podawaną następnie dawnym sposobem rzekoma zawartość przypuszczalnych soli, a to z powodu, że teoria jonów poza kołami chemików nie jest jeszcze dostatecznie przejętą i rozpowszechnioną, przedstawienie jonowe mogłoby być dla wielu starszych czytelników niechemików nie łatwo zrozumiałe, podczas gdy dla obeznanych już z teorią jonów zrozumienie przedstawienia analiz według dawnej metody nieprzedstawia żadnej trudności.

Otóż, powołując się na powyższe zastrzegające objaśnienie, zaznaczyć wypada przedewszystkiem, że w wodach źródłanych pośród całej zawartości mineralnej przeważają zazwyczaj znacznie dwuwęglany mianowicie dwuwęglan wapniowy, który nigdy nie brakuje zupełnie, a bardzo często stanowi więcej niż połowę całej zawartości mineralnej. Stale obok niego pojawia się dwuwęglan magnezowy, lecz zwykle

* Także następnie podawane w *mg* lub *gr* ilości ciał zawartych odnoszą się zawsze do litra wody.

tylko w ilościach kilkakrotnie lub nawet wielokrotnie mniejszych. Nie zawsze, ale często znajdujemy dalej dwuwęglan żelazawy, czasem nawet w ilości 10—30 *mg.* Z tych dwuwęglanów cząsteczka bezwodnika węglowego oddziela się łatwo, np. przy ogrzaniu ale w części już także przy temperaturze zwykłej, na wolnem powietrzu, dlatego też pół uwięzioną się nazywa. Gdy to odłączenie nastąpi, wydziela się z wody zawierającej dwuwęglan wapniowy nieporównanie większa część powstałego w ten sposób normalnego węglanu wapniowego jako ciało stałe, kalcyt względnie aragonit.

Obok węglanu wapniowego odgrywa ważną rolę także siarczan wapniowy, gdyż w wodach wglębnych niektórych obszarów dorównywa niekiedy ilościowo węglanowi wapniowemu lub go nawet przewyższa, a tylko rzadko stwierdzono brak jego zupełny. Wślad zatem można między twardemi źródłami rozróżniać wapniowe i — nieporównanie rzadsze — gipsowe.

Wymienionym powyżej ciałom stale towarzyszą w zwyczajnej wodzie źródlanej chlorek sodu i kwas meta krzemowy (H_2SiO_3); ostatni tylko w ilościach poniżej 25 *mg.*, chlorek sodu zaś w ilościach znacznie większych, w niektórych obszarach do 350 *mg.*

Dalej zaznaczają analizy wód źródłanych często obecność węglanów lub siarczanów potasowców, zwłaszcza sodu, ale prawie zawsze w ilościach podrzędnych, poniżej 30 *mg.* Podobnie okazują się dość ogólnie i azotany, ale również w ilościach skąpych, poniżej 20 *mg.*, czasem jednak dochodzą do 100 *mg.* Wreszcie także dość powszechnie występuje drobna przymieszka fosforanów, zwykle poniżej 1 *mg.*

Dla objaśnienia tych stosunków niech posłużą składy chemiczne a) źródła (spominanego już) „Kaiserbrunnen“ koło Reichenau według F. C. Schneidera, b) głównego źródła w Regulicach koło Krakowa według K. Olszewskiego i, dodatkowo tutaj, c) wody studni próbnej w wodzie gruntowej koło Świerczkowa, użytej dla Tarnowa, według K. Trochanowskiego. Zawierają one — dla łatwiejszego przeglądu w liczbach zaokrąglonych — miligramów w litrze:

	a	b	c
dwuwęglanu wapniowego	168	264	507
„ magnezowego	32	106	87
„ żelazawego	ślad	ślad	18·5
siarczanu wapniowego	8	3	29
„ sodu i potasu	3	7	—
azotanu wapniowego	—	8	—

	a	b	c
chlorku sodowego	1·5	4	6
kwasu metakrzemowego	2·5	14	15·5
w całości składników stałych . .	219	406	663
bezwodnika węglowego (wolnego) .	29	17	20

Często wykazują analizy wód źródłanych także zresztą drobne zawartości jakichś zwykle bliżej nieokreślanych „ciał organicznych“, np. przy podanych powyżej analizach: a) 4 mg, b) 8 mg.¹⁸ Są to w części związki węglowodorowe, które dostały się do wody, przynajmniej czasem z otoczenia źródła. Tylko wyjątkowo stwierdzoną została w niektórych źródłach, i to wypływających ze zbiorników wielkoszczelinowych bez przegródek piaskowych, obecność także substancyj pochodzących z gnicia ciał względnie odpadków zwierzęcych, mianowicie azotynów, siarkowodoru i amoniaku, które zabrane przez wodę opadają z powierzchni lub ze szczelin ku powierzchni otwartych nie znikły z niej, oczywiście z powodu braku na krótkiej ich drodze podziemnej wystarczających ilości tlenu, przy którego obecności przedewszystkiem z azotynów powstałyby azotany.

Częściej spotyka się uważane „ciała organiczne“ w płytszych wodach gruntowych, zwłaszcza takich, które mają łączność z zanieczyszczonymi wodami powierzchniowymi a prawie zawsze w wodach zaskórnych w pobliżu siedzib ludzkich.¹⁹

Tak źródła jak i wogóle wody podziemia o przedstawionej powyżej jakości chemicznej, u źródeł i wód wglębnych najzwyczajiej, u wód gruntowych często, niekiedy także u wód zaskórnych spotykanej, więc chemicznie zwyczajne czyli obojętne, gdy przytem są tak mechanicznie jak bakteriologicznie czyste i posiadają temperaturę przynajmniej niewiele wyższą od 12°, mogą być jako zdrowotne trwale przez ludzi używane do picia. Odpowiadają one wtedy w zupełności przyjętym ogólnie wymogom higieny. Do tych należy w pierwszym rzędzie nieobecność nawet drobnych, samych dla siebie nieszkodliwych ilości azotynów i znaczniejszych ilości amoniaku jako wskaźników nieprzerwanej łączności danych wód z siedliskami i złożami gnijących substancji zwierzęcych, która to łączność w ciągu czasu przy różnych okolicznościach wspierających mogłaby stać się dla zdrowia wielce niebezpieczną. Zwłaszcza gdy pod tym względem ale i pod względem jakości chemicznej w ogólności zachodzi wątpliwość co do zdrowotności danej wody do picia potrzebne jest zbadanie geologicznych stosunków jej występowania a mianowicie jej pochodzenia i łączności

z powierzchnią, ewentualnie za pomocą fluoresceiny lub podobnych środków. Jako dalsze wymogi dobrej wody do picia bywają podawane następujące: Całość zawartości mineralnych niepowinna przekraczać 600 *mg* i niepowinna zawierać więcej niż 35 *mg* chlorku sodowego, 80 *mg* bezwodnika kwasu siarkowego (SO_3), 20 *mg* bezwodnika kwasu azotowego (N_2O_5). Lecz nieraz ostatnio wymienione wymogi bywają nieuwzględniane, mianowicie co do chlorku sodowego i bezwodnika kwasu siarkowego przyłączonego do wapnia, bez wyraźnej szkody dla używających z konieczności wody z nadmiernymi zawartościami tych ciał, zwłaszcza po dłuższem przyzwyczajeniu.

