KAROL BOHDANOWICZ
Inż. górniczy, profesor

Z WYCIECZKI NAUKOWEJ
DO
POŁUDNIOWEJ EUROPY
I
PÓŁNOCNEJ AFRYKI

WARSZAWA
1924

ODBITO W DRUKARNI
LEONA NOWAKA
WARSZAWA, WARECKA 12
TELEFON 244-99. ROK 1924

KAROL BOHDANOWICZ
Inż. górniczy, profesor

Z WYCIECZKI NAUKOWEJ
DO
POŁUDNIOWEJ EUROPY
I
PÓŁNOCNEJ AFRYKI

Tereny naftowe,
złoża fosforytu i bauxitu

Z RYSUNKAMI W TEKŚCIE I NA TRZECH TABLICACH

WARSZAWA
1924

PRZEDMOWA.

Te kartki z krótkiej podróży w końcu r. 1923 do krajów tak dobrze znanych, jak południe Francji, Andaluzja w Hiszpanji i Algerja w Afryce, zawierają tylko krytyczne uwagi, które nasuwają się na podstawie szerokiego ujęcia materjału w kwestjach chociaż zawodowych, lecz zasługujących na uwagę i koła czytelników więcej szerokiego, niż czytelników fachowych czasopism.

Jesteśmy krajem producentem ropy naftowej i wszystko, co się tyczy dążenia do ekspansji przemysłu naftowego w innych krajach, musi być znanem i w naszych kołach przemysłowo-naftowych. Na tle geologicznych dziejów rozległych okolic zachodniej części morza Śródziemnego praktyczne zagadnienia, poszukiwanie nafty w krajach, odległych od siebie bardzo daleko, mogą być ujęte więcej śmiało i w sposób odmienny od zwykłego tam zapatrywania.

Nietylko pośród naszych rodaków, lecz i pośród Francuzów, corocznie zwiedzających wybrzeże pomiędzy Marsylją a Niceą, nie wszyscy wiedzą, że ta rywjera jest jednem z głównych światowych źródeł surowca dla wytworzenia aluminjum, tego metalu przyszłości, że w dwóch godzinach drogi od Nicei znajduje się jedna z największych kopalń tego surowca, który i dziś już ma dla bilansu handlowego Francji prawie takie samo znaczenie, jak wszystkim

znane kwiaty Nicei i Grasse. Geneza bauxitu, tego materjału surowego dla wytworzenia aluminjum, jest jedną z ciekawych stronic w dziejach przeistoczenia skorupy ziemskiej i przy tej sposobności rozszerzyłem swój temat wycieczką do literatury u nas znanej bardzo mało.

Przeciętny czytelnik, o ile nie dokonywał umyślnych poszukiwań w geograficznej literaturze o północnej Afryce, ma niewyraźne pojęcie o Algerji i jej handlowo-przemysłowem znaczeniu. Z Algerji rolnictwo polskie zaczyna na nowo otrzymywać taki niezbędny mu materjał, jak fosforyty; do Algerji, a co jeszcze gorzej do Tunisu, rozpoczynają kierować na kopalnie masowo robotnika polskiego; jednak tam pośród kilkunastu tysięcy miejscowych kopalnianych robotników odpowiednie miejsce może być tylko dla dziesiątków, lecz nie dla setek naszych kwalifikowanych górników.

Wrażenia, wyniesione z wycieczki przez Atlas do Sahary, odświeżyły moje wspomnienia z dawnych podróży przez góry i niziny Azji środkowej, i niektóre chociażby pobieżne porównania zasługują może na uwagę i zawodowych geografów.

Karol Bohdanowicz.

Warszawa, Maj, r. 1924.

Drukarnia i introligatornia Leona Nowaka, Warszawa, Warecka 12

WSTĘP.

Mapa tab. I.

Marszruta, którą sobie wytknąłem, obejmowała: 1) na południu Francji okolice Dax, gdzie miałem jeszcze raz obejrzeć obszar naftowy, znany mi od r. 1920, a w departamencie Var obszar bauxitów; 2) w Andaluzji obszar naftowy, o którym ostatniemi czasy dużo mówiono w sferach przemysłowych; 3) w Algerji również obszar naftowy w departamencie Oran i złoża fosforytów w departamencie Constantine. Kraje, które mogłem zwiedzić, stanowią ogromną przestrzeń w okolicach zachodniej części zagłębia śródziemnomorskiego, gdzie na każdym kroku przed okiem geologa wyłaniają się ślady dziejów geologicznych, nad odtworzeniem których pracowali i dalej pracują najwybitniejsi geologowie Francji, a synteza tych dziejów geologicznych była przeprowadzona przez Eduarda Suessa.

Od podnóża Pirenejów i Alp nadmorskich przez Andaluzję i Gibraltar do krańców Sahary przed okiem geologa wyłaniają się pod budową wieku trzeciorzędowego (Alpy, Pireneje, góry Andaluzji, Atlas) szczątki innej budowy, która pozostała twardą i zdrętwiałą już od końca czasu paleozoicznego; ulegała ona tylko osunięciu na dół na wielkich przestrzeniach, jak całe zagłębie zachodnie morza Śródziemnego, szeroka do-

lina Gwadalkwiwiru i części Sahary północnej. Szczątkami takiej paleozoicznej budowy, której Suess dał nazwę zachodnich Ałtaidów, są części Korsyki i Sardynji, stare lądowe masy na wschód od Garonny na południu Francji (łęk Armorykański), płaskowzgórze Mezety na północ od Gwadalkwiwiru, paleozoiczne masy Colomb-Béchar na północy Sahary, stare krystaliczne masy na południowym brzegu półwyspu Iberyjskiego (góry Betyckie i Katalońskie) i na północnym brzegu Algerji. Na miejscu pogrążonych części szerokiego i rozległego systemu tych fałd skorupy ziemskiej, które postępowały ku północy, powstały nowe zagłębia, przedzielone masami (horsty) starej budowy; w tych depresjach utwory mezozoiczne i trzeciorzędowe uległy następnym ruchom, powtarzającym ruchy prastare, lecz rozróżniczkowanym i bardziej złożonym. Z tych przekształceń powstała budowa pośmiertna względem Ałtaidów (les Altaides posthumes), obejmująca system alpejski, poszczególne członki którego były kilkakrotnie zgniecione pomiędzy staremi, opornemi masami Ałtaidów. Do tego systemu należą, w granicach mojej marszruty, Alpy nadmorskie, Pireneje, strefa subbetycka Andaluzji i góry Atlasu. Pofałdowanie obejmowało w tych wypadkach strefy bardziej wąskie, a fałdy zostały w niektórych miejscach kilkakrotnie przesunięte i nasunięte jedna na drugie. Z pośród tych zdrętwiałych odpornych mas, jedna zupełnie zginęła z naszych oczów, ulegając stopniowemu pogrążeniu pod poziom morza; jest nią mianowicie masa na miejscu zachodniej części morza Śródziemnego, której dano nazwę Tyrrenidów.

