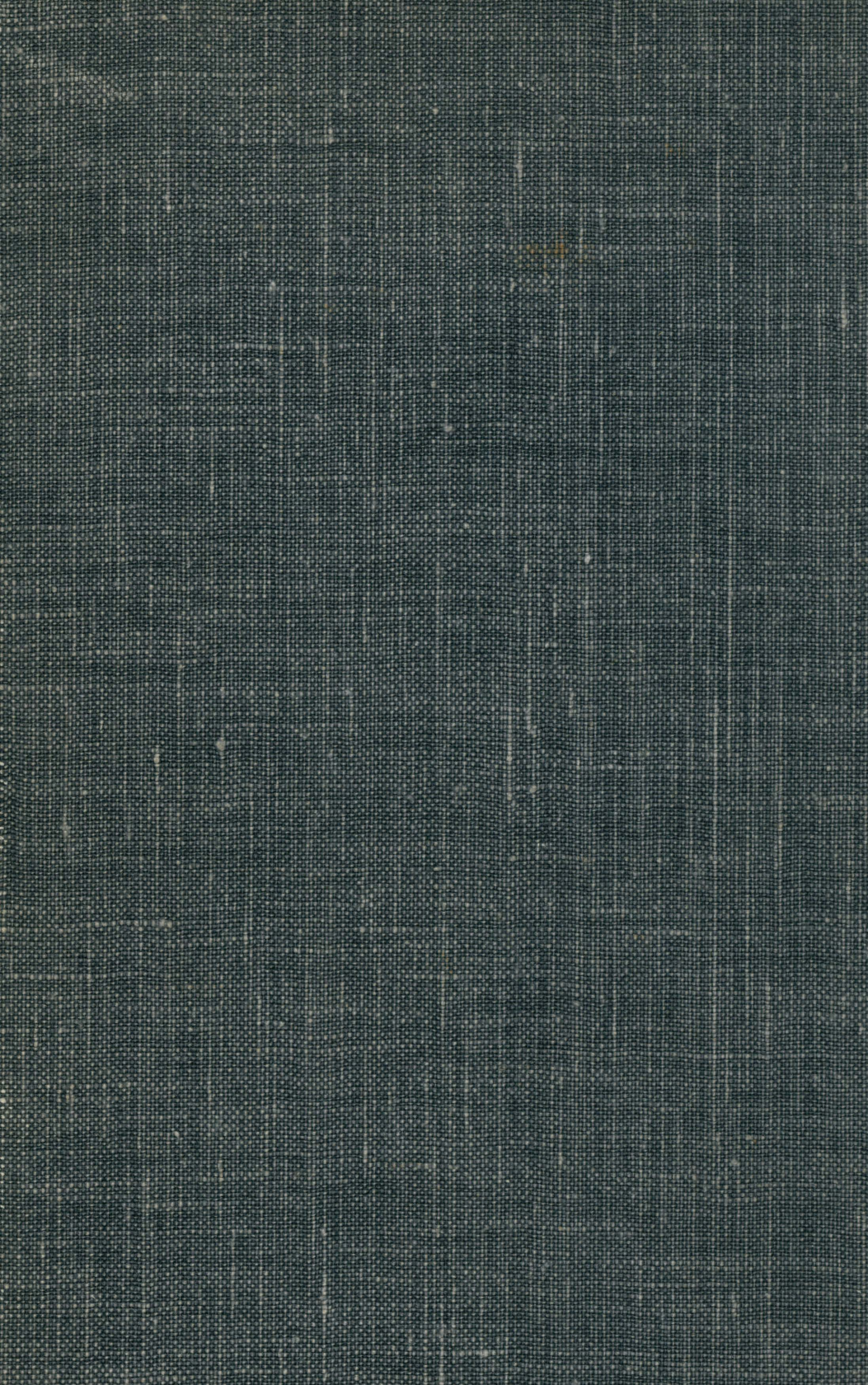




128413

Solway

SOLNICTWO

SOLE KAMIENNE, POTASOWE
i SOLANKI,
ICH WŁASNOŚCI, FIZJOGRAFJA,
GÓRNICTWO i WARZELNICTWO

NAPISAŁ

Inż. EDWARD WINDAKIEWICZ

CZEŚĆ II.

SOLE POTASOWE.

Z 11 rycinami.

Wydanie subwencionowane przez Zakłady Solvay w Polsce.



KRAKÓW.

SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI JAGIELLOŃSKIEJ.

1926.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH



1000237040



II 256207

/ N2B 20441

DRUKARNIA ZWIĄZKOWA W KRAKOWIE, UL. MIKOŁAJSKA 13.

D.126/13

TREŚĆ.

	Strona
I. Sole potasowe w przyrodzie i źródła ich uzyskania	3
1. Potas w ustroju przyrody	3
2. Potas w jeziorach słonych i glebie	4
3. Potas w skałach	5
4. Złoża soli potasowych	6
II. Złoża soli potasowych w środkowych i północnych Niemczech	18
1. Zasiąg morza cechsztyńskiego	18
2. Obszary soli potasowych	21
3. Skały solne	23
4. Budowa niemieckich złóż soli potasowych	25
5. Obszar górno-reński i badeński	34
III. Złoża soli potasowych w Polsce	34
1. Solonośna formacja cechsztyńska na obszarze Polski	36
2. Budowa geologiczna północnych obszarów solonośnych	37
3. Sole potasowe w Małopolsce	44
IV. Pokłady soli potasowych w Górnej Alzacji	46
V. Sól potasowa w Hiszpanji	48
VI. Sole potasowe w Ameryce	50
VII. Sole potasowe w Rosji	55
VIII. Sole potasowe w Indjach Wschodnich	58
IX. Sole potasowe w Erytreji	58
X. Ciepło własne pokładów soli potasowych	58
XI. Metamorfoza złóż solnych	60
XII. Sole potasowe w rolnictwie i przemyśle	64
1. Uwagi wstępne	64
2. Przeróbka fabryczna soli potasowych	68
3. Zużycie soli potasowych	72
4. Zużytkowanie soli potasowych i ich przetworów	73
5. Oznaczenie wartości soli potasowych	73
6. Wytwórczość soli potasowych	74

	Strona
XIII. Poszukiwanie pokładów soli kamiennej i soli potasowych	76
1. Uwagi ogólne	76
2. Waga torsyjna Eötvösa	79
3. Badania zapomocą fal elektrycznych	32
4. Badania zapomocą prądu elektrycznego	83
5. Badania zapomocą fal elastycznych	85
6. Badania magnetyczne	86
XIV. Skorowidz nazw krajów, miejscowości, gór, rzek i jezior	89



Przedmowa.

Trudności materialne połączone z wydawnictwem obszernej pracy naukowej, spowodowały mnie do rozdzielania przedmiotu na poszczególne części i wydania każdej z nich z osobna, w miarę uzyskania potrzebnego do tego celu poparcia. Spowoduje to wprowadzić tu i ówdzie nieuniknione powtarzania, na czym jednak całość nie ucierpi.

Cały przedmiot podzielony jest na następujące części:

- I. Ogólna (znaczenie i użytkowanie soli, występowanie soli w świecie, własności soli i solanek, minerały złóż solnych, powstanie i tektonika złóż solnych, źródła solankowe itp.).
- II. Sole potasowe.
- III. Sól i sole potasowe w Polsce. Miejsca wytwórczości.
- IV. Eksploatacja złóż solnych i solanek. Przeróbka soli i soli potasowych i sposoby wytwarzania sztucznej solanki.
- V. Warzelnictwo.
- VI. Występowanie soli w innych krajach.

Możliwość niniejszego wydawnictwa zawdzięczam materialnemu poparciu Zakładów Solvay w Polsce. Poczuję się więc do miłego obowiązku Zakładom tym, a w szczególności Dyrektorowi tych Zakładów, Panu Z. Toeplitzowi, na tem miejscu złożyć moje najgorętsze podziękowanie.

Kraków, w styczniu 1926.

Szczęść Boże!

Edward Windakiewicz.

I. Sole potasowe w przyrodzie i źródła ich uzyskania.

1. Potas w ustroju przyrody.

Pierwotnem źródłem uzyskania potażu był popiół drzewny. Dawniej dostarczały potrzebny do tego materiał drzewny kraje bogate w lasy, jak np. Niemcy, Francja, Macedonia, Dalmacja, poniekąd Bukowina itd. W popiele drzew znajduje się bowiem stosownie do gatunku drzewa około 10 do 30% K_2O . W krajach bez lasów używano roślin zamiast drzewa, jak siwonia, szuwaru, słoneczników, kukurudzy i t. p. W krajach nadbrzeżnych, używano naniesionych z brzegów morskich mas glonów (*kelp*, *tang*, albo *varec*) do uzyskania popiołu dla celów chemicznych i rolnictwa. W Szkocji wyprodukowano jeszcze w r. 1900 około 20.000 q soli potasowych z popiołu glonów (*Scotch Potash Salts*, mieszanina K_2SO_4 i KCl z 45% K_2O). Z glonów uzyskuje się również i jod. Najcenniejszy glon co do zawartości potasu i jodu jest *Pelagophycus* w okolicy San Diego. Proces przeróbki jest jednak skomplikowany. W Irlandji glon się uprawia.

Najwięcej potażu zawierają liście i łodygi tytoniu (w 1.000 częściach absolutnie suchej substancji jest zawartych 34'38 do 49'92 części potasu).

W Ameryce używa się też mielonej łodygi tytoniu jako nawozu. Wytwarzanie potażu z łodyg słonecznika ma jeszcze obecnie pewne znaczenie w Rosji (z 1 ha słoneczników otrzymuje się 3 do 4 pudów potażu).

W Afryce nad jeziorem Tsad uzyskuje się z rośliny *Salvadosa Persica* t. z. sól Keg_u , zawierającą 30—60% KCl , zaś w Indjach uzyskuje się potaż z *Artemisia vulgaris*.

Przy przeróbce buraków na cukier pozostaje melasa; część tejże podlega dalszemu odcukrzeniu, resztę stanowi bogata w potas melasa (5%). Dawniej przerabiano melasę na

spirytus, przyczem pozostawał wywar melasowy (*Melassenschlempe*), który odparowywano i spalano, otrzymując żużel wywarowy (*Schlemperkohle*), zawierający 50—70% K_2CO_3 i 30·2% K. Z powodu wielkiego zużycia melasy jako pokarmu zwierzęcego, przerabiano tylko małą część melasy na spirytus, a po odkryciu bogatych złóż soli potasowych, przemysł ten utrzymał się tylko w niektórych krajach.

Inne źródło wytwarzania stanowi tłuszcz z wełny owczej, składający się z siarczanu potasu, chlorku potasu i tłuszczu; przez mycie wełny oddziela się tłuszcz, który się potem przerabia na potaż i lanolinę. Wełna owcza zawiera około 5% potasu.

2. Potas w jeziorach słonych i w glebie.

Woda morska i woda jezior słonych, używana w salinach morskich do wyrobu soli, dostarczała też i potasu, uzyskanego po wydzieleniu soli kuchennej z ługu. Dziś uzyskują w ten sposób mniej wartościowe sole nawozowe z jeziora śródlądowego Great Basin w Stanach Zjednoczonych¹⁾. W południowym Tunisie uzyskują z jeziora Sebkha el Melah t. zw. sebkainit i brom. Nazwa sebkainit jest niewłaściwą, gdyż nie rozchodzi się o kainit, ale o karnalit z domieszką Na Cl i $MgSO_4$.

Skład osadów solnych i pozostałości po odparowaniu jezior amerykańskich różni się bardzo od składu soli potasowych występujących w Niemczech. Główna różnica objawia się w amerykańskim występowaniu w alkalicznej reakcji i znachodzeniu się wielkich ilości węglanu sodowego i nadto brakiem soli, wapna i magnezu.

Według obliczeń Fritsche'go wynosi ilość wody, doprowadzonej rzekami do mórz, około 16.000 klm³ rocznie. Jeżeli się przyjmie 3 mg potasu w 1 litrze wody, to rzeki doprowadzają morzom rocznie 49 milionów ton potasu. Wszystkie morza zawierają więc: przy objętości 1.250 milionów klm³ i zawartości 0·36 g potasu w 1 litrze — 450 milionów ton potasu. Potrzeba zatem 3 milionów lat, ażeby zawartość potasu w morzu

¹⁾ Dr. W. Mayer: Die Versuche zur Gewinnung von Kalisalzen aus Salzsolen in den V. S. v. A. »Kali« 1916, Nr. 18.

P. Krische: »Das Kali«, I. część, Stuttgart 1923.

podnieść tylko o $\frac{1}{10}$ g. Odparowane z wody morskiej sole otaczałyby kulę ziemską panczerem 30—40 m grubym.

W Indiach wschodnich uzyskuje się t. zw. saletrę potasową zwaną bengalską. Saletrę tę wytwarza się w osobnych grządkach kompostowych, do czego się w wysokiej mierze przyczynia gleba i tropikalny klimat. Rozpuszczalny potas wraz z wodą sączącą gromadzi się w odpowiedniej glebie, bogatej w rozkładającą się próchnicę, której azot przemienia się w saletrę, tworząc z potasem gleby saletrę potasową. W Bo har i w półn. zach. prowincji Bengalii wydzielanie się saletry potasowej jest tak znaczne, że uzyskują rocznie około 50.000 do 100.000 q potasu, używanego głównie do wyrobu prochu strzelniczego.

Saletra bengalska zawiera 72'46 do 94'16% KNO_3 .

Pewne znaczenie ma też saletra potasowa (*Salitre Potásico*), znajdująca się w pokładach saletry chilijskiej albo sodowej, w północnej części Chilei. Przy przeróbce saletry chilijskiej ze saletry surowej (*Caliche*) przechodzi trochę saletry potasowej do końcowego przetworu, tak, że saletra chilijska zawiera około 1,6% saletry potasowej. Główna część zawartego potasu pozostaje przy wyrobie saletry chilijskiej w ługu. Dawniej nie przerabiano go dalej, dopiero gdy w czasie wojny światowej zabrakło potasu, przerabiano ług na sole potasowe¹⁾.

3. Potas w skałach.

Dalszem źródłem do uzyskania potasu są skały, zawierające potas. Według Clarke'a i Vogta zawiera skorupa ziemi około 2,5% K, Erdmann podaje 2,4%. Najważniejszymi skałami, zawierającymi potas, są minerały grupy skalenia i łuszczyków. Także i młodsze skały magmowe jak np. bazalt i t. p. zawierają po największej części potas. Do grupy skalenia należy n. p. ortoklas albo skałen potasowy i sanidyn, zawierający 16'93% K_2O , ałunit, zawierający 11'37% K_2O i t. d., krzemiany, zawierające potas, jak np. nefelin zawiera 6'46% K_2O , leucyt 21'5% K_2O . Do grupy łuszczyków należy np. muskowił, zawierający 9—11% K_2O , serycyt 11'67% i biotyt, zawierający 5 do 11% K_2O ; odmiany tego ostatniego, jak flogopit,

¹⁾ Dr. Riemann: »Das Vorkommen von Kalisalz in Chile«. Kali, 1907.

lepidomelan (9—10%) i cynwadyt (10%), oraz odmiana jego lepidolit, zawiera 10% K_2O .

Te minerały są między sobą i z wieloma innymi minerałami w skałach mieszane. Skały te, szczególnie podczas wojny światowej, gdy sprowadzanie soli potasowych niemieckich było utrudnione albo niemożliwe, były w niektórych krajach jedynymi surowcami, z których uzyskiwano sole potasowe.

Prócz tego uzyskuje się potas z pieców cementowych, a mianowicie z pyłu lotnego, uchodzącego do komina. Sposób ten praktykuje się w Ameryce w Riverside (Kalifornia) i Maryland, a w Niemczech w Leimen.

Na tej samej zasadzie polega też zużycie pyłu gichtowego przy wysokich piecach do otrzymywania potasu. Chodzi tu o potas, zawarty w materiale, używanym do wykładania pieców (krzemiany potasowe), który przy wysokich temperaturach procesu w wysokim piecu ulatnia się i wychodzi wraz z pyłem gichtowym. Uzyskanie potasu z pyłu gichtowego jest podobno kosztowne, tak, że ogólne zastosowanie tego sposobu nie ma wiele widoków.

Najważniejszym jednak źródłem uzyskania potasu są złoża soli potasowych.

4. Złoża soli potasowych.

Zarówno złoża soli kuchennej jak i soli potasowych są osadami wód słonych.

Sole potasowe towarzyszą zawsze złożom soli kamiennej. Pierwotny kształt złóż solnych był tak jak złóż osadowych wogóle pokładowy, o większym lub mniejszym rozprzestrzenieniu. Osadzanie się masy solnej odbywało się zapewne w płaskich zagłębieniach o zapadającym się podłożu. W ten sposób daje się tylko wyjaśnić wielką miąższość złóż solnych. Może być, że zaraz po wykrystalizowaniu się pokładów soli nastąpiło przesuwanie się warstw solnych pod wpływem wypiętrzających się pasm górskich. Zgodne ułożenie osadów mechanicznych (iłu, łołupków, piaskowca) i chemicznych (anhydrytu, gipsu i innych soli) uwidacznia się w uwarstwieniu. Warstwy w ten sposób powstałe są różnej miąższości, wskazują one często swoimi sfałdowaniami na przewroty w złożach, pokłady są niekiedy rozerwane i faliste, co wskazuje tak na geotektoniczne wpływy, jak i na wewnętrzne procesy

spowodowane przemianą różnych minerałów złoży. Przez przemiany te mogła się objętość zmniejszyć, albo nastąpiła utrata materji względnie powiększenie się jej, co spowodować mogło rozciąganie albo przesuwanie. Przemiany te mogły też powstać przez rekrytalizację.

Złoża solne północnych Alp wapiennych zostały np. przez gwałtowne zaburzenia rozbite w wielkie brekcje zwane *Haselgebirge*; w Wieliczce został pokład rozbitý przez ruchy górotwórcze w kilka łusek, które posuwając się, ułożyły się nad sobą.

Właściwością złóż solnych jest ich częste występowanie w stojących słupach. Są to stromo i prostopadle stojące zazwyczaj wielkie masy soli o przekroju poziomym w formie koła lub elipsy, w której uwarstwowienie przedstawia się koncentrycznie do powierzchni płaszcza. Słupy te są czasem stromo wydłużone, czasem sól tworzy żyły, czasem występuje w kształcie pni (*Stielgänge*) albo pokładów (*Plattengang*) między przylegającemi mniej lub więcej wzburzonymi warstwami. Stojące bryły sięgają często aż do powierzchni albo są nakryte młodemi warstwami, które wznoszą się pagórkowato, tworząc kopuły. Bryła taka mogła też nie dotrzeć do powierzchni, a jednak wzniesiona kopuła wskazuje na jej obecność. Stojący słup miewa szczególnie w części bliskiej powierzchni strome, ostre fałdy, jego ograniczenie względem warstw granicznych jest niezgodne, powierzchnie graniczne są wygładzone i wyslizgane. W soli samej znajdują się często odłamy sąsiednich warstw, co wskazuje na to, że sól przebiła otaczające ją warstwy, są to więc bryły iniekcyjne.

Słupy te są ugrupowane w północ. Niemczech częściej w kierunku „hercyńskim“ (SE — NW), rzadziej w kierunku „reńskim“ (S — N), a mianowicie na północ linii pociągniętej z Hildesheim do Magdeburga występuje szereg słupów w ułożeniu hercyńskim w t. zw. *Steinhuder Meer* i w dolinie górnego biegu rzeki Aller, a w ułożeniu reńskim wzdłuż biegu rzek Fuhse i Oker i na linii z Sarstedt do Lehrte.

W Ameryce (Luisiana i Texas) są słupy solne również ugrupowane w linii i to w kierunku NW. Ugrupowania te świadczą o związku tychże ze zjawiskiem fałdowań, idących w tych samych kierunkach.

Powstanie słupów solnych wyjaśniają plastycznością soli i jej mniejszym ciężarem gatunkowym jak otaczających warstw, przez co sól pod wpływem cięższych warstw nakładowych została wyciśniętą w miejscach najmniejszego oporu (teoria eksokinetyczna), albo że siły powstające w soli samej przez zmianę objętości i przez przekrystalizowanie, powodowały przemieszczenie soli (teoria endokinetyczna).

Jeżeli przez wysad soli pokład zbliża się do powierzchni, zostają warstwy nakładowe rozdarte, woda może się do soli dostać i zługować górną część złoża aż do zupełnego jej nasycenia, ścinając w ten sposób szczyt złoża w kształcie mniej więcej poziomej płaszczyzny (*Salzspiegel*). Nasyceny ług chroni złoże przed dalszym zługowaniem. Na płaszczyźnie tej osadzają się pozostałości zługowanego złoża jako czapa gipsowa dochodząca nieraz nawet do 100 m miąższości.

Ze słupami solnymi są w związku i sole potasowe, które zazwyczaj trzymają się miejsc przegubowych siodła i łęków, gdzie istnieje największe wzbogacenie pokładów soli potasowych. Nadto występowanie węglowodorów już to w stanie gazowym, już nawet płynnym, jest w towarzystwie słupów solnych zjawiskiem z reguły spotykanym.

W północno-niemieckich kopalniach soli potasowych są ramiona fałdów soli potasowych nieraz wywalcowane do grubości palca, zapowiadające na pozór nowe pokłady, w rzeczywistości okazuje się potem, że jest to tylko powtarzający się pokład, jak to np. przedstawia typ hanowerski, powstały przez tektoniczne przekształcenie typu podobnego do typu stassfurtskiego.

Stosownie do przekształcenia i zługowania wykazują niemieckie złoża soli potasowych różne kształty: uwarstwienie powtarza się (połudn. Harz i Werra), albo brak poszczególnych części złoża (niecka, Eichsfeld) przy ułożeniu pokładowym, albo pokład występuje w kształcie pni (*Stockartig* — w okolicy Schönebeck, Solling i górnego biegu rzeki Leine) lub też w kształcie stojących słupów (horstów w półn. Niemczech).

E. Seidl¹⁾ rozróżnia trzy typy stojących słupów:

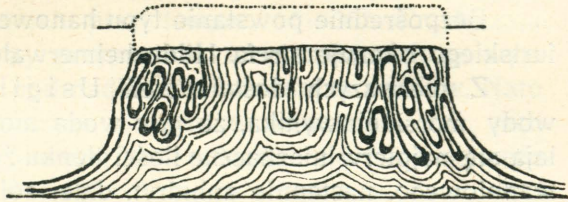
Budowy stassfurtskiej — szerokie, siodłowate strefy z rdzeniem ze starszej soli, głowa pokładu zługowana aż do tej soli. Starszy pokład soli potasowej rozdzielony na

¹⁾ E. Seidl: »Schürfen, Belegen und Schachtabteufen auf deutschen Zechstein-Salzhorsten«. Archiv für Lagerstättenforschung, zeszyt 26, Berlin 1922.

dwa, siodłem powietrznem złączone, płasko zapadające skrzydła. Typ ten znachodzi się głównie w zagłębiu Mansfeld, Querfurt, Magdeburg-Halberstadt.



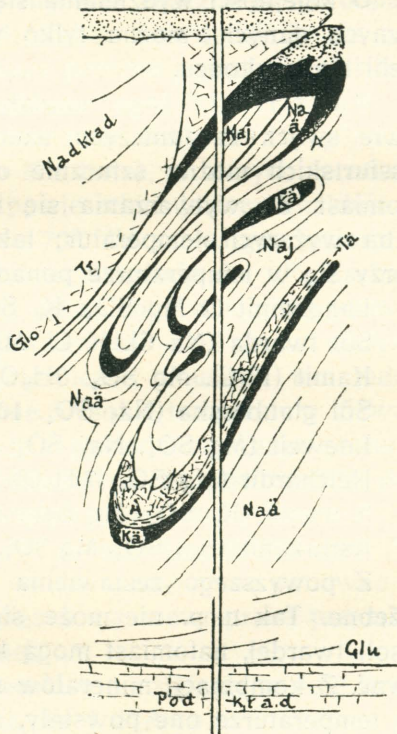
Ryc. 1. Typ Asse.



Ryc. 2. Typ hanowerski (przekrój podłużny).

Budowy Asse (łańcuch górski na północ Harcu) wąskie, szczelinowate strefy z wąsko fałdowanym złożem, nie przebijające zupełnie nadkładu. Częściowo znaczne, spiętrzone masy starszej soli potasowej. Zługowanie ogranicza się najwyżej na młodszą sól. Typ ten występuje tylko w zagłębiu Magdeburg-Halberstadt i to tylko w słupach solnych Assy, Dormu i wśród wspomnianego zagłębia Wester-Egeln. (Ryc. 1).

Budowy hanowerskiej, złożę w kształcie stojących słupów (horstów) otoczonych silnie wleczonymi, częściowo odwróconymi warstwami brzeźnami, złożę znacznie zługowane; nieregularne, głęboko sięgające liczne sfałdowania pokładów



Ryc. 3. Schematyczny typ hanowerski.

Glu: dolna płaszcz. przesuwu	Na d.: starsza sól
Glo: górna "	Naj: młodsza sól
Tr.: strefa druzgot.	A: główny anhidryt
Kä: starszy pokł. soli potas.	Tä: siwy il solny.

(Ryc. 1, 2 i 3 według Seidla).

solii potasowych. Typ ten wykazują wszystkie stojące słupy północnych Niemiec. Poniekąd występuje ten typ i w innych obszarach. (Ryc. 2 i 3).

Bezpośrednie powstanie typu hanowerskiego z typu stassfurtskiego okazuje strefa Hildesheimerwald.

Z pierwszych doświadczeń Usiglia co do parowania wody morskiej wynika, że gdy woda morska paruje, oddzielają się najpierw nieznaczne ilości tlenu żelazowego i węglanu wapniowego, następnie anhidryt, dalej sól, z początku jeszcze z anhidrytem, potem ze solami magnezowymi, a w końcu łatwo rozpuszczalne sole potasowe.

O kolejności wydzielania się wśród tych ostatnich niema pewnych danych, można tylko wnioskować, że sylwin wydzielił się na końcu.

Vant'Hoff i jego współpracownicy wykazali na podstawie swych zasadniczych badań, że największą część soli stassfurtskich można sztucznie otrzymać przy temper. 25°C , natomiast do wytwarzania się innych soli potasowych potrzeba wyższych temperatur; tak np. kizeryt ($\text{Mg SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) tworzy się w temperaturze ponad 18°C ;

Langbeinit ($2 \text{ Mg SO}_4 \cdot \text{K}_2 \text{ SO}_4$) ponad 34°C ;

Sól twarda ($\text{Na Cl} \cdot \text{K Cl} \cdot \text{Mg SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ponad 72°C ;

Kainit ($\text{K Cl} \cdot \text{Mg SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) od $0-85^{\circ}\text{C}$;

Sól glauberska ($\text{Na}_2 \text{ SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) od $0-18^{\circ}\text{C}$;

Loewit ($\text{Mg SO}_4 \cdot \text{Na}_2 \text{ SO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$) ponad 40°C ;

Reichardit ($\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$) ponad 47°C ;

Schoenit ($\text{K}_2 \text{ SO}_4 \cdot \text{Mg SO}_4 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$) od $0-26^{\circ}\text{C}$;

Astrakanit ($\text{Na}_2 \text{ SO}_4 \cdot \text{Mg SO}_4 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$) od $45-60^{\circ}\text{C}$, itd.