Dalej bardzo niepożądaną jest w wodzie do picia mianowicie sprowadzanej wodociągami zawartość żelaza większa niż 0.3 *mg* (czyli 1.2 *mg* dwuwęglanu żelazawego), gdyż powstający z tego przy przystępie tlenu wodorotlenek żelazowy ($\text{Fe}[\text{OH}]_3$) brudzi wodę i nagromadzając się miejscami zwięża i zatyka rurociągi; przytem woda taka jest także nieprzydatną dla niektórych celów fabrycznych. Jednocześnie usunięcie nadmiaru żelaza. „odżelaznienie“ wody, nieprzedstawia wielkich trudności względnie znaczniejszych kosztów, tylko że przy najzwyczajniejszym sposobie odżelaznienia, przez przewietrzanie, woda traci większą część zawartego bezwodnika węglowego. Niekiedy jednak żelazo zawarte w wodach gruntowych mających łączności z bagnami torfiastymi przyłączone jest do ciał humusowych i wtedy usunięcie jego jest trudniejszem. Zresztą woda posiadająca znaczniejsze ilości wolnego bezwodnika węglowego przy obecności tlenu nabywa żelazowości w przepływie przez rury żelazne wskutek nagryzania tychże. Bardzo podobną rolę jak żelazo odgrywa w wodach podziemia mangan, którego obecność dawniej przy analizach zostawała przeoczona obecnie jednak bardzo ogólnie stwierdzoną.

Zwyczajne wody podziemia często bywają używane do wytwarzania pary wodnej w kotłach parowych. Do tego celu nieodpowiednią jest woda ze znaczniejszą zawartością połączeń wapnia i magnezu, głównie węglanów i siarczanów, gdyż przy jej odporowaniu grubo narasta złożony z tych ciał osad na ścianach kotłów, szkodliwy dla produkcji „kamień kotłowy“.

Przedewszystkiem ze względu na to użycie, ale również także i dla osadzenia przydatności wody do picia jakoteż do innych użytków domowych i przemysłowych, wyraża się zawartość w niej tlenków wapnia i magnezu zapomocą „stopni twardości“ przyjmując 10 *mg* tlenku wapniowego a 7 *mg* tlenku magnezowego jako jeden stopień

„niemiecki“. „Francuskie“ stopnie twardości wyrażają zawartość węglanu wapnia i magnezu, tak, że jeden stopień francuski równa się 0·56 stopnia niemieckiego.

Twardość wód, których skład chemiczny przedtem został podany byłaby w stopniach niemieckich: u źródła a) = 7·3, u źródła b) = 13 a u wody c) = 12.

Wody okazujące więcej niż 25 stopni twardości niemieckiej są uważane — pomimo znanych wielkich przekroczeń tej granicy — jako nie odpowiednie do picia, a do kotłów parowych unika się użycia już wód 20-stopniowych.

Zresztą można z wody twardej przeważającą część jej węglanu wapniowego i magnezowego usunąć przez gotowanie; pozostaje przytem twardość „stała“, pochodząca głównie od zawartości siarczanu wapniowego i soli sodowych.²¹

Źródła mineralne.

Obok powyżej scharakteryzowanych chemicznie zwyczajnych wód podziemia względnie źródeł występują liczne źródła a więc i wody wgłębne o składzie chemicznym nadzwyczajnym przez to, że albo posiadają ciała występujące w wodach zwyczajnych w ilościach nieporównanie większych, albo że znajdują się w nich zawarte chociażby w małych ilościach składniki takie, które w źródłach zwyczajnych nie występują. Z tych wód, łączących się zresztą przez liczne odmiany przejściowe ze źródłami zwyczajnymi, głównie te liczne, które używane bywają jako „lecznicze“, nazywane bywają mineralnemi.²²

Najgłówniejsze ich rodzaje są następujące:

Źródła radioaktywne. Zawierają znaczniejsze ilości „emanacji radioaktywnej“. Pod względem temperatury przedstawiają się różnie, chociaż przeważają między nimi cieplice; co do ilości rozpuszczonych ciał stałych przeważnie są ubogie.

Najlepiej zbadanym z tej grupy jest źródło główne („Elżbiety“) w Bad Gastein pośród Alp zaleburskich (wadozne szczelinowe) o temperaturze 49·2°, z wydajnością blisko 2·2 m³. Posiada ono emanacji radioaktywnej 133 jednostek Machego, przy zawartości mineralnej w całości 400 mg, na którą składa się głównie: dwuwęglan wapniowy 80 mg, dwuwęglan sodowy 50 mg, siarczan sodowy 160 mg, kwas metakrzemowy 50 mg; dalej występuje 10 mg wolnego bezwodnika węglowego. Niektóre podziemne źródła w Joachimstal (Czechy północno-

zachodnie) okazują dużo ponad 1000 jednostek Machego w litrze wody, przy temperaturze normalnej i przy zawartości chemicznej ubogiej, zresztą zwyczajnej.

Szczawy (proste) posiadają, przy zawartości mineralnej w całości poniżej 1 *gr*, bezwodnik węglowy w ilości większej niż 1 *gr* a dochodzącej do kilku *gr*.

Występuje on najprzód jako pochłonięty (rozpuszczony) a potem jako zupełnie wolny, wydobywający się z wody w „perełkach“, przedewszystkiem wskutek zmniejszenia się ciśnienia przy wyjściu na powierzchnię, więc też w zmiennej ilości przy zmianie ciśnienia. Przy ilości około 100 *mg* daje się już smakiem odczuwać.

Przykład: Źródło „Herma“ w Nowym Jaśniku na Morawii zawierające, obok całości mineralnej 440 *mg*, 2·41 *mg* wolnego bezwodnika węglowego.

Jako już przedtem wspomniano, parcie zawartego bezwodnika węglowego jest czasem przyczyną wytryskowego wydobywania się wody z podziemia, jak np. w Rank koło Koszyc.

Szczawy występują najczęściej w pobliżu wulkanów wygasłych, np. w okolicach nadreńskich na północny-zachód od Kobleneyi. Przy bardzo wielkiej obfitości bezwodnika węglowego bywa on, zarówno jak i wydobywający się samodzielnie z podziemia „suchy“ takież gaz, używany do produkeyi płynnego kwasu węglowego. W roku 1899 wynosiła produkeya jego w Niemczech zachodnich 90.000 *q*.

Często występują w źródłach obfitujących w bezwodnik węglowy znaczne ilości różnych węglanów. Mamy wtedy szczawy złożone. Poznamy je następnie jako odmiany dalszych rodzajów źródeł mineralnych.