Poza granicami mojej marszruty, daleko na południo-zachód, z pod budowy Ałtaidów wyłaniają się

Zachodnia część zagłębia morza Śródziemnego (według Suessa):

Kreski nachylone na prawo — kaledonidy i saharidy, pofałdowania z czasu przeddewońskiego; pola białe (Czechy, północne Niemcy, część Polski, środkowa Anglja) — osunięcia przed epoką węglową; pola kropkowane (dinarides) — fałdy uralidów; kreski przerywane i nachylone na lewo — ałtaidy zachodnie, pofałdowanie z czasu górnego karbonu (Meseta Hiszpanji, łuki Armorykański i Waryscyjski); kreski przecinające się — ałtaidy pośmiertne czyli system alpejski, pofałdowania z czasu trzeciorzędowego; kreski poziome — obszary fałd ałtaidów osunięte na dół.

Skala 1: 15.000.000.

elementy jeszcze innej wcześniejszej budowy, która w zaraniu czasów paleozoicznych pokryła powierzchnię skorupy ziemskiej głębokiemi zmarszczkami. Te elementy, tak zwane Saharidy czasu sylurskiego, tworzą i dziś wzniesienia w samem sercu Sahary pod nazwą płaskowzgórza Hoggar.

Z szybkością za wielką nietylko dla geologa, lecz i dla turysty, musiałem przenieść się z południa Francji na południe Hiszpanji, stamtąd do Algerji, przeciąć ten skrawek czarnego lądu zwykłą marszrutą turystyczną aż do Sahary do miast Biskra i Touggourt i powrócić na południe Francji w okolice Tulonu. Zadaniem mojem było nie badanie klasycznych geologicznych przekrojów, lecz tylko poznanie niektórych specjalnych obszarów na tle znanych geologicznych koncepcyj; musiałem wyrzec się zwiedzenia złóż innych kopalin użytecznych, jak pirytów Rio-Tinto (Huelva), złóż żelaza i cynku w Algerji, co zajęłoby tyle czasu, ile miałem do swego rozporządzenia celem wykonania swego głównego zadania. Jednak nie bez przyczyny wybrałem właśnie obszary przejawów węglowodorowych, fosforytowych i bauxitowych; geologiczne warunki złóż węglowodorów i fosforytów mają niektóre wspólne cechy, a bauxit jest surowcem metalu przyszłości, u nas nieznanym.

I. Przejawy węglowodorów w departamentach Landes i Basses-Pyrénées.

Francja posiada tylko jeden obszar naftowy w eksploatacji, a mianowicie zagłębie Pechelbronn w Alzacji, lecz na terytorjum Francji są znane przestrzenie przejawów węglowodorowych w postaci asfaltu i gazów. Takie przejawy są zlokalizowane: 1) w pasmie Jurajskiem wzdłuż wschodnich jego łańcuchów od Pyrimont we Francji do Val-de-Travers w Szwajcarji i na południowym krańcu pasma Jurajskiego około Belley i Vaux; 2) w Owernji w zagłębiu Limagne; 3) w departamentach Gard i Hérault i 4) w departamentach Landes i Basses-Pyrénées. Wszystkie te obszary badałem dosyć szczegółowo w r. 1920, lecz narazie chciałbym powiedzieć kilka słów o piaskach asfaltowych i innych przejawach ropnych tylko w dep. Landes i Basses-Pyrénées (rys. 1).

Oddawna były tu znane przejawy węglowodorów w okolicach wsi Donzacq i około miasta Orthez. Obie te miejscowości znajdują się w strefie pagórków (zone des collines), która wzdłuż Pirenejów otacza z północy strefę górzystą (zone montagneuse). Pod względem geologicznym znajdują się jednak obie miejscowości w innych strefach; Donzacq w strefie rozwoju trzeciorzędu, a Orthez—w strefie dolnej kredy; pod trzeciorzędem północnej strefy są rozwinięte osady górnej kredy, które wspólnie z eocenem wyłaniają

Rys. 1. Obszar przejawów ropnych w departamentach Landes i Basses Pyrénées.

się i dalej na południe około Orthez. W obydwóch tych geologicznych zonach podrzędną rolę odgrywają utwory triasowe, które występują na powierzchni ziemi w postaci przeważnie wąskich stref. Według Carez [1]), w północnej części strefy pagórków wystąpienia triasu mają kształty bardziej okrągłe, lecz, mojem zdaniem, w rzeczywistości tak nie jest, bo na istniejących mapach geologicznych granice triasu zaznaczane są zwykle zbyt szeroko.

Trias rozwinięty jest przeważnie w postaci margli i glin o barwach czerwonej i zielonej z przewarstwieniami soli i gipsu, a w dolnych częściach—również czerwonego piaskowca. Utwory triasowe przerznięte są często żyłami i stożkami (dejki) ophitu.

W strefie górzystej wszystkie utwory triasowe pokryte są przez wapienie liasowe, a w strefie pagórków odsłonięcia triasu otoczone są utworami kredy i trzeciorzędowemi w warunkach tektonicznych nieraz bardzo skomplikowanych.

Pratt [2]) miał sposobność zwiedzenia złóż asfaltowych piasków około Donzacq podczas odbudowy złoża w r. 1846 i daje następujący przekrój, licząc od góry: warstwy szutru i pstro zabarwionych piasków i glin—razem 13,2 m; pod niemi 1,5—4,5 m piasków asfaltowych, luźnych, ubogich w bitum w górnej części i bardziej zbitych i nasyconych bitumem w dolnej części; w spągu 3—4,5 m—piaski płonne i pod niemi wapienie. Warstwy leżą poziomo i w niektórych miejscach są, według Pratta, zaburzone wystąpieniami ophitu.

---

[1]) Carez, Résumé de la géologie des Pyrénées françaises. Mém. de la Soc. géol. de France. 4 sér., X, 7, 1912.

[2]) Pratt, Quart. Journal Geol. Soc., London, 1846, 2, 8.

Dziś na miejscu starych wyrobisk znajduje się staw, a ich stoki pokryte są gęstemi krzakami; południowa strona wyrobisk należy do komuny Bastennes, a północna—do komuny Donzacq. Na hałdach asfaltowego piasku można znaleźć skorupy Cardita Jouanneti i zęby rekinów, co pozwala określić wiek piasków, jak morskich pokładów „helvétien" (część śródziemnomorskiego piętra miocenu); piaski i gliny, bardzo żelaziste, które występują na stokach wąwozu, na dnie którego były założone wyrobiska, należą do piętra „sables fauves", czyli górnej części „helvétien". Już Pratt zauważył, że w tych piaskach i glinach znajdują się kawałki lignitu, co można stwierdzić i dziś. Prawdopodobnie lignity powstały z warstw starszych, a mianowicie z margli bartońskich. Warstwy „sables fauves" w wielu miejscach pokryte są lub nawet przewarstwowione czerwonemi glinami, które można uważać za produkty przepłókania czerwono zabarwionych utworów tutejszego triasu. Te właśnie gliny trudno odróżnić od produktów rozkładu skał ophitowych i triasu in-situ; można twierdzić stanowczo, że faktyczne odsłonięcia triasu zajmują tu przestrzeń znacznie mniejszą, niż jest wykazana na istniejących mapach geologicznych.