Z powyższego zestawienia widać, jakie kombinacje są możliwe. Tak n. p. nie może się sól glauberska znaleźć w soli twardej, natomiast mogą kainit i schönit razem występować. Z kombinacji minerałów można też wnioskować, w jakiej temperaturze one powstały, o ile nie zaszły wtórne przemiany, przyczem należy uwzględnić, że takie przemiany spowodowane być mogły przez zmianę temperatury.

Temperatura wpływa też i na przemianę poszczególnych soli; tak np. przemienia się kainit z karnalitem (i trochę soli) w sylwin i kizeryt przy 72°C .

Również może i woda przemienić sole jak np. karnalit ($\text{K Cl} \cdot \text{Mg Cl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$) w kainit i sylwin (K Cl).

Jakkolwiek w złożach soli potasowych brakuje w ogólności minerałów solnych i paragenazy minerałów, której oczekiwać można niżej 85° , przyjmuje prof. Jänecke¹⁾ powstanie soli potasowych przy temper. $15-35^{\circ}$. Przyłączając się do Lachmanna, przypuszcza termometamorfozę, wyjaśniając ją ogrzaniem pod nakładem młodszych osadów. Natomiast Fulda²⁾ przyjmuje pierwotne powstanie soli cechsztynu przy temper. powyżej 83° , opierając się na spostrzeżeniach Elschnera w Kalifornii, gdzie z ługów salin morskich starano się otrzymać sole potasowe. Elschner zauważył, że przy bardzo gorącym powietrzu tworzyła się na powierzchni ługu warstwa soli, pod którą ługi bez znacznie większego odparowania ogrzały się na $70-80^{\circ}$. Wobec tego sądzi, że nie mają znaczenia wątpliwości wysuwane przeciw powstaniu soli cechsztynu przy wysokiej temperaturze.

Podobne spostrzeżenia zrobił też Kalecsinsky³⁾ w jeziorach Siedmiogrodu (jezioro Medwe), w których spostrzegł, że w głębokości 132 m od powierzchni jeziora znajduje się warstwa wody o temperaturze 70° . W zimie, gdy jezioro zamrzło, spadła temperatura w tej warstwie do 30° . Zachodzi tylko pytanie, czy wobec tego, że solanka nie może parować, może przyjść do koncentracji a tem samem i do krystalizacji.

Rozważania fizykalno-chemiczne zmuszają nas jednak do wnioskowania, że potrzebne wysokie temperatury ujawniły się później w złożach solnych z powodu zagrzania geotermicznego, przy znizeniu się utworzonego na powierzchni ziemi materiału w głębsze sfery skorupy ziemskiej.

Nie jest to jedyny powód przemiany pojedynczych soli, gdyż uwzględnić należy też wpływ wody przez ponowne zalawy, jakoteż wpływ krystalizacji na wewnętrzną przemianę soli, szczególnie soli kamiennej.

Jak podwyższenie temperatury na zmieszane sole działa, wynika ze studjów Vant'Hoffa i d'Ansa.

¹⁾ Ernst Jänecke: »Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager«. Braunschweig, 1922.

²⁾ E. Fulda: »Zur Entstehung d. deutschen Zechsteinsalze«. Zeitsch. d. deutsch. Geolog. Gesellsch. Berlin, 1923/24, zeszyt 1.

³⁾ Alex. v. Kalecsinsky: »Über die ungar. warmen u. heissen Kochsalzseen als natürliche Wärmeakkumulatoren«. Budapest, Földtani Közlöny XXXI, 1901. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1902 i 1905.

Według Jäneckego, który się temi badaniami później zajmował, zamieniają się przy równoczesnem tworzeniu się nasyconych ługów n. p.:

- Przy 26° schoenit w leonit, glazeryt i astrakanit,
- " 31'5° 6-wodny chlorek magnezowy w kizeryt,
- " 59'5° astrakanit w loeweit i Vanthoffit,
- " 61'5° leonit w langbeinit, glazeryt i loeweit,
- " 83° kainit w kizeryt, sylwin w langbeinit,
- " 100° i powyżej gips w anhidryt,
- " 110° loeweit w Vanthoffit i kizeryt,
- " 117°C przechodzi bischofit w stop,
- " 160°C " karnalit w sylwin i t. d.

Ważna jest przemiana kainitu z karnalitem (i trochę soli) w sylwin i kizeryt przy 72°C.

Powstanie złożu soli kuchennej i soli potasowych wyjaśnia się głównie teorią zapory, albo barjery (Ochseniusa ¹⁾ i teorią pustyniową (Walthera ²⁾).

Obrońcą teorii zapory albo grobli jest Vant'Hoff. Teorię tę uzasadnia on tem, że przy ciągłem odparowaniu pod wpływem ciepła słonecznego w zatoce morskiej, różne sole osiągnęły granicę rozpuszczalności i wydzieliły się w porządku swej rozpuszczalności. Przy tem musiały się trudno rozpuszczalne sole najpierw wydzielić i dlatego też znajdują się w złożach soli potasowych najniżej ławy gipsu i soli kamiennej. Gdy te sole były już wydzielone, dosycaly się dopływem dalszym wody morskiej pozostałe jeszcze składniki mineralne, a gdy dalszy dopływ z morza wskutek podniesienia się barjery ponad poziom morza ustał, wydzieliły się sole potasowe.

W teorii tej musi się jednak przyjąć, że woda z morza ciągle dopływała i że skoncentrowany ług nie mógł z powrotem do morza odpłynąć, gdyż inaczej nie możnaby sobie wytłumaczyć wielkiej miąższości złóż solnych i potasowych wobec 3 do 4% zawartości soli w oceanie. Ilość ta nie wystarczyłaby nawet przy największej głębokości morza do utworzenia złóż

¹⁾ Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze. Halle, 1877.

Vant'Hoff: »Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen«. 2 tomy, Braunschweig, 1905/09.

²⁾ Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin, 1900.

solu ponad 500 m miąższości, jakie w Niemczech spotykamy. Że w ten sposób złoża soli rzeczywiście powstać mogą, świadczyłaby zatoka Karabugas Morza Kaspijskiego.

Według Everdinga złoża soli potasowych pochodzą z zalewów morskich, które już istniejące dawniej złoża zługowały i na innem miejscu znów wydzieliły. Części soli potasowych powstałych z tych skoncentrowanych ługów wody morskiej nazwał macierzystą solą potasową, dalszą część powstałą jeszcze podczas cechsztynu niedługo po przemianie soli macierzystych nazwał solą descendencyjną, a wreszcie część pozostałą po sfałdowaniu i rozdarciu układu soli przez cyrkulację wód górnych, solą po przemianach, czyli potomną.

Pewna niezgodność powyższych wywodów geologicznych z teorią chemiczną leży w tem, że złoża solne (cechsztynu) zawierają znacznie większe ilości soli kuchennej i soli wapiennych niż te, któreby mogły powstać, gdyby woda morska odparowywała w zamkniętej zatoce. Wyjaśnienie w tym względzie daje teoria pustyniowa. Teoria ta wyklucza pojęcie zapory. Przez wyparowanie wody w wielkiej zatoce morskiej w klimacie pustyniowym, jaki podczas perjodu cechsztynu panował, wydzieliły się pierwotne złoża solne. Silne parowanie spowodowało zmniejszenie się płytkiej zatoki tak, że wydzielenie się soli nastąpiło już na mniejszym obszarze niż wydzielenie gipsu (który później przemienił się w anhidryt).

Zatoka nie przedstawiała okrągłego zagłębienia, gdyż hercyńskie ruchy górotwórcze (jak n. p. wzniesienia Flechtinger, Harcu i Lasu Turyngskiego) uwarunkowały powstanie jeziora z większemi lub mniejszemi zatokami, z których znów wychodzić mogły jako odnogi, większe i mniejsze samoistne jeziora słone. Jeżeli w płaskich zatokach i w połączonem z niemi głębszem jeziorze parowanie postępuje dalej, wydziela się sól z anhidrytem (początkowo gips). W zatokach i płytkich oddzielnych jeziorach jest jednak z powodu względnie większej powierzchni parowanie silniejsze, jak w wielkim otwartym jeziorze, do czego się przyczyniają suche wiatry i materiały, z których następnie osadza się sól i anhidryt. Dopływ ten mógł istnieć podczas wydzielania się soli potasowych. W ten sposób mieszały się więc sole potasowe z solą kuchenną i anhidrytem tak, że teraz złoża soli potasowych zawierają również ich warstwy.

Tym sposobem wyjaśnia się występowanie dwóch albo więcej pokładów soli, gdyż zatoki mogły się w końcu od jeziora oddzielić i nakryć się warstwą łu, pochodzącego z otaczającej pustyni. Przez zmiany tektoniczne jak obniżanie się podłoża, mógł ponownie nasycony ług sąsiedniego, jeszcze nie wyschniętego jeziora nakryć łu, a proces wydzielenia mógł się ponownie rozpocząć. Tak powstała na starszej soli sól młodsza, rozpoczynająca się znów anhidrytem.

Dopływ wody morskiej w wielkiej ilości, a jeszcze więcej dopływ wód potoków zawierających rozcieńczone ługi, mógł pokłady soli potasowych jeszcze podczas ich powstawania znacznie zmienić. W tym wypadku można mówić o solach descendencyjnych. W niektórych obszarach nie przyszło jednak do wydzielenia wszystkich soli. Najwyższej warstwy (*Bischofit*) brakowało szczególnie w rejonie młodszej soli zupełnie albo częściowo. Dlatego też różnią się pokłady soli młodszej od starszej. Wreszcie nakrył łu pustyniowy region młodszej soli, który obecnie znachodzi się w cechsztyńskich solach jako czerwony łu. Czasem rozwinął się trzeci region soli rozpoczynający się t. zw. anhidrytem pegmatytowym, aż ostatecznie osady te morza cechsztyńskiego zostały przykryte w zupełności.

Z powodu rocznych zmian temperatury nastąpiło perjodyczne wydzielenie się soli z morza cechsztynu. Uwidacznia się to w pierścieniach rocznych w regionie polihalitu i anhidrytu. Rozpuszczalność soli wzrasta się trochę z podwyższeniem temperatury a rozpuszczalność anhidrytu zmniejsza się, więc anhidryt wydzielał się przede wszystkim na wiosnę i w lecie.

Warstwy anhidrytu w starszej soli są dowodem, że sól wydzieliła się z roztworu nasyconego NaCl i CaSO_4 . Składniki te nie wykryształizowały równocześnie tylko tworzą regularne, przemienne uławicenie, składające się z ławic solnych grubych na szerokość ręki i cienkich pasów anhidrytu. Według obliczeń Rózsya¹⁾ i Lück'a²⁾ są ławice solne 11 cm a pasy anhidrytu 4 cm grube. Rózsa sprowadza również przemienne uławicenie soli i soli potasowych do zmian temperatury i sądzi, że z następstwa skał w alzackich warstwach solnych możnaby wnioskować o okresie tworzenia się pokładów solnych.

¹⁾ Rózsa: »Über den organischen Aufbau der Stassfurter Salzablagerung«. Berlin, 1914.

²⁾ Lück: »Beitrag zur Bildung des älteren Salzgebirges«, Leipzig, 1913.

Inni przyjmują jako przyczynę „pierścieni rocznych” perjodyczny dopływ rozczyńców wapniowych do morza cechsztyńskiego. Wychodząc z teorii pustyniowej Walthera przyjmuje Erdmann¹⁾, że potoki słone zawierające gips przyływały w przerwach, stosownie do zmian pory roku, a w czasie opadów woda gatunkowo lżejsza rozlewała się nad skoncentrowanymi cięższymi rozczyńcami solnymi jako najwyższa warstwa, która w gorącej porze roku odparowała, wydzielając anhidryt.

E. Zimmermann²⁾ zaś wyjaśnia tworzenie się pierścieni na podstawie teorii grobli Ochseniusa i sądzi, że wiatry o charakterze monsunu regularnie się zmieniające doprowadzały wody otwartego oceanu przez barjerę do odciętej zatoki cechsztynu. Siarczan wapniowy wody morskiej przez odparowanie przekroczył granicę swego nasycenia i wydzielił się jako cienka warstwa.

E. Fulda i D. H. Röhlér tłumaczą powstanie pierścieni bez perjodycznych dopływów i bez zmian temperatury. Jeżeli rozczyń nasycony przy pewnej temperaturze chlorkiem sodowym i siarczanem wapniowym utraci część środka rozpuszczającego przez parowanie, należałoby oczekiwać równoczesnego wydzielania części chlorku sodowego i siarczanu wapniowego. Nie nastąpi to jednak zawsze. Normalne wydzielenie się soli z nasyczonego rozczyńca powoduje obecność zarodków soli; jeżeli zarodków tych brakuje, to nie nastąpi wydzielenie przy osiągnięciu granicy nasycenia, tylko powstanie przesycony rozczyń. W powietrzu znajduje się jednak wszędzie pył chlorku sodowego, dlatego też nie nastąpi przesylenie. Inaczej z siarczanem wapniowym, tworzenie się przesyconych rozczyńców siarczanu wapniowego jest możliwe. Przy odparowaniu rozczyńca wydzieli się tylko chlorek sodowy, gdyż zarodków siarczanu wapniowego brakuje, siarczan wapniowy pozostanie w przesyconym rozczyńcu, aż koncentracja jego osiągnie granicę, poza którą przesylenie nie jest możliwe.

Najpóźniej przy osiągnięciu tej granicy tworzą się w przesyconym rozczyńcu stałe zarodki anhidrytu, około których gro-

¹⁾ Erdmann: »Kali«. 1908, str. 391.

²⁾ Zimmermann: »Der Thüringische Platten-Dolomit u. seine Vertreter im Stassfurter Zechsteinprofil«. Zeitschr. d. deutsch. Geolog.-Ges. 1913, str. 357.

madzi się przesycony rozpuszczony siarczan wapniowy, osadzając się nad warstwą soli jako cienka warstwa anhidrytu¹⁾).

Wielkie znaczenie ma wyciskanie ługów z pierwotnego położenia nad solą. Jak długo nadkładowe nieprzepuszczające warstwy są nietknięte, ługi znajdujące się pod nimi nie mogą dostać się w górę, mogą tylko z powodu swego mniejszego ciężaru gatunkowego dostać się do najwyższych punktów złoża. Jeśli złożo zapada się równomiernie w głąb, ług pozostaje nadal w styczności ze solami, nawet podczas najwyższych temperatur, jakie górotwór solny osiągnie z powodu zapadania się w głąb. Przy podnoszeniu się górotworu solnego połączonego zapewne z powstaniem szczelin w nadkładzie, może być ług wyciśnięty i to szczególnie z takich warstw solnych, które zmieniają położenie poziome w położenie bardziej spiętrzone. W tem położeniu może potem także z powodu braku ługu tylko w małej mierze nastąpić przemiana w sole o wodzie krystalicznej (szczególnie karnalit).

W ten sposób wyjaśnia się np. przejście soli twardej w warstwy karnalitowe w tym samym poziomie. Sól twarda występuje tu w miejscach, gdzie ługi zostały wyciśnięte.

Przy dalszem podnoszeniu się złoża solnego mogą sole i ługi wejść w styczność z wodami powierzchniowymi, które ług mogą odprowadzić. Sole doznają wtedy przemiany w t. zw. kapeluszu albo czapie.

Sole potasowe Alzacji i w Badeńskim należą do trzeciorzędu, są solami wtórnymi, które powstały z pierwotnych pokładów wylugowanych wodą nawierzchnią. Sole z tych pokładów uniosły wody rzeczne do bezodpływowej niziny reńskiej. I te sole o ile zawierały wodę krystaliczną — doznały zmiany pod wpływem temperatury wzmożonej wskutek grubszego nakrycia. Z powodu braku siarczanów ograniczają się te zmiany głównie do karnalitu. Van Werveke zaprzecza, jakoby sole potasowe Alzacji zostały z północy doprowadzone do zagłębia średniego Renu względnie z SW. z obszaru Rodanu.

W Alpejskich pokładach siarczany odgrywają większą rolę, na co wskazuje masowe występowanie glauberytu ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$).

Czy przychylimy się do jednej lub drugiej opisanej teorii powstania złóż soli potasowych, przychodzimy do przeko-

¹⁾ Rhythmische Fällungen im Zechsteinmeer. Kali 1921, Nr. 7.

nia, że sedymentacja ta nastąpiła tylko w szczególnych warunkach, dlatego też znachodzenie się soli potasowych w miąższości zdolnej do odbudowy jest zjawiskiem również rzadkiem.

Sole potasowe Małopolski są w wieku młodotrzeciorzędowego. Warunki utworzenia się złóż soli kuchennej i soli potasowych były prawdopodobnie inne, niż w czasie cechsztynu w Niemczech. Proces parowania wskutek chłodniejszej może temperatury okresu miocenińskiego był zapewne znacznie powolniejszy, niż w czasie cechsztynu. Morze mioceniśkie było stosunkowo płytkie, prawie ze wszystkich stron zamknięte, o brzegach częściowo bardzo łagodnych. Zagłębienie basenu głównego było miejscami znaczne, nie miało jednak dopływu z otwartego oceanu, a więc nie miało przybytków świeżych soli i ograniczone było do składników zapasu i na nieznaczne ilości naniesione wodami. To też było powodem, że złoża soli kamiennej i potasowej u nas ilościowo tak bardzo się różnią od zapasów Niemiec.

O ile na razie sądzić możemy, mamy w Małopolsce do czynienia z jednym basenem Kałusko-Stebnickim, jakkolwiek sole potasowe w Stebniku różnią się od kałuskich większą zawartością siarczanów. Zdaje się, że dopiero w basenie Kałusko-Stebnickim, którego granice dotychczas nie są jeszcze ustalone, przyszło do wydzielenia się soli łatwo rozpuszczalnych.

W przeciwieństwie do niemieckich złóż soli potasowych, gdzie kainit powstał z przemiany karnalitu, w panwi kałuskiej według dotychczasowych badań, kainit zalega w pierwotnym wykształceniu.

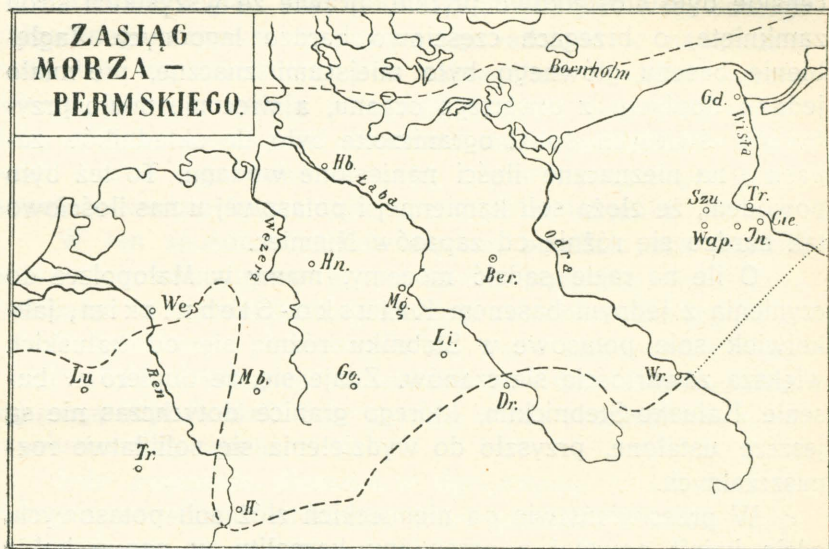
Poszukiwania soli potasowych u nas i odkrycia kopalniane nie doszły dotychczas jeszcze do tego stopnia, aby dozwalały o naszych solach potasowych wydać ostateczny sąd, czy to co do kwestji powstania, czy też co do ich obszaru zalegania.



II. Złoża soli potasowych w środkowych i północnych Niemczech.

Doskonałym typem tych złóż są złoża soli kuchennej i soli potasowych górnego cechsztynu (permskie), istniejące na obszarze wielu mil kwadratowych Niemiec środkowych i północnych.

Ponieważ obszar ten obejmuje i zachodnią część Polski, należy się zaznajomić z rozprzestrzenieniem morza cechsztyńskiego w środkowej Europie.



Ryc. 4.

1. Zasiąg morza cechsztyńskiego.

Zasiąg morza cechsztyńskiego środkowej Europy jest, szczególnie co do północnej granicy, niepewny. Jako punkt wyjścia może służyć Helgoland. Dolny cokół tej wyspy zalicza się do permu, jakkolwiek paleontologicznego dowodu na to niema. Te same czerwone iły znajdują się stromo wypiętrzone koło Lieth w Holsztynie, gdzie je w nadmiernej miąższości około 1000 m przewiercono; zawierają one koło Segeberg, Itzehoe i t. d. gips i pokłady soli, albo przynajmniej solankę, świadcząc, że Holsztyn był niegdyś pokryty morzem cechsztyńskim. Dalej w głąb kraju przyłączają się

gipsy w Stade, Hamburgu, Lüneburgu, Salzwedel, w Jessenitz i Lübtheen w Meklemburgji.

Dla oznaczenia zasięgu morza cechsztyńskiego między zatoką Kilońską przez morze bałtyckie aż do najbardziej na północ wysuniętego cyplu Prus, gdzie cechsztyń koło Purmallen niedaleko Kłajpedy nawiercono, brakuje pewnych danych; pewne jest tylko, że wyspa Bornholm nie była pokrytą morzem cechsztyńskim, gdyż tu kreda i jura transgredują na sylurze, kambrium i granicie.

Formacje paleozoiczne, występujące na powierzchni w szerokich strefach wzdłuż wybrzeża estońskiego, ograniczały ku północy połączenie niemieckiego morza cechsztyńskiego z takimże morzem rosyjskim. Czy jednak połączenie to szeroko ku południowi dochodziło, czy tylko istniało wąskie połączenie z rosyjskim zagłębem, nie jest dostatecznie wyjaśnione. Tylko w Inowrocławiu występująca formacja cechsztyńska i sąsiednie występowania gipsu w Wapnie są oznakami nakrycia morzem cechsztyńskim. Na jakiej linii i jak daleko dochodziło cechsztyńskie morze do wzgórz Śląskich, czy dalej przez Polskę i Wołyń istniało połączenie z połudn. rosyjskim obszarem cechsztynu dońskiego, nie jest dziś jeszcze wyjaśnione. Dopiero na południe od Wrocławia dowiercono się w rządowym otworze wiertniczym w Kreika formacji cechsztyńskiej, która jednak wzdłuż Sudetów na wschód od Łaby nie sięga, której więc na Górnym Śląsku, w Beskidach, jak i w Tatrach brak.

Na zachód od Łaby wchodzi formacja cechsztyńska do zagłębia Goldberg-Löwenberg, między Lignicą (Liegnitz) i Zgorzelcem (Görlitz) na Śląsku pruskim, otacza zapewne góry izerskie i łżyckie, przechodząc na północ od Drezna do Kissingen we Frankonji. Osobliwa facies konglomeratów cechsztyńskich wzdłuż wschodniego brzegu reńskiego pogórza wskazuje na bliskość brzegu dawnego morza cechsztyńskiego, które ku zachodowi przez zatokę Münster jest w połączeniu ze solonośnym obszarem nad dolnym Renem. Między ujściem Renu a wyspą Helgoland należy szukać połączenia niemieckiego morza cechsztyńskiego z angielskim.

Największa głębokość zatoki morza cechsztyńskiego nie wynosiła zapewne więcej niż 500 m; większe miąższości

warstw solonośnych jak np. w Sperenbergu (k. Berlina), Unseburg i t. d., należy uważać za spowodowane powtarzaniem się warstw przez sfałdowanie, wypiętrzenie itp.

Na tym obszarze mamy do czynienia z zamierającym z wolna paroksyzmem górotwórczym hercyńskim. Dał on jeszcze z początku podstawę do utworzenia konglomeratów dennych znoszonych z przyległych lądów do pogłębiających się niecek. Proces ten jednak zwolna się uspokaja i w nieckach może się układać zarówno i warstwa »miedzistego łupku« z fauną wskazującą na płytkość morza i florą znamionującą sąsiedztwo lądu. Również muł wapienny perjodu wapienia cechsztyńskiego, złożonego z ułamków mięczaków, wskazuje na tenże sam charakter morza, które się tylko nieco pogłębia. Następuje jednak cofnięcie dopływu wód morskich i przesolenie wysychającej panwi, które daje podstawę do osadzenia się soli kamiennej i potasowej.

Przemiany, jakich doznały złoża solne z biegiem czasu od chwili ich osadzenia aż do dzisiejszego czasu, będą zrozumiałe, gdy sobie zdamy sprawę o miejscu rozprzestrzenienia i o zaburzeniach, które od czasu cechsztyńskiego nawiedziły środkowe i północne Niemcy. Zależność stref wyługowanych od części podniesionych horyzontu solnego ku nawierzchni, w których wody, zdążające ku głębi, rozpuszczały sól i odprowadzić ją mogły, albo w których szczyty warstw z głębi wypiętrzonych złóż soli potasowych zostały chemicznie przekształcone, zrozumiała jest tylko przy uwzględnieniu procesów sfałdowania i rozerwania w nowej fazie ruchów górotwórczych w czasie popermskim.

Sięgające daleko poza obszar starego morza cechsztyńskiego prawidłowe sfałdowanie i załamanie w kierunku hercyńskim (N W — S E) opanowuje obok starszego sfałdowania niderlandzkiego (N E — S W) cały obszar nawierzchni środkowych i północnych Niemiec, o ile chodzi o formacje przedtrzeciorzędne. Gdy po sfałdowaniu niderlandzkim wdarło się morze cechsztyńskie, rozpoczął się proces następnej fazy sfałdowania pohercyńskiego, który obejmował też złoża soli dopiero długo po ich powstaniu, w czasie średniej kredy, następnie w kilku rytmach aż do miocenu.

Szczególnie trzy pasma górskie zostały w tym czasie w obszarze cechsztynu wypiętrzone: Las Turyngski, Harc

i pasmo Flechtinger. Pasmom tym towarzyszyły i mniejsze wzniesienia, jak n. p. paleozoiczne wyspy nad Werrą i Fuldą i wreszcie wielkie, północno-zachodnie wypiętrzenie górskie między lasem Teutoburskim i górami wezerskimi.

W ten sposób powstaje z powodu sfałdowania i rozdarcia pierwotnie płaskiej i nieprzerwanej pokrywy permsko-mezoicznej kilka oddzielnych obszarów, których ugrupowanie spowodowały wymienione wyżej pasma fałdów.