Źródła węglowodorowe, u których do wody przyłączone są gazy i płyny naftowe, w bardzo różnych ilościach aż do przejść do źródeł naftowych. Jako przykład może posłużyć wspomniany na stronie 23 Kane Geysir.

Źródła sodowe (alkaliczne). U tych w zawartości mineralnej, przewyższającej razem 1 *gr*, panują sole sodowe. Przy bogactwie węglanu jednosodowego występuje zwykle obficie bezwodnik węglowy, więc mamy wtedy szczawy sodowe.

Przykłady: Źródło Franciszka Józefa w Gießhübel w północno-zachodnich Czechach posiada 1·36 *gr* węglanu jednosodowego obok 2·5 *gr* wolnego bezwodnika węglowego przy $S = 1·73$ *gr*; źródło IV w Bilinie, tamże, zawiera wymienionych składników 5 względnie

2·32 gr; S = 7·31 gr. Bardzo zbliżony skład chemiczny okazują cieplice występujące w mieście Vichy we Francji południowej.

W szczawach słono-sodowych przyłącza się znaczniejsza ilość chlorku sodu. Np. źródło w Krościenku koło Szczawnicy okazuje, obok 4·60 gr węglanu jednosodowego i 2·07 gr wolnego bezwodnika węglowego, 2·51 gr chlorku sodowego, przy całej zawartości mineralnej 8·87 gr; źródło „Magdaleny“ w Szczawnicy zawiera wymienionych składników 7·15, względnie 1·48, względnie 4·97 gr, przy S = 13·91 gr. Innego rodzaju źródłem alkalicznem jest cieplica „Sprudel“ w Karlsbadzie, gdyż zawiera 2·39 gr siarczanu sodowego obok 2·05 gr węglanu jednosodowego i 0·85 gr chlorku sodu, przy S = 6·35 gr i 0·40 gr bezwodnika węglowego (wydajność jego 1·7 m³).

W szczawach wapniowych znajdują się obok bogactwa w wolny bezwodnik węglowy wielkie ilości dwuwęglanu wapniowego, często obok znacznych ilości dwuwęglanu magnezowego. Do nich należy źródło „burkut“ nad Czeremoszem Cz. w Karpatach wschodnio-galicyskich, zawierające 1·08 gr dwuwęglanu wapniowego i 1·03 gr dwuwęglanu magnezowego (S = 2·79 gr), a przytem 2·33 gr wolnego bezwodnika węglowego.

Źródła żelazowe zawierają co najmniej 10 mg żelaza, a to albo w dwuwęglanie żelazowym, zwykle przy znacznej ilości wolnego bezwodnika węglowego, i wtedy mamy szczawy żelaziste, albo w siarce żelazowym,* często z przyłączeniem kwasu siarkowego, a wtedy nazywają się witiolowymi. Przykład pierwszych w typie czystym mamy w źródle Piotra w m. Dorna Watra na Bukowinie, które zawiera 0·269 gr dwuwęglanu żelazowego (= 70 mg żelaza) przy całej zawartości mineralnej 0·449 gr i 1·46 gr wolnego bezwodnika węglowego. Źródło „główny“ w Krynicy jest szczawą żelazistą magnezowo-wapniowo-sodową, gdyż zawiera, obok 30 mg dwuwęglanu żelazowego, 2·52 gr dwuwęglanu wapniowego, 0·41 gr dwuwęglanu magnezowego, 0·3 gr węglanu jednosodowego, przy S = 3·26 gr, dalej do 2 gr wolnego bezwodnika węglowego (wydajność tego źródła wynosi 45—46 l; nie zmniejszyła się nawet w czasie nadzwyczajnej posuchy w roku 1904). Do witiolowych należy między innymi źródło występujące w Levico-Vetriolo (Alpy trydentyjskie), które obok 5·13 gr siarczanu żelazowego zawiera także 1·35 gr wolnego kwasu siarkowego i 6 mg kwasu arsenawego (S = 8·02 gr). Kwasu arsenawego występuje w źródle

* Ten daje się odczuwać smakiem już w ilości powyżej 7 mg.

koło Schlaackentalmühle w mieście Reichenstein (Sudety północne) według J. Wysogórskiego 7 mg.

Wody gorzkie obfitują w siarczan magnezowy zwykle obok siarczanu sodowego. Nieporównanie częściej niż ze źródłami mamy w tym razie do czynienia z wodą warstwowo-węglaną wydostawaną w studniach. Występujące pośród Budapesztu wody „budzińskie“ zawierają po kilkanaście gr wymienionych siarczanów obok zwyż 7 gr węglanu jednosodowego i 2 gr chlorku sodowego. W „zdroju Bonifacego“ w Morszynie koło Stryja wyst. 18·95 gr siarczanu magnezowego, 18·04 gr siarczanu sodowego, 20·84 gr chlorku sodowego, 10·82 gr chlorku potasowego (S. = 70·26). Do tej grupy należy także dobytą wierceniem w głębokości 400 m cieplica w mieście Krozingen koło m. Freiburg w księstwie Badeńskim, która wydaje 4·8 m³, byłaby więc najobfitszą (lecniczą) wodą mineralną Europy.

Źródła solankowe okazują wielką zawartość chlorku sodowego od 0·4 gr, przy której — przynajmniej dla ludzi wrażliwszych — on się już w smaku uwydatnia, aż blisko do ilości nasycającej (około 260 gr). Np. koło miasta Reichenhall w Alpach wapiennych w Bawaryi występuje źródło („Edelquelle“), zawierające go 227 gr (obok 6·5 gr siarczanów wapnia, magnezu i sodu). W Delatynie nad Prutem w Karpatach wschodnio-galicyjskich, czerpią z płytkiego podziemia solankę zawartości 242·4 gr chlorku sodowego, a przy całym galicyjskim i rumuńskim brzegu karpackim, zawierającym złoża soli, występują, podobnie jak i w innych obszarach solonośnych, liczne źródła solankowe o bardzo różnem nasyceniu.

Niekiedy okazują się w nich przyłączone małe ilości jodku i bromku sodowego, jak np. w zdroju Karola w Iwoniezu, pośród Karpat średniej Galicyi, który (według analizy K. Trochanowskiego) zawiera obok 8·29 gr chlorku sodowego i 0·12 gr chlorku potasowego zwyż 0·03 gr bromku sodowego i 0·02 gr jodku sodowego, przy 10·86 gr całej zawartości mineralnej i 0·63 gr wolnego bezwodnika węglowego.

Czasem okazuje się znaczniejsza zawartość wolnego bezwodnika węglowego, mamy więc wtedy szczawy solankowe. Taką jest np. woda wspomnianej już studni wytryskowej w Naubeim, cieplicy o 30°, z wydajnością około 300 l'. Zawiera ona, obok paru innych chlorków w ilościach dosyć okazałych, 19·54 gr chlorku sodowego, 2·13 gr dwuwęglanu wapniowego (S = 24·96 gr), a przytem 3·96 gr wolnego bezwodnika węglowego.