Z innych utworów tutaj wymienionych dwie strefy wapieni, zawierających duże numulity i szczątki jeżowców, otaczają z południa i północy pole triasowe. W kilku kamieniołomach około Donzacq i Bastennes, z południowej strony triasu, wapienie nachylone są na SW 240—280°; w stronie północnej, w kamieniołomie Caupenne, można stwierdzić, że pokłady tych wapieni nachylone są również na SW 235° (pod kątem do 30°); pomiędzy Caupenne i Montaut, w wapieniach starszego wieku (danien) z Nauti-

lus danicus, ten upad warstw na południe stale się utrzymuje. Trias jest widoczny tylko w dwóch miejscach.

Hountanetta. Na południe od wioski Bastennes wykryto pokłady zbitego wapnistego piaskowca i wapienia, które należą do eocenu i nachylone są na SW 280°; częściowo pokrywają one całkowicie, częściowo są tylko w kontakcie z czerwonemi glinami i pstremi marglami triasu, pokłady których są nachylone na NE 70°. W tych piaskowcach i wapieniach eocenu oddawna były znane liczne nieprawidłowe żyły kalcytu, zabarwionego na ciemny kolor przez materjał bitumiczny; w druzach kalcytu znajdowano niewielkie worki (poches), wypełnione bitumem asfaltowym, niekiedy nawpół płynnym. W piaskowcach wtrącenia asfaltowe są znaczniejsze i w niektórych miejscach piaskowiec daje małe kawałki asfaltu. Żyłki kalcytu zawierają często druzy kwarcu, zwykle w postaci dobrze wykształconych, bipiramidalnych kryształów; zwykłem zjawiskiem jest tu również piryt. Razem z kryształami kalcytu znajdują się także kryształy aragonitu. Piękne kryształy aragonitu i drobne bipiramidalne kryształy kwarcu można wypłókiwać z eluwjalnych piasków w północnej stronie Bastennes; to eluwjum świadczy, że ongiś warstwy eocenu były bardziej rozpowszechnione. Jest też bardzo prawdopodobnem, że wapienie, leżące w spągu serji asfaltowej, o których wspomina Pratt, mogą należeć do eocenu (?). Można stanowczo stwierdzić, że w Hountanetta wapienie i piaskowce eocenu zawierają wtórne wtrącenia bitumiczne pod wpływem wody o węglanowapiennym charakterze, poniekąd termalnej, o czem świadczą kryształy kwarcu i aragonitu. Według opinji francuskich geologów, w kamieniołomie Hountanetta

napotkano „cheminée de venue“ bitumu i to mianowicie z pokładów triasu.

Fontaine salée około wioski Gaujac. Miejscowość tej nazwy znajduje się o 4 km na wschód od Bastennes, pośrodku pola triasu. W głębokim wąwozie potoku, biegnącego ze wschodu na zachód, wyłaniają się pod utworami żelazistemi „sables fauves“ pokłady margli i glin czerwonych, zielonych i pstrych, które są stromo nachylone na NE 25°; odsłonięcie to jednak nie jest znaczne. Na dnie wąwozu w dwóch miejscach występują tryskające źródła bardzo słonej wody ze słabemi wyziewami gazu palnego. Na powierzchni wody naokoło źródeł zjawiają się zwykle opalizujące błonki, które były uważane za błonki ropy; jednak są one typowemi plamami wodnych tlenków żelaza.

Na południe stąd, około zabudowań wioski Gaujac, były niegdyś stare jamy, z których wydobywano asfaltowy piasek; dziś z jam tych nie pozostało ani śladu, a cała miejscowość pokryta jest eluwjum przeważnie ophitowych skał. Ophity pokrywają znaczne przestrzenie wzdłuż północnej krawędzi pola triasu i w kilku miejscach na południu tegoż pola.

W okolicach omawianej miejscowości około Donzacq, Pomarez, Bergouey, Brassempouy i dalej na północo-wschód w kierunku wioski Montaut na powierzchni znajdują się przeważnie utwory „sables fauves“ (helvétien), pokryte po części lądowemi utworami górnego miocenu; w starych kamieniołomach i jamach można widzieć margle z Pecten, a więc utwory morskie wyższe od pokładów z Cardita Jouanneti. O ile w piaskach z Cardita można byłoby spodziewać się ropnych pokładów, to, według opinji

miejscowych geologów, margle te służą jako strop, nieprzepuszczający wody.

Około Donzacq występują też piaskowce i margle z Natica (stampien, dolny miocen) pod warstwami z Cardita. Na wschodzie pomiędzy Gaujac i Brassempouy są kamieniołomy wapieni z Orthophragmina, a więc warstwy wyższe od eocenu z dużemi numulitami w Donzacq i Bastennes.

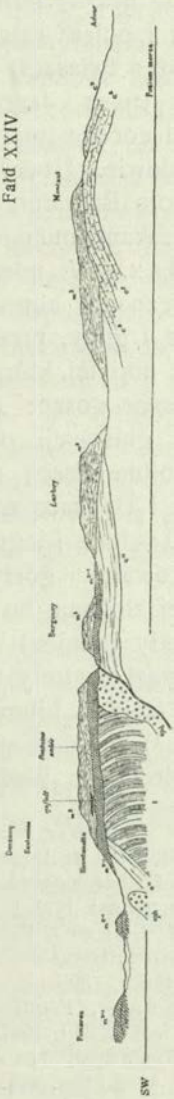
Około Bastennes, w obrębie eocenu, jest zimne źródło siarczanej wody, w której miejscowi ludzie znajdują zapach ropy.

Wracając do starych wyrobisk asfaltowego piasku, należy zwrócić uwagę, że wyrobiska te wskazują wyraźnie na masę asfaltowego piasku na długości do 600 m i szerokości do 300 m. Na stokach doliny, w kierunku poziomym pozostały tylko skrawki asfaltowego piasku; co zaś się tyczy przedłużenia na głębokość, to dokonane tu wiercenie nie wykryło ani piasku asfaltowego, ani ropy. Niewiadomo również, w jakich pokładach wiercenie było zatrzymane na głębokości około 200 m; według zdania miejscowych obywateli był tam już trias.