F. Beyschlag ¹⁾ rozróżnia obszary I. do VI., a H. E. Boeke ²⁾ I. do IV. Obszary te nie są ściśle ograniczone tak, że jeden w drugi przechodzi.

2. Obszary soli potasowych według Boekego są:

I. Zagłębie Magdeburgsko-Halberstadzkie między Harcem a pasmem Flechtinger wraz z siodłem Stassfurtским, z charakterystycznym występowaniem różnych soli. Karnality i sylwino-hality są ławicowo uwarstwione. Zagłębie to jest ku zachodowi otwarte i połączone z obszarem czwartym.

II. Obszar południow. Harcu, między Harcem i Lasem Turyngskim. Sole twarde występują tu w miejscach kizerytu i są bogatsze w H_2O i anhidryt. Karnality są rzadko słojowato uławiczone. Obszar ten jest zewsząd zamknięty starszymi warstwami.

III. Obszar Werry i Fuldy między Lasem Turyngskim i Vogelsberg. Regularnie uławiczone sole potasowe składają się z białych uwarstwionych kizerytowo-sylwinowych halitów i konglomeratów, kizerytowo-halitowych karnalitów. Nadkład dolnego pokładu stanowi sylwin-karnalit. Pokłady soli potasowych zalegają w soli zanieczyszczonej anhidrytem i H_2O . W nadkładzie znajduje się wodonośny dolomit płytowy. Sole twarde zawierają przeważnie kizeryt. Koło Salzungen przebija bazalt obszar solny, a sole są bogate w CO_2 . Obszar ten łączy się koło Alfeld z czwartym obszarem.

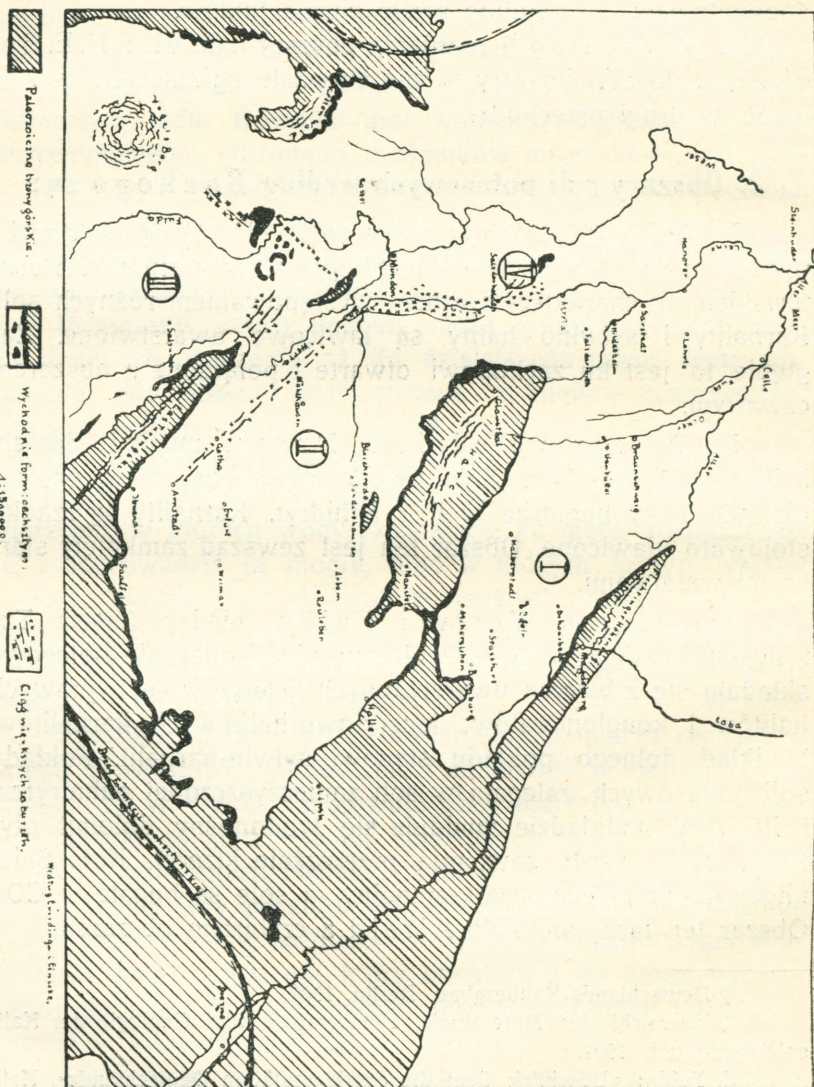
¹⁾ Deutschlands-Kalibergbau. Berlin, 1907.

²⁾ Übersicht der Mineralogie, Petrographie und Geologie der Kalisalzlagertstätten. 1909.

E. Fulda: »Überblick über die Salzlagertstätten Deutschlands«. Kali, 1925, Nr. 2.

IV. Obszar hanowerski ma miejscami podobieństwo do Stassfurtu co do karnalitu 40-metrowego, leżącego pod łami solnemi, pod karnalitem występuje sól z pierścieniami rocznemi.

Słupy są częste. Znajdują się tu kizerytowe i wolne od kizerytu sylwinohality jako też halitokarnality.



Ryc. 5. Obszary soli potasowych w środkowych Niemczech. (Według Everdinga i Einecke'go).

3. Skały solne.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę całość występowania, to dochodzimy do przekonania, że początkowo było jedno grube złożo solne, sięgające mniej więcej z Verden koło Bremy na północy aż do Fuldy na południu t. j. 300 km, a od Halle aż do lasu Kellerwald w kierunku zachodnim na 200 km, które następnie zostało przerwane przez wypiętrzenie Lasu Turyngskiego, Harcu i pasma Flechtinger. To złożo soli pokrywa więc płaszczyznę conajmniej 60.000 km² ¹⁾.

Sole te są: Gips i anhidryt, sól kuchenna (kamienna — halit) i karnalit. Sole mogą być zmieszane, tworząc skały mieszanane, nazwane według praktycznie ważnych składników sylwinit, karnalit, kainit; albo ze względu na twardość »sól twarda«.

Umiejętne oznaczenie soli podał Rinne. Nazwy składników uporządkował według procentowości tak, że najbogatszy udział soli wymienił na końcu. Chodzi tu o kombinację halitu (soli kamiennej), karnalitu, sylwinitu, kizerytu, kainitu i anhidrytu; tak np. różni się halit-karnalit, kizerytowy halit-karnalit, halito-kainit itd.

Tak zwana starsza sól jest biała i zawiera mało anhidrytu, polihalitu i kizerytu, 93—94% Na Cl. Anhidrytohalit jest pokaźny, rozdzielony 8—9 cm pasami soli i 5—7 mm grubymi warstwami soli, zmieszanej z anhidrytem, kizerytem i polihalitem.

Młodsza sól jest często czerwono zabarwiona, jednak bogatsza w Na Cl (96—99%). Pasy anhidrytu nie są tak wyraźne w niej jak w starszej soli; złam ma szorstki, kańczasty.

Skały karnalitu mają wielkie znaczenie; są uławiczone, jako konglomeraty, brekcje albo lite, wreszcie jako wypełnienie szczelin. Mineral karnalit nie występuje samistnie, tylko epigenetycznie.

Skały kizerytowe są wyraźnie wstęgowane (»pasiate«), znachodzą się szczególnie jako sole twarde z domieszką 50% kizerytu. Zapatrywania co do powstania soli twardej nie są dotychczas ujednostajnione. Według jednych (Dr. M. Naumann) sól twarda jest jedynie późniejszą przemianą karnalitu pod wpływem wilgoci — więc pozostałością pierwotnego

¹⁾ Beyschlag — Everding: »Deutschlands Kalibergbau«. Berlin, 1907. Precht: »Die Salzindustrie v. Stassfurt«. Stuttgart, 1889.

karnalitu, podczas gdy drudzy (Everding i inni) są zdania, że sól twarda jest osadem z rozczynów przemienionych.

Anhidryt pegmatytowy jest to halit anhidrytowy.

Skały anhidrytowe bywają częścią czyste, częścią z iłem solnym w spągu pokładów soli. Główny, 40—80 m gruby anhidryt ma teksturę promienistą.

Skały kainitowe, przeważnie kainit i sól kamienna, znachodzą się głównie w pokładach kainitowych, w pokrywie w czołach warstw i kopułach; towarzyszą im sole magnezowe, powstałe według Everdinga po ułożeniu się pierwotnych soli i dyslokacji skał nadkładowych.

Ił solny znachodzi się często razem z anhidrytem albo pod nim, t. zw. siwy ił solny znachodzi się prawie we wszystkich 4 obszarach w grubości 4—12 m nad dolną częścią soli potasowych; nad nią znajduje się anhidryt i inne skały solne, nakryte czerwonym iłem solnym.

Z gazów zawartych w złożach solnych wymienić należy wodór i azot (H i N) często w większej ilości, dalej kwas węglowy, siarkowodór i metan. Wodór, szczególnie w połączeniu z helium i neon, wydobywa się z karnalitu w wielkiej ilości i pali się długim płomieniem. Powstanie wodoru tłómaczy Precht działaniem duglazytu ($\text{Fe Cl}_2 \cdot 2 \text{ K Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$) względnie zawartego w nim Fe Cl_2 na wodę krystal. karnalitu według wzoru: $2 \text{ Fe Cl}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4 \text{ H Cl} + \text{H}_2$. Obecność kwasu węglowego tłómaczy Gropp¹⁾ sąsiednimi przełomami bazaltu, małe ilości mogą pochodzić z rozkładu metanu.

Brak jodu w niemieckich solach potasowych wyjaśnia Erdmann tem, że jod wody morskiej przyswoiły sobie rośliny i inne organizmy, które przy wysychaniu panwi gromadziły się w zatokach tejże, gdzie przez gnienie nastąpił ich rozkład, a resztę resorbował spód panwi. Źródła wody jodowej n. p. Kreuznach, Kissingen, Orb, Bad Homburg i t. d. leżące mniej więcej na brzegu morza cechsztyńskiego, są może resztkami tych zamarłych roślin i organizmów. Nieabsorbowany przez organizmy jod oddzielił się przy wysychaniu panwi np. jako jodek magnezu. Ponieważ połączenia te nie są trwałe

¹⁾ »Gasvorkommen in Kalisalzbergwerken«. »Kali« 1919, Nr. 13.

w świetle słonecznem, nastąpił niebawem rozkład, a wolny jod w formie gazu, uniosły wiatry.

Kainit kałuski zawiera według Erdmanna 0,087% jodu¹⁾.

4. Budowa niemieckich złóż soli potasowych.

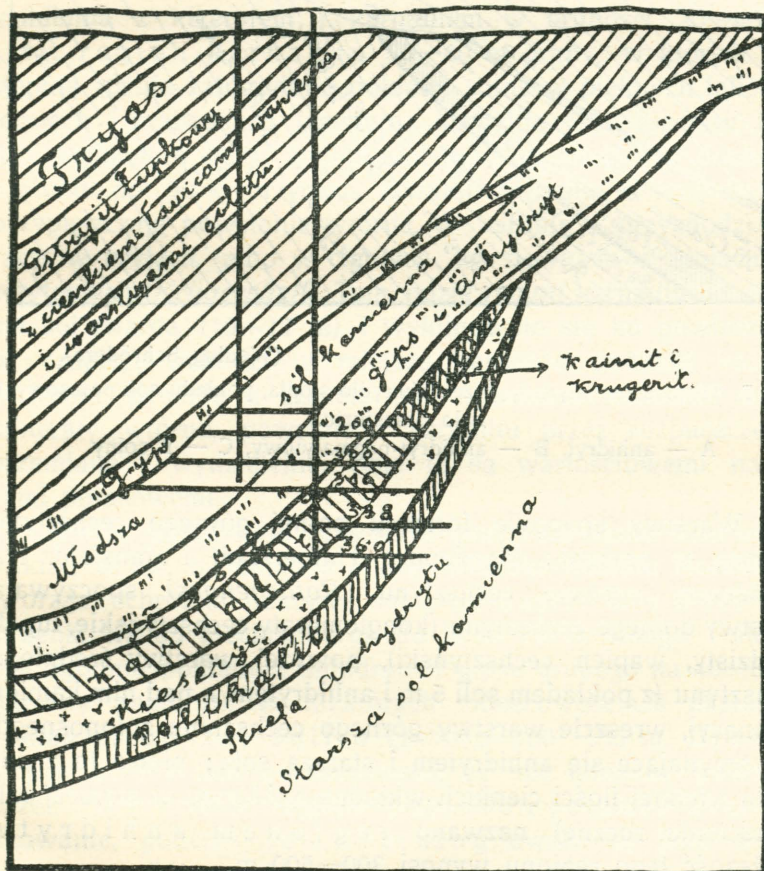
Złoża solne niemieckie tworzą najwyższe ogniwo cechsztynu, a więc formacji permskiej.

Koło Stassfurtu pierwotne następstwo ich rozwoju jest najlepiej widoczne i dlatego ten typ weźmiemy za podstawę.

W. S. W.

Szyb Agaty. Szyb Hammacher.

E. A. E



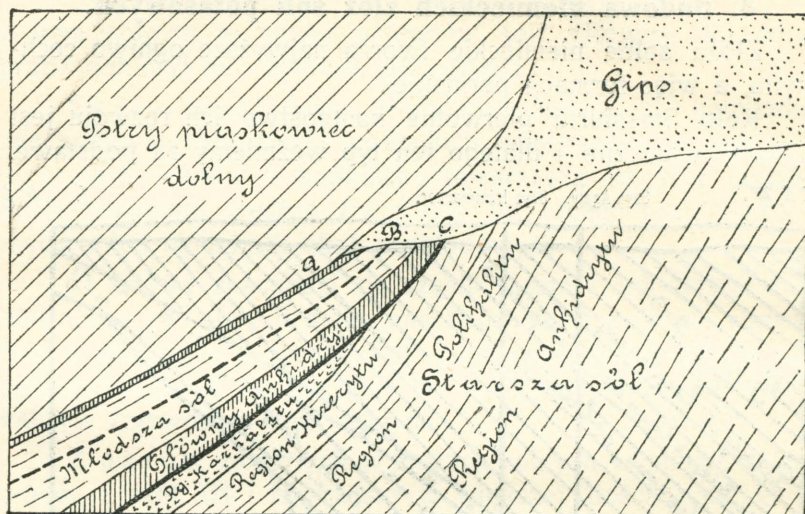
Ryc. 6. Siedło Stassfurtskie (kopalnia w Neustassfurt). (Według Prechta).

¹⁾ Rozsa: »Über Jodvorkommen im deutschen Zechsteingebiete«. Kali 1924, Nr. 17.

Koelichen: »Über ein Jodvorkommen im Kalisalzlager Lübtheen«. »Kali« 1913, Nr. 18.

Stobbe u Steinberger: »Das geringe Jodvorkommen i. d. nord-deutschen Salzlagerstätten«. Centr. Blatt f. Min. Geolog. u. Paleont. 1925, Nr. 11.

Ryc. 6 przedstawia przekrój przez kopalnię Neustassfurt a ryc. 7 schematyczny przekrój przez skrzydło siodła koło Stassfurtu.



(Według Schrödera).

Ryc. 7. Profil schematyczny przez skrzydło siodła, pokładu soli potasowych koło Stassfurtu.

A — anhidryt, B — anhidryt-pegmatytowy, C — il solny.

Warstwy spagowe formacji solnej górnego cechsztynu odkryto w zagłębiu Magdeburg-Halberstadt i Mansfeld. Na najniższym ogniwie cechsztynu (*Rotliegendes*) spoczywają warstwy dolnego cechsztynu (konglomeraty cechsztyńskie, łupek miedzysty, wapień cechsztyński), powyżej warstwy średniego cechsztynu (z pokładem soli 5 m i anhidrytem, a nad nim kamień cuchnący), wreszcie warstwy górnego cechsztynu solonośnego, rozpoczynające się anhidrytem i starszą solą; piętro to z powodu wielkiej ilości cienkich wkładek anhidrytu w starszej soli (pierścienie roczne) nazwano regionem anhidrytu. Miąższość tego regionu wynosi 300—500 m.

Koło Usenburg skonstatowano grubość tego regionu 900 m, a jako spąg anhidryt, czarny łupek i »kamień cuchnący« (30 m), a pod tem znów pokład starszej soli (10 m) podścielonej podkładem anhidrytu (30—60 m).

W Bernburgu jest warstwa starszej soli 150 m gruba, pod nią »kamień cuchnący« (*Stinkstein*) z gipsem (32 m) a następnie znów starsza sól.

Usenburg leży $9\frac{1}{2}$ km w kierunku NNE, Bernburg $12\frac{1}{2}$ km w kierunku SE od Stassfurtu. Zdaje się, że i starsza sól ma wielkie rozprzestrzenienie w zagłębiu Magdeburg-Halberstadt.

W starszej soli występują ku górze w miejsce anhidrytu warstwy polihality o grubości 40—60 m, tworząc region polyhalitu. Dalej w nadkładzie występuje naprzemian sól kamienna z kizerytem i karnalitem w grubości 20—40 m, t. zw. region karnalitu 30—40 m gruby, w którym występują różne zabarwione pokłady solne w pięknych falistych formach i arabeskach (zawiera: karnalitu 55%, kizerytu 17%, soli kamiennej 26%, anhidrytu i iłu 2%). Miejscami dochodzi karnalit do 90%, przyczem uwarstwowanie znika, dlatego przypuszczają powstanie wtórne. W karnalacie przychodzi boracyt w bryłach, albo w cienkich warstewkach w słojach kizerytowych (*Krügershall*). Tam, gdzie region karnalitu w górze ma sól twardą (10—12 m) i wyklinowuje się ku powierzchni (w czapie), wchodzi w miejsce karnalitu podkład kainitu, nad nim sylwinit, a czasem nad sylwinitem schoenit. Są to minerały wtórne, powstałe z karnalitu przez rozpuszczenie, przemianę i wydzielenie. Sole te są wartościowymi nawozami potasowymi.

Złoże solne koło Stassfurtu przerywa około 9 m gruby pokład siniego iłu solnego a więc wkładka namułu morskiego, tworząc ochronną pokrywę soli potasowych. Siny ił rozprzestrzenia się od Mecklenburga do Lasu Turyngskiego. Nakryty jest zgodnie pokładem anhidrytu i gipsu grubego na 40—80 m (główny anhidryt). W niektórych miejscowościach następuje pokład młodszej soli o grubości 100—150 m. Precht, Pfeiffer¹⁾ i inni przypuszczają, że sól młodsza powstała przez rozpuszczenie regionu polyhalitu i powtórne wykryształizowanie, podczas gdy Everding uważa ją jako utwór pierwotny. Sól młodsza jest czystsza niż starsza i dlatego też odbudowa soli jadalnej odbywa się w tej soli.

¹⁾ E. Pfeiffer: »Handbuch d. Kali-Industrie«, Braunschweig, 1887.

Na tem leży pokrywa 5—15 m czerwonego iłu solnego i 5 m grubo pegmatyt-anhidrytowy, na którym spoczywa najmłodsza sól kamienna, pokryta 20—30 m grubą warstwą czerwonego iłu, a powyżej pstry piaskowiec formacji triasowej. Poza Stassfurtem jest region karnalitu inaczej rozwinęty; składa się z buł kizerytu i odłamów soli wdrobnokrystalicznym karnalicie (*Konglomerat carnallit*). Wielkie znaczenie gospodarcze mają wkłady wysoko procentowego sylwinitu w rejonie młodszej soli obszaru hanowerskiego (Vieneburg, Salzdetfurt i kopalnie tuż koło miasta Hanoweru), miejscami występują w miejsce tych soli białe czyste karnality z 15 do 18% K_2O .

Niemieckie złoża soli kuchennej i soli potasowych tworzą pokłady i ławice (*Flötze*), początkowo poziomo ułożone, później jednak sfałdowane, złamane i przesunięte, a przez wysad soli, przez metamorfozy w pokładach soli i przez działanie wody różnie zaburzone.

Przez wdarcie się wody do różnych głębokości nastąpiło zniszczenie pokładów stosownie do stopnia rozpuszczalności; według Prechta przy soli do 70 m, przy karnalicie do 200 m, jednak największe zaburzenia wywołało przesunięcie górotwórcze.

Przez wszystkie pokłady solne wspomnianych 4 obszarów przechodzą uskoki różnego rodzaju. Większe nasunięcia w pokładach solnych mają upad SW; tak samo wielkie nasunięcie północnego brzegu Harcu (kulm) i pasma Flechtinger nad perm solonośny, przylegający tu od północy, a który na południowym brzegu Harcu przylega w normalnem uławiceniu.

Są to dowody, że przesunięcie, jako wynik końcowy sfałdowania, skierowane było z SW ku NE. Uskoki mają upad często ku NE, czasem i ku SW. Wszystkie te zaburzenia tektoniczne zostały spowodowane przez sfałdowania, które rozpoczęły się w czasie kredy, a trwały aż do miocenu; one też wysunęły na powierzchnię starsze paleozoiczne warstwy w równoległych łańcuchach górskich Lasu Turyngskiego, Harcu i pasma Flechtinger.

Everding sądzi, że w Stassfurcie pierwotne sole zostały częściowo rozpuszczone przed osadzeniem się sinego iłu i ponownie wykrystalizowane; nazywa to starszą descendencją, zaś sole młodsze od iłu solnego nazywa młodszą descendencją.

Według Everdinga złoża w południowym Harcu są budowy descendencyjnej; składają się z głównego konglomeratu solnego i soli twardej i spoczywają bezpośrednio na starszej soli o zmniejszonej już miąższości. W solach twardych zwiększa się zawartość potasu ku nadkładowi, miejscami zaś, sól potasową zastępuje sól kamienną.

W obszarze Werry są jeszcze większe zmiany w porównaniu z normalnym profilem Stassfurtu; tu leży między pstrym piaskowcem i średnim cechsztynem 200—300 m gruba warstwa soli z dwoma w niej znajdującymi się pokładami soli potasowych 50—70 m od siebie oddalonymi. Następstwo warstw z góry do dołu jest: górny ił cechsztyński, dolomit płytowy, ił cechsztyński dolny, anhidryt, ił solny, sól kamienna, pokład soli potasowej I., sól kamienna, pokład soli potasowej II., sól kamienna, anhidryt.

Ponieważ na utworze solnym spoczęły później więcej niż 1000 m grube warstwy i naciskały na niego, podnosząc temperaturę, to przez to nie tylko plastyczność soli się zwiększyła, ale miało to też wpływ na procesy chemiczne w solach.

Górnictwo solne, mające do czynienia ze złożami budowy hanowerskiej lub stassfurtskiej, jest po długich, ciężkich doświadczeniach w tem szczęśliwym położeniu, że może postępować według pewnych prawideł tak co do t. zw. poziomu krytycznego, jako też i produktywnego.

Poziom krytyczny tworzy granicę między złożem solnem i jego stropem, względnie i spągiem, zaś poziom produktywny, to poziom pokładu soli potasowej.

Złoża solne w innych obszarach jak np. Werry i Fuldy okazują odmienny charakter geologiczny. Do niedawna przyjmowano, że stosunki tektoniczne są tu proste i że obecna budowa złoża istniała już przy końcu cechsztynu. Odmiany profilu stassfurtskiego uważano za descendencyjne zługowanie i przeławicenie pierwotnych warstw osadowych. Przy odkryciu złoża solnego okazały się jednak wielkie niespodzianki. Do tych stosunków nie można według E. Seidla¹⁾ zastosować teorii descendencyjnej.

¹⁾ Die Geologischen Gesetzmässigkeiten, welche im Hessisch-Thüringischen (Werra-Fulda) Gebiet für den Zechstein-Kalisalzbergbau massgebend sein müssen. Kali, 1923.

Na podstawie swych badań doszedł E. Seidl do następujących wyników: Osadowe warstwy solne morza cechsztyńskiego były podobne do normalnego profilu stassfurtskiego; znaczniejsze wzniesienia i przeławienia przed perjodem pstrego piaskowca tu się nie odbywały. Złoże solne i warstwy kruche nad- i podkładowe zostały znacznie przemienione wpływami tektonicznymi w połączeniu z wysadem soli i skał magmowych. Obecny profil złoża solnego zmienił się pod temi wpływami, czyli innemi słowy: »Normalny profil stassfurtski daje tylko miarę do ocenienia powstania obecnych stosunków uławicenia i stosunków jakościowych«.

Zewnętrzny kształt złoża w poziomie krytycznym jak i produktywnym stosuje się do reguł tektoniki soli i magmy, a jakoś jest wynikiem, zależnym od rozczynu. Obszar solny Werry i Fuldy oddzielony jest od środkowo-niemieckiego obszaru solnego cechsztynu, wskutek wpływów tektonicznych.

Obszar Werry i Fuldy leży w kącie, między Lasem Turyngskim jako NW kończyną wielkiego masywu czeskiego i kończyną strefy dyslokacyjnej doliny Renu. Obszar ten oddzielony jest od obszarów sąsiednich strefami zaburzeń, przebiegających w hercyńskim i reńskim kierunku.

W tym obszarze i na jego granicach dochodzą prawie wszystkie warstwy i skały magmowe do nawierzchni, starsze warstwy w strefach dyslokacyjnych, a młodsze w obszarach, leżących między nimi (w łękach). Najmłodsze warstwy są zniesione. Nadkład złoża solnego jest dziś tylko 400 m a miejscami 100 m gruby, a więc tak miąższy, jak złoże samo, podczas gdy w czasie pierwszej tektonicznej przemiany albo przekształtowania był 3 do 4 razy tak gruby.

Budowa warstw nad- i podkładowych jest na ogół taka sama, jak w środkowych Niemczech. Odmienne jest tylko następstwo warstw 300—400 m grubego złoża permskiego od takiegoż złoża środkowych Niemiec. Badania wykazały, że właściwe złoże obszaru Werry—Fuldy, tak samo jak złożeń występujących w słupach solnych, powstało przez tektoniczne przekształtowanie warstw, ułożonych podobnie, jak w złożu stassfurtskiem.

Co do słupów solnych, dyslokacja odgrywa główną rolę, zaś translokacja jest tylko zjawiskiem towarzyszącem, które stosownie do tego, czy dyslokacja spowodowała na- albo

podsuniecie, odgrywa większą lub mniejszą rolę. W obszarze Werry i Fuldy jest translokacja głównym czynnikiem, a spowodowane przez nią przekształtowanie zmieniło płaskie złoże na złoże o powtarzających się poziomach. Dyslokacja jako taka odgrywa tu tylko podrzędną rolę. Do tego przychodzi jeszcze przekształtowanie złoża przez działanie ługu, a więc uszlachetnienie i zługowanie, oraz podziemne rozpuszczenie wielkich partij pokładu solnego, dochodzące w końcu do zupełnego jego zniszczenia.

Główne dwie fazy tektonicznego przekształtowania są więc translokacja, dyslokacja i tektonicznie-plastyczna dyferencjacja w połączeniu z wymianą ługu.