Źródła siarkowe wyróżniają się chociażby tylko drobną zawartością siarczku wodorowo-sodowego (NaHS), rzadziej siarczku wodorowo-wapniowego ($\text{Ca}[\text{HS}_2]$), lub siarkowodoru albo dwu lub wszystkich trzech tych ciał, często z przyłączeniem znacznej ilości siarczanu wapniowego. Np. źródło w Lubieniu wielkim koło Lwowa zawiera 0·47 *gr* siarczku wodorowo-sodowego i 0·07 *gr* siarkowodoru obok 1·50 *gr* siarczanu wapniowego przy 2·39 *gr* całość zawartości mineralnej. Źródło „surowica“ w Truskawcu (Podkarpacie Galicyi wschodniej) jest solankowo-siarkowem, gdyż zawiera, obok 234·09 *gr* chlorku sodowego, 3·51 *gr* chlorku potasowego, 2·29 *gr* chlorku magnezowego, 5·29 *gr* siarczanu sodowego i 1·89 *gr* siarczanu wapniowego, 0·02 *gr* siarczku wodorowo-sodowego i 0·02 *gr* wolnego siarkowodoru, przy 248·50 *gr* całość zawartości mineralnej.

Źródło „Georgenquelle“ w mieście Landeck w Sudetach północnych jest ciepłą siarkową bardzo radioaktywną, gdyż okazuje 206 jednostek Machego, posiadając 0·002 *gr* siarczku wodorowo-sodowego przy całej zawartości mineralnej (tylko!) 0·164 *gr* (przy braku siarkowodoru i bezwodnika węglowego).

W wodach gipsowych występuje, zwykle obok innych składników źródeł obojętnych, bardzo obficie siarczan wapniowy, czasem w ilości wyż 1 *gr*. Takie wody występują nierzadko w podziemiu zawierającym pokłady gipsowe. Lecznicza cieplica w Leuk w Szwajcaryi zawiera 1·68 *gr* siarczanu wapniowego przy całej zawartości mineralnej 2·61 *gr*.

Źródła krzemionkowe zawierają nadzwyczaj wielkie, niekiedy 1 *gr* przewyższające ilości kwasu metakrzemowego. Sąto źródła przeważnie wulkaniczne, w części wytryskujące wskutek parcia powstającej w ich spodzie przegrzanej pary wodnej.

Jak się to już z powyższego zestawienia uwydatnia, tylko część — może przeważna — źródeł mineralnych, jest cieplicami; wiele z tych należy do źródeł chemicznie obojętnych. Np. źródło w Pfäfers (Szwajcaryja północno-wschodnia) o temperaturze 37·5°, zawiera tylko składniki źródeł zwyczajnych, razem w ilości 290 *mg*.

W części źródeł mineralnych stwierdzono prawie zupełną stałość składu chemicznego w ciągu dziesiątek lat. Tak np. analizy źródła „Kochbrunnen“ w m. Wiesbaden (Prusy nadreńskie), słabo solankowej, wytryskującej cieplicy o temperaturze 68°, wykazały przy

powtórzeniu wykonania po 36 latach tylko 0·3% różnicy co do całej zawartości mineralnej. Lecz częściej objawiają się u źródeł mineralnych wahania nawet znaczniejsze, chociaż odnoszące się przeważnie tylko do sumy zawartych ciał i to najczęściej w łączności z wahaniami wydajności a więc oczywiście spowodowane chwiejnością co do ilości dopływów bocznych wody podziemnej albo słabiej mineralnej albo chemicznie obojętnej. Wogóle źródła nie zmieniające się pod względem ilościowym i co do temperatury w ogólności mniej ulegają zmianie także co do ich jakości chemicznej; u innych mogą nastąpić zmiany przede wszystkim wskutek zmiany ich połączeń podziemnych a mogą też i przez różne inne działania geologiczne być spowodowane. Albowiem niewątpliwie skład chemiczny tak źródeł jak i wód podziemia wogóle, mianowicie różnice uwydatniające się w porównaniu z wodą opadową, z której w nieporównanie większej części powstają, pochodzą z oddziaływania chemicznego wody krążącej w podziemiu na skały otaczające, także pod względem chemicznym różne, często przy potęgującym zasilaniu wyziewami podziemia plutonicznego. Te działania nawet przy niezmiennych się stosunkach geologicznych muszą same w sobie być przebiegowo-zmienne, gdyż niszczony materiał ostatecznie znika, przeistaczany zaś zmienić się musi. Tem więcej zmiana chemiczna wody podziemia nie może być jednakową, gdy także innego rodzaju przewroty w stosunkach geologicznych pośród wielu jego obszarów się uskuteczniają.

Pominąwszy takie, na których przynajmniej przeważająco wpływa wulkanizm, zresztą źródła o nadzwyczajnym składzie chemicznym (jakoteż cieplice) często występują na liniach lub pasach dyslokacyj-tektonicznych, gdzie ich wydobywanie z głębszego podziemia jest ułatwione przez powstałe przerwy, pęknięcia.

Bliżej o tych wszystkich stosunkach genetycznych pouczają dotyczące oddziały geologii dynamicznej.

Ze względu na ich ważność ogólniejszą, już dla chemicznie zwykłych do picia sprowadzonych wód podziemia i źródeł, a tem więcej dla źródeł leczniczych zostają przez władze wyznaczane na powierzchni „obszary ochronne“, pośród których przede wszystkim roboty górnicze, które mogłyby wydobywanie tych wód przez uszkodzenie ich ilości i jakości udaremnić, a dalej cudze odprowadzania wody zostają zabronione. W jakiej rozciągłości tego rodzaju obszary ochronne w danych razach należy wykreślić, może tylko dla każdego

pojedynczego przypadku być wskazane na podstawie szczegółowych badań geologicznych na miejscu i to tylko z przybliżoną pewnością co do uchylenia szkody dla chronionego przedsięwzięcia wodnego z jednej a innych sąsiednich interesów z drugiej strony.

Powierzchniowe zbiorniki wody na lądzie.

Rzeki.

Wydobywająca się z podziemnych zbiorników przez źródła na zewnątrz woda tworzy często bezpośrednio przy wyjściu sama dla siebie małe, „źródlane“, jeziorka i strumyki, ale dalej uchodząc wnet łączy się z wodą opadową spływającą po powierzchni i z tych obu rodzajów wód razem złączonych powstają przede wszystkim potoki i rzeki.

Ilość wody w każdej rzece, jej stan, zależy najprzód od ilości i jakości opadu na zasilającym ją obszarze, jej zlewni, od całości stosunków meteorologicznych w tej okolicy warunkujących odparowanie, od ukształtowania orograficznego naziomu, od stosunków jego wegetacji naturalnej i kulturalnej, a dalej także w znacznej mierze od budowy geologicznej podziemia tego obszaru, według której część opadu pochłonięta w podziemiu zostaje pośród niego do rzeki doprowadzana lub przeciwnie na sąsiednie obszary odprowadzana.