Według Carez, nieco na południe od wioski Montaut przebiega oś fałdu N° XXIV; w jądrze tego fałdu występują pokłady danien. Na podstawie zebranego tu materjału można przypuszczać, że, oprócz tego antyklinalnego fałdu, jest tu inny fałd (rys. 2) bardziej skomplikowany, prawdopodobnie obalony ku północo-wschódowi i z osią, przechodzącą przez Donzacq, Gaujac, Brassempouy, Monuy. W fałdzie tym, a zwłaszcza w miejscu jego przełomu około Donzacq—Gaujac znajdują się przejawy bitumu. Fałd ma wyraźnie typ diapirowy, w którym warstwy triasu i złączone z niemi masy ophitu odgrywały rolę opor-

nego substratu. Zgadza się to z niejednakowemi upadami warstw triasu i eocenu, jak i z jednakowemi upadami warstw eocenu na obydwóch stronach jądra fałdu, a także z wydłużonemi kształtami wystąpień triasu i ophitu. Około jądra diapirowego są zlokalizowane przejawy bitumów. Rola ophitu jest tu najzupełniej pasywną i nie można jej porównać z rolą stożków bazaltu w Owernji lub Meksyku, gdzie wylewy bazaltu do pewnego stopnia przyczyniły się do późniejszego przejawu bitumów wzdłuż kontaktów ich z skałami osadowemi.

Interpretując w ten sposób, musimy przyjąć, że warstwy triasu leżą na miejscu (in situ) i tektoniczne kontakty jego z eocenem i kredą nie mają cech płaszczowinowych. Inaczej myślą francuscy geologowie L. Bertrand[1]) i Maury[2]), według których utwory triasowe tworzą płaszczowinę



Rys. 2. Przekrój przypuszczalny przez pole asfaltowe Donzacq - Bastennes, od Pomarez do Montaut.

t—trias, margle i gliny pstre; c^2—wapienie kredowe; c^3—wapienie piętra duńskiego; c^{4}—wapienie eocenu z dużemi numulitami; m^{2-1} — gliny i margle dolnego miocenu; m^2 — piaski piętra helveckiego (sables fauves); *oph*—wylewy i intruzje skały ophitowej.

[1]) L. Bertrand, Sur la structure des Pyrenées Occidentales Bull. Soc. géol. de France, 4 sér., XI, 1911.

[2]) Maury, Feuille Orthez, Comptes rendus des Collaborateurs. Bull. de la Carte géol. de la France. Bull. vol. XX, 1909—1919, str. 126

(nappe de charriage), przesuniętą ku północy i mającą na sobie utwory górnej kredy; pofałdowanie nastąpiło później i objęło całą płaszczowinę. Jednak fakty geologiczne, a zwłaszcza stosunek stromo nachylonych pokładów triasu i łagodniej leżących pokładów górnej kredy i eocenu, nie odpowiadają takiej skomplikowanej budowie. Utwory triasu są znane bardziej na północ około Barbaton, na niewielkiej głębokości (45 m) pod piaskami numulitowemi.

Dax. W mieście tem została ustalona linja tektonicznego kontaktu pomiędzy warstwami triasu (margle i gliny, przerznięte ophitem) i górnej kredy; wzdłuż linji tej, którą można przyjąć za uskok, występują liczne gorące źródła wody wapienno-siarczanej, a więc gipsowej, o temperaturze do 64° C. Żadne ślady bituminizacji zarówno w Dax, jak i pomiędzy Daxem i Donzacq około stożków ophitu nie są znane.

Orthez i jego okolice leżą na granicy strefy pagórkowatej i górzystej; budowa geologiczna jest tu bardziej złożona, bo występują tu utwory eocenu, górnej kredy (danien) i dolnej kredy; trias tworzy długie i wąskie strefy pośród kredy.

Przejawy bitumów znane są najdokładniej około Orthez [1]) w źródle siarczanem i bitumicznem St. Boës, czyli Monnick. Według Seunes'a i Maury'ego [2])

[1]) Lacroix, Minéralogie de la France, str. 633 przytacza wiadomość, że luźne utwory około Sainte Suzanne, na południe od Orthez, pokrywające wapienie aptu, są impregnowane asfaltem; jednak tych przejawów nie mogłem znaleźć.

[2]) Seunes, Recherches géol. sur les terrains sécondaires et l'Eocen inférieur de la région sous Pyrénéenne du sud-ouest de la France, 1890.

Maury, Feuille d'Orthez. Bull. de la carte géol. de France, vol. XVIII, 1907—1908.

Finaton, Les hydrocarbures des Landes et du Béarn. La Rev. pétrolifère, vol. VII, 23, 40, 1923.

około źródła jest niewielkie wystąpienie triasu, zakryte prawie przez osunięcia ze stoków doliny; trias jest otoczony wapieniami bitumicznemi, nachylonemi ku południowi i zanurzającemi się pod wapienie fukoidowe bardzo zaburzone, prawdopodobnie cenomańskie.

Obecnie, posuwając się z południa do źródła, można widzieć kompleks cienkich pokładów wapieni dolomitowych, przewarstwowionych piaszczystemi wapiennemi łupkami fukoidowemi; kompleks ma charakter wybitnie fliszowy. Pokłady mają naogół upad na NE 50° pod kątem do 70°. Bezpośrednio około źródła występują pokłady wapieni brekczjowych, z żyłkami kalcytu; brekczja ma wyraźnie bitumiczny zapach i z niej właśnie powstaje źródło. Po drugiej jego stronie, a więc na północ, są rozwinięte te same fliszowe utwory, jednak z upadem na SW 250°. Utworów triasu w jego zwykłem ukształtowaniu w postaci czerwonych i pstrych margli, oraz glin gipsowych, obecnie widzieć tu nie można.

Źródło występuje wyraźnie w miejscu największego zaburzenia układu warstw typowo fliszowych, prawdopodobnie kredowych, naogół mezozoicznych.

W źródle tem nader słabo występuje woda słodka; co kilka minut źródło wyrzuca duże krople gudronu w postaci kulek, natychmiast rozpływających się na powierzchni wody i dających cienką warstwę ciężkiej ropy.

Szeroka równina na północ od rzeki Adour jest zbudowana z utworów trzeciorzędowych w faciesach słodkowodnych miocenu, poniżej którego rzadko tylko występuje eocen i górna kreda. Najbardziej ciekawem zjawiskiem na tej przestrzeni są ciepłe źródła Barbatonu (35°) wody siarczanej z H_2S. Źródła występują wzdłuż kierunku, na którym są odsłonięcia wapieni

danien i który odpowiada osi antykliny N° XXV według Careza. Około źródeł zapomocą wiercenia stwierdzono istnienie triasu, jak już wspominaliśmy wyżej. Możebne, że źródła są złączone z linją uskokową.

Te fakty nasuwają pytania:

1) jakie utwory należy uważać za pierwotne źródło bitumów na całej przestrzeni miejscowości Landes i Basses-Pyrenées?

2) jak należy prowadzić tu poszukiwania ropy?