Podczas 1-go perjodu, najpóźniej w czasie pojurajskim, gdy nadkład był jeszcze trzy do cztery razy grubszy niż pokład solny, nastąpiła translokacja warstw. Przez translokację rozumiemy w tym wypadku proces przesuwania się różnych plastycznych warstw złoża solnego nad sobą, powodujący przeformowanie warstw, szczególnie warstw złoża solnego. W 1-em stadium następuje daleko idąca tektoniczno-plastyczna dyferencjacja. Przez tę plastyczną dyferencjację rozumiemy rozdzielanie się różnych plastycznych warstw złoża wzdłuż płaszczyzn przesuwu w ten sposób, że warstwy kruche się skupiają, a plastyczne, z powodu wysunięcia się warstw kruchych, układają się obok siebie. Równocześnie odbywa się wydzielanie anhidrytu i iłu, zanieczyszczających złoże, przyczem pozostają partje czystej soli. Warstwy anhidrytu i iłu solnego młodszej soli skupiają się w osobliwy szereg warstw, rozpoczynających się w nadkładzie młodszej soli a kończących się w obszarze Werry dolomitem płytowym (*Plattendolomit*); dalej wydzielają się: główny anhidryt i siny ił solny pomiędzy starszą i młodszą solą, przyczem zostaje zniszczony nadkładowy poziom pokładu potasowego. Z macierzystego pokładu potasowego pozostaje region kizerytu i warstwy potasowe bezpośrednio nad nim spoczywające. Pozostałe te warstwy ogranicza w nadkładzie t. zw. *Löser* (płaszczyzna jego zawiera zawsze substancję ilastą, która przy ślizganiu albo suwaniu działa jak smarowidło), podczas gdy podkład przechodzi powoli w starszą sól.

W późniejszym okresie procesu translokacji następuje łuskowate nasunięcie pojedynczych warstw, powstałych przez

róznicowanie tektoniczno-plastyczne; łączna miąższość złoża przez to się nie zwiększa.

Pokłady soli potasowych są związane nadzwyczaj płaskimi kilometrowymi płaszczyznami nasuwu. Pokłady te zawierają obecnie częstokroć potomny karnalit albo sylwin, wydzielone przy wędrówce ługu wgłąb po płaszczyznach nasuwu.

Wielka część usuniętej mechanicznie substancji pokładu potasowego przez proces przesuwania jest na tych płaszczyznach nasunięć znów wydzielona w formie potomnych soli; dalsza, znaczniejsza część powędrowała wraz z łuskami złóż potasowych i osadziła się w nich w formie sylwinu i potomnego karnalitu w rozłupanych warstwach pokładu i to równolegle do uwarstwienia. Ponieważ każdorazowy »górny« i »dolny« pokład w miejscach przecięcia się z płaszczyzną nasunięcia »wlecze się«, górny pokład ku dołowi, dolny ku górze, to miejsca końcowe i przejściowe są także miejscami największego skupienia albo spiętrzenia warstw i znacznego rozczepienia i uszlachetnienia pozostałości pokładu.

Po 1-szej fazie następuje długi okres spokoju, podczas którego nadkład po części aż do dolnego pstręgo piaskowca, zostaje zniesiony.

W 2-giej fazie — po zniszczeniu nadkładu, następują dalsze dyslokacje. Przeformowanie złoża przez wysad soli ogranicza się przytem do stref dyslokacyjnych, przerzynających nadkład w hercyńskim i reńskim kierunku. Zaburzenie produktywnego poziomu przez wysad soli jest stosunkowo niewielkie, połączone z tem uszlachetnienie i skupienie (wypiętrzenie) pokładu soli potasowych może być jednak znaczne, gdy strefa wysadu ze strefą wypiętrzenia i uszlachetnienia 1-szej fazy się zejdzie. Wypiętrzenia tego doznają tylko poziomy nadkładowe soli; wskutek tego uławicenie »górnego« i »dolnego« pokładu jest różne.

Znaczniejsze są zmiany w uwarstwieniu w poziomie krytycznym, wzdłuż strefy dyslokacyjnej. Poziom krytyczny staje się wskutek zługowania szczytu słupa soli i zapadu osłabionych ługowaniem warstw pokrywy, dla pogłębienia szybów niebezpiecznym. Niezależne od tego jest pośrednie działanie wysadu magmy na pokład soli, które wzburza jego dolne partje. Uskoki przecinają pokład cienkimi szczelinami, które

umożliwiają wdarcie się gazu kwasu węglowego między warstwy złoża solnego, soli potasowej.

Złoże solne składa się z różnych plastycznych warstw. Horyzont produktywny znajduje się w tem miejscu, gdzie warstwy kruche anhidrytu i siniego iłu solnego występują między młodszą i starszą solą. W horyzoncie krytycznym składa się złożo solne tylko na granicy ku spągowi z plastycznych warstw soli i umożliwia przez to przesuwanie się bez tarcia; na granicy ku nadkładowi zawarte w soli warstwy anhidrytu i iłu solnego, komplikują przesuwanie.

Przesuwanie się nadkładu jest z reguły innego rodzaju jak przesuwanie podkładu; różnie od tego odbywa się przesuwanie warstwy plastycznej, między niemi leżące. Mięszkość nadkładu wpływa na przekształcenie.

Przez dyslokację rozumiemy proces tektoniczny, powodujący przekształtowanie złoża przy równoczesnem rozłupaniu albo rozluźnieniu kruchego nadkładu i utworzeniu złóż słupowych.

Jeżeli sól nie zostanie wyciśniętą do nawierzchni, to tworzy w okręgu stref wzburzonych masy sfłoczone (*Staumasse*), podlegające stosunkowo tylko mało zługowaniu. W razie przebicia nadkładu i zługowaniu szczytu soli powstaje »horst«, słup (*Salzhorst, Salzstock*). W obrębie słupa jest proces ruchu soli skierowany w górę; o ile zaś naporowe masy soli posuwają się pod partjami łękowemi nakrywy, odbywa się to prawie poziomo.

Równocześnie z przekształtowaniem złoża idzie sfałdowanie i przesuwanie plastycznych i kruchych warstw wewnątrz masywu solnego.

Proces translokacji różni się od dyslokacji utrudnioną możliwością wymijania posuwających się mas solnych, pozostających pod tektonicznym ciśnieniem jakoteż pod działaniem siły ciężkości nadkładu; translokacja ta odbywa się wyłącznie w kierunku poziomym.

Translokacja ujawnia się tylko w sfałdowaniu warstw szczególnie pokładu soli potasowych. Procesy przekształtowania wewnętrznego złoża solnego są w zasadzie zupełnie te same, jak przy dyslokacji, tylko że proces przekształtowania wewnętrznego odbywa się w płaszczyźnie poziomej. Warstwy soli zostają więc przekształcone w płaskich fałdach względnie nasunięciach o wielkich wymiarach.

Przy wędrówce masy solnej i przy odgrywających się we wnętrzu pokładu soli nasunięciach, następuje zróżnicowanie tektoniczno-plastyczne w zupełnie ten sam sposób, jak w słupach solnych.

5. Obszar górnoreński i badeński.

W średnim oligocenie górno-reńskiej niziny występuje tak po prawej jak i lewej stronie Renu utwór solny oznaczający się naprzemianległym uławiceniem soli, marglu, ilu, gipsu i anhidrytu. Górno-reński utwór solny obejmuje dwa obszary, w których występują sole potasowe. Zachodnie zagłębienie z centralną miejscowością Wittelsheim, ograniczone na Alzację, ma dwa pokłady na 1 i 4 m grube, oddzielone 20 m warstwą soli i łupków. Wschodnie zagłębienie rozpoczyna się koło Banzenheim, Rümersdorf i Blodersheim, rozciąga się popod Renem, przechodząc koło Buggingen w Badeńskie, gdzie zawiera co najmniej dolny pokład alzackiego sylwinitu.

Tu natrafiono pokłady soli potasowych w okolicy Mühlheim koło Buggingen w 780 m, a w Hügelsheim w 860 m głębokości. Pokład jest na 4–6 m gruby i odpowiada pokładom alzackim. W 1913 r. rozpoczęto tu roboty. Pokłady te jednak nie należą już do formacji permskiej, jak w północnych i środkowych Niemczech, ale do znacznie młodszej formacji węgla brunatnego, t. j. do formacji miocenijskiej.

III. Złoża soli potasowych w Polsce¹⁾.

Ponieważ solonośne obszary Niemiec, jak powyżej wspomniano, sięgają ku zachodnim obszarom Polski, należy się i tym stosunkom przypatrzyć, do czego nam poprzednio opisane stosunki w Niemczech zachodnich bardzo będą przydatne.

W epoce karbońskiej uwydatniają się intensywne procesy górotwórcze, na wielkich obszarach Europy środkowej. Po zakończeniu tego procesu ląd środkowo-europejski pozostawał pod wpływem gorącego pustyniowego klimatu, w którym to czasie (perm) powstawały tu na rozległych przestrzeniach

¹⁾ K. Tołwiński: »Sole potasowe«. Czasop. gór.-hutn. Kraków 1919.

piaskowce i zlepieńce, zawierające bardzo mało resztek organizmów. W okresie tym siły dyslokacyjne nie przestawały wstrząsać skorupą ziemi, wylały się również wielkie masy skał magmowych.

Warunki te zastał nowy okres morza płytkiego, które na terytorjum północnych Niemiec, a również i Polski, pozostawił ślady swojego istnienia (górnym perm, cechsztyń). W płytkich lagunach i zatokach tego morza osadziły się mianowicie w pewnych fazach potężne złoża gipsu, anhidrytu, soli kamiennej oraz soli potasowych. Jak już wiemy, skonstatowano cechsztyń solonośny w wielu miejscowościach Niemiec północnych; okazało się, że zawiera on często nieprzebrane bogactwa soli kamiennej i potasowej.

Obszary wymienione przeżywały następnie zmienne bardzo koleje. Morze raz ustępowało z tych obszarów, pozostawiając swoje osady, to znów wracało. W taki sposób po cechsztyńnię przyszły osady formacji tryasowej, częściowo lądowego, częściowo morskiego pochodzenia, następnie jurajskiej, wreszcie kredowej i trzeciorzędnej. W zaraniu epoki obecnej niż północnej Polski i Niemiec został zasypany wielką masą osadów lodowcowych. Gdyby te wszystkie osady wymienionych wyżej systemów geologicznych leżały zgodnie jedne nad drugimi, otrzymalibyśmy ponad solą potężną warstwę prawdopodobnie przeszło 1000 m miąższości, a cały problemat miałby dla nas tylko teoretyczne znaczenie.

Czynniki jednak dyslokacyjne na terenie starych gór środkowo-europejskich, które pofałdowały karbon i zaznaczyły się w permie, nie przestały działać i później po osadzeniu się tryasu, jury i kredy, a nawet trzeciorzędu. One to sprawiły, że już w znacznie późniejszym okresie po utworzeniu się cechsztyńnu, cały obszar Europy środkowej uległ nowym procesom dyslokacyjnym, zaznaczającym się często w kierunku z NW ku SE. Do obszarów tych należą, jak nam już wiadomo, Harc, Turyngia, Sudety, nasze zagłębie węglowe i t. d.

W ten sposób zostały tu pofałdowane stare formacje paleozoiczne razem z permem, jak również mezozoiczne, a nawet trzeciorzędne. Fakt ten spowodował, że w niektórych miejscowościach Niemiec permska formacja solonośna występuje już to w szerokich zakłęśnięciach, jak to n. p. zdarza się na SW od Turyngji pomiędzy Turyngią a Harcem, Harcem

a Magdeburgiem, już to wychodzi na powierzchnię w strefach wypiętrzonych. Takie stosunki napotykamy po obu stronach starego grzbietu w Turynji oraz Harcu, Stassfurcie i innych miejscach.

Z poprzedzającego opisu Stassfurtu wiemy, że sole potasowe dosięgają kilkuset metrów grubości; w innych miejscowościach n. p. nad dolnym Renem między Weserą a obszarem Ruhry wynosi ona 130 m. W Sperenbergu pod Berlinem otwór wiertniczy, głęboki na 1273 m, przebił pokład soli kamiennej o 1184 m grubości, przyczem do spodu złoża soli nie dowiercono.

Wobec tego Niemcy stały się centrem potężnego przemysłu.

Co do geologicznej strony przedmiotu cały problemat ma dla nas znaczenie konkretne o tyle, o ile:

- A) solonośna formacja cechsztyńska sięga istotnie aż do granic obszarów Polskich;
- B) współczesna zaś budowa geologiczna w danych obszarach ma charakter, pozwalający osiągnąć złoża mineralne w niezbyt wielkiej głębokości.

1. Solonośna formacja cechsztyńska na obszarze Polski.

Już wyżej wspomniałem, że otworami wiertniczymi na południe od Wrocławia stwierdzono występowanie cechsztynu. Dalej ku północy w Poznańskim, stwierdzono występowanie cechsztynu solonośnego w Inowrocławiu oraz w Wapnie. Źródła solne w Ciechocinku pochodzą z tej samej formacji. Na NE występuje cechsztyń w Kłajpedzie i Kurlandji. W Królestwie Polskiem cechsztyń znany jest w Kajetanowie koło Kielc już w innem nieco wykształceniu, aniżeli na zachodzie.

Występowanie średniego cechsztynu u południowej krawędzi gór Świętokrzyskich i fakt, że w trójkącie pomiędzy Wrocławiem, Berlinem a Ciechocinkiem i Inowrocławiem stwierdzono niewątpliwie występowanie cechsztynu solonośnego i że cały ten obszar należy do strefy, którą pokrywało płytkie morze górnego permu, jest dla nas bardzo ważny.

Na podstawie tych danych wnioskować można, że część Górnego Śląska, oraz całe niemal Księstwo Poznańskie, a być może i zachodnie połacie Królestwa Polskiego kryją w głębi permską formację solonośną, która tu i ówdzie dźwiga się ku

powierzchni z pod przykrywającej ją wielkiej masy osadów młodszych. Fakt ten może mieć dla nas wielkie znaczenie ekonomiczne.

Prusy zachodnie i wschodnie według wszelkiego prawdopodobieństwa zawierają również cechsztyń ze złożami soli, czy jednak pokłady te dadzą się tu osiągnąć ze względu na znaczną grubość przykrywających je warstw młodszych, sprawa jeszcze wątpliwa.

Na Śląsku Górnym znane są również złoża soli kamiennej, które jednak z permską formacją solonośną nie mają nic wspólnego. Na przestrzeni pomiędzy Rybnikiem, Żorami a Orzeszem znajduje się sól kamienna w miocenie w głębokości około 100—300 m. Pokład soli ma tu około 30 m miąższości. O występowaniu soli na Górnym Śląsku będzie mowa w części III-ciej: »O występowaniu soli w Polsce«.

2. Budowa geologiczna północnych obszarów solonośnych.

W regionach, gdzie wychodzą na powierzchnię resztki starych zrębów górskich, niema zbyt trudności w poznaniu stosunków geologicznych formacji solonośnej, jak na obszarach przykrytych trzeciorzędem i osadami dyluwialnymi, jak n. p. w północnych Niemczech i w NW Polsce. O ile z niektórych nielicznych zresztą okolic wnioskować można, na całym tym obszarze wyłaniają się na kształt wysepek jako słupy (horsty) i fałdy, formacje starsze z pod przykrywającej masy osadów młodszych. Do takich wysepek należy np. utwór cechsztyński w Inowrocławiu ze złożami soli kuchennej i soli potasowych. Wysepka cechsztyńu otoczona jest tu warstwami jury. Do zjawisk tego rodzaju należy gips cechsztyński koło Wapna na W od Inowrocławia, dalej występowanie gipsu w Sperenbergu na S od Berlina itp. Na podstawie różnych danych nie należy uważać solonośnego utworu w Inowrocławiu jako wyspy, zawdzięczającej swoje pochodzenie zapadaniu się otaczających partyj terenu, lecz przeciwnie, czynnikom innym. Pokłady solne są tu ustawione stromo z przebiegiem N—S i wykazują bardzo silne zaburzenia tektoniczne.

Charakter tektoniczny złoża inowrocławskiego przemawia za tem, że powstało ono drogą dźwigniania się i wygniatania

masy solnej do góry, bądź to wzdłuż szczeliny, bądź to jako jądro fałdu. Tym faktem np. tłumaczy się również wielka nie-regularność w występowaniu tu soli potasowych, które raz zanikają, to znowu dochodzą gdzieś do znacznej (20 m) miąższości. Ta wielka zmienność spowodowała może, że w Inowrocławiu zaniechano eksploatacji złoża potasowego. Otworem wiertniczym Göcke nawiercono w 817 m pod 30—40° zapadający pokład karnalitu, na 28,5 m gruby.

W Szubinie koło Bydgoszczy natrafiono na sól i sole potasowe w znacznej głębokości; wiercenie dochodziło do 2.149 m głębokości; miąższość przewierconego pokładu soli dochodziła do 426 m, a łatwo rozpuszczalnych soli (karnalitu) 86 m.

Wynika stąd, że cechsztyńska formacja solonośna, jakkolwiek przebiega niewątpliwie na terytorjum północnych Niemiec i NW Polski, przykryta jest jednak przeważnie skałami młodszymi, tryasem, jurą, kredą, trzeciorzędem, wreszcie dyluwium. Wobec tego złoża solonośne w wielu wypadkach znajdują się bardzo głęboko i praktycznie nie nadają się do eksploatacji, o ile nie będzie można ich w stanie rozpuszczonym wydobyć. Jedynie w obrębie owych stref, wydzwigniętych do góry dzięki procesom tektonicznym, można liczyć na osiągnięcie złóż soli w mniejszej głębokości. Przy robotach poszukiwawczych szczególnie uwaga należy się tym czynnikom dyslokacyjnym. Idzie tu mianowicie o ustalenie kierunku, w jakim one przebiegają, ich stosunkom do starych, zdyslokowanych trzonów Europy środkowej, jak Harcu, Sudetów, polskiego zagłębia węglowego, wyżyny polsko-śląskiej i pasma świętokrzyskiego. Ukazanie się wogóle na powierzchni formacji starszych i źródeł mineralnych może tu dać również pewne punkty oparcia; niemniej należy zwrócić uwagę na gips i na hipsometryczne wyniosłości terenu, gdyż mimo to, że kopuły słupów, składające się z soli i gipsu są zwyczajnie zniszczone i że materiał, przyniesiony przez lodowce, tworzy grubą pokrywę, położenie słupów uwidoczni się wzniesieniem terenu. Przed przeprowadzeniem kosztownych wierceń należy te okolice, gdzie się przypuszczalnie znajduje złożo, zbadać także sposobami geofizycznymi.

Reasumując wszystko, co o solach potasowych powiedziano, musimy przypuścić, że formacja soli permskiej na

ziemiach Polski jest bogata w potas tak samo, jak w Niemczech. Przypuszczenie to opieramy na następujących faktach:

1. Z dokonanych wierceń dochodzimy do wniosku, że równiny północnych Niemiec aż na E od dorzecza Werry, część Prus wschodnich, Poznańskie i Król. Polskie, conajmniej aż do linii, ciągnącej się od Ciechocinka do ujścia Sanu do Wisły, są pokryte jednostajną ciągłością warstw mezozoicznych i trzeciorzędnych o wielkiej miąższości, leżących na warstwach permskich.

Pod względem tektonicznym charakteryzują te okolice sfałdowania mało wyraziste i załamania w kierunku NW—SE. Na powierzchni nierówności gruntu zostały przeważnie zniwelowane i pokryte młodszymi skałami. Fakty znane każą przypuszczać, że formacja permska zawiera pokłady soli a zwłaszcza soli potasowych także na wschodzie, więc w Poznaniu i stąd na SE aż do granicy wystąpienia syluru i dewonu w okolicy Kielc i Łysej Góry, podobnie jak na zachodzie.

Postępując wzdłuż linii Inowrocław—Łódź ku SE, a więc ku Łysej Górze, formacja permska powinna się znajdować w głębokościach coraz mniejszych.

W okolicach Łodzi, Zgierza, Ozorkowa, nadzieja znalezienia bogatych złóż soli jest znaczna, ponieważ w kierunku S miąższość pokrywających pokładów zmniejsza się, o ile można sądzić z większego wystąpienia skał permskich na NE od Kielc.

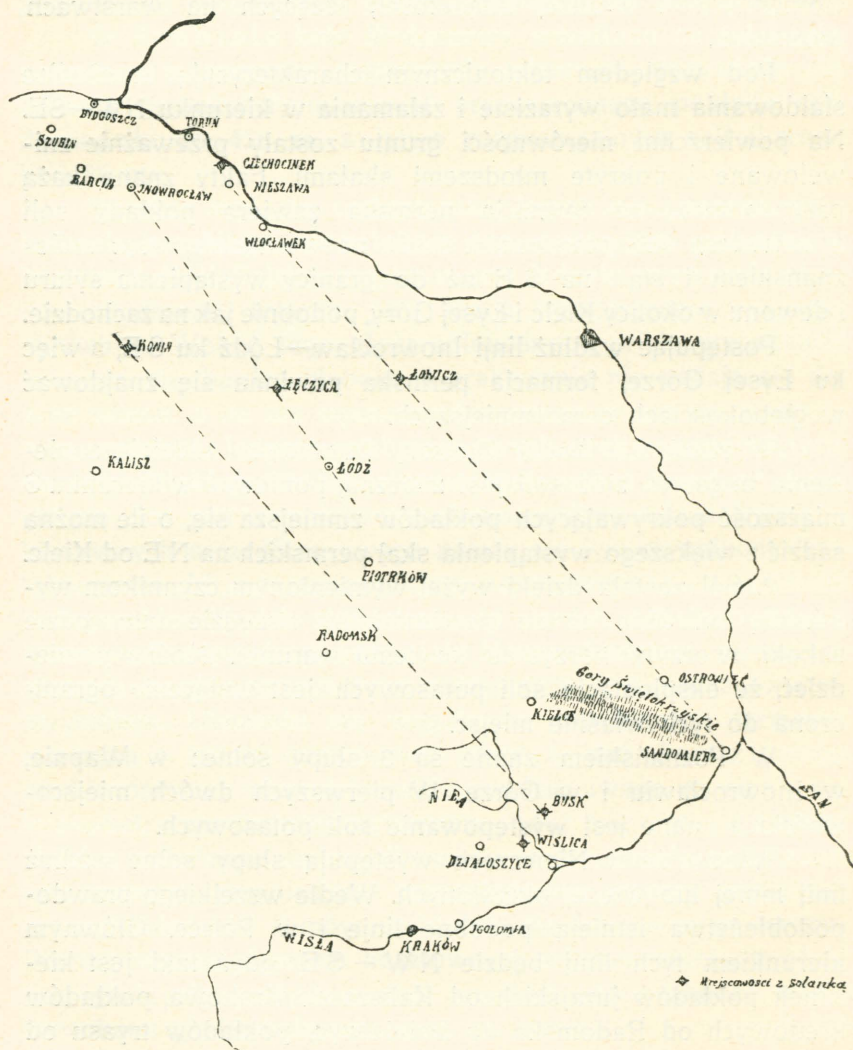
2. Sól została dzięki wyżej wymienionym czynnikom wyciśniętą od dołu aż na powierzchnię wszędzie tam, gdzie uskoki tworzyły korzystne ku temu warunki. Można powiedzieć, że eksploatacja soli potasowych jest wyłącznie ograniczona do tych właśnie miejsc.

W Poznaniu znane są 3 słupy solne: w Wapnie, w Inowrocławiu i w Górze. W pierwszych dwóch miejscowościach znane jest występowanie soli potasowych.

Wiemy, że w Niemczech występują słupy solne wzdłuż linii mniej lub więcej określonych. Wedle wszelkiego prawdopodobieństwa istnieją podobne linie i w Polsce. Głównym kierunkiem tych linii będzie NW—SE, gdyż taki jest kierunek pokładów jurajskich od Kalisza do Krakowa, pokładów kredowych od Radomska do Działoszyc, pokładów tryasu od Przysuchej do Ostrowca i taka jest też linia głównych synklin i antyklin w Polsce, zupełnie tak samo jak w północn. Niemczech.

3. W Polsce natrafiono w wielu miejscach na solanki. Ponieważ wody, pochodzące z warstw nad-permskich są bardzo dobre do picia, a również wody z formacji jurajskiej są znakomite, wskazują owe solanki na istnienie słupów w tych okolicach.

Właśnie woda ze studni, wykopanej na dzisiejszym rynku w Inowrocławiu, dostarczyła pierwszych pewnych wskazówek o istnieniu tego złoża solnego.



Ryc. 8. Szkic poglądowy wypiętrzenia pokł. solnych formacji permskiej w Polsce.

Przeprowadzając systematycznie podobne poszukiwania we wszystkich miejscach, gdzie zawartość soli w wodzie wzrasta w stosunku do głębokości, będzie można odkryć inne podobne słupy, jak w Inowrocławiu, Wapnie i Górze. Że słupy znajdują się wzdłuż pewnej linii, wskazują solanki w Ciechocinku, Łowiczu, Łęczycy i Koninie.

Dr. Arctowski¹⁾ podaje 3 linje, wzdłuż których istnienie słupów jest prawdopodobne. (Ryc. 8).

1-sza linja — przedłużenie prostej linii, pociągniętej między Ciechocinkiem i Łowiczem, wypada na skupienie górnego tryasu; ta linja, przedłużona aż do Wisły, dochodzi do wystąpienia kambryjskiego koło Sandomierza. Ciechocinek i Łowicz znajdują się zatem na ściśle określonej linii tektonicznej.

2-ga linja — równoległa do poprzedniej, poprowadzona przez Łęczycę, przechodzi blisko Inowrocławia, a styka się z drugiej strony w kierunku SE z dwoma wyspami jurajskimi, znajdującymi się na E i SE od Piotrkowa. Istnienie więc solnego słupa w Łęczycy jest bardzo prawdopodobne.

3-cia linja — równoległa, przechodząca przez Konin, przedłużona w kierunku SE, dotyka Buska i Wiślicy, miejscowości znanych z solanek. Nie jest jednak pewnem, czy w Busku i Wiślicy istnieją solne słupy permskie, gdyż gips, który tam znajduje się obficie jak w Staszowie i Proszowicach, jest pochodzenia miocénskiego, ale w Koninie zapewne napotkamy na słup; dowodzą tego wzniesienia kredowe, które ciągną się na E od Konina.

Według B. Świderskiego²⁾ przypadają wszystkie prawie znane wypiętrzenia pokładów soli lub solanek w Wielkopolsce, oraz na przyległych doń częściach Królestwa Kongresowego na t. zw. wypiętrzenie kujawskie, czyli garb wielkopolski.

Wypiętrzenie to tworzy pas długi na 30—40 km, którego oś stanowi linja Ciechocinek—Inowrocław—Szubin. Uwydatnia

¹⁾ Arctowski H.: »Kwestja soli potasowych w Polsce«. Przemysł chemiczny, Lwów, 1921.