Ponieważ z wymienionych momentów stan wody w rzekach warunkujących meteorologiczne podpadają ciągłym zmianom, więc tenże jest także mniej lub więcej zmiennym, najprzód w ciągu roku a dalej w dłuższych okresach czasu. U małych rzeczek wahanie idzie aż do zupełnego zanikania. Tak np. w czasie nadzwyczajnej posuchy lata 1904 „jakiej od wieków niepamiętano“, górne części średnio-karpackich rzek: Skawy, Raby, Białej, Ropy i Wisłoki wyschły na jakiś czas zupełnie. U małych rzek nieraz najmniejsza ich woda, pochodząca prawie wyłącznie z dopływów podziemia, źródeł zwyczajnych i podwodnych, jest tylko paręsetną częścią ich wody przy wezbraniu.

Wogóle zmienność stanu wód w rzekach jest tem mniejszą, im większy udział w ich zasilaniu mają dopływy z podziemia.

Nawet u wielkich rzek wahania są parodo kilkunastokrotne. Np. rzeka Loire waha się koło miasta Nevers zwyż trzystakrotnie,

Sekwana koło Paryża około sześćdziesiątkrotnie, Wisła koło Warszawy koło piętnaściekrotnie, Dunaj koło Wiednia trzynaściekrotnie, Łaba okazuje koło Magdeburga wahania zwyż pięciokrotne, a także cała ilość przepływającej w niej wody w różnych latach jest do dwukrotnie różną.

Wogólności wynoszą rzeki najczęściej średnio 25% do 30% opadu atmosferycznego na ich obszarze zasilającym. Np. Łaba wynosi z Czech przy Dzieczynie (Tetschen) około 25%, Wisła i Dniepr nieco tylko więcej, Wołga zwyż 31% opadu swego dorzecza.

Ponieważ momenty, od których zależy ilość wody w każdej rzecie w części, mianowicie co do stosunków meteorologicznych, są nader zmienne i zawiłe, w części, jak co do stosunków geologicznych, zwykle tylko niedostatecznie znane, przeto oznaczenie przedwstępne stanu wody, mianowicie z wielkości dorzecza i opadu atmosferycznego na niej, najczęściej nie jest wykonalne z dostateczną dla celów praktycznych dokładnością. O stanach wody w czasie minionym pouczają spostrzeżenia i pomiary w przeciągu dłuższego czasu wykonane, które mogą służyć jako wskazówki odnośnie do tejsamej rzeki na przyszłość. Ale przenieść te doświadczenia na inne rzeki można tylko wtedy, gdy dotyczące stosunki warunkujące są przynajmniej blisko równe, co jednak, pominąwszy blizkie sąsiedztwa, tylko rzadko się zdarza.

Poruszając się w kierunku pochyłości naziomu rzeki albo dochodzą aż do morza albo kończą swój bieg pośród łądu i to w dwojaki sposób. Jedne wpływają do jezior „zamkniętych“ tj. nieposiadających odpływu powierzchniowego, inne chowają się w podziemiu. Dzieje się to najprzód w ten sposób, że rzeka, napotkawszy, w swym biegu w skałach tworzących dno jej koryta otwory szczelinowe, zapada i płynie podziemnie, jak to mianowicie nierzadko się zdarza w obszarach krasowych ale czasem i pozatem. Tak np. Dunaj płynie w południowo-wschodniej części księstwa Badeńskiego między miastem Immendingen a Möhringen po układzie warstw wapienia zbitego, silnie popękanego i zapada prawie corocznie w porze letniej, gdy ilość jego wody wynosi tylko około 120 m³, w szczeliny swego podłoża, znikając na przestrzeni 2—3 km zupełnie z powierzchni. Przekonano się, że silne źródło Aach, które w południowo-zachodnim oddaleniu 11 km a przytem w poziomie o 165 m niższym wypływa, pochodzi z wymienionego przegubu Dunaju, gdyż rzucona doń sól (100 g) okazała się dobitnie w uważanem źródle, w pierwszych wyraźnych śladach już po 20 godzinach.

W innych razach zanik rzeki z powierzchni następuje tym sposobem, że ona dochodzi w swym biegu do obszaru zaścielonego tak potężnymi masami żwirów i piasków, że cała jej ilość wody — zwłaszcza gdy płynąc przez suche pustynie zostaje przez silne odparowywanie zmniejszoną — przy braku nieprzepuszczalnego podłoża zacieka stopniowo w przylegające piaski-żwiry i przemienia się ostatecznie w całości na wodę gruntową tego obszaru.

W obu razach może nastąpić ponowne wydobycie się na powierzchnię.

Częściej niż na zupełne ustąpienia rzek z powierzchni napotykamy miejscowo wzdłuż ich biegu na częściowe znaczne oddawanie wody do podziemia. Mianowicie, o ile tylko koryto ich jest przepuszczalne, wpływają one, jakto już przedtem powiedziano, do sąsiednich wód gruntowych, trwale lub tylko czasowo, przy wezbraniach, i zwiększają ich stan.

Takim więc sposobem rzeki, chociaż w ogólności odwadniają różnie wielkie obszary powierzchni jakoteż podziemia, to przecież sprawiają w innych miejscach nawodniania przylegających pól ziemi.

Lecz także i wtedy, gdy rzeka nie może wlewać swej wody do przylegającej wody gruntowej, przecież przy wezbraniach zwykle spiętrza jej stan, podnosi jej zwierciadło, przynajmniej w pobliżu, a to wskutek zatamowania jej spływu do swego koryta.

Najczęściej też przez sztuczne pogłębienie koryta rzeki i spowodowane przez to stałe obniżenie jej stanu średniego obniża się także stale zwierciadło wody gruntowej w przylegającej okolicy.

Temperatura rzek jest zmienną podobnie jak powietrzni. W prawdzie u nich wahania tak dzienne jak roczne są znacznie mniejsze niż u powietrzni przytykającej, ale są one znacznie większe niż w przylegającym podziemiu.

Przedewszystkiem rzeki górskie są wogóle w zimie cieplejsze a w lecie zimniejsze w porównaniu do powietrzni. Mianowicie u rzek nizinnych średnia temperatura roczna jest zwykle nieco wyższą niż temperatura powietrzni a więc i podziemia przylegającej okolicy. W razie, gdy wody rzek wchodzą do przytykających wód gruntowych, wymienione właściwości ich temperatury wpływają także na temperaturę tychże; skutki tego wpływu uwidoczniają się, aczkolwiek w stopniu zmniejszonym, prawie zawsze wyraźnie i mogą czasem służyć za dowód wejścia wody rzecznej.