W miejscach, gdzie są rozwinięte utwory triasu, jak około Dax, Fontaine salée, Barbatonu, występują tylko wody albo słone, albo gipsowe i siarczane, czasami gorące, jak około Dax. W innych znowu miejscach, jak w Bastennes i Gaujac, St. Boës przejawy bitumów są złączone z zaburzeniami o typie diapirowym, przyczem w jądrze fałdów również stwierdzony jest trias i towarzyszące mu ophity. Asfaltowe piaski Bastennes-Gaujac należą do poziomów mioceńskich morskich i nasycenie ich jest wtórne; jeszcze dziś można widzieć w tych piaskach okazy zupełnie świeżego asfaltowego piasku zupełnie podobnego do „kiru" na Kaukazie, a więc do produktów nasycenia piasków ropą na powierzchni ziemi w warunkach utleniających. Na dużej przestrzeni od rzeki Adouru do Garonny na północy w utworach trzeciorzędowych nie są znane przejawy bitumów, chociaż cały kompleks tych utworów słodkowodnych, miejscami w postaci pachnących wapieni, nie wyłącza możliwości, aby w tej serji nie było poziomów bitumicznych. Gliny, margle i gipsy, prawdopodobnie solonośne, triasu są utworami zwykłego dla triasu typu laguno.vego z minimalną zawartością organicznej materji i tem bardziej nie mogą być uważane za źródło ropy.

Złoże asfaltowych piasków około Donzacq jest wynikiem zburzenia jakiegoś innego złoża płynnej ropy podczas pofałdowania terenu, lecz jest mało prawdopodobnem, aby takie pierwotne złoże było podporządkowane serji triasowej. W strefach triasu około Béarn (Salies), Oraas (na południo-zachód od Orthez), Saint-Pandelon (na południe od Dax) występują liczne źródła solne. Natomiast Lacroix nadmienia, że w strefie górzystej daleko na południo-zachód od Orthez, w serji kredy fliszowej w wapieniach płytowych z rogowcami (dalles à silex rubané de Bidache) i w czarnych wapieniach Cassober około Saliesu były napotykane żyłki asfaltu. W dobie dzisiejszej jednak nie można było tego sprawdzić. Zasługuje na szczególną uwagę to, że jedyny przejaw bitumu płynnego w źródle St. Boës jest złączony z utworami fliszowego faciesu; tak zwane „dalles à silex" są bardzo podobne litologicznie do naszych rogowcowych utworów w menilitowej serji. Cały kredowy flisz strefy górzystej Pirenejów jest litologicznie analogicznym do karpackiego fliszu, choć różni się od niego znacznym rozwojem wapieni, oraz znacznie mniejszem rozpowszechnieniem. W strefie podpirenejskiej na linji Donzacq-Brassempouy fliszowych utworów niema; przekrój wdół kończy się na eocenie i górnej kredzie.

Na podstawie tego zestawienia można twierdzić, że źródłem bitumów nie jest serja triasowa, jak również nie jest nią serja trzeciorzędowa; cechy roponośnej serji ma wyłącznie kompleks kredowy. W obrębie tego kompleksu, zebranego w serję fałd Béarnu około Salies'u i fałd Bidache'u, należałoby rozpocząć poszukiwania; z drugiej strony można przypuszczać, że utwory dolnej kredy zanurzają się także w kierunku

północnym pod strefą podpirenejską, gdzie około Donzacq jest najwięcej rokujący przejaw bitumu. Nie odstępując za daleko od tego przejawu, jako ropnego sygnału na powierzchnię ziemi, należałoby rozpocząć pionierskie wiercenie na trzeciorzędzie w miejscu, wybranem tak, aby było najwięcej szans do przewiercenia kredowych utworów. Takiem miejscem, mojem zdaniem, byłyby okolice Brassempouy na przedłużeniu fałdu Donzacq-Gaujac, lecz poza obrębem diapirowego wpływu opornych mas ophitu.

W okolicach Salies od półtora roku wiercenia poszukiwawcze zostały rozpoczęte. Trzy szyby, które widziałem, zostały założone na wschód od rzeki Gave d'Oloron: jeden szyb, już porzucony, jest w samej dolinie rzeki około Castagnède; drugi szyb w wierceniu znajduje się na południe około drogi między wioskami Castagnède i Oraas. Ten szyb został założony na samem jądrze diapirowego fałdu na wypiętrzeniu triasu, otoczonem fliszową kredą i trzeciorzędem. Trzeci szyb również jest na przedłużeniu tej samej wąskiej strefy triasu. Prawdopodobnie przy wyborze miejsca dla tych trzech szybów brano pod uwagę kierunek wystąpień triasu, a z drugiej strony pokrycie znacznego bloku kredowego przez utwory mioceńskie, jako wodonieprzepuszczalne. Mojem zdaniem, nie należało stawiać szybu tak blisko od jądra diapirowego fałdu; w każdym razie są to pierwsze poważne, nowoczesne poszukiwawcze szyby na południu Francji.

Dla oceny triasu, jako rzekomej serji roponośnej, mają znaczenie dwa wiercenia, uskutecznione przed kilkunastu laty w innej miejscowości na południu Francji w dep. Hérault około znanego źródła Gabian (patrz mapę rys. 9) w Montagne Noire na

zachód od Montpellier. Pagórkowata równina między Montpellier i Gabian jest zbudowana z utworów trzeciorzędowych w faciesach morskich i słodkowodnych miocenu i eocenu, często także z pokładami lignitu. Wzdłuż brzegu starego lądu, część którego stanowi Montagne Noire, był w czasokresach eocenu i oligocenu szereg pojedyńczych jezior, a podczas miocenu w epoce „helvétien“ na miejscu tych jezior powstało morze wzdłuż tegoż brzegu; to mioceńskie morze łączyło ówczesne morze Śródziemne z Atlantykiem. Liczne stożki i wylewy bazaltu poprzecinały następnie te trzeciorzędowe utwory. Wzdłuż brzegu lądowej masy wyłaniają się utwory jurajskie i kajpru w bardzo zaburzonych warunkach tektonicznych.

Około Gabianu gipsonośna serja kajpru w postaci czerwonych i zielonych glin, piaskowców, brekczji i gipsu występuje w gwałtownem pofałdowaniu pod łagodnie nachylonemi, transgresywnemi utworami mollassu wieku „helvétien“; kajper Gabiana występuje w środku przestrzeni, otoczonej czterema stożkami bazaltu; z nich dwa (Cadaplèce i St. Marthe) przecinają tylko utwory triasu, a dwa inne (St. Hilaire i Pèche Fériaux) są otoczone już osadami trzeciorzędowemi.