²⁾ Bohdan Świderski: »O złożach solnych Wielkiego Księstwa Poznańskiego«. »Kosmos«, Lwów, 1921.

się to przez występowanie pod cienką warstwą pokładów dyluwalnych i trzecio-rzędnych skał jurajskich, tryasowych i perm-skich. Dzięki wydzwignięciu tych starszych pokładów bezpośrednio otaczających garb wielkopolski, zajęty przez górną kredę i trzeciorzęd, osady epoki permskiej, zawierające bogate pokłady solne, znalazły się we względnie niewielkiej głębokości, jak to np. wierceniem w Szubinie sprawdzono.

Na obszarze tych wypiętrzeń znane są trzy słupy solne i to w Inowrocławiu, Wapnie i w Górze. Największy jest słup inowrocławski. Przekrój poziomy złoża tego ma kształt wydłużonej z N ku S elipsy, a podstawa jego znajduje się wedle Świderskiego w głębokości co najmniej 2.000 m. Wspomniane złoża solne leżą na linii posiadającej kierunek WNW — ESE i będącej najprawdopodobniej jedną z linii tektonicznych wypiętrzenia kujawskiego. Na tej samej linii znajdują się odsłonięcia skał jurajskich w kamieniołomach pod Krotoszynem w licznych pęknięciach i uskokach. Znacznie dalej ku zachodowi w okolicach Włocławka wiercenie dokonane w Brzeziu i Wieńcu (kierunek WNW — ESE) wykazały istnienie gipsów, przypominających gipsy inowrocławskie.

Wobec tego, że wiercenia te leżą na przedłużeniu wyżej wspomnianej linii tektonicznej, występowanie gipsów prawdopodobnie związane jest i tu z istnieniem złoża solnych, dotychczas jeszcze nie zbadanych.

Prócz tej głównej linii tektonicznej stwierdzono w Inowrocławiu obecność potężnego uskoku w kierunku od S ku N z lekkim odchyleniem ku wschodowi, w którego osi leży złoże solne.

Wobec tego, że występowanie słupów solnych ma niezawodnie bardzo ścisły związek genetyczny ze sfałdowaniem i uskokami lub skrzyżowaniem tychże, prawdopodobne jest istnienie dalszych słupów solnych na znanych nam już liniach lub nowych, dotychczas nie odkrytych.

Na wypiętrzeniu kujawskim znajdują się wyniosłości pagórkowate nad słupem soli w Inowrocławiu i Górze. Na linii Inowrocław—Wapno jest wzgórze w okolicy Dachanowa (na W od Żnina) i na N od kopalni w Wapnie; w kierunku równoległym do stwierdzonego wierceniami uskoku N—S w Ino-

wrocławiu, istnieją trzy takie pagórki w Kcyni i dalej ku N w Dębogórze. Wierceniami należałoby dopiero sprawdzić, czy pagórki te kryją słupy solne.

Prof. I. Siemiradzki¹⁾ oświadcza się stanowczo przeciw mniemaniu, iż mamy w Inowrocławiu do czynienia ze »słupem« solnym, sięgającym przeszło 2.000 m w głąb. Kopalnia bowiem odsoniła zupełnie prawidłowe i łagodnie nachylone północne skrzydło siodła, mającego stały dla wszystkich mezozoicznych wypiętrzeń Polski kierunek NW — EE (hora 9). W Brzeziu zaś napotkano południowe skrzydło innej, równoległej do Inowrocławia antykliny.

Garb mezozoiczny (sudecki) jest przecięty kilkoma linjami uskokowemt czy fleksurowemi w kilku kierunkach. Od Ciechocinka do Łęczycy przechodzi uskok w kierunku N—S, zaznaczony licznymi uskokami, którego część wschodnia jest silnie zapadnięta i wypełniona utworami miocenijskimi, na zachodniej zaś okazują się utwory starsze. Uskoki poprzeczne w kierunku E—W zostały stwierdzone w kilku miejscach; największym jest t. zw. linja kujawska, przechodząca przez Kalisz, mniejsze napotkano koło Wielunia; dolina Noteci jest prawdopodobnie też fleksurą poprzeczną.

Z powyższego wynika, że solonośne utwory cechsztynu, stanowiące podłoże utworów jurajskich i tryasowych w Wielkopolsce muszą być, podobnie jak wszystkie utwory przedkredowe systemu sudeckiego, wypiętrzone w kilka pasm antyklinalnych w kierunku NW—SE, a tem samem najbliżej powierzchni znajdują się na linjach szczytowych tych siodeł. Nieszawę, Inowrocław i Barcin uważa prof. Siemiradzki za punkty szczytowe trzech odmiennych siodeł, przeto poszukiwania wiertnicze, których miejsca z powodu pokrywy dyluwialnej i trzeciorzędnej na powierzchni oznaczyć dokładnie niepodobna, powinny być prowadzone od punktów powyższych w kierunku biegu warstw t. j. według hora 9; gdyby zaś udało się napotkać pokład solny na zbyt wielkiej głębokości, co byłoby spowodowane położeniem otworu wiertniczego zbyt daleko od szczytu siodła, należałoby przeprowadzić kilka wierceń próbnych na poprzek biegu warstw, aby napotkać na szczyt siodła.

¹⁾ »Kosmos«. Lwów 1923, str. 436 i 437.

4. Sole potasowe w Małopolsce.

W Małopolsce zalicza się te sole do formacji miocenińskiej.

Miocenińskie ily solne niżu podkarpackiego tworzyły się w jednakowych warunkach, nie jest więc wykluczonem, że obok złóż soli kamiennej, które tak licznie zaznaczają się na Podkarpaciu, powstały również tu i ówdzie pokłady soli potasowych.

Podkarpackie obszary miocenińskie nie są jeszcze zbadane tak dokładnie, aby można pod tym względem wypowiedzieć ostateczne zdanie. Wiemy tylko, że w kopalni w Kałuszu i Stebniku są złoża soli potasowych godne odbudowy. Sole te wydobywa się w Kałuszu już od szeregu lat, w Stebniku zaś dopiero od niedawna (1923). Odkryty kopalnią zapas soli potasowych podają: w Kałuszu na 12,000.000 t, a w Stebniku na 5,000.000 t. Przypuszczalny zapas między Stebnikiem a Kałuszem oceniają na 70,000.000 t¹⁾. O zaleganiu soli potasowych w Kałuszu i Stebniku będzie mowa w III części (Sól i sole potasowe w Polsce). W związku z badaniami wogóle zasobów naszej soli, należy przeprowadzić szereg wierceń, które stopniowo wykażą bogactwo solne Podkarpacia i udział w tem soli potasowych. Oprócz wierceń specjalnych za solą, należy również poddać ścisłej kontroli szyby naftowe, które często przebijają miocen solonośny. Nasuwa się przytem jedna uwaga, a mianowicie wydaje się, iż pewne względy przemawiają za tem, że złoża soli o pewnym typie występują nie pojedynczo, lecz gromadnie na pewnych przestrzeniach. Decydują tu także momenty, jak skład chemiczny owego ługu macierzystego, jaki powstał z resztek cofającego się morza, względnie jaki się wytworzył pod wpływem otaczającego środowiska paleogeograficznego, lub też czynniki natury fizycznej, jak n. p. temperatura, sposób połączenia oddzielnych basenów i t. d.

Ponieważ w wielu wypadkach stwierdzono, że podkarpackim złożom solnym nie towarzyszą większe ilości związków potasowych, musimy więc przyjąć, że mamy do czynienia z pewnym typem osadów solonośnych, w obrębie którego odnalezienie większych złóż potasowych staje się problemem trudnym.

¹⁾ Zeitschrift f. prakt. Geologie, 1925 Nr. 11.

Odkrycie soli potasowych jest o wiele trudniejsze niż innych minerałów. Z reguły nie wychodzi pokład soli na powierzchnię, tak, aby był widoczny, jak to n. p. w indyjskiej Saltrange, w Pilluana, w Andach Peruwji, w Cardona w Hiszpanji i w innych miejscach. Wychodnie pokładu solnego w Siedmiogrodzie, otoczone górami, które wstrzymują do pewnego stopnia opady atmosferyczne, znachodzą się w innych warunkach klimatycznych, niż pokłady soli w Alpach i u nas. Wychodnie soli znachodzą się u nas tylko koło Delatyna i Utorop. W strefach bogatszych w opady, zostaje sól dochodząca do powierzchni rozpuszczona, i znika, przez to następują usuwiska, a ił, występujący wraz z solą, nakrywa ogołocony pokład.

Jeżeli się tak dzieje z solą kuchenną, to w większym stopniu ma to zastosowanie do soli potasowych, jako łatwiej rozpuszczalnych; wobec tego trudno będzie u nas znaleźć wychodnie tych soli. Musimy według Dr. E. Tietze'go¹⁾ szukać innych dróg celem ich wynalezienia. Terenem poszukiwawczym będzie w pierwszej linji okolica, w której skonstatawana jest formacja miocenska zawierająca sól kuchenną.

Wedle Tietze'go niektóre partje przedkarpackiej formacji solnej (szczególnie w sąsiedztwie fliszu) są odkryte kopalniami soli, częściowo kopalniami oleju skalnego, tak, że możnaby wnioskować, że gdyby tam były sole potasowe, odkryłoby je już dawno. Dlatego też wzdłuż długich przestrzeni formacji solnej podkarpackiej występowania soli potasowych spodziewać się nie można. Twierdzenie to nie jest całkowicie uzasadnione, ponieważ brakuje analiz solanek z tych wierceń za olejem skalnym — a też i z tego powodu, że dotychczas były tylko bardzo skąpe poszukiwania za solami potasowymi t. j. tylko w Turzy Wielkiej i w Morszynie, których wynik, mimo że może nie zawsze używano odpowiedniego materiału płuczkowego przy wierceniu, na ogół nie był ujemny. Dalej wiercenia naftowe trzymają się stref antyklinarnych, gdy występowania soli potasowych wedle tego, co omawialiśmy powyżej, raczej są właściwością stref synklinalnych. Nadto pas ten for-

¹⁾ Beiträge zur Geologie von Galizien, Jahrb. d. geolog. Reichsanst., Wien. 1893, Tom 43, zeszyt 1.

F. Foetterle: »Die Chlorkalium-Ablagerung in Kałusz«. Öster. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. Wien 1868, Nr. 30.

macji solnej jest jednak szeroki, tak, że zachodzi pytanie, czy przecież w nim niema soli potasowych. Najlepszym wskaźnikiem będą źródła solankowe, znajdujące się w tym pasie. Solankę z szeregu tych źródeł, głównie zaniechanych i czynnych żup, zbadał Kripp w 1869 r.

Idąc tą drogą, zwrócono uwagę na szyb solankowy w Turzy Wielkiej, którego solanka zawierała uboczne sole. (O tych solach i o wierceniu zob. w części III ciej: Sól i sole potasowe w Polsce). Tu należy mimochodem wspomnieć wątpliwą sprawę dawnej żupy solnej w Starej Soli zastanowionej w 1853 r., której solanka zawierała większą ilość siarczanu potasowego.

Koło Tróściańca pokazują się ility formacji solnej. Między Tróściańcem a Słobodą występują też ility i znachodzą się tam źródła solankowe o bardzo gorzkim smaku. Dalszym punktem uwagi godnym, jest źródło Bonifacego w Morszynie. Prócz tego niektóre momenta przemawiają za Utoporami, za okolicą na południe od Otyńni i to za miejscowościami Hołosków i Strupków, tak samo i za Rosólną dawnej żupy solnej, jakkolwiek bliższych danych niema. Z dawnych analiz wiemy tylko, że solanka tej ostatniej miejscowości zawiera znaczną ilość chlorku potasowego¹⁾.

IV. Pokłady soli potasowych w Górnej Alzacji²⁾.

Pokłady te odkryto licznemi (120) wierceniami w okolicy Milhuzy przy sposobności poszukiwań oleju skalnego w 1904 r. a wydobywa się je szybami dopiero od 1910 r.

W dolnej części oligocenu środkowego znachodzą się w grupie wstęgowanych margli w wyższej bitumicznej strefie sole

¹⁾ Dr. Szajnocha: »Płody kopalne Galicji«, Lwów, 1894.

Dr. Szajnocha: »Źródła mineralne Galicji«, Kraków, 1891.

²⁾ R. Görgey: »Über die Salzgesteine der Kalilager von Wittelsheim im Oberelsass«. Kali, 1913.

P. Ramdohr: »Die Salzlagerstätten im Tertiär des Elsass«, Kali, 1913.

E. Harbort: »Zur Frage der Genesis der Steinsalz- u. Kalisalzlagertstätten im Tertiär von Ober-Elsass u. von Baden«, Kali, 1913.

B. Förster: »Mitteilungen der Geolog. Landesanstalt v. Elsass-Lothringen«, 1909 i 1911.

L. van Werveke: »Herkunft des Unteroligocänmeeres u. d. Kalisalze im Mittelrheintale«, Kali, 1925 Nr. 16.

z dwoma pokładami soli potasowych i anhidrytu, a w niższej strefie bitumicznej drobno paskowany margiel dolo-mitowy z wieloma pokładami anhidrytu i soli kuchennej, tak samo w strefie konglomeratów. W tutejszym oligocenie dolnym i środkowym występuje także anhidryt, w ostatnim wraz z solą kamienną. Złoża soli potasowych nawiercono w różnych głębokościach między 143.3 m i 749 m. Mimo licznych uskoków, które przez górną dolinę Renu przechodzą, pokłady wykazują na ogół płaskie uławicenie, zawartość K_2O wynosi 22% a w przecięciu 16.3%. Największą zawartość wykazuje kopalnia Teodor i Książę Eugeniusz 20.82%, a najmniejszą kopalnia św. Teresy 14.90%.

Siodła wykazują kierunek od SSW ku NNE uskoki częściowo takież sam, częściowo skośny do kierunku siodeł. Warstwy soli w marglach paskowanych mają przeciętnie 241 m łącznej miąższości. Średnia miąższość obu pokładów soli potasowych o 19.5 m od siebie oddalonych, jest 1.16 m dla górnego a 4.15 m dla dolnego pokładu. Pokład górny zawiera sole wysoko wartościowe.

Obszar zajmowany przez górny pokład, obejmuje według Förstera 84,000.000 km², a dolny 172,000.000 km². Łączną ilość K_2O szacują na 300,000.000 t.

Na prawym brzegu Renu, więc w Badeńskim, natrafiono w 700 m również na sole potasowe, które prawdopodobnie są dalszym ciągiem soli Alzacji Górnej.

Z profilu szybu Wittelsheim, 8 km na NW od Mühlhausen, uwidacznia się podobieństwo ze złożami środkowo-niemieckimi. Tu i tam występują dolna i górna sól, przedzielona iłem solnym, który w Alzacji jest więcej rozwinięty; tak samo sól dolna kończy się w nadkładzie solami potasowymi, a tu i tam występuje w górnej soli sylwinit. Z tego można wnioskować, że sole te powstały w tych samych warunkach, abstrahując od czasu ich powstania. Wchodząc w szczegóły, okazuje się jednak różnica między występowaniem soli potasowych środkowych Niemiec i Alzacji.

W alzackich solach jest kwas siarkowy związany tylko z wapieniem w anhidrycie, a w strefach naprzemianległych karnalitu brakuje kizerytu i kainitu.

Sole potasowe wydobywa się 17 szybami (1923), z których szyb Ensishheim II jest najgłębszy (1038 m), a szyb Anna naj-płytszy (448 m).

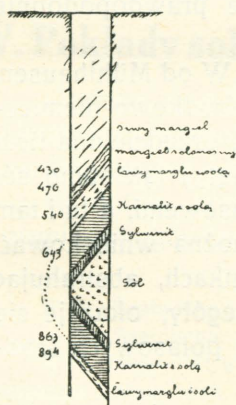
V. Sól potasowa w Hiszpanji ¹⁾.

W Katalonji sole potasowe występują w kotlinie oligocénskiej, ciągnącej się 75 km w kierunku ku N W od Barcelony między brzegiem morza Śródziemnego i Pirenejów. Kotlina ta odwadnia się rzekami Cardona i Segrą i rozprzestrzenia się na 5000 km², a ograniczona jest miejscowościami Manresa, Igualanda, Balaguez, Isona, Berga i Vich.

Nakryte młodszymi warstwami warstwy oligocenu, wykazujące na ogół kierunek od W ku E i zapadające ku W zostały z początkiem miocenu silnie sfałdowane i zaburzone.

Z licznych siodeł o kierunku W S W — E N E uznano siodła w Cardona i Suria jako najwięcej dające widoków uzyskania soli potasowych, one są też dla tego najlepiej zbadane. Siodła te tworzą zamknięte obszary czerwonego piaskowca i marglu, pod którym znajduje się poziom gipsu a poniżej pokład soli. W Suria jest budowa warstw bardziej skomplikowana niż w Cardona. W biegu tych siodeł zabezpieczyło sobie państwo obszar 340.000 ha, zaś przedsiębiorstwa prywatne obszar 100.000 ha.

Planowe poszukiwania przeprowadziło tylko Towarzystwo »Solvay« i rząd. T-wo »Solvay« wykonało w siodle Suria 13 wierceń. Przewiercono następujące warstwy:



Ryc. 9.

200 — 800 m	margiel, piaszczyste i wapienne skały,
20 — 80 m	margiel wapienisty, naprzemian z solą,
60 — 80 m	warstwy soli potasowych, z których 33—35 m zawierało 10% K ₂ O — godne odbudowy,
10 — 12 m	strefa z 2 — 8 m sylwinitu,
200 m	sól kamienna,
2 — 10 m	anhidryt, margiel eocénski.

Znamienne jest, że pod anhidrytem brak dolomitu i siarczanów, podobnie, jak w Alzacji.

¹⁾ »Glück auf«, Essen, 1922, Nr. 12.

A. Born: »Zur Geologie der spanischen Kalisalzlagertstätten«, Zeitschrift f. prakt. Geologie, Halle a/S, 1917, Nr. 10.

Zawartość złoża, ograniczająca się głównie do karnalitu, sylwinitu i soli kamiennej, niezapowiada szans dorównania niemieckim złożom soli potasowych.

Odkrywki T-wa »Solvay« ocenia się na 10,000.000 tonn K_2O , a obecnie Towarzystwo to rozpoczęło eksploatację z szybu 231 m głębokiego.

Również rząd rozpoczął szereg wierceń. Pierwsze wiercenie na siodle Cardona ma głębokość 1634 m; przewiercono następujące warstwy:

- 1200 m margiel i piaskowiec,
- 110 m margiel i sól kamienna,
- 121 m młodsza sól w formie soczewek, naprzemian z marglem i anhidrytem,
- 83 m młodsza sól z marglem w cienkich ławach, naprzemian ułożonych,
- 73 m karnalit, zmieszany z solą, z tego około 30 — 35 m z 10% K_2O ,
- 7 m sylwinit, zmieszany z solą, z tego 2 ławy w grubości 3.75 m i 1.4 m z zawartością przeszło 15% K_2O .
- 42 m starsza sól, w której zastanowiono wiercenie.

Analizy:

1. Sylwinitu:

z głębokości 1592 m

1. Karnalitu:

z głębokości 1525 m

	%	%
Ca	0.40	0.07
Mg	0.10	8.63
Na	11.01	1.43
K	35.27	10.78
SO ₂	0.53	0.10
Cl	49.30	37.60
pozostałość	0.15	41.19

O odbudowie w takiej głębokości na razie nie można myśleć; zdaje się jednak, że napotka się złożę w głębokości mniejszej od siodła Cardona i to około 600 m.

Drugie wiercenie założono na W od końca siodła Suria w Castelfullit. Tu przewiercono strefę soli potasowych od 546 m począwszy dwa razy, tak, że pozorna grubość wynosi 317 m a rzeczywista z uwzględnieniem stromego zapadu 70 do 75°

około 50 m. Zawartość karnalitu oszacowano 18.85%, a sylwinitu na 32%.

W Castagnede w Pirenejach odkryto podobno w głębokości 180 m pokład soli potasowych o miąższości 90 m.

Marin ocenia rozprzestrzenienie katalońskiego złoża soli potasowych na 160 km² i uważa je jako równoważnościowe z niemieckimi i alzackimi złożami. Jakkolwiek ocena ta jest bardzo optymistyczna, to jednak sole te mają doniosłe znaczenie gospodarcze. Marin zaprzecza możliwości konkurencji z Niemcami, ponieważ koszt produkcji w Hiszpanji wyniosą 700 Mk, podczas gdy w Niemczech wynoszą 200 Mk od tonny.

VI. Sole potasowe w Ameryce¹⁾.

Przy wierceniu naftowem w Texas natrafiono wielokrotnie sole potasowe, które amerykański Instytut Geologiczny zbadał.

Miejsca znachodzenia rozdzielają się na wielki obszar na granicy Texas ku Nowemu Meksykowi. Ponieważ wiercono płuczką wodną, nie można wydać ostatecznego sądu, o jakie pokłady chodzi. Na podstawie analiz, wykonanych przez Means Well'a, do których próby brano w odstępach co 5 stóp między 300 i 1200 m, sądzą Amerykanie, że należy tu rozróżnić ośm bogatych stref soli potasowych.

Strefy, z których wzięto próbki, stopy 1' = 30.48 cm	Miejsce pobranych najbogatszych prób danej strefy stopy	Zawartość rozpuszczal. soli potas. próbki %	Zawartość K ₂ O próbki %	Zawartość K ₂ O w rozpuszczonych solach %
995—1010	990— 995	69.60	11.2	16.1
1240—1290	1235—1240	85.68	6.4	7.5
1480—1600	1505—1510	51.10	3.3	6.5
1630—1640	1630—1635	88.40	4.24	4.8
1700—1785	1740—1745	76.40	9.0	11.8
1820—1860	1825—1830	63.70	8.7	13.7
2005—2020	2005—2010	27.00	3.4	12.6
2330—2340	2335—2340	92.50	3.1	3.3

¹⁾ »Glückauf«, Essen, 1922, Nr. 12.

Dr. W. Mayer: »Die Versuche zur Gewinnung v. Kalisalzen aus Salzsolen i. d. V. S. v. Amerika«. Kali 1916, Nr. 18.

Amerykanie starali się już od dawna, uniezależnić się od importu soli potasowych; szczególną zwracano uwagę na obszary bezodpływowe w zachodnich częściach państwa i nad Oceanem Spokojnym; sądzono, że właśnie tu sprzyjały warunki powstaniu i utrzymaniu pokładów soli w ogólności, a szczególnie soli potasowych ¹⁾. Przedewszystkiem zbadano obszar wielkiej kotliny »The Great Basin« w W części Stanów Zjednoczonych. Obszar ten zajmuje przestrzeń 540.000 km² i tworzy wyżynę, która tylko w najgłębszych wklęsłościach schodzi poniżej 1000 m nad poziomem morza.

Przy końcu epoki paleozoicznej powstało niezmiernie wielkie jezioro, a przy końcu epoki jurajsko-tryasowej powstał grzbiet Sierry Nevady i jezioro zaczęło odparowywać; w czasie trzeciorzędu powstały grube osady ilu, marglu i soli, a jezioro wyparowało wśród pustyni. W czasie przejściowym do epoki dyluwialnej okryły ten teren lodowce, a równocześnie nastąpił perjord wilgotny, w którym wielka część tego zagłębia zamieniła się znów w jeziora, a klimat przechodził powoli w klimat obecny.

Woda wielu tych jezior okazuje wielką zawartość soli, zależnie od ilości opadu; wody tych jezior przeważnie odparowały, a w ich najgłębszych miejscach pozostała gliniasta, zielonawo-szara skorupa wyschnięta t. zw. »Playa«.

Do jezior tych zlewały się wody, przechodzące przez skały osadowe, ubogie w potas, jako to:

	Piaskowiec	Wapień	Łupek biały
Na ₂ O	1'82%		1'65%
K ₂ O	1'32%	0'51%	2'11%

i bogatsze w alkalia skały magmowe, zajmujące 40% obszaru w wielkiej kotlinie:

	Granit, Ryolit (kwaśne skały)	Dioryt, Dijabaz, Andezyt, Bazalt (zasadowe skały)
K ₂ O	4'10	2'09
Na ₂ O	3'35	3'29

Cała kotlina nie tworzy jednolitej całości. Free różni 130 odrębnych kotlin.

¹⁾ Dr. Friedensberg: »Kalivorkommen und Kaligewinnung in Nordamerika«. »Glückauf«, Essen, 1917, Nr. 19.

P. Kriche: »Das Kali«. Stuttgart, 1923.

Z dawnego wielkiego basenu pozostały tylko dwie największe kotliny i to Bonnaville na wschodzie i Lahonten na zachodzie. Zawartość K_2O w ługach nie dochodzi do 2%. Mniejsze kotliny są: Clayton, Mono, Owens, Searles i inne.

W kotlinie Clayton albo Silver Peak występuje sól zazwyczaj w skorupach i pokładach na powierzchni w naprzemianległym ułożeniu, zmieszana z gliną i z łąkami gipsonośnemi do głębokości około 15 m. Zalegającą sól oceniają na 15 milj. t. Powstanie i budowa kotliny Searles odpowiada teorii pustyniowej, w środkowej części ma pokład soli 20—30 m miąższości. Jezioro to znajduje się obecnie w stanie wysychania. Ługi solankowe tego jeziora służyły głównie do wytwarzania potasu.

Wobec małej głębokości kotliny (najwyżej 400 m) nie mogły się wielkie masy soli utworzyć przez odparowanie jednorazowego napływu wody rzecznej, która jezioro wypełniła.

Jak więc widać, badania te nie osiągnęły pożądanego wyniku. Gdy nadto sprowadzanie soli potasowych z Niemiec podczas wojny napotykało na wielkie trudności, musiano się i takimi solami zadowolnić. Nadto starali się Amerykanie, nie mając dotychczas odkrytych złóż soli potasowych w wodzie rozpuszczalnych w ilości odbudowy godnej, uzyskać cenny ten produkt w sztuczny sposób także ze skał w wodzie nierozpuszczalnych.

Do tego celu upatrzone:

Alunit (K_2O , $3 Al_2O_3$, $4 SO_3$, $6 H_2O$, albo K_2SO_4 , $Al_2(SO_4)_3$, $2 Al_2O_3$, $6 H_2O$); zawiera 9—10% potasu, obok tego 0.3% MgO , zaś teoretycznie 11.4% K_2O i 37% Al_2O_3 . Alunit występuje w Utah i Newadzie w ścisłym związku z żyłami kruszcowymi w młodszych eruptywach jako wypełnienie szczelin zazwyczaj w towarzystwie kwarcu i chalcedonu, rzadko z węglanami, z pirytem i wreszcie w czystych masach.

Najważniejsze miejsce znachodzenia jest 12 km w kierunku SW od miejscowości Marysville albo 270 km w kierunku S od Wielkiego Jeziora Słonego, a więc jeszcze w obszarze wielkiej kotliny.

Według analogji występowania alunitu koło Tolfa we Włoszech nie dochodzi on głęboko, bo już w 100 m żyły przechodzą w piryty i kwarcy. We Włoszech i w Australji używa się alunitu do wyrobu ałunu.