Według nadarżających się różnych sposobności zabiera ruch wody do rzeki spływającej i w niej panujący pyłki mineralne i niesie je łącznie z naniesionymi przez wiatry jako męty, w ilości miejscowo i czasowo różnej. Ustępuje ta mętność przez osadzenie się mętów na dnie dopiero po zupełnem ustaniu ruchu. Nieraz dostaje się ona z wpływającą wodą rzeki do wody gruntowej zawartej w przylegających żwirach i grubszych piaskach.

Mianowicie w pobliżu miast, przez otrzymane dopływy z zanieczyszczonej powierzchni i płytkiego podziemia wzmaga się w rzekach bardzo ilość zawartych drobnoustrojów, ale w dalszym ich biegu to zmnożenie się ich stopniowo znika, głównie pod wpływem promieni słonecznych, przez działanie utleniające pochłoniętego powietrza tudzież wskutek pochłaniania drobnoustrojów przez wyżej uorganizowane zwierzątka wodne.

Co do składu chemicznego, to u przeważającej części rzek większych odpowiada on mniej więcej składowi chemicznemu uboższych w mineralne rozczyzny źródeł zwyczajnych, czyli, można powiedzieć, woda ich przedstawia się jako bardzo rozcieńczona przez dopływ opadu atmosferycznego woda źródeł obojętnych, gdyż źródła o niezwykłej jakości chemicznej, mineralne, z powodu swej rzadkości i stosunkowo małej wydajności, znaczniejszego wpływu na jakość chemiczną nieporównanie większej masy rzek niewywierają.

Więc cała ilość rozpuszczonych ciał mineralnych wynosi u większej części rzek średnio między 200 a 350 *mg*. Tak np. w Wiśle koło Warszawy 302 *mg* (w tem 154 *mg* dwuwęglanu wapniowego i 19 *mg* dwuwęglanu magnezowego), w Renie koło Kolonii blisko 255 *mg*, w Dunaju koło Budapesztu 238 *mg* i składa się głównie: z dwuwęglanu wapniowego — około 58%, dwuwęglanu magnezowego około 12%, siarczanu wapniowego zwyż 5%, siarczanu magnezowego około 15%, siarczanów potasowców — około 5%, chlorku sodowego — około 3·5%, kwasu metakrzemowego — około 2% (obok zupełnie podrzędnych ilości połączeń żelaza, tudzież fosforanów, azotanów itd.). Do tych ciał przyłącza się jednak zwyczajnie pewna ilość „ciał organicznych“, pochodzących przeważnie z rozkładu organizmów żyjących na powierzchni, także ciał humusowych.

Przedewszystkiem te „ciała organiczne“ okazują się w jednej i tej samej rzece miejscowo w bardzo różnych ilościach, zwykle znacznie zwiększonych w pobliżu wielkich miast, poniżej których ustępują wskutek przemian chemicznych. Ale także i zawartość rozczyznów

mineralnych może w różnych częściach biegu rzeki okazywać znaczne ilościowe różnice, zwłaszcza z powodu otrzymywania miejscowego obfitszych, chemicznie wyróżniających się dopływów. Np. Dunaj zawiera w całości ciał mineralnych w Bawaryi koło Regensburga 329 *mg* a około Passau już tylko 173 *mg*.

Zresztą cała zawartość chemiczna w górskich częściach rzek jest przeważnie mniejszą niż w ich częściach nizinnych, a to z tego powodu, że tu one więcej niż w górach bywają zasilane wypływami zbiorników głębszego podziemia, które są zazwyczaj bogatsze w ciała mineralne.

Ilość pochłoniętego bezwodnika kwasu węglowego jest w rzekach przeważnie znacznie mniejszą niż u źródeł zwyczajnych.

Przy odpowiedniej sztucznej filtracyi i sterylizacyi także wody rzek mogą być użyte do picia. Tak np. zaopatrują się w wodę do picia: Warszawa z Wisły, Londyn (przeważnie) z Tamizy górnej.

Od przedstawionego powyżej składu chemicznego stwierdzono u niektórych rzek odstępstwa, czasem nawet bardzo znaczne. Tak np. u rzeki Amazonki, która otrzymuje tylko bardzo podrzędne dopływy źródlane, wynosi cała ilość rozpuszczonych ciał mineralnych tylko około 70 *mg*; przeciwnie rzeka Jordan zawiera ich średnio zwyż 1 *gr*, w tem: 500 *mg* chlorku sodowego, 250 *mg* chlorku magnezowego, 180 *mg* dwuwęglanów wapnia i magnezu i 70 *mg* różnych siarczanów. U rzek brazylijskich przeważnie a także w części u rzeki Kongo w Afryce występuje około 28 *mg* substancyi humusowych, barwiących wodę żółtawo, jasno lub nawet ciemno-brunatnie.

Małe rzeczki i potoki częściej jeszcze zbliżają się mniej lub więcej w swym składzie chemicznym do źródeł twardych, wyjątkowo nawet do źródeł mineralnych. Tak np. rzeczka Aa w Kurlandyi zawiera 98 *mg* siarczanu wapniowego obok 27 *mg* siarczanu magnezowego, okazuje więc 15 stopni twardości niem., a rzeczka Chelif koło Orleansville w Algeryi posiada około 700 *mg* rozpuszczonych ciał mineralnych.

W każdym razie wszelkie rzeki okazują co do całej zawartości roczynów mineralnych wahania czasowe: są uboższe przy wezbraniach gdyż doraźne zwiększanie w rzece, zasilanej w czasie posuchy przeważnie przez źródła, pochodzi wyłącznie albo bardzo przeważająco z chemicznie czystszych wód opadowych, więc powoduje rozcieńczenie roczynu. Różnice stąd pochodzące dosięgają często dwu-lub trójkrotności, a wyjątkowo są jeszcze większe.

Jezióra.

Jezióra, przeważnie małych rozmiarów i często o bardzo zmiennym stanie, które napełniają się tylko wprost z opadu atmosferycznego, włącznie z topieniem śniegu i lodu, zwłaszcza gdy mają odpływy, albo powierzchniowe albo w podziemiu, posiadają wodę różniącą się chemicznie tylko nieznacznie od wody opadowej, gdyż nie miała ona sposobności nabrać rozczynów.

Jezióra, zasilane przez potoki i rzeki, których odpływ tylko mało jest mniejszy od dopływu, tudzież jeziora utrzymywane przez wodę gruntową, tylko nieznacznie różnią się pod względem chemicznym od rzek i wód podziemia o skąpej, zwyczajnej zawartości mineralnej. Np. u jezior szwajcarskich stwierdzono zawartości mineralne wahające się między 79 a 168 *mg* w litrze.

Gdy przytem woda większych jezior przynajmniej miejscami jest stale dostatecznie czystą i w głębszych partyach posiada temperaturę dosyć niską, w krajach przynajmniej czasowo zimnych wnet zniżającą się do 4°, przeto bardzo często daje się ona wprost użyć nie tylko do kotłów parowych ale także do picia. Z jeziora Bodeńskiego np. zaopatruje się w wodę do picia kilka nadbrzeżnych miast (ujęcia co najmniej 400 *m* oddalone od brzegu i w głębokości 30 *m*).