Źródło Gabian (t. zw. Fontaine à l'huile) występuje z gipsonośnych warstw triasu; dziś ono nie wynosi już żadnych śladów bitumów; prawdopodobnie ropa, którą zbierano tu w XVII stuleciu, musiała być lekką, parafinowej bazy, bo nie pozostało tu żadnych śladów asfaltowych. Według starych dat ciężar gatunkowy ropy miał wynosić 0,831. Niedaleko źródła z pokładów piaskowca triasu, postawionych tu sztorcem, występują burzliwie gazy wraz z wodą tryskającego źródła; natura gazów pozostaje

nieokreśloną; zapalić ich nie udało mi się, lecz prawdopodobnie ten gaz bez zapachu należy do węglowodorów. Około tych wyziewów gazu dokonano dwóch wierceń bezpośrednio na pokładach triasu; wiercenia do głębokości 202 i 413 m nie wyszły poza pokłady triasu gipsonośnego; według niektórych pogłosek jeden z otworów wszedł na głębokości 113 m w dolomity dewońskie z plamami bitumicznemi.

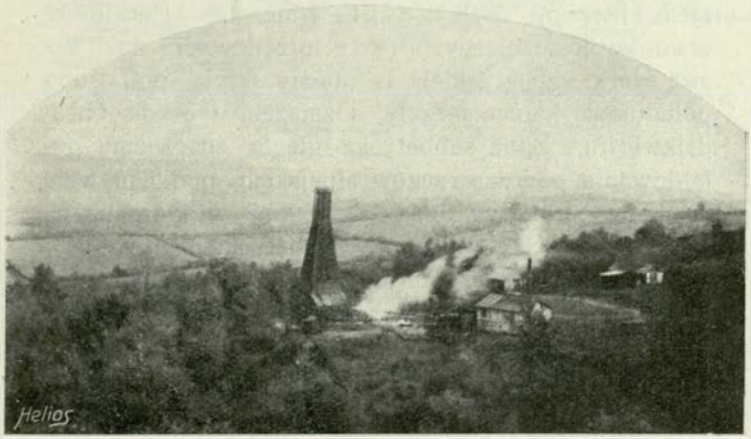
Położenie źródła Gabiana pomiędzy stożkami bazaltu pozwala przypuszczać, że ropne wycieki mogły pochodzić z kontaktów bazaltu z utworami trzeciorzędowemi; kierunek najdłuższego ze starożytnych chodników do zbierania wody i ropy do stawu jest zwrócony właśnie w stronę utworów trzeciorzędowych.

Dla oceny serji kredowej okolic Orthez'u można przypomnieć, że w prowincjach Alava (w okolicach Maestu) i Sozio w Hiszpanji, na południowej stronie Pirenejów istnieje niewielka eksploatacja asfaltu (do 2000 ton rocznie) z piaskowców górnej kredy i wapieni numulitowych.

Na zachód od prowincji Alava wzdłuż gór Kantabryjskich rozciąga się znaczna strefa w prowincjach Burgos, Navarra i Vizcaya (Santander), gdzie liczne odkrywki pozwalają stwierdzić, że w warstwach kredowych znacznej miąższości od senonu do neokomu są przejawy węglowodorów. W prow. Burgos około Basconcillos i Robredo-Ahedo są wystąpienia asfaltowych piaskowców kredy; około Villasana de Mena są łupki bitumiczne i piaskowce impregnowane ropą i ozokerytem. W Navarrze około Dos Hermanos były próby odbudowy piaskowca asfaltowego aptu; około Eguiarreta w wapieniach kredowych szczeliny są zapełnione półpłynnym bitumem; około Gastiain na południowej stronie Kantabryjskich gór ukończono w listo-

padzie r. 1923 szyb głębokości 1650 m, który nie wyszedł z kredowych wapieni i łupków i otrzymał słabe gazy. W Vizcaya około Elorrio w szybie do głębokości 780 m otrzymano z warstw dolnej kredy gaz i ślady lekkiej ropy na kilku poziomach. Wszystkie te przejawy węglowodorów nie mają, według mojego zdania, nic wspólnego z utworami triasowemi, które częściowo mogą leżeć tu na głębokości i w których wielu geologów szuka pierwotnego źródła wymienionych przejawów węglowodorowych.

Trias w zwykłym faciesie czerwonych glin i margli z gipsem jest tak rozpowszechniony na południu Europy i na północy Afryki, że pewien stosunek jego do przejawów bitumicznych zawsze zwracał na siebie uwagę. Dla krytycznej oceny obszaru okolic Dax'u i Orthez'u ma więc także znaczenie materjał, który mogłem zebrać na południu Hiszpanji w Andaluzji.



Szyb poszukiwawczy między Castagnède i Oraas.

II. Andaluzja [1]).

Mapa tab. II.

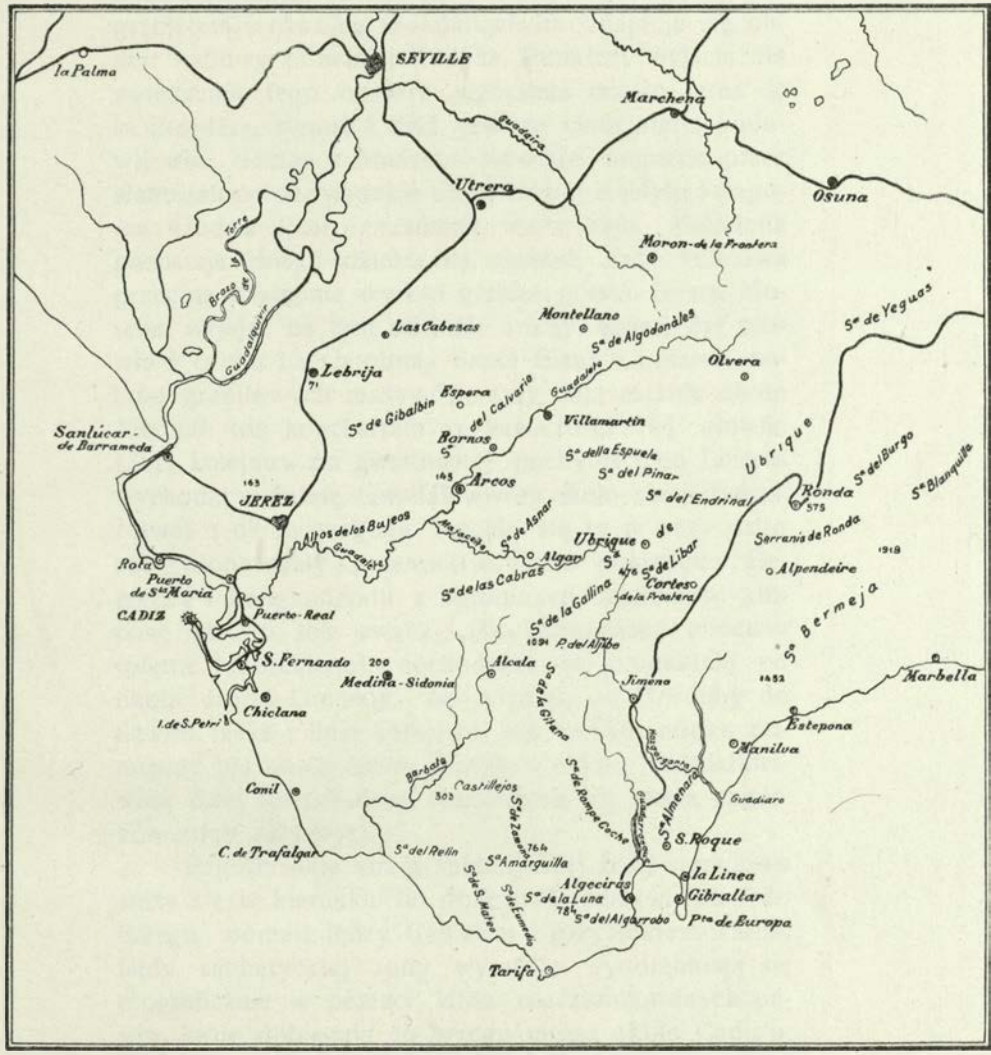
Wzdłuż południowego brzegu półwyspu Pirenejskiego ciągnie się nadbrzeżny łańcuch Betycki (chaîne bétique) od Gibraltaru do Kartageny; łupki krystaliczne i skały wybuchowe tego łańcucha są tylko szczątkami większej masy krystalicznej Tyrrenid, która stopniowo zanurzyła się pod poziom morza Śródziemnego w związku z utworzeniem się przesmyku Gibraltarskiego. Obszar Betycki jest otoczony z północy szerokiem pasmem utworów mezozoicznych i trzeciorzędowych, zapełniających geosynklinę pomiędzy łańcuchem Betyckim i środkowem płaskowzgórzem Hiszpanji, czyli mezetą (meseta). Pasmo te utworów mezozoicznych i trzeciorzędowych nosi nazwę zony subbetyckiej; te utwory kryją pod sobą południowe krańce mezety, a zarazem i uskok Gwadalkwiwiru. Zona subbetycka uległa znacznemu pofałdowaniu podczas ruchów alpejskich pod wpływem ciśnienia ze strony masy betyckiej w kierunku na mezetę; w wschodniej części subbetyckiej zony ruchy osiągnęły skalę znacznych płaszczowin (charriage), przesuniętych ku północy na przedmurze (Vorland) mezety.