Przy prażeniu alunitu sposobem Schallera w temperaturze 800—1000°C uchodzi SO_3 i H_2O , podczas gdy rozpuszczalny K_2SO_4 i nierozpuszczalny glin pozostają w osadzie według wzoru: $\text{K}_2\text{O}, 3\text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{SO}_3, 6\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$.

Siarczan potasowy można wodą ługować, a po sfiltrowaniu nierozpuszczalnego glinu, wyparować z roztworu.

Zamiast żmudnego procederu wylugowania poleca Mac Dowell po rozkładzie alunitu prażenie przy wyższej temperaturze (1100 do 1600°), przyczem wszystkie sole potasowe wyparują i osadzają się w szyji mufl w stałej formie jako kondensat. Proceder jest następujący: drobno zmielony alunit miesza się z drobnym węglem w prażalniach obrotowych. SO_3 uchodzi wraz z gazami spalinowymi. Wyprażoną masę wylugowuje się w kotłach, a ług odchodzi do prasy filtrowej, w której pozostaje nierozpuszczalny glin. Oczyszczony ług odparowuje się w aparatach próżniowych, wydzielony siarczan potasowy (zawierający więcej jak 93% K_2SO_4) poddaje się suszeniu i mieleniu, poczem się go w worki pakuje. Produkcja dzienna obliczona na 25 do 35 t K_2SO_4 . Ilości tej odpowiada przy zawartości K_2SO_4 w surowym alunicie 19.4%, i średniej wydajności 92% — dzienne wydobyć 140 — 200 t alunitu.

Na ogół szacuje się 14.000 t alunitu na 1 m głębokości, a przy 100 m głębokości 1,400.000 t czyli 140.000 K_2O , co odpowiada zapotrzebowaniu Stanów Zjednoczonych na pół roku.

Starano się też potas uzyskać z glino-krzemianów potasowych, ale przeróbka zupełnie nie rokuje nadziei. Najważniejszym zadaniem jest, nierozpuszczalną zawartość potasu przemienić w rozpuszczalne sole potasowe, przy równoczesnem wzbogaceniu i zużytkowaniu pozostającego glinu.

Rozpowszechniony jest skaień potasowy (ortoklas), zawierający 9—10% potasu. Występuje on obficie w południowo-wschodnich Stanach Zjednoczonych.

Najbogatszym w potas jest minerał potasowy leucyt ($\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$) z zawartością teoretyczną 21. 5% K_2O , występujący w trzeciorzędnych skałach magmowych. W Montana i Wyoming zawartość potasu w leucycie jest zmienna. Tak np. w Montana jest on ubogi w potas, a w Wyoming zawiera średnio 8 — 12% K_2O .

Zawartość leucytu w wulkanicznych pokrywach lawy oszacowali Schulz i Cross mniej więcej na 1800 milionów tonn

z przeciętną zawartością 10% K_2O , co by odpowiadało 180 milionom tonnom K_2O .

Muskowit, zawierający teoretycznie 9.8% K_2O występuje rzadko w czystych masach. Natomiast występuje odmiana jego serycyt w soczewkach 1'5 m grubych. Analiza wykazuje 10'75% K_2O obok 0'20% Na_2O ; znajduje się, jak podają, w Georgia koło Jasper w okolicy Pickens. Mniejszą zawartość potasu mają zielone glaukonitowe piaski i margle formacji kredowej — bardzo rozpowszechnione w New-Jersey, Delaware, Maryland i Kentucky. Przeprowadzone próby wykazały 3.36 — 6.26% K_2O , w przecięciu 4.8% K_2O .

Również starano się uzyskać potas z ługów salin morskich, szczególnie nad zatoką San Francisco, jakoteż z pieców cementowych i wielkich pieców. Gorące gazy, wychodzące z pieców zawierające potas, wpuszcza się do wieży, w której woda cienkim strumieniem spada; przez to osadza się lotny pył, a rozpuszczalne alkalia pochłania woda, wydzielając je równocześnie przez silne ogrzanie. W ten sposób otrzymuje się wzbogacony roztwór solny. Uzyskanie potasu z pieców cementowych praktykowane jest w Los Angeles w południowej Kalifornii, w Maryland, w Minnesota, Buffalo w stanie New-York.

Proponowano też użycie mętów z wielkich separacji kruszczowych w środkowych i zachodnich stanach — wyniki jednak są dotychczas słabe.

Wreszcie starano się uzyskać potas z glonu morskiego (*Fucus L.*, *Tang* albo *Kelp*), zawierającego w stanie suchym 15% K_2O i 40 — 50% różnych soli, — wreszcie i z odpadków organicznych (melasy, wydzielin wełny i t. p.).

Co do glonu, to najodpowiedniejszy jest obszar na całym wybrzeżu Oceanu Spokojnego Stanów Zjednoczonych, szczególnie jednak na jego części, chronionej przed południowymi wiatrami n. p. między St. Conception i Santa Barbara w południowej Kalifornii.

Występowanie glonu przywiązane jest do kamienistego dna. Uzyskanie potasu polega na suszeniu, posiekaniu i spalaniu na popiół, względnie na dalszej przeróbce popiołu — albo też spala się suszony glon na węgiel w piecach destylacyjnych przy wyzyskaniu lotnych destylatów, przerabiając pozostałości.

Przy użyciu surowego glonu do nawozu osiągnięto również dobre wyniki.

Miejscowości, w których potas z glonu uzyskują, są: Long Beach, Chula Vista i San Diego w południowej Kalifornii i Seattle w stanie Washington.

Wielkie znaczenie ma też rozpowszechniony krzew *Mosquite* (*Prosopio juliflora*), i rodzaje artemizyj w zachodnich stanach. Popiół tych roślin podobno zawiera do 30% K_2O .

Przedsiębiorstw sztucznego wyrobu potasu jest obecnie ogółem 17; z tych przypada na wyrób z wody morskiej, ługu przy fabrykacji soli z wody jezior 5, z alunitu 2, z cementowni 4, a z glonu 6 przedsiębiorstw. W 1918 r. było 128 przedsiębiorstw.

Cała wytwórczość wynosiła w 1916 r. 9.720 sh t K_2O , w 1917 r. już 32.573 sh t K_2O , czyli 4 do 5% zapotrzebowania przedwojennego.

W 1920 r. doszła produkcja do 48.077 sh t K_2O a w 1921 r. spadła na 10.171 sh t (1 sh t à 907 kg). Najwięcej K_2O dostarczały ługi solanek z jezior.

VII. Sole potasowe w Rosji¹⁾.

W 1914 r. odkrył Semenikow na północnym brzegu Morza Kaspijskiego w okręgu Emba sole potasowe o zawartości 6.9% K. Analizy prób z zakładu Nowy-Bagatinsk z głębokości 92 m wykazały:

K Cl	13.10%
Na Cl	66.76 „
Si O ₂	7.97 „
wody hygroskop.	0.68 „
inne	11.08 „
	<u>99.59%</u>

podobny był też wynik analiz prób z Akat-kul. Sole potasowe

¹⁾ Dr. L. v. zur Mühlen: »Kalisalze im südlichen Uralgebiete«. Kali, 1925 Nr. 14; Gornyj-Żurnał 1925 Nr. 1.

H. E. Böcker: »Kalisalzgewinnung in Russland«, Kali, 1924 Nr 19.

w Rosji związane są z wschodnią granicą dawnego zagłębia perm-skiego. Na zachodnim brzegu soli tych brakuje. Oznaki znachodzenia się soli znane są w najbardziej na północ wysuniętej części gubernji Archangielskiej i dalej na południu w Solikamsk, skąd ślady te ciągną się równolegle do Uralu aż do Ileckaja-Saszina. Dalszy ciąg południowy znajduje się w obszarze Uralu koło Gurjewa nad dolnym biegiem rzek Uralu i Emby. Znamienna jest dla tych soli zawartość KCl szczególnie w południowych obszarach, podczas gdy połączenia magnezu i siarczanów są skąpe.

Wiercenie w salinie w Solikamsk natrafiło sylwinit z 33% KCl, dalej nawiercono też sole potasowe w okolicy Orenburga koło Ilecka.

W strefie Lemwa-Bereznikow o szerokości 44 km znaleziono w wielu miejscach solanki z zawartością 0'2 do 0'5% KCl.

Zawartość potasu w Jeziorze Inderskim, na wschód od rzeki Ural, jest zapewne w związku z występowaniem soli potasowych. Nasycony ług wody tego jeziora wykazuje przy ciężarze gat. 1'2175:

Ca SO ₄	0'33%
Mg SO ₄	0'36 „
Mg Cl ₂	4'57 „
K Cl	1'74 „
Na Cl	19'55 „
suma soli	26'59%

Według Kurpowa zawierają ługi 1'10% KCl.

Podobnej przymieszki brak w innych jeziorach, albo należą do wyjątków.

Występowanie soli potasowych, jednak nie zbadanych, znane jest (według rosyjskiego Komitetu Geologicznego) w Nowo-Bagatinsk, Akat-kul, Satep-Aldy, Dossor, Iskim i Kara-Czungul.

Przy wierceniu naftowem w okręgu Emby natrafiano po przewierceniu pstrych ilów marglowych permskich zawsze gips, a następnie złoża (słupy) soli kamiennej. Ponieważ źródła koło Inderskiego Jeziora zawierające chlorek potasu występują poniżej gipsów znajdujących się na północnym brzegu, zdaje się, że tutaj sól kamienna dochodzi bliżej powierzchni niż w Nowym-Bagatinsku, Akat-kul, Satep-Aldy i Dossor.

Najprawdopodobniej, znachodzą się w zachodnim przedgórzu Uralu rozległe złoża soli, w których natrafia się wkłady sylwinitu. Sole te należą do permu.

W Rosji uzyskuje się też potas z roślin. Dawniej uzyskiwano go z popiołu spalonych drzew i krzewów; gdy jednak lasy w tych okolicach przerzedzono i drzewo do innych celów korzystniej zużytkowano, zaczęto spalać rośliny i chwasty, które jednak dostarczały tylko małowartościowego potażu. Przy końcu XIX stulecia poczęto użytkować łodygi ze słoneczników i to głównie w okręgu Saratowskim i Woroneżkim, gdzie uprawa tych roślin odbywała się na większych obszarach. Tu też powstała grupa małych fabryk. Później w 1870 r. przeniósł się ten przemysł do obszaru Kubańskiego w południowo-zachodniej Rosji. Cała fabryczna wytwórczość skoncentrowała się wreszcie w okręgach Łabińska i Maikopu z powodu korzystnych warunków kultury słonecznika i wielkich obszarów leśnych, dostarczających niedrogiego materiału do wyrobu beczek dla transportu potażu. Mniejszych ilości potażu dostarczał okręg saratowski.

Wytwórczość potażu wynosiła w 1912 r. 19.800 t, w 1913 r. 18.900 t, a w 1923 r. już tylko 10.800 t.

Na 1 kg potażu potrzeba 2'96 do 3'31 kg popiołu.

Analiza rosyjskiego potażu podaje:

Węglan potasu	92'2%
Sole potasowe	0'4,,
Chlorki	2'6,,
Siarczany	1'2,,
Nierozpuszczalne	0'8,,
Woda	2'8,,

Zawartość K_2CO_3 w popiole wynosi 25 do 50%, a zawartość K_2O około 36'28%.

Potaż wyrabia się o zawartości 88 do 96% węglanu potasowego (K_2CO_3). Proceder wyrobu potażu jest prosty i polega na wyługowaniu popiołu, odparowaniu roztworu i prażeniu albo bieleniu.

Koszta produkcji wynosiły przed wojną 36 do 42 dolarów za 1 tonnę, a cena 1 t popiołu 8'25 do 11 dolarów.

VIII. Sole potasowe w Indjach Wschodnich.

Wysłana w 1912 r. komisja do Salt Range w okręgu Ihelum w prowincji Punjab celem zbadania soli potasowych, znalezionych w kopalni soli kamiennej w Khewa i Nurpur a szczególnie w t. zw. Kopalni Mayo koło Khewa, skonstatowała w części kopalni Tharwala pokład soli potasowej o miąższości 1'7 m i zawartości potasu 6'8 do 9'6% (w głębokości 270 do 275 m). Inny pokład znaleziono we wspomnianej części kopalni Mayo o miąższości 1'8 do 2'4 m i zawartości 7'7% potasu; prócz tego znaleziono jeszcze trzeci pokład na 0'8 m gruby o zawartości 14'4% potasu, wreszcie czwarty pokład w kopalni Nurpur, gruby na 1'8 m o zawartości 14'2% potasu. Jako minerały, zawierające potas, wymieniono: langbeinit, sylwin, kainit i bloedyt(?). Minerały te występują jako drobnoziarniste przymieszki w soli kamiennej i kizerycie. Zdaje się, że rozprzestrzenienie tych soli nie jest znaczniejsze i że są to tylko gniazda.

IX. Sole potasowe w Erytreji.

Podczas wojny światowej znaleziono w Dankalji w Monte Dallol potas. Źródło gorące o temperaturze 41—52° C, wytryskujące z tej góry, zawiera sole potasowe, z powodu jednak wielkiej odległości od Morza Czerwonego (80 km) i braku odpowiednich środków komunikacyjnych napotyka eksploatacja soli potasowych na trudności.

X. Ciepło własne pokładów soli potasowych.

Znamienne jest, że środkowo- i północno-niemieckie, jakoteż i alzackie pokłady soli potasowych mają mniejszy stopień geotermiczny od normalnej wartości około 30 m czyli, że posiadają większe ciepło, oddziałujące niekorzystnie przy robotach kopalnianych, wymagających przeto wydátnej wentylacji.

W Alzacji oznaczył geoizotermię J. Königsberger¹⁾ a mianowicie:

w Radersheim . . . I. 24.5 m.

„ . . . III. 23.3 i 23.8 m.

w Wittelsheim . . . 18.1 m.

wyjaśniając to ciepłem hydratyzacyjnem przy przemianie anhi-

¹⁾ Neues Jahrbuch f. Min., Geol. u. Pal. 1911.

drytu w gips, bliskością wulkanicznego »Kaiserstuhl« i zawartością bituminów. Ponieważ jednak niższy stopień geotermiczny znaleziono też i w Stassfurcie, należałoby wyłączyć wpływ Kaiserstuhlu. B. Foerster¹⁾ wyjaśnia większe ciepło polimeryzacją bituminów (t. j. złączenie kilku drobin w jedną) do czego się i H. Höfer²⁾ przyłącza. R. Görgey³⁾ utrzymuje, że w pokładach soli potasowych przemiana anhidrytu w gips nie ma znaczenia, ponieważ w regionach soli potasowych gipsu zupełnie brak.

Inne wyjaśnienie daje n. p. B. Busch⁴⁾. Pokłady soli potasowych górnej Alzacji spoczywają jako płaski łęk w grubym na kilkaset metrów pokładzie soli, pokrytym żwirami reńskimi, sięgającymi do 80—120 m głębokości, których podład tworzą bogate w łt warstwy trzeciorzędu. Warstwy te są również płasko uławicone i odznaczają się stosunkowo wielką regularnością. Podczas gdy górne warstwy łtu odznaczają się wielką miąższością, jednak małą ilością warstw, zwiększa się ilościowo uwarstwienie z głębokością, zmniejszając swą miąższość. Ławice solne, naprzemian ułożone z warstwami łtu względnie marglu, zachowują się odwrotnie. Szczególne to uławicenie można spostrzec w całym regionie Górnej Alzacji. Mniej więcej w środku warstw solnych przyłączają się do pokładu solnego jeszcze pokłady soli potasowych o barwie czerwonej, które w dwóch o 60 do 80 m nad sobą leżących miejscach wykształciły się w bogate złoża potasowe. Wspomniane warstwy łtu skonstatowano we wszystkich pokładach soli w całym ponad 200 km² wielkiem zagłębiu. Łt jest złym przewodnikiem ciepła, warstwy łtu tworzą więc warstwę izolacyjną soli. Wobec tego następuje słabsze przewodnictwo ciepła, które się w kopalni bardzo nieprzyjemnie odczuwa. W ogólności jest w Górnej Alzacji przy równej głębokości (500 do 600 m) temperatura skały mniej więcej o 6° do 10° C wyższa, niż w środkowo-niemieckich kopalniach soli potasowych.

To, co o izolacji ciepła powiedziano, odnosi się też do przewodzenia głosu w warstwach ilastych. Podczas, gdy prze-

¹⁾ Mittlg. geol. Landesanst. Elsass-Lothr., 1911.

²⁾ Berg- u. Hütten. Jahrbuch. Wien 1919.

³⁾ Tschermak. Min. petrogr. Mitteil. Wien 1912.

⁴⁾ Beitrag zur Erklärung der hohen Temperaturen in den oberelsässischen Kalilagerstätten. Kali, 1923. Nr. 13. Halle a/S.

noszenie fal głosu w zwiezłych i równolegle uławiconych warstwach soli jest stosunkowo dobre, jest ono na poprzek uwarstwienia znacznie osłabione. Te spostrzeżenia poczyniono i w innych kopalniach. Według Albrechta¹⁾ wykazują słupy solne wyższą temperaturę, niż złoża solne płasko uławicone. Płaskie złoża solne wykazą temperatury, odpowiadające geotermicznej skali, podczas gdy słupy solne i w mniejszych głębokościach pozostają pod wpływem temperatury głębokości, z której pochodzą

Wysokie temperatury w górno-alszackich pokładach soli potasowych pochodzą prawdopodobnie z powolnej hydratyacji anhidrytu, przyczem można tu jako powód niższego stopnia geotermicznego przyjąć otoczenie ziemi przewodnikami, jak marglem i łupkiem, materiałami mało szczelnymi i bituminem. Uławicenie zaś prawie nie ma wpływu²⁾.

XI. Metamorfoza złóż solnych.

Przy tworzeniu i przekształceniu się minerałów soli było ciepło ważnym czynnikiem. Ciepło w jeziorach słonych, jak to niewątpliwie wykazał Kalecsinsky, odnośnie do jezior Siedmiogrodu, a później Elschner w salinach morskich Kalifornji, nie zdaje się mieć większego znaczenia, gdyż parowanie było utrudnione tak że do wykrystalizowania soli nie przyszło. Inne i to najważniejsze źródła ciepła należy jednak szukać w geotermicznym podniesieniu się temperatury przez nagromadzenie się osadów, a więc warstw nadkładowych, dochodzących miejscami do 1—2 km grubości a więc w geotermicznym ogrzaniu przy niżeniu się utworzonego materiału w głębsze sfery skorupy ziemskiej i prawdopodobnie z powodu deformacji, której prawie wszystkie złoża solne uległy. Temperatura 72°, która według v. Hoffa do wytworzenia pewnych minerałów soli była potrzebną, mogła istnieć już początkowo, albo też wytworzyła się później, w każdym razie mogła być powodem przemian. Przy tej temperaturze przemienił się n. p. kainit z karnalitem (i trochę soli) w sylwin i kizeryt. Także oksydacja i polimeryzacja zawartych, drobno rozdzielonych części bitumicznych mogła być źródłem ciepła.

¹⁾ Albrecht: »Ursache d. sehr verschiedenen Temperaturen im Kali-bergbau«. Kali 1922, Nr. 2.

²⁾ Koenigsberger: »Die hohen Temper. d. Oberelsäss. Kalilager«. Kali, 1924. Nr 3

Pewne sole są produktem termicznej metamorfozy, przy której i woda mogła współdziałać. Tę hydrotermiczną przemianę wyjaśnił F. Rinne¹⁾. Według niego są fizykalno-chemiczne przemiany wynikiem intensywnej i daleko rozprzestrzenionej zbiorowej krystalizacji; znane olbrzymie kryształy solne są najprawdopodobniej wynikiem przekrystalizowania. Natomiast kostki soli w górnio - alzackich złożach soli są według spostrzeżeń R. Görgey'a powstania pierwotnego.

Hydrotermalna metamorfoza, spowodowana ciśnieniem nadkładu i wodą, która się z atmosfery do ziemi dostała (*vados*) miała wielkie znaczenie przy utworzeniu się soli twardej, która do utworzenia się wymaga temperatury 72°, wskutek tego wyparta z karnalitu woda mogła działać jako środek rozpuszczający; proces taki mógłby się odbyć i przy przemianach innych soli bogatszych w wodę.

Według van't Hoffa byłby normalny profil soli obok bogatego wydzielania się soli kamiennej: anhidryt, polihalit, reichardyt i kainit, sześciowodny wodzian magnezu-kainit, kizeryto-kainit, kizeryto-karnalit. W przyrodzie brak w profilu normalnym reichardytu, hexahidrytu i kainitu. Mając spostrzeżenia Kalecsinsky'ego i Elschnera na względzie, nie powinno to zadziwiać, tak samo jak pojawieniem się langbenitu (37°) i vanthoffitu (46°). Według Rinnego²⁾ można wyjaśnić powstanie tych soli również na podstawie termicznej metamorfozy. Termiczna metamorfoza rozwijała się stale z zapadaniem się masy solnej i ze wzrostem nadkładu, wobec czego i geoizotermie stale się zwiększały, tak, że i temperatura złoża solnego była coraz wyższą.

Jeżeli pokład soli nakryty jest 3000 m grubą warstwą młodszych sedymentów, to musi się jego temperatura o 100° a ciśnienie o 800 atmosfer podnieść, co i bez przystępu wody powoduje przeławienia i chemiczne przemiany, zmieniające pierwotną jakość soli. Tak n. p. przemienia się karnalit, kainit i sól przy 72° w mieszaninę sylwinu i kizerytu t. j. sól twardą.

¹⁾ Verhandlungen d. königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschft. Leipzig, 1914. (Mathem.-Phys. Klasse, 66, str. 124.)

²⁾ Rinne: »Die geotherm. Metamorphosen u. Dislokationen d. deutschen Kalisalzlagertstätten. Fortschritte d. Mineralogie, Krystallogr. u. Petrographie«. Jena. 1920. Tom 6.

Gdy masy solne osiągnęły największą głębokość, rozpoczął się, po zdenundowaniu nadkładu, ruch mas solnych w górę, co spowodowało oziębienie tychże. Zmiany temperatury, jakich doznały masy solne z powodu tych ruchów, spowodowały przemiany między solami. Do zmian tych przyczyniły się również i ługi składające się głównie z chlorku magnezowego, a których wyciskanie rozpoczęło się z podnoszeniem się masy solnej w górę.

Szczególne znaczenie ma np. fakt, że rozkład soli o wodzie krystalizacyjnej albo mieszaniny soli w pokładach potasowych przy pewnej temperaturze będzie znów odwracalny, jeżeli ługi pozostają w styczności z nowo powstałymi solami.

Według doświadczenia v an t' Hoffa i F. Weigerta przemienia się gips już przy temperaturze 66° powoli w anhidryt, przy obecności soli już od 30° począwszy, przy obecności $MgCl_2$ jeszcze w niższej temperaturze.

Obok hydrotermalnej metamorfozy spowodowała i metamorfoza ciśnienia znaczne przemiany, w których następstwie, a więc jako wtórny skutek, mogło się przemienić ciśnienie w ciepło i być źródłem metamorfozy termicznej. Oba te czynniki w połączeniu z wodą mogły wytworzyć sole twarde.

Gdy złoża solne pod postacią słupa dostanie się na powierzchnię, ulega ono hydrometamorfozie. Objawia się to w ten sposób, że anhidryt zamienia się przez przyjęcie wody w gips, co powoduje rozszerzenie, wynoszące według F. Pošepnego linearnie 21%.

W końcu należy jeszcze wskazać na doświadczenia, poczynione co do t. zw. plastycznego odkształcania poszczególnych warstw solnych, oraz co do chemicznych zmian soli przy zapadaniu się sedymentów dolnych w głąb skorupy ziemi. Doświadczenia te przeprowadzili w mineralogiczno-petrograficznym instytucie w Göttingen A. Geller i O. Mügge¹⁾.

Przy tych badaniach oznaczono, jakie potrzebne jest ciśnienie i jaka potrzebna temperatura, aby sole doprowadzić do stanu płynnego. Kryształ można wtedy plastycznie deformować, jeżeli się doprowadzi do takiego stanu, by jego cząstki względem siebie były przesuwalne. Zawistości ciśnienia od temperatury dla stanu płynnego nie można było wypośrodkować przy gipsie aż do 80° i 40.000 kg/cm^2 , przy kainicie do 70°

¹⁾ Zeitschrift für Kristallographie, Bd. 60, 1924, strona 414.

i 40.000 kg/cm², przy anhidrycie do 200⁰ i 40.000 kg/cm², przy kizerycie do 200⁰ i 40.000 kg/cm², natomiast udało się przy soli kamiennej i sylwinie, bischofite i karnalicie. Przy soli kamiennej i sylwinie polega możność przejścia w stan płynny na zdolności translatacji według kierunku krystal. (110).

Celem porównania krzywych topliwości poszczególnych soli, sporządzono wykres. Z wykresu tego okazało się, że bischofit i karnalit osiągają w znacznie mniejszych głębokościach stan plastyczny niż sól i sylwin. Stan plastyczny bischofitu i karnalitu może być osiągnięty w głębokości około 3 km, sylwinu dopiero w 9 km, a soli kamiennej dopiero w 11 — 12 km.

Bischofit występuje rzadko w warstwach zaburzonych, daleko więcej plastycznych odkształceń wykazują karnalit i sól, podczas gdy kizerytu, kainitu, anhidrytu i gipsu nigdy nie znaleziono w plastycznie odkształcanym stanie, jak to i z doświadczeń wynika.

Ze stanowiska geologicznego nie jest prawdopodobnem, ażeby sole cechsztynu, szczególnie Niemiec, zapadły się tak głęboko, jak to odpowiada stanowi płynnemu. Ciśnienie tektoniczne było dla przekształcenia dlatego potrzebne, ażeby sole plastycznie deformować.

Badania te należy jednak jeszcze ze stanowiska fizyków uzupełnić. Prof. Joffe ¹⁾, który również podobne badania przeprowadzał, doszedł do trochę odmiennych wyników powyżej 400⁰ i poniżej 180⁰, ponieważ przyjął wyższy punkt topliwości dla soli kamiennej. Z badań tych wynika, że topienie bischofitu było pierwszym objawem przy metamorfozie soli. Powstały stop wnika w podkładowe warstwy i zmienia je zapewne. Że ług bischofitu może sole zmienić, wynika z zachowania się langbeinitu przy rozpuszczaniu w roztworze chlorku magnezowego.

Według F. Rinne'go ²⁾ mogłaby wtedy dać metoda badań Gellera i Mügge'go podstawę do przybliżonych jakościowych wniosków geologicznych, gdyby cały mechanizm aparatu, którym te próby przeprowadzono i materiały próbny choć w części dorównał warunkom w naturze. Tak jednak nie jest, a czy rozwiązanie tej kwestji wogóle jest eksperymentalnie możliwe,

¹⁾ Przegląd techniczny, Warszawa 1924, Nr. 40 i 43. — Z. f. Physik, 1924, str. 286.