Inaczej rzecz się ma z jeziorami „zamkniętymi“, z których woda uchodzi albo wyłącznie albo bardzo przeważnie tylko przez parowanie w powietrze lub które zasilane bywają obfitymi źródłami mineralnemi. U takich jezior znajdujemy zwykle stany chemiczne tak jakościowo jak i ilościowo nadzwyczajne, bardzo często stwierdzono nawet zupełne nasycenie rozczynami, mianowicie soli wapniowych, magnezowych, żelazowych i sodowych.

W Morzu martwym zawiera liter wody 188·4 *gr* różnych soli, głównie chlorku magnezowego i sodowego. Na licznych obszarach ziemi znane są jeziora zawierające ponad 20% chlorku sodowego, tak że z nich wytwarza się sól.

Uwagi.

1. Mierzenia opadu atmosferycznego wykonują miejscowe stacje meteorologiczne. O metodzie dotyczących obserwacji można pouczyć się między innymi z publikacji urzędowej: *Vorschriften für ombrometrische Beobachtungen*, Wiedeń 1895, Staatsdruckerei.

2. Inne nazwy miejscowe: kurzawka, życe albo żydz, żygawica, mada; niemieckie: Triebsand, Schwimmsand, schwimmendes Gebirge; ros. plywun.

3. Pomimo wzrastającego z głębokością ciepła ziemi, mogłaby woda w podziemiu wskutek ciśnienia hydrostatycznego, sięgać poniżej 10 km, a więc daleko poniżej głębokości, możliwej dla ludzi do osiągnięcia.

4. Niemieckie: Wasserträger.

5. Nazwy z łacińskiego: juvenilis młodociany, vadosus płytki.

6. Niemieckie Seichwasser, rosyjskie werchowodka.

7. Niemieckie „Grundwasser“, rosyjskie „gruntowyja wody“. Lecz w nauce niemieckiej łączą niektórzy pod nazwą Grundwasser wszelkie wody podziemne i wogóle panuje co do tego pojęcia wielka niezgodność („größte Verwirrung“; „dieser Ausdruck wird in sehr verschiedenem Sinne gebraucht“. A. Supan. *Physikalische Erdkunde*.)

8. Wyjaśnienie stosunków ruchu wody gruntowej otrzymuje się najdogodniej przez zapuszczenie do niej w odpowiednim otworze większej ilości soli (NaCl) i stwierdzenie ilościowymi próbami chemicznymi w wydobytej na sąsiednich miejscach wodzie sposobu rozchodzenia się rozczynu. Wykonanie tych badań należy do zakresu hydrotechniki.

9. Wyras ten już od dawna używany jest w polskim piśmiennictwie hydrotechnicznym, między innymi w „Czasopiśmie technicznym“ polskiego Towarzystwa politechnicznego.

10. Niemieckie Schluckbrunnen, francuskie: puit absorbant, boit tout.

11. Francuskie niveau piézométrique.

15. Francuskie resurgences.

16. Także chlorek litowowy daje się spektroskopowo stwierdzić jeszcze w rozcieńczeniu 1/7.000 mg na liter wody. W niektórych razach, np. przy przypuszczalnej łączności z wodami torfiastymi, należy użyć barwników kwaśnych.

17. Niektórzy przyjmują jako temperaturę najniższą dla oznaczenia źródła jako cieplej 24° lub nawet 30°.

18. Ilość tych „ciał organicznych“ oznacza się często zapomocą dodawania do wody badanej kropli ciemno czerwonego rozczynu nadmanganianu potasowego (KMnO₄), zawierającego 0,2 mg tego ciała w cm³ wody (zakwaszonej), który to odczynnik sprawia utlenienie a przytem odbarwia się. Np. podana powyżej analiza wody ze Świerczkowa zawiera dopisek, iż dla utlenienia ciał organicznych w litrze tej (wody) spotrzebowano 5 mg wymienionego odczynnika. Ilość jego spo-

trzebowana do utlenienia oznaczałaby dokładnie ilość ciał organicznych zawartych w badanej wodzie, gdyby nie zachodziły te okoliczności, że równe ilości różnych ciał organicznych potrzebują różnych ilości tego odczynnika do swej oksydacji, i że on działa utleniająco także na niektóre związki nieorganiczne.

19. Panuje życzenie, ażeby woda do picia niewymagała dla utlenienia swych „ciał organicznych“ więcej niż 12 mg na liter wody, ale granica ta w wielu razach jest przekroczoną nawet bardzo znacznie bez szkody, zwłaszcza wtedy, gdy zredukowane przez nadmanganian potasowy „ciała organiczne“, amoniak i siarkowodór nie pochodzą z rozkładu substancji zwierzęcych.

20. Często osad wodorotlenku żelazowego miejscowo bardzo zostaje zwiększony przez ogromnie bujną generację bakterji, głównie gatunku *Crenothrix polyspora*, zwłaszcza przy obecności ciał organicznych np. w wodach gruntowych mających połączenie z moczarami torfiastymi, któreto bakterje albo tworzą sobie swe skorupki właśnie z wodorotlenku żelazowego albo temuż ułatwiają osadzać się miejscowo obficie na tych skorupkach.

21. W ostatnich czasach zaczęto stosować do uwolnienia wody do picia używanej od zawartości wapnia, żelaza i manganu traktowanie „permutytami“, sztucznymi krzemianami wodnymi glinu i sodu, podobnymi do minerałów z grupy zeolitów, które dodane do wody odbierają jej wymienione powyżej pierwiastki, wymieniając je za swój sól, a następnie przez polewanie chlorkiem sodowym dają się regenerować.

Dobrym przewodnikiem do przedwstępnych dochodzeń jakości chemicznej wód podziemia i źródeł jest dzieło: H. Klut, *Die Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle*. 1911.

22. Lecząc pojęcia źródeł mineralnych w podanem określeniu i źródeł leczniczych wcale nie kryją się zupełnie, już dlatego, że niektóre źródła lecznicze, jak np. cieplica Pfäfers w Szwajcaryi o temperaturze 37.5° i całej zawartości chemicznej zwyczajnej = 290 mg, tylko na podstawie swej temperatury są leczniczemi („akratotermy“, z greckiego akrotos = bez przymieszek); a znaczna część źródeł o zawartości nadzwyczajnej lub nadzwyczajnie bogatej nie są leczniczemi.