---

[1]) J. Mac-Pherson, Bosquejo geologico de la provincia de Cadiz. Cadiz, 1872.

Rob. Douvillé, La Péninsule Ibérique. Espagne. Handbuch der regionalen Geologie, III, 3.

Juan Gavala, Regiones petroliferas de Andalucia. Bol. del Inst. Geologico de Espana. T. 37, 2 ser., 1916.



Południowa Andaluzja.
Skala 1 : 1.250.000.

Południowa część łańcucha Betyckiego nosi nazwę Serrania de Ronda i właśnie pomiędzy tym grzbietem i równiną Gwadalkwiwiru znajduje się obszar naftowy prowincji Kadyks. Punktem wyjścia dla zwiedzenia tego obszaru wybrałem miasto Jerez de la Frontera, słynny i dziś jeszcze centr starej hodowli win. Droga z Madrytu prowadzi najprzód przez słabo zaludnione wysokie stepy Nowej Kastylji i wzgórza Ciudad Real; znakomite złoże rtęci Almadena pozostaje dosyć daleko na zachód; linja kolejowa przecina następnie wysoki grzbiet górski Sierra Morena, mijając na tym odcinku znany obszar żył ołowiu i cynku La Carolina, Santa Elena i Linares, pośród granitowych masywów; żyły dają rocznie około 120.000 ton koncentratu o zawartości 75% ołowiu. Linja kolejowa po gwałtownej pochyłości od Linares wychodzi w dolinę Gwadalkwiwiru około stacji Baeza. Nawet z okien wagonu rzucają się tu w oczy pstro zabarwione skały przewarstwowione pokładami zlepieńca i konglomeratu z ogromnych rozmiarów kloców; jest to tak zwana „Blockformation“ miocenu (piętra helveckiego), dochodząca tu z południa od okolic Jaen i Grenady. Na odcinku od Kordoby do Sewilli rzeka i linja kolejowa idą wzdłuż uskoku pomiędzy płaskowzgórzem Mezeta i niziną Gwadalkwiwiru; dalej na południe rozpoczyna się strefa pagórków zony subbetyckiej.

Pagórkowata strefa subbetyckiej zony stopniowo zniża się w kierunku do doliny Gwadalkwiwiru i do brzegu morza między Cadiz'em i przylądkiem Tarifa; fałdy subbetyckiej zony wyraźnie wyodrębniają się orograficznie w postaci kilku rozczłonkowanych pasów, które dobiegają do brzegu morza około Cadiz'u, Chiclany, Conilu i Tarify. Zatoka Cadiz jest otoczona

niskiem wybrzeżem po obydwóch stronach ujścia rzeki Guadalete, tak że na znacznej przestrzeni od brzegu morza możliwem jest zakładanie salin, z których przez naturalne wyparowywanie wody morskiej otrzymuje się sól jadalną.

Piramidy z soli pokrywają całe wybrzeże około miasteczek Puerto S-ta Maria, Puerto Reale, San Fernando aż do okolic Chiclana; takie piramidy, zebrane podczas lata, pozostawiają co najmniej do wiosny następnego roku, aby pod wpływem wilgoci powietrza wyługować sole magnezjalne i doprowadzić sól do koniecznej czystości. Wymienione tu śliczne miasteczka są dziś przeważnie tylko pamiątkami dawnej zamożności z czasów, kiedy liczna flota żaglowa podtrzymywala handlowe stosunki z kolonjami hiszpańskiemi, dziś, niestety, utraconemi.

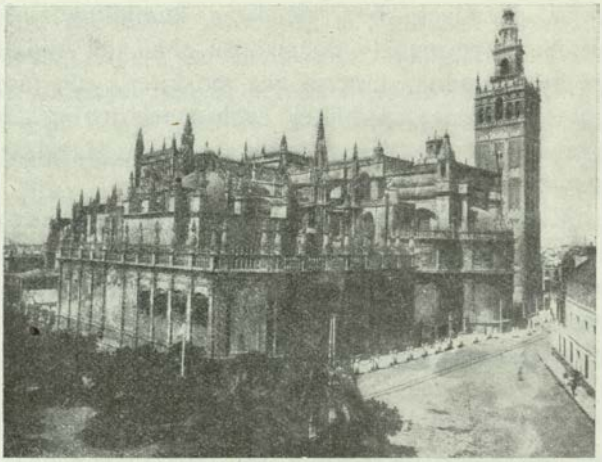
Prowincja Cadiz (Kadyks) zachowała może najwięcej cech starej Andaluzji; miasteczka Medina-Sidonia, Alcala, Algar, Arcos de la Frontera, Bornos, Villamartin, Espera są malowniczo skupione na szczytach i stokach więcej wysokich izolowanych gór, jako warowne ongiś placówki przeciwko najezdcom maurytańskim. Oślepiająco białe domy wznoszą się jeden nad drugim i każde takie miasteczko góruje nad znacznym obszarem uprawnych pól, plantacyj niskich drzew oliwnych, pomarańczowych i rozległemi winnicami, otoczonemi płotem z aloe, jak kolczastym drutem. Życie w tych małych miasteczkach i wioskach, gdzie zawsze można znaleźć zupełnie przyzwoitą i czystą oberżę („posada"), nie jest tak krępującem, jak w Jerezie; tu na głównej ulicy każdy dom, to elegancki klub na parterze, w którym całemi dniami przesiadują obywatele przy filiżance kawy i gazecie; nie znając miejscowych obyczajów, łatwo wziąć takie kluby za