²⁾ Sächs. Akad. d. Wissen. Sitzung v. 12/1 1925. »Kali« 1925, Nr. 11.

należy wątpić. Doświadczenia te nie mogą więc wogóle wpływać na zmianę dotychczasowego zapatrywania, że dyzlokacja złóż solnych cechsztynu została spowodowana stałym ciśnieniem nadkładu, do którego to ciśnienia przyłączyły się w periodycznych następstwach momenty orogenetyczne.

XII. Sole potasowe w rolnictwie i przemyśle¹⁾.

1. Uwagi wstępne.

Minerały, towarzyszące właściwym złożom soli, występują rzadko niez mieszane, zazwyczaj zaś wspólnie z innymi solami jako zrośnięcia. Zrośnięcie to jest czasem tak ścisłe, że może być rozpoznane dopiero analizą.

Ponieważ sole potasowe w stanie surowym nie dały się odpowiednio zużytkować tak w przemyśle jak i w rolnictwie, starano się je przerabiać celem uzyskania cennego potasu w możliwie czystych połączeniach. Głównym surowcem przeróbki był początkowo tylko karnalit, który w skoncentrowanej formie jako chlorek potasu dał początek przemysłowi stassfurtskiemu. Dopiero później włączono do przeróbki fabrycznej karnalit, sól twardą i sylwinit.

Do tych surowców należą więc:

Karnalit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

Kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

Sól twarda $KCl \cdot MgSO_4 \cdot NaCl$

Sylwinit $KCl \cdot NaCl$

Sylwin KCl

Inne związki soli potasowych odgrywają pod względem praktycznym podrzędniejszą rolę, gdyż występują rzadko w większych masach.

Podany powyżej wzór dla karnalitu jest teoretyczny; zazwyczaj zawiera surowy karnalit obok czystego minerału karnalitu, znaczniejsze ilości soli i kizerytu, oraz małe ilości anhidrytu, ilu i sylwinu, względnie bischofitu i boracytu.

¹⁾ E. Pfeiffer: »Handbuch der Kaliindustrie«. Braunschweig, 1887.
K. Kubiersky: »Die deutsche Kaliindustrie«. Halle a/S 1907.

Dr. Rosen: »Fabryczna przeróbka karnalitu w świetle nauki«. Czasop. górniczo-hutn., Kraków, 1919—1920.

Normalny skład karnalitu tak mniej więcej się przedstawia:

16.0%	K Cl . . .	} karnalit
20.4 "	Mg Cl ₂ . .	
23.2 "	H ₂ O . . .	
24.0 "	Na Cl —	sól kamienna
12.0 "	Mg-SO ₄ . .	} kizeryt
1.8 "	H ₂ O . . .	
2.6 "	Reszta (ił, anhidryt itp.).	

Karnalit wchłania chętnie wodę i spieka się, nie nadaje się więc dobrze jako surowa mielona sól do celów nawozowych, lecz tylko do przeróbki na wysoko wartościowe produkty. Obecność tachydrytu (2 Mg Cl₂ · Ca Cl₂ · 12 H₂O) oddziałuje bardzo niekorzystnie na proces przeróbki chemicznej; również niekorzystnie oddziałuje zawartość kainitu i langbeinitu. Ługi końcowe fabrykacji nie mają należytego zastosowania, jeżeli nie wracają do kopalni jako podsadzka.

Surowy kainit obok normalnej zawartości potasu zawiera zmienne ilości sylwinu, karnalitu, kizerytu, schoenitu, langbeinitu, a wreszcie reichardytu. Typowy skład byłby taki:

29.0%	MgSO ₄ . .	} kainit
18.0 "	K Cl . . .	
13.1 "	H ₂ O . . .	
2.0 "	K Cl . .	— sylwin
35.9 "	Na Cl . .	— sól kamienna
2.9 "	Reszta (anhidryt, ił itp.).	

Kainit odgrywał tylko przejściowo rolę w przeróbce soli potasowych na siarczan magnezu potasowego, względnie na siarczan potasowy. Obecnie jest w Niemczech po największej części odbudowany, a pozostały jeszcze w niektórych kopalniach, nie odbudowuje się ze względu na jego nachodzenie się pod czapą, a więc ze względu na niebezpieczeństwo wdarcia się wody do kopalni.

Kainit przerabiano fabrycznie według sposobu Prechta do 1912 r. w Neustassfurt. Warunki, w jakich kainit u nas występuje są inne, tak, że odbudowie jego nie stoi nic na przeszkodzie.

Sól twarda zawiera zazwyczaj więcej potasu, niż karnalit i spieka się mniej, odchodzi więc jako mielony surowiec

(o zawartości 10—15% K_2O). Przeciętny skład jest: 20.5% KCl , 20.8% $MgSO_4$, 2.3% $MgCl_2$, 46.3% $NaCl$, 1.8% $CaSO_4$, 5.7% H_2O , nierozp. części 2.6%. Przy przeróbce fabrycznej nie pozostają ługi końcowe. Zawarty w soli twardej ilt jest bardzo niepożądaną przymieszką przy przeróbce fabrycznej, dlatego nie mogą sole twarde wtedy z karnalitem konkurować, jeżeli mają tę samą zawartość potasu. Na ogół są solami wartościowymi. Wiele kopalń niemieckich dostarcza surową sól twardą nawozową z 20—22% K_2O .

Sylwinit jest zazwyczaj czysty i dlatego jest bardzo ceniony jako wysoko wartościowy surowiec i jako sól do przeróbki fabrycznej. Przeciętny skład jest: 27.6% KCl , 56.7% $NaCl$, 3.4% $MgSO_4$, 1.8% $MgCl_2$, 2.8% $CaSO_4$, 4.5% H_2O , nierozp. części 3.2%. Hanowerskie kopalnie mogą sylwinit wprost z kopalni wydobywać z zawartością 20—22% K_2O , inne zaś kopalnie dostarczają nawet 30—40% gotowych soli nawozowych. Ponieważ pozostałości fabrykacji składają się z czystej soli, zużytkowuje się wydobyty sylwinit zupełnie.

Według Dra Olszewskiego¹⁾ jest skład kainitu z Kałusza o zawartości 11.17% K_2O :

Na Cl	39.4%
Kainit	23.1 "
Karnalit	10.0 "
Anhidryt	5.4 "
Glazeryt	4.8 "
Sylwin	2.0 "
Ił	12.0 "
Wilgoć	3.7 "

a sylwinitu o zawartości 18.06% K_2O :

Na Cl	35%
Sylwin	26 "
Karnalit	10 "
2 $CaSO_4$	} 5 "
$MgSO_4$	
Ił	24 "
Wilgoć	1 "

¹⁾ Dr. Olszewski: »Polskie nawozy sztuczne«. Lwów, 1924.

karnalit zawierający . . . 9—12% K_2O
inne surowce " minim. 12—15% K_2O

b) sole fabryczne wysoko procentowe:

sole nawozowe z zawartością	. . .	20—22 ⁰ / ₁₀₀ K ₂ O
" " " "	. . .	30—32 " "
" " " "	. . .	40—42 " "
chlorek potasowy	" . . .	50—60 " "
" " " "	zwyż	60 " "
siarczan	" " " "	48 " "
" magn.-potas.	" . . .	40—48 " "

Spółka akcyjna eksploatacji soli potasowych »Tesp« wysłała z kopalń w Stebniku i Kałuszu kainit o 10⁰/₁₀₀ zawartości tlenu potasu, a sól potasową (sylwinit) o zawartości 20 — 35⁰/₁₀₀ K₂O. Sylwinit kałuski zawiera około 3⁵/₁₀₀ chlorku magnezji.

2. Przeróbka fabryczna soli potasowych.

Wydobyte z kopalni surowce zawierające n. p. w kopalniach niemieckich 10 — 18⁰/₁₀₀ względnie 20⁰/₁₀₀ K₂O przechodzą przez młyn celem zmielenia. Do przeróbki fabrycznej stosownie do użytego surowca musi być ziarno mlewa różnej wielkości (przy karnalicie od wielkości orzecha laskowego do wielkości kurzego jaja, przy soli twardej i sylwinitie do wielkości krup). Część soli ze średnią zawartością 12 — 15⁰/₁₀₀ K₂O wysła się wprost, tak samo i bogatsze sylwinity z zawartością 28—32⁰/₁₀₀ K₂O. Reszta mlewa odchodzi jako surowiec do fabryk chlorku potasu celem wzbogacenia na 40⁰/₁₀₀ sól nawozową i wyrobu chlorku potasu i siarczanu potasowego. Z pozostałości i odpadków uzyskuje się kizeryt jako kizeryt blokowy albo bryłowy (*Blockkieserit*), sól gorzką (Mg SO₄+7H₂O), sól glauberską (Na₂ SO₄ + 10H₂O), chlorek magnezowy (Mg Cl₂ + 6H₂O), brom i sole bromowe (K Br, Na Br, NH₄Br).

A. Chlorek potasu uzyskuje się z karnalitu, soli twardej i sylwinitu.

Przeróbka fabryczna polega na zmieleniu surowca do podanej wielkości ziarna i następnie na rozpuszczeniu, oczyszczeniu, krystalizacji, wzbogaceniu w chlorek potasu (*Decken*), (tylko przy przeróbce karnalitu i soli twardej), suszeniu i wreszcie przy przeróbce karnalitu na odparowaniu ługu. Przy przeróbce sylwinitu i soli twardej nie ma nadmiaru ługu. Przy przeróbce karnalitu musi się zawarty w surowcu Mg Cl₂ i wodę krystalizacyjną usunąć, gdyż inaczej ilość ługu zwiększałaby

się stale. W ługu tym znajduje się prócz tego jeszcze chlorek potasowy. Celem uzyskania tegoż musi się ług odparowywać aż do koncentracji, tak, że po ostygnięciu wydziela się sztuczny karnalit. Tę krystalizację nakrywa zimny ług, prawie czysty roztwór, zwany ługiem końcowym (*Endlaug*); ług ten zawiera prócz $MgCl_2$ tylko małe ilości KCl , $NaCl$ i $MgSO_4$. W małej części przerabia się ten ług na krystaliczny $MgCl_2$ i brom — większą część odprowadza się jako nieużyteczną. Sztuczny karnalit przerabia się podobnie jak surowiec, ługi zawierają wysokoprocenowy chlorek potasowy.

B. Magnez potasowy i siarczan potasowy
Wielka część soli potasowych przychodzi do handlu jako magnez potasowy (siarczan potasowo-magnezowy $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$) i jako siarczan potasowy (K_2SO_4). Przetwory te uzyskiwano w Niemczech dawniej z kainitu, obecnie uzyskuje się je z chlorku potasowego i soli gorzkiej. W naszych warunkach możnaby przetwory te nadal z kainitu uzyskiwać.

Magnez potasowy, którego zbyt jest ograniczony, służy głównie do dalszej przeróbki na siarczany potasu. Fabrykacja siarczanych ogranicza się w Niemczech na te kopalnie, które w dostatecznej ilości obfitują w kizeryt, a więc na kopalnie karnalitu i soli twardej. Kopalnie sylwinitu nie wchodzi w rachubę przy tej fabrykacji.

Siarczan potasu wchodzi w handel z 90% K_2SO_4 i max. 2,5% Cl i z 96% K_2SO_4 i max. 1% Cl .

Magnez potasowy jako towar handlowy otrzymuje się przez mieszanie siarczanu potasowego z prażonym kizerytem. Magnez potasowy wyrabiano dawniej też z schoenitu i langbeinitu.

C. Uboczne przetwory fabryk. W niektórych fabrykach służą odpadki z fabrykacji chlorku potasu do dalszej przeróbki. Tak n. p. uzyskuje się z pozostałości po procesie rozpuszczenia przy przeróbce karnalitu kizeryt, sól gorzką, sól glauberską, a z ługu końcowego po przeróbce karnalitu brom, który się dalej przerabia na bromek żelaza (Fe_3Br_8) i na sole bromowe, chlorek magnezu, magnez i kwas solny. Jako przetwory uboczne należy jeszcze wymienić: potaż, chloran potasowy, sinek potasowy, żelazi- i żelazocyjanek potasowy i kwas borowy.

1. Uzyskanie kizerytu. Kizeryt jest ważny dla wyrobu soli gorzkiej i siarczanych alkaliów. Uzyskuje go się przy prze-

2. Sól gorzka ($\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Do wyrobu tej soli służy masa kizerytowa albo rozdrobniony kizeryt bryłowy. Ważniejsze jest zużytkowanie soli gorzkiej do wyrobu siarczanu magnezopotasowego i siarczanu potasowego. Sól gorzka ma zastosowanie w przemyśle włóknicznym i w medycynie.

3. Sól glauberska ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Uzyskanie tej soli z pozostałości po rozpuszczeniu karnalitu i twardej soli polega na przemianie Mg SO_4 i Na Cl pod wpływem zimna:
$$\text{Mg SO}_4 + \text{Na Cl} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Mg Cl}_2.$$

Bezwodny siarczan sodu otrzymuje się przez odwodnienie soli glauberskiej.

4. Brom. W solach potasowych znachodzą się zawsze małe ilości bromu. W karnalicie występuje jako izomorficzny brom karnalitowy. Sylwin i sól twarda zawierają też brom, ale nie uzyskuje się go z tych soli, gdyż ługi, w których się brom znajduje, zużywa się dalej. Materjał, z którego się brom uzyskuje, jest więc ług końcowy z przeróbki karnalitu, w którym się znachodzi jako bromek-magnezu (Mg Br_2). Uzyskanie go polega na tej własności, że pod działaniem chloru uwalnia się z swoich połączeń. Oczyszczony brom zawiera maksymalnie 0,3% Cl.

Fabryki bromu wyrabiają też bromek żelaza ($\text{Fe}_3 \text{Br}_8$) i inne sole bromowe. Bromek żelaza służy do rafinowania bromu i wyrobu soli bromowych.

5. Chlorek magnezowy. Przez dalsze odparowanie ługu końcowego przeróbki karnalitu, można po oziębieniu uzyskać chlorek magnezowy w stanie stałym, jako »topiony« chlorek magnezowy — drugą odmianą jest »krystaliczny« chlorek magnezowy, który się otrzymuje przy niższej temperaturze odparowania (150°).

Chlorek magnezowy ma zastosowanie w przemyśle tekstylnym, dalej do impregnowania progów i drzewa kopalnianego, z magnezem jako cement magnezowy, a z magnezem i trocinami jako *Xylolit*.

U nas na razie, nie wyrabia się skoncentrowanych soli potasowych. Budowa fabryki w Kałuszu jest dopiero w stadium wykonawczem.

Rycina 9 przedstawia rodowód przeróbki surowców.

3. Zużycie soli potasowych.

Zużycie soli potasowych (K_2O) na 1 km^2 powierzchni uprawnej w kg., względnie całe zużycie soli potasowych w cet. metr. wynosiło w 1913 r. ¹⁾:

	kg K_2O	cetn. metr. K_2O
Holandja	2.000'4	434.784
Niemcy	1.529'3	5,361.026
Szwecja	390'5	195.135
Szkocja	366'5	71.508
Norwegja	260'4	35.932
Danja	253'5	74.776
Szwajcaria	144'—	33.086
Stany Zjednoczone	120'—	2,330.649
Belgia	676'7	131.825
Anglja	117'8	129.561
Monarchja Austriacka . .	114'2	209.743
Francja	89'9	331.149
Włochy	28'5	63.541
Węgry	18'8	40.984
Rosja	10'9	226.546
Inne kraje		368.888

Do celów przemysłowych zużyto w 1913 r. we wszystkich krajach europejskich wraz z Stanami Zjednoczonymi 1,064.562 cet. metr. K_2O .

Zużycie nawozów potasowych w Polsce wynosiło w roku 1913 ²⁾:

b. zabór pruski	420.000 tonn	
„ „ rosyjski	51.850 „	pochodzenia niemieckiego
„ „ austriacki	30.000 „	„
„ „ „	13.663 „	„ krajowego
Kresy wschodnie	10.000 „	„ niemieckiego
Razem	525.513 tonn	rocznie.

¹⁾ P. Krische : »Das Kali« I. część. Stuttgart 1923.

²⁾ Dr. Olszewski : »Polskie nawozy sztuczne«. Lwów 1924.

W 1923 roku wynosiło zużycie soli potasowych w całym państwie, a to:

krajowych . . . 47.657 t

niemieckich . . . 112.837 t

Razem . . . 160.494 t czyli 41,745 t K_2O .

4. Zużytkowanie soli potasowych i ich przetworów.

Rolnictwo konsumuje nie tylko surowce ale i większą część przetworów. Z całej produkcji soli potasowych Niemiec przypada 85% na rolnictwo, a reszta 15% na przemysł chemiczny.

Fabryki chemiczne przerabiają głównie chlorek potasowy, zaś fabryki alunu zużytkowują też siarczan potasowy.

Prawie połowa uzyskanego chlorku potasowego odchodzi do fabryk potażu i potażu żrącego. Konsumentami potażu żrącego są fabryki mydła, zaś potażu, fabryki sinku potasu, bromku i jodku potasowego, również zużytkowują potaż fabryki szkła.

Część chlorku potasowego służy do przeróbki na saletrę potasową, a mniejsza część na chloran i chromian potasowy.

Sól Glauberska służy do apretury i ma zastosowanie w farbiarstwie i fabrykach farb organicznych. Chlorek magnezowy zużywa głównie przemysł tekstylny.

Brom służy do fabrykacji farb i w medycynie, wielką część bromu przerabia się na bromek żelaza (Fe_2Br_8), z niego uzyskują fabryki bromki potasu, sodu i amonu. Mieszaninę soli bromowych ($Na Br O_3 \cdot Na Br$) używa się do ekstrakcji złota z rud.

5. Oznaczenie wartości soli potasowych.

Wartość soli potasowych oznacza się według zawartości potasu przeliczonego na K_2O . Jeden kg KCl odpowiada 0,6 kg K_2O (albo 100 kg K_2O odpowiada 158 kg KCl).

Poniżej podana jest tabela do przeliczenia tlenku chlorku i siarczanu potasowego.

Tabela do przerachowania tlenku, chlorku i siarczanu potasowego.

Tlenek potas. K_2O w %	Chlorek potasu KCl w %	Siarczan potasu K_2SO_4 w %	Tlenek potas. K_2O w %	Chlorek potasu KCl w %	Siarczan potasu K_2SO_4 w %	Tlenek potas. K_2O w %	Chlorek potasu KCl w %	Siarczan potasu K_2SO_4 w %
8	12.7	14.9	29	45.9	53.7	50	79.1	92.5
9	14.3	16.7	30	47.4	55.5	51	80.7	94.4
10	15.9	18.5	31	49.0	57.4	52	82.3	96.3
11	17.5	20.4	32	50.6	59.3	53	83.9	98.2
12	19.0	22.2	33	52.2	61.2	54	85.5	99.93
13	20.5	23.9	34	53.8	63.0	55	87.0	
14	22.1	25.9	35	55.4	64.8	56	88.6	
15	23.7	27.8	36	57.0	66.6	57	90.2	
16	25.3	29.7	37	58.5	68.4	58	91.8	
17	26.9	31.5	38	60.1	70.3	59	93.3	
18	28.5	33.3	39	61.7	72.2	60	94.9	
19	30.1	35.2	40	63.3	74.0	61	96.5	
20	31.7	37.0	41	64.9	75.0	62	98.1	
21	33.3	38.9	42	66.5	77.8	63	99.7	
22	34.9	40.8	43	68.0	79.6			
23	36.5	42.6	44	69.7	81.5			
24	38.0	44.4	45	71.2	83.3			
25	39.5	46.2	46	72.8	85.2			
26	41.1	48.1	47	74.4	87.0			
27	42.7	49.9	48	76.0	88.9			
28	44.3	51.9	49	77.5	90.7			

XII. Wytwórczość soli potasowych.

Polska.

Rok	Ka l u s z		Stebnik	Razem tonn
	Kainit	Sylwinit	Kainit	
	w t o n n a c h			
1913	2.344	—	—	3.344
1919	—	2.600	—	2.600
1920	2.300	8.000	—	10.300
1921	222	15.329	—	15.551
1922	2.490	43.592	30	46.112
1923	12.648	39.375	13.039	65.062
1924	5.844	57.875	17.707	81.426
1925	3.662	106.212	59.506	169.380

Niemcy.

Rok	Wydobycie surowców
	w tonnach
1861	2.293
1870	288.597
1880	668.595
1890	1,279.264
1900	3,037.035
1910	8,160.778
1913	11,607.751
1919	7,811.714
1920	11,386.438
1921	9,196.142
1922	13,011.825
1923	8,859.441
1924	8,419.000
1925	8,420.605

Z produkcji w roku 1923 przy-
pada na:

Karnalit	10.500
Inne surowce	1,671.447
Sole nawozowe 20 ⁰ / ₀ . . .	700.678
„ „ 30 ⁰ / ₀ . . .	466.452
„ „ 40 ⁰ / ₀ . . .	3,587.453
Chlorek potas. 80 ⁰ / ₀ . . .	1,085.835
„ „ 98 ⁰ / ₀ . . .	594.277
Siarczan „	632.417
„ magn. potas.	110.373

Alzacja.

Z produkcji w 1924 roku przy-
pada na:

Sole surowe (9—12 ⁰ / ₀)	355.293
„ nawozowe (20—22 ⁰ / ₀)	414.707
„ „ (30—40 ⁰ / ₀)	118.133
Chlorek potas. (50 ⁰ / ₀) . . .	172.768
	1,060.901

czyli 271.000 t K₂O.

Włochy.

W roku 1923 wyrobiono z leucytu 10.000 t potasu
z zawartością 16—18⁰/₀ K₂O.

Rosja.

Wyrób potażu wynosił:

W roku 1913	18.900 t.
„ „ 1923	10.800 t.

Ameryka.

Produkcja soli potasowych wynosiła:

Rok	Produkty surowe	K ₂ O
	tonn (po 907 gk)	
1916	35.639	9.720
1917	126.961	32.573
1918	207.686	34.803
1919	116.634	32.474
1920	166.834	48.077
1921	25.485	10.171
1922	25.176	11.714
1923	39.029	20.215
1924	43.719	22.896

Z produkcji w r. 1923 przypada na:

S t a n y	Surowców	K ₂ O
	tonn (po 907 kg)	
Kalifornja	31.536	17.924
Maryland	6.700	2.211
Indjana	75	22
Pensylwanja i Nevada	718	58
Razem	39.029	20.215

XIII. Poszukiwanie pokładów soli kamiennej i soli potasowych.

1. Ogólne uwagi.

Jeżeli pokład soli wychodzi na powierzchnię, co z powodu rozpuszczalności soli rzadko się zdarza, to nie potrzeba złoza poszukiwać, tylko iść za pokładem, zważając na spąg i strop. Często naprowadzają wykwity solne — eflorescencje — na płytko leżący pokład. Te wykwity są czasem tak nieznaczne, że je łatwo można przeoczyć, jednak zwierzęta, n. p. kozy, dziczyzna itp. wyszukują je regularnie do lizania.

Tak n. p. w Dolnej Tuzli w Bośni naprowadziły kozy na pokład soli, który też w znacznej miąższości przewiercono.

Częściowo zdradzają się złoża solne morfologicznie na powierzchni przez »dolino y« czyli lejki (*Salzpinken*), powstałe przez częściowe rozpuszczenie soli w głębi. Czasem oznaczają mniejsze wzgórza — kopuły — obecność słupa solnego w niewielkiej głębokości, który wznosił się z powodu wysadu (*Salzauftrieb*) w szczelinę nadkładowych młodszych warstw.

Źródła słone znane są zazwyczaj mieszkańcom okolicznym; źródła takie mogą być wyciekami solanek wgłębnych, albo mogą też powstać przez wylugowanie warstw, które zawierają sól tylko jako impregnację, jak n. p. ilt solny i t. p. Wskaźnikiem przy wyszukiwaniu źródeł i pokładów solnych mogą być też niektóre rośliny zwane halofitami; do tych należą n. p.: *Glaux maritima* L. albo Mlecznik, *Crambe maritima* L. albo Katran. *Cakile maritima* L. albo Dziubak, *Salsola Kali* L. albo Solanka i inne.

Także skały towarzyszące często złożom solnym, np. gips, mogą dać wskazówkę, jednak niepewną, bo gips jako produkt osadu ruchliwego morza osadzającego szereg warstw zaczynający się od gipsu a kończący się solami potasowymi, może się osadzić w jednym miejscu, gdy sól kamienna i sole potasowe osadzają się w miejscach innych, nieraz nawet odległych.

Na Kujawach¹⁾ we wsi Zagłowiążczce, nad rzeką tej samej nazwy znajdują się halofity. Wieś ta znajduje się na SW w oddaleniu 27 km od Włocławka. O występowaniu solanek nad rzeką Zagłowiążczką wie ludność całej okolicy. Wierceniami nie napotkano pokładu soli. Wierceniem wykonanym w roku 1918 w Janiszewie, natrafiono jednak na solankę, która była mocnym strumieniem.

Do najczęściej występujących tu halofitów należy: *Atriplex hastatum* subv. *salinum*, *Spergularia salina* i *Atropis distans*.

Kiedy pierwsze dwie rosną w kępach, ostatnia rośnie pojedynczo między oboma gatunkami. Występowanie *Atropis distans* nie jest związane wyłącznie ze środowiskiem solnym.

Roślinami, specjalnie przystosowanymi do solanek w Zagłowiążczce są prócz wymienionych jeszcze *Glaux maritima*, *Chenopodium rubrum* v. *salsum* i *Chenopodium glaucum*.

¹⁾ R. Kobendza: »Solanki i roślinność halofitowa w Zagłowiążczce na Kujawach«. Kosmos 1922.

W Ciechocinku zwiększa tę liczbę *Aster tripolium* i *Salicornia herbacea*.

Roślinom solankowym towarzyszą i rośliny niesolankowe. Niektóre z nich ulegają pewnej zmianie pod wpływem warunków, wytworzonych przez sól.

Jeżeli wynik badań geologicznych terenu daje uzasadnioną podstawę o istnieniu użytecznego minerału, stwierdza się pomocniczymi środkami górnictwa t. j. wierceniami albo odkrywkami rozprzestrzenienie się warstw. Roboty te są jednak w wielu wypadkach bardzo kosztowne. Dlatego też starano się wziąć do pomocy przyrządy, reagujące z oddalenia na działanie masy mineralnej. Przez długi czas mniemano, iż różdżka (*Wünschelrute*), używana od dawnych czasów, działająca na zasadzie dotąd nie wyjaśnionych prawideł geofizycznych, dałaby się użyć jako przyrząd wskazujący istnienie niektórych minerałów w łonie ziemi. Wyniki badań różdżką za różnymi minerałami i za solą były dodatnie i ujemne, słowem niepewne. A że problem różdżki jest dotychczas nie rozwiązany, trudno o niej wydać ostateczny sąd, najlepiej całą tę sprawę pozostawić jako zagadnienie otwarte, dające nieraz pole do niesumiennych nadużyć.