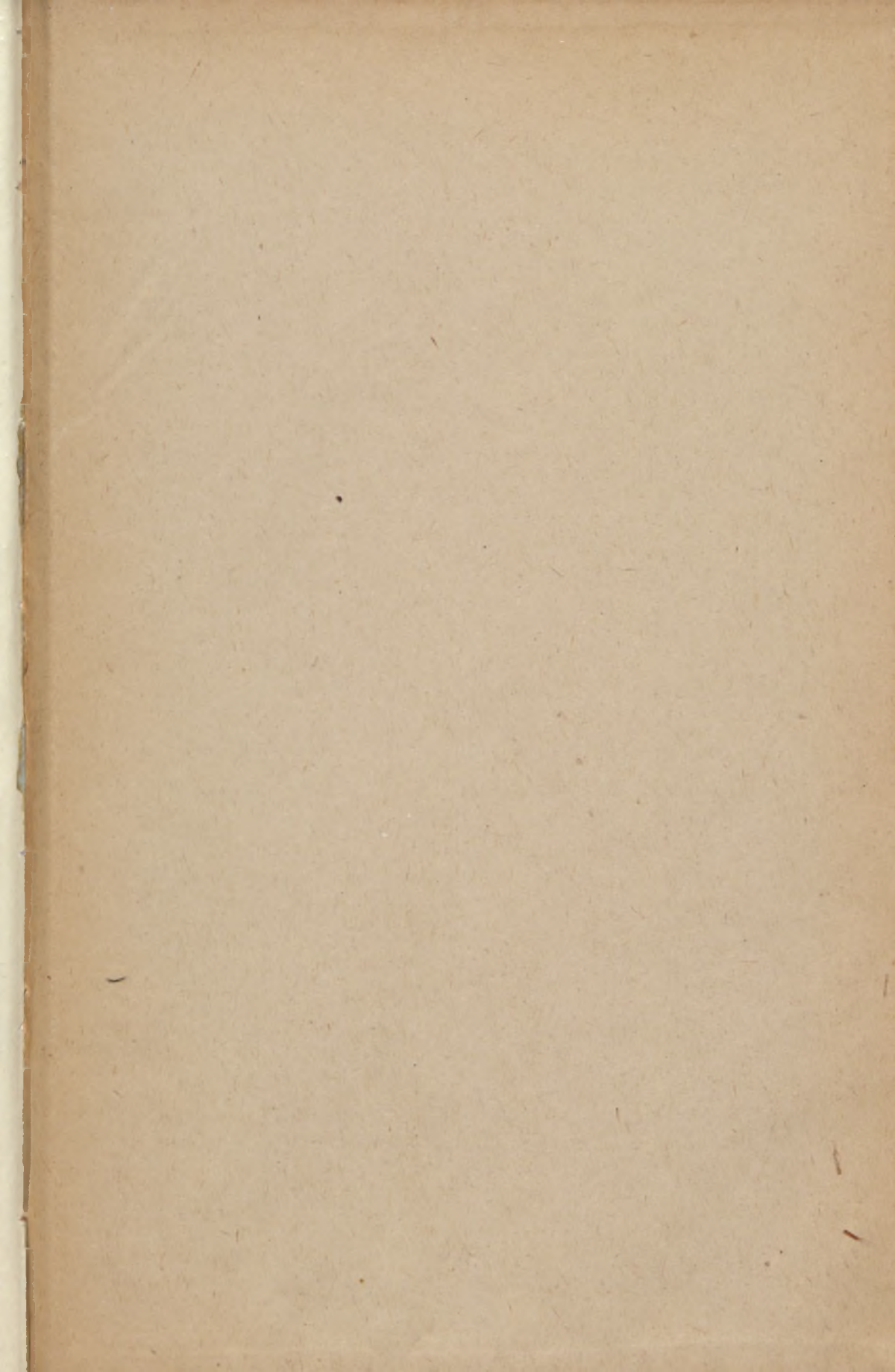
Obszerniejsze dzieła traktujące o wodzie podziemia i źródłach.
Daubrée A. *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. 1887.
Keilhack K. *Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde*. 1912.
v. Höfer H. *Grundwasser und Quellen*. 1912.

Alfabetyczny spis rzeczy.

Strona		Strona	
Analizy chemiczne wód i przedsta- wienie ich rezultatów	39	Studnie artezyjskie	18, 33
Artezyjski poziom wyciskania . . .	18	— — pośród Paryża	20, 33
Berlińska woda gruntowa	17—18	— — w Dakocie	22
Cieplice	34—35	Szczawy (proste)	44
Czystość wód podziemia i źródeł .	36	— słono sodowe	45
Jakość chemiczna wody opadowej	37	— wapniowe	45
— — wód podziemia	38	— żelazite	45
— — źródeł zwyczajnych	38—40	— solankowe	46
Jeźiora	54	Szczelinowo-wgłębne zbiorniki .	11, 32
Juvenilna woda	7	Szyja u źródeł	24
Korzystanie z podziemnych zbior- ników wody	17	Temperatura źródeł	33—36
Łączność wody gruntowej z wodami powierzchniowymi	15	Termy	34
Monachijska woda gruntowa	9	Temperatura wody w podziemiu .	32
Nieprzepuszczalne skały	3	„Torrent d'Anzin“	12
Nietrwale zbiorniki	14	Ukształtowania zbiorników pod- ziemnych	8
Obszary ochronne źródeł	48	Użycie wód podziemia i źródeł zwy- czajnych	41—43
Opad atmosferyczny	1	Wadozna woda	7
Przepuszczalne skały	4	Warstwowo-wgłębne zbiorniki .	11, 32
Piaski płynące	4	Wcickanie wody	3
Rodzaje zbiorników podziemnych .	8	Wodostany w rzekach	49
Rzek temperatura	51	Wody gorzkie	46
— skład chemiczny	52—53	Woda gruntowa doliny Renu . . .	16
— zanikanie z powierzchni	50—51	— Świerczkowa	40
Rzeki	49—53	Wody gruntowe	9, 32
Stalność — zmienność temperatury źródeł	33—34	Wody „miękie“, „twarde“	39
Stalność — zmienność składu che- micznego źródeł	47—48	Wody zaskórne	8
Stopnie twardości wody	42—43	Wsiąkanie wody	2
		Wywierzyisko w Tatrach	26, 31
		Źródeł powstawanie	24
		— rodzaje	24—28

	Strona		Strona
Źródeł temperatura	33—36	Źródła solankowe	46
— trwałość-nietrwałość	29	— spływające	24
— wydajność	30	— szczelinowe	25
Źródła górskie	27	— warstwowe	24
— krzemionkowe	47	— witiolowe	45
— mineralne	43—47	— wytryskowe	26
— nadcieciowe	25	— wznoszące się	24
— nizinne	27	— (chemicznie) zwyczajne	41
— (chemicznie) obojętne	41	— żelazowe	45
— podziemne	5—6	Źródło Badgasteinu (główne)	43
— przelewowe	25	— „Kaiserbrunnen“	31, 34, 36, 40
— radioaktywne	43	— regulickie	40
— rumowiskowe	26	— „Vauluse“	25, 31, 33
— sodowcowe	44	Źródłowiska	27
— siarkowe	47	Zwierciadło wody gruntowej	9

BIBLIOTEKA
WYDZ.
ARCHITEKTURY



20

2550