kawiarnie otwarte dla wszystkich. Kadyks, o który obijają się corocznie tysiące cudzoziemców, jest miastem bardziej międzynarodowem, a Ronda, gdzie byłem już w r. 1916, zachowała cechy maurytańskie jeszcze więcej, niż słynne kwartały Sewilli z ich labiryntem wąziutkich uliczek i eleganckich placów wielkości kilkunastu metrów kwadratowych. Ronda, dzięki swojemu wysokiemu położeniu u podnóża Serrania de Ronda, służy w letnie upały miejscem wywczasu dla wszystkich anglików z Gibraltaru, Marbelli i Kadyksu. Nigdzie w Hiszpanji nie rzuca się w oczy tak, jak do dziś dnia w Jerezie i Rondzie, że panie z kół mieszczańskich i urzędniczych można spotkać chyba tylko w kościołach i na spacerach w zakrytych powozach.

Wszystko w tym kraju jest przystosowane do ułatwienia życia podczas strasznych upałów, z których kraj ten słynie, z wyjątkiem tylko czasu od listopada do stycznia; wysokie pokoje o kamiennej, często marmurowej posadzce, bez pieców i kominków, nader dobitnie przypominały nocami, że zima i w Andaluzji może być chłodną, chociaż bez moskiterji nie można się obejść, zwłaszcza bliżej zabłoconej niziny Gwadalkwiwiru, gdzie stale drenują znaczne przestrzenie zapomocą całego systemu kanałów.

Miałem możność podziwiać tu jedną z ciekawych hydrotechnicznych budowli hiszpańskich inżynierów. Wody, jeszcze nie wykorzystane, rzeki Rio Majaceite, lewego dopływu rzeki Guadalety, mają być schwycone niżej miasteczka Algaru już wykończoną zaporą w tem miejscu, gdzie rzeka przecina wąskim kanjonem niewielkie pasmo jurajskich wapieni; kanałem, a na znacznej przestrzeni na zachód od rzeki Guadalety zapomocą głębokiego tunelu woda ma być wyprowadzona na równinę około miasta Jerez dla ożywienia

znacznej przestrzeni pól, na które nie sposób byłoby wyprowadzić wodę z Gwadalkwiwiru. Najciekawszą częścią całej budowy jest wspaniały żelazo-betonowy syfon wysokości do 15 m, którym wszystka przypływająca woda ma być przerzucona przez rzekę Guadaletę w tem miejscu, gdzie rzekę przecina szosa z Medina-Sidonii na Arcos de la Frontera. Inżynierowie doskonale wykorzystali dla znacznego zbiornika wody topograficzne warunki kotliny na tak zwanem odwróconem wyrzeźbieniu antykliny triasowych i jurajskich utworów pomiędzy grzbietami Sierra Valleja i Sierra de los Cabras. W Andaluzji, tak w prowincji Kadyksie, jak i w prowincji Maladze, na południowem zboczu Sierra Barmeja są bardzo rozpowszechnione skomplikowane systemy kanałów irygacyjnych; około Estepony tylko w ten sposób utrzymają się jedne z najbogatszych w Andaluzji plantacje trzciny cukrowej.



Sewilla. Katedra.

Najstarszemi utworami w granicach zony subbetyckiej są — triasowe (kajper) w postaci serji czerwonych glin i margli z podporządkowanemi im pokładami gipsu i dolomitowych wapieni; w dolnych warstwach tej serji występują czerwone piaskowce. Serja ta została poprzecinana wystąpieniami ophitu w postaci niewielkich stożków, lub większych intruzywnych mas.

Zbite wapienie jurajskie, wapienie i margle neokomu występują przeważnie we wschodniej części obszaru. Bardziej rozpowszechnione są utwory eocenu i oligocenu z częściowo tylko pozostałemi partjami miocenu i pliocenu. Eocen jest reprezentowany przez wapień numulitowy i margle, a oligocen przez białe, diatomowe utwory. Miocen i pliocen są w typowych morskich faciesach w postaci różnych wapieni, glin i piaskowców z Pecten, Ostrea i innych skamielin. O ile trias jest litologicznie stały, to utwory paleogenowe ulegają znacznym zmianom facjalnym, o czem będziemy mówić dalej.

Nowsze utwory leżą na triasowych niezgodnie, transgresywnie, lub w kontaktach tektonicznych; pokłady triasu zawsze są gwałtownie zaburzone; z poszczególnych wystąpień ich niemożliwem jest ustalić nawet kierunek biegu i upadu. Pokłady wapieni, jako bardziej odporne na ruchy dyslokacyjne, pozwalają czasem ustalić ich bieg na jakiejś nieznacznej przestrzeni. Zaleganie utworów trzeciorzędowych jest zwykle znacznie spokojniejsze, często w formach prawidłowych fałd.

Gipsy i wapienie triasu są w wielu miejscach bitumicznemi w takim stopniu, że zostają zabarwione na ciemny, prawie czarny kolor. Ciemne bitumiczne gipsy około Cortijo de los Aciagos, kilka km na północny wschód od Jerezu, mocno burzą się z kwasem solnym; ich dziwna budowa, przypominająca miej-

scami budowę konkrecyjną, tak zwanej „szklanej głowy“, nasuwa przypuszczenie, że są one utworem wtórnym w stosunku do wapieni, lecz proces metasomatyczny niezawsze doszedł tu do końca. Już przed czterdziestu laty znakomity mineralog hiszpański Calderon zwrócił uwagę, że gips w wielu miejscach Andaluzji jest wynikiem metamorficznego przeistoczenia wapieni pod wpływem wyziewów kwasu siarczanego podczas wylewów ophitu. Jeżeli usunąć niesłuszne zdanie Calderona o takiejże genezie mas solnych, to w stosunku do gipsu, zwykle towarzyszącemu tu wapieniom, muszę przyjść do takiegoż wniosku. Możebne, że siarczane roztwory mogły powstać również przez wyługowanie pirytów; Gavala przytacza w swej pracy przekrój jednego