Wobec tego zainteresowano się w ostatnich latach geofizycznymi sposobami, naukowo uzasadnionymi, którymi można by zbadać głąb ziemi. Chodzi tu o stwierdzenie i liczbowe określenie z oddalenia dających się zauważyć zbieżności, spowodowanych pewnymi własnościami fizycznymi poszukiwanych skał i o wyzyskanie geologiczne tych danych. Takimi własnościami są szczególnie: ciężar gatunkowy, magnetyzm, przewodnictwo elektryczne, przepuszczalność fal elektrycznych i zachowanie się wobec fal elastycznych albo sejsmicznych. Celem stwierdzenia działania różnych skał z oddalenia na podstawie zbieżności, wywołanych temi fizycznymi własnościami, skonstruowano różne przyrządy.

Obecnie posiadamy kilka naukowych sposobów badania głębi ziemi¹⁾.

¹⁾ Spis dotyczącej obszernej literatury umieszczony jest w »Zeitschrift f. prakt. Geologie« 1922, zeszyt 3.

Dr. Heiland: »Eng. and Mining Journal Press« 1926, strona 47.

2. Waga torsyjna, Grawimeter (*Drehwage*) Rolanda Eötvösa ²⁾.

Polega ona na mierzeniu grawitacji albo siły ciężkości. W łonie ziemi rozdzielone są nieregularnie ciężkie i lekkie masy. Jeżeli wszędzie na powierzchni ziemi przedstawimy sobie wartość siły ciężkości w pionowych jednostkach długości, otrzymamy niejako plastyczny obraz gór i dolin siły ciężkości. Spadek siły ciężkości będzie największy, jeżeli w ziemi znajdują się szczególnie ciężkie masy obok lekkich. Główny cel grawimetru jest więc pomiar tego spadku siły ciężkości.

Grawimeter jest nadzwyczajnie czułym przyrządem, dającym poznać kierunek i siłę spadku siły ciężkości. Złoża mineralne, których ciężar gatunkowy różni się znacznie od przyległych skał, działają silnie na zmianę siły ciężkości. O ich rozprzestrzenieniu można wnioskować, znając zmianę siły ciężkości ze szeregu punktów.

Działanie mas jest, jak wiadomo, odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. Dlatego też wywierają skały, leżące blisko nawierzchni, większy wpływ na zmianę siły ciężkości, niż takie, które się znajdują w wielkiej głębokości.

Z powyższego widać więc, że grawimeter przedewszystkiem nadaje się do skonstatowania rozprzestrzenienia szczególnie ciężkich i szczególnie lekkich mas mineralnych, o ile one nie znajdują się za głęboko.

Sole są na ogół lżejsze, niż przyległe skały. W obrębie słupa solnego zwiększa się siła ciężkości ku obwodowi. Z pomiarów grawimetru otrzymuje się t. zw. gradienty (prze-strzenne zmiany przyspieszenia ziemskiego), możemy je określić przy pomocy współrzędnych x , y , z , tak, że oś pionowa leży w osi pionowej nitki grawimetru, na której wisi beleczka podająca kierunek i siłę zwiększenia się siły ciężkości. Gradienty na wykresie pomiarowym oznacza się jako strzałki wychodzące z punktu pomiaru — długość strzałki podaje wielkość powiększenia siły ciężkości. Nieregularność siły ciężkości oznacza się wartością »skrzywienia« t. j. krótką linią nachyloną do

²⁾ M. Gawiliński: »O badaniach geofizycznych w zastosowaniu praktycznem« Czasop. techn. Lwów, 1925. Nr. 6.

gradientu. Jeżeli się miejsca ustawienia grawimetru, podające największe gradienty, połączy linią, otrzymuje się kartograficzny obraz obwodu n. p. słupa solnego.

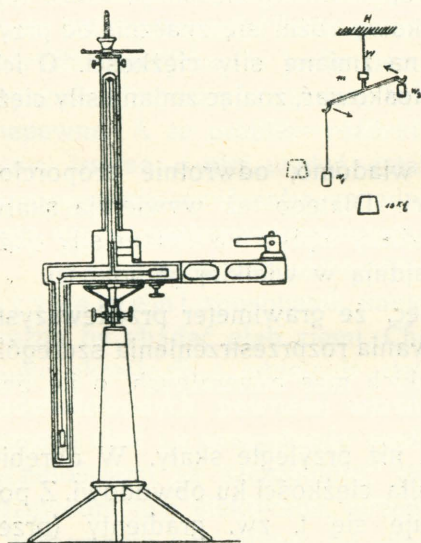
Do badania bardzo rozprzestrzenionych płasko leżących warstw solnych, nadaje się grawimeter również bardzo dobrze, o ile nie są one zbyt małej miąższości. Pomiaru grawimetrem zalegania soli wykonano kilkakrotnie w Siedmiogrodzie i Niemczech.

Jak czuły jest grawimeter, wykazało następujące spostrzeżenie: prof. Fr. R. S c h u h m a n n na politechnice wiedeńskiej, zajmujący się pomiarami tym przyrządem, spostrzegł w zimie 1918 r., że grawimeter nie wskazywał stałych wartości; powodem tego było zmniejszenie się zapasów węgla w piwnicy.

Przy badaniach grawimetrem trzeba uwzględnić powierzchnię badanego terenu, a więc musi być niwelacja przeprowadzona.

Jeżeli teren nie jest płaski i posiada nachylenia, wynoszące kilka stopni, jest już użycie grawimetru niepewne, a w terenie pogórkowatym i górzystym są badania grawimetrem bez wartości.

Nowsza konstrukcja grawimetru O. H e c k e r a umożliwia prędszą robotę, a osiągnięta dokładność jest dwa razy większa przy znacznie mniejszej wadze aparatu, co dla transportu



(Wzrosting kraj a Niemcy 2000000 1911).

Ryc. 11. Grawimeter Eötvösa.

i wynikających stąd kosztów jest bardzo ważne. Szczególną zaletą tego aparatu jest automatyczna fotograficzna rejestracja.

Zasadę konstrukcji wahadła wskazuje rycina. W punkcie skreślenia H jest zawieszony cieniutki drucik, 100 do 150 cm długi, który dźwiga lekką beleczkę b około 40 cm długą. Z końców beleczki zwieszają dwa mniej więcej równe co do wagi ciężarki w_1 i w_2 . Jeden z nich jest o 66 cm niżej od drugiego.

Beleczka b zajmuje położenie poziome i może się obracać około osi pionowej, w płaszczyźnie poziomej, o tyle, o ile zezwala na to opór skręconego drucika. Kierunek tego ruchu wskazują strzałki. Pionowa składowa grawitacji nie ma wpływu. Aby beleczkę poruszyć lub drut skrócić, potrzeba do tego siły poziomej. Poruszenia beleczki można obserwować przy pomocy małego zwierciadełka m , przymocowanego do niej. W razie, gdy pionowe siły, działające na ciężarki w_1 i w_2 nie są zupełnie jednakowe albo nie mają tego samego kierunku, wtedy powstaje siła wypadkowa, mająca składową poziomą dostatecznie wielką, by poruszyć beleczkę w płaszczyźnie poziomej.

Przypuśćmy, że na prawo od ważki w_1 (ryc. 11) jest umieszczony ciężar 10 kg; siła wywarta przez niego na ważki w_1 i w_2 nie będzie jednakową i nie będzie miała tego samego kierunku. Różnica siły przyciągającej objawi się przez poruszenie w_1 w kierunku ciężaru 10 kg tak daleko, jak pozwoli na to siła oporu skręconego drutu w . Jeżeli ciężar 10 kg jest umieszczony w położeniu, zaznaczonem na rysunku kropkowanymi linjami, to wtedy beleczka poruszy się w odwrotnym kierunku. Znając wychylenie kątowe beleczki i czułość aparatu, można określić dokładnie siłę, wychylając tę beleczkę. Jeżeli odległość ciężaru 10 kg lub jakiego innego od w_1 jest znana, wtedy wielkość tego ciężaru może być oznaczona.

Kątowe wychylenie beleczki zależy też od położenia ciężaru 10 kg względem niej samej. Jeżeli ciężar ten będzie umieszczony na linii, przechodzącej przez oś beleczki, wtedy beleczka się nie poruszy. Aby otrzymać zatem wskazówkę o nieznaney masie, znajdującej się w nieznanem miejscu, wywołującą przyciąganie beleczki, musi się pomiary powtórzyć w kilku położeniach aparatu (obracając przyrządem jako całością dokoła jego osi pionowej).

Przyciąganie mas gęstszych pokładów, pod powierzchnią ziemi się znajdujących, wywołuje obrót wahadła, podobnie jak i ciężar 10 kg.

Przed wykonaniem robót grawimetrem musi być teren geologicznie zbadany i wskazane, gdzie pomiary wykonane być mają. Gdy to ustalono, dzieli się badany teren siatką, której gęstość zależy od wielkości i głębokości szukanych mas. Ustawienia muszą być liczne i wymagają wiele czasu —

jedno ustawienie wymaga n. p. około 6 — 8 godzin. Obecnie można dwoma aparatami 10 punktów w 24 godzinach zbadać.

Pomiary wagą torsyjną doświadcza się obecnie i w kopalniach ¹⁾. Masy karnalitu mają szczególnie oddziaływać na wagę z powodu swej małej gęstości w porównaniu z innymi solami.

3. Badania zapomocą fal elektrycznych.

Sposób ten można na dwie grupy podzielić:

Grupa I.

a) Fale elektryczne, rozchodzące się z wysyłacza, zbierają się w odbieraczu — przyczem oznacza się przepuszczalność skały: sposób absorbcyjny. Wtedy znajdują się badane warstwy między wysyłaczem i odbieraczem. Sposób ten zastosowano w kop. soli potasowych w Niemczech przez Loewy'ego i Leinbacha celem zbadania, czy w przebitce ewentualnie nie napotka się na wodę.

b) Oznacza się działanie fal elektrycznych odbijanych przez warstwy przewodzące, n. p. wodę, kruszce, przyczem można oznaczyć albo bezpośrednie działanie odbitych fal na odbieraczu, albo zastosowuje się sposób interferencyjny, przyczem wspólne działanie bezpośrednio przeniesionych i odbitych fal podaje maxima i minima działania na odbieraczu.

Sposoby grupy I-szej zastosowuje się ogólnie do wyszukania warstw wodnych i ługowych w większych oddaleniach, do zbadania czap słupów co do zawartości ługu, do skonstatowania szczelin wypełnionych ługiem i t. d.

Grupa II.

Badania te Loewy'ego i Leinbacha polegają na zmianie drgań elektrycznych w samym wysyłaczu i to w antenie, przyczem odbieracz jest niepotrzebny; przytem wpływa pojemność badanego przewodnika na ilość drgań, a zmiana zdolności przewodnictwa badanego otoczenia głównie na formę drgań albo na ich przytłumienie. Pojemność wysyłacza zależna

¹⁾ A. Birnbaum: »Drehwagemessungen im Salzbergbau über und unter Tage«. Kali. 1924 Nr. 10.

jest od stałej dielektrycznej ¹⁾ otoczenia i od tego, czy znajdują się w bliskości dobrze przewodzące substancje. Pojemność można n. p. zwiększyć, jeżeli dobrze przewodzące ilości wody o małej rozciągłości otaczają antenę albo jeżeli znajdują się nieprzewodzące warstwy skalne o większej rozciągłości i wysokiej stałej dielektrycznej. Które z tych dwóch założeń jest właściwe, okazuje obserwacja długości fal albo zmiana frekwencji i stłumienia.

Jako jednostkę mierniczą przyjmuje się stałą dielektryczną dla powietrza. Skoro jednak zamiast powietrza w otoczeniu anteny, znajduje się inne medium o innej dielektrycznej zmienia się pojemność proporcjonalnie ze stałą dielektryczną danego środowiska, a wraz tem długość fali, więc z pierwiastkiem z stałej dielektrycznej. Ponieważ woda ma największą dielektryczność w porównaniu z powietrzem (81), to pojemność anteny w powietrzu jak i w warstwach skał rośnie, skoro się antena zbliża do powierzchni wody.

Za pomocą tej metody skonstatowano zmianę długości fal różnych systemów przy przejściu z powietrza do soli, a także i zmiany w razie znachodzenia się soli, anhidrytu i karnalitu. Ponieważ skały te co do właściwej im stałej dielektrycznej znacznie się różnią, możnaby więc tą metodą także zbadać istnienie soli potasowych w złożach solnych. Metoda ta nadaje się szczególnie do badania procesu zamrożenia i stwardnienia cementu przy pogłębianiu szybów. Zastosowanie w tym względzie znalazła ta metoda w niemieckich, holenderskich i belgijskich szybach.

Badania metodami grupy I. i II. zastosowano dotychczas głównie tylko w złożach soli; kamiennej do zbadania wody i ługu.

4. Badania za pomocą prądu elektrycznego ²⁾.

Prądy stwierdzone w ziemi nie znalazły dotychczas praktycznego zastosowania. Przeważnie natomiast obserwowano prądy elektryczne wprowadzone ze zewnątrz wedle metody

¹⁾ $K = \frac{C_k}{C_0}$ stosunek pojemności kondensatora C_k przy użyciu izolatora z danego materiału, do pojemności przy użyciu jako izolatora próżni (powietrza).

²⁾ Sveriges geologiska Undersökning-Electrical Prospecting in Sweden, Stockholm 1925.

Dafta, Williams'a i patentowanej metody Schlumbergera Duschitza i Leinbacha, która oddaje znaczne usługi w poszukiwaniu złóż. Polega ona na tem, że elektryczne prądy zmienne o wysokiem napięciu, przeprowadza się przez skały i oblicza się przebieg linii ekwipotencjalnych i oddziaływanie na nie miejsc przewodzących jak n. p. uskoków albo szczelin z wodą lub izolowanych stref zaburzonych skał, kruszców itp. Mierzy się więc oddziaływanie różnego oporu elektrycznego wilgotnych i suchych skał, szczelin i przewodzących kruszców na przebieg linii ekwipotencjalnych. W wielu wypadkach utrudnia pracę woda gruntowa i luźna pokrywa, jakoteż nierówności terenu.

Badania te przeprowadza się w ogólnych zarysach w następujący sposób:

Do dwóch elektrod, daleko od siebie ustawionych, doprowadza się prąd. W ten sposób stwarza się między temi elektrodami pole fal elektrycznych. W pojedynczych polach podzielonego terenu mierzy się kierunek i siłę prądu. Do tego celu służą dwie laski metalowe, wbite w ziemię; laski te łączy się z przewodem elektrycznym, w który włączony jest multiplikator podobnego wzoru, jak przy polowych telefonach. W przewód włączony jest telefon, który dźwiękiem daje poznać natężenie prądu, mierzone osobnym aparatem.

Kierunek prądu mierzy się wynajdywaniem dwóch punktów o najmniejszym natężeniu prądu, a napięcie prądu mierzy się osobnym aparatem, służącym do mierzenia dźwięków, odzywiających się w telefonie. Punkty ekwipotencjalne łączy się potem w jedną linię.

Do kontroli pomiarów służy drugi aparat, w którym fale prądu elektrycznego wywołują prąd indukcyjny. Dźwięk tego prądu indukcyjnego daje możność poznania kierunku i natężenia fal elektrycznych, przepływających przez dany punkt między oboma elektrodami — przyczem normalny przebieg prądu jest już znany.

O ile badane podziemie składa się z pokładów jednolitych, mają fale elektryczne przebieg prostolinijny. W razie zaś napotkania złóż minerałów, które są gorszymi lub lepszymi przewodnikami, aniżeli otaczające je warstwy, natenczas zmienia się kierunek i natężenie prądu elektrycznego, przepływającego między obydwoma elektrodami.

O ile znany jest z poprzednich doświadczeń wpływ pewnych złóż mineralnych na fale prądu elektrycznego, można poznać ze zboczeń kierunku tych fal i ich natężenia, jakie złoża mineralne znajdują się w badanym terenie.

Do dobrych przewodników należą: galenit, rudy miedzi, złoża pirytu, rudy manganowe, a do złych: ruda cynkowa, syderyt i minerary złóż solnych.

5. Badania zapomocą fal elastycznych albo sztucznych wstrząśnień.

Metoda ta polega na wywoływaniu sztucznych wstrząśnień i na pomiarze różnicy czasu w przewodnictwie tych fal w różnych skałach. Skały rozmaitej twardości i konsystencji przenoszą fale sejsmiczne z rozmałą chyżością; im skała jest twardszą i gęstszą, tem większe jest przewodnictwo fal. Tak n. p. szybkość fal w soli w okolicy Wieliczki wynosi około 3400 m/sek a w wapieniu 6000 m/sek. Rozpoznanie różnych warstw nad sobą leżących będzie wtedy możebne, jeżeli warstwa, której zdolność przewodzenia fali jest większa, leży pod warstwą o mniejszej zdolności przewodzenia.

Metodą tą można skonstatować, czy pomiędzy poszczególnymi skałami jest większa różnica co do twardości n. p. między solą, jako twardym, a iłem, jako miękkim materiałem; dalej można zbadać nachylenie warstw, uskoki, siodła i łęki. Ze stałych sejsmicznych można wnioskować o rodzaju skały.

Pokłady soli, słupy wysadowe, uskoki w węglu, gniazda kruszcowe (*Erztaşchen*), trzeciorzędne i dyluwialne wymycia nad węglem, wreszcie żyły kruszcowe, pokłady węgla brunatnego i tektoniczne zagadnienia dadzą się tą metodą skonstatować.

Badania te wykonują się w ten sposób, że w pewnem miejscu badanego terenu ustawia się mały przenośny sejsmograf, wpuszczony w ziemię; sejsmograf ten rejestruje fotograficznie szereg sztucznie wywołanych przez naboje wstrząśnień; stosownie do odległości i głębokości badanej warstwy muszą być te wstrząśnienia silniejsze lub słabsze. Linja strzałów odpowiada profilowi geologicznemu. Każdy strzał daje sejsmogram, a przez porównanie szeregu sejsmogramów można oznaczyć rodzaj skały, nachylenie warstw i jej głębokość.

Metodą tą badano u nas rozciągłość złoża solnego wielickiego ku zachodowi i rozprzestrzenienie złoża w Wapnie, w innych krajach przeprowadzono również liczne badania.

6. Badania magnetyczne.

Jeżeli wprowadzimy w pole magnetyczne kawałek żelaza, gromadzą się linje sił magnetycznych w tem żelazie tak licznie, że żelazo to staje się magnesem. Gdy jednak chodzi o zawartość żelaza w skale, potrzeba czułych przyrządów mierzniczych do zbadania siły magnetycznej pola. Że zawartość żelaza w skale oddziałuje swoją zdolnością przewodnictwa magnetycznego na pole magnetyczne na powierzchni, sprawdzono pomiarami. Naodwrot można też z takich pomiarów wnioskować o charakterze skały, przedewszystkiem można ustalić granice skał o różnej zdolności przewodnictwa magnetycznego. Skały solne uważane są jako skały magnetycznie nieprzewodzące, natomiast mają piaskowce, piaski i iły pewną zawartość żelaza, przyczyniającą się do przewodnictwa; n. p. wielkie jest przewodnictwo pstrego piaskowca. Gdzie sól nakryta piaskowcem, mierzenie pola magnetycznego nie daje użytecznych wyników. Tam jednak, gdzie w jądrze siodła sole dochodzą blisko powierzchni, okazuje się zmniejszenie pola magnetycznego; tak samo można słupy solne jak obszary małej intensywności magnetycznej poznać.

Według Schuh'a znajdują się słupy solne Niemiec przedewszystkiem w punkcie przecięcia linji zaburzeń hercyńskich i reńskich o nieznacznem polu magnetycznem, przyczem w miejscu przecięcia, a więc nad słupem, okazuje się minimum pola magnetycznego.

Przy pomiarze pola magnetycznego oznacza się odchylenie, jakie magnes w kierunku pionowym okazuje. Linje sił magnetyzmu ziemskiego przebiegają tylko na magnetycznym równiku poziomo, w wszystkich innych miejscach zaś, pod kątem do powierzchni ziemi. Kąt ten wynosi n. p. w północnych Niemczech 60 i 70° ku N (kąt inklinacyjny). Wolno obracającą się igłą magnetyczna ustawia się w kierunku magnetycznym S — N a zarazem pod kątem inklinacyjnym z nachyleniem do powierzchni. Poziomo zawieszona igła magnetyczna wskazująca kierunek N — S mająca skutek swego ciężaru dążność

pozostawania w położeniu poziomem, stosownie do siły pola magnetycznego danego miejsca. odchyli się mniej albo więcej.

Do przeprowadzania magnetycznych pomiarów nadaje się aparat magnetyczny polowy Schmidta (*Feld-* albo *Lloyd-wage*) o prostej konstrukcji. Tym właśnie aparatem przeprowadzał pomiary praktycznie Sch u h w Mecklemburgji. Teorię zbadano praktycznie w obszarze geologicznie już zdjętym, w okręgu Magdeburga (słup solny koło Wefensleben). Bliższe szczegóły tych badań są opisane w czasopiśmie »Kali« Nr. 16 z 1923 r.

XIV. Skorowidz nazw krajów, miejscowości, gór, rzek i jezior.

	Strona
Afryka	3
Akat-Kul	55, 56
Alfeld	21
Aller	7
Alpy	7, 45
Alzacja	16, 34, 46, 76
Ameryka	3, 4, 50, 76
Andy	45
Asse	9
 Baden	 16
Balaguez	48
Banzenheim	34
Barcelona	48
Barcin	43
Behar *)	5
Bengalja	5
Berezników	56
Berga	48
Bernburg	27
Blodersheim	34
Bonneville	52
Bornholm	19
Brzezie	42, 43
Buffalo	54
Buggingen	34
Bukowina	3
Busk	41
 Cardona	 45, 48
Castagnede	50
Castelfullit	49
Chileja	5
Chula Vista	55
Ciechocinek	36, 41

	Strona
Clayton	52
Conception	52
 Dachanów	 42
Dakalja	58
Dalmacja	3
Delatyn	45
Delaware	54
Dębogóra	43
Dorm	9
Dosser	56
Działoszyce	39
 Eichsfeld	 8
Emba	55
Ensisheim	47
Erytreja	58
 Flechtinger	 13, 21, 23, 28
Francja	3
Fuhse	7
Fulda	21, 23, 29
 Georgia	 54
Goldberg-Löwenberg	19
Góra	39, 42
Greatbasin	4, 51
Gurjew	56
 Halberstadt	 9, 21
Halle	23
Hamburg	19
Hanower	22, 28
Harc	8, 13, 20, 21, 23, 28
Helgoland	18, 19

*) W tekście mylnie Bohar.

	Strona		Strona
Hildesheim	7	Leine	8
Hildesheimerwald	10	Lemwa	56
Hiszpania	48	Lieth	18
Hołosków	46	Lignica	19
Homburg	24	Long-Beach	55
Hügelheim	34	Los Angeles	54
Igualanda	48	Luisana	7
Ileckoja Szaszina	56	Lübtheen	19
Indje	3, 5	Lüneburg	19
Inderskie jezioro	56	Łabinsk	57
Inowrocław . . . 19, 36, 37, 39, 42		Łęczycza	41, 43
Iskim	56	Łowicz	41
Isona	48	Łódź	38
Irlandja	3, 4	Łysa góra	39
Itzehoe	18		
Janiszewo	77	Macedonja	3
Jasper	54	Magdeburg	7, 9, 21, 26
Jessenitz	19	Maikop	57
Kaiserstuhl	59	Małopolska	17, 44
Kalifornja	11	Manresa	48
Kajetanów	36	Mansfeld	9, 26
Kalisz	39, 43	Maryland	6, 54
Kałusz	17, 44, 66, 71	Maryswale	52
Karabugas	13, 55	Medve	11
Kara-Czungul	56	Meklenburg	19, 27, 50
Katalonja	48	Meksyk nowy	50
Kcynia	43	Minesota	54
Kellerwald	23	Mono	52
Kentucky	54	Montana	53
Khewa	58	Monte Dallol	58
Kielce	36, 39	Morszyn	45, 46
Kissingen	19, 24	Mühlheim	34, 46
Kłajpeda	19, 36	Münster	19
Kongresówka	36		
Konin	41	Neu Stassfurt	65
Kreika	19	New Jersey	54
Kreuznach	24	Niemcy	3, 4, 7, 18, 76
Krotoszyn	42	Nieszawa	43
Krügershall	27	Nowy Bagatinsk	55, 56
Kurlandja	36	Nurpur	58
Lahontan	52		
Lehrte	7	Oker	7
Leimen	6	Ostrowiec	39
		Ottynia	46
		Orb	24
		Orenburg	56

	Strona
Orzesze	37
Owens	52
Ozorków	39
 Piluaana	45
Pitrków	41
Polska	19, 34, 74
Poznańskie	36
Proszowice	41
Przysucha	39
Purmallen	19
 Querfurt	9
 Rädershaim	58
Radomsk	39
Ren	16, 34
Riverside	6
Rodan	16
Rosja	3, 55, 75
Rosólna	46
Rümersdorf	34
Rybnik	37
 Salzdetfut	28
Salzwedel	19
Saltrange	45, 58
San Diego	3, 55
Sandomierz	41
San Francisco	54
Santa Barbara	54
Saratów	57
Sarstedt	7
Satep-Aldy	56
Schönebeck	8
Searless	52
Seattle	55
Sebkha el Melah	4
Segeberg	18
Segra	48
Siedmiogród	11, 45
Sierra Nevada	51
Silver Peak	52
Solikamsk	56
Solling	8
Sperenberg	20, 36, 37
Stade	19
Stara Sól	46

	Strona
Stassfurt	21, 25, 26, 27
Staszów	41
St. Conception	54
Stebnik	13, 44, 67
Steinhuder Meer	7
Strupów	46
Suria	48
Świętokrzyskie góry	36
Szkocja	3
Szubin	38, 41
 Teutoburgski las	21
Texas	7, 50
The great basin	4, 51
Tolfa	52
Trościaniec	46
Tsad	3
Tunis	4
Turyngski las	13, 20, 23, 27, 28
Turza wielka	45, 46
 Unseburg	20, 27
Utah	52
Utoropy	45
 Verden	23
Vieneburg	28
Vich	48
 Wapno	19, 36, 37, 39, 42
Washington	55
Werra	8, 21, 29
Wester-Egeln	9
Wieliczka	7
Wieluń	43
Wieniec	42
Wiślica	41
Wittelsheim	34, 47, 58,
Włochy	75
Woroniecki okręg	57
Wyoming	53
Wrocław	19, 36
 Zagłowiączka	77
Zgierz	39
Zgorzelec	19
Żory	37



20, 22

BIBLIOTEKA
GŁÓWNA



AKADEMII
GÓRNICZO
HUTNICZEJ

11 256207

*Nie
wypożycza się*

N2B 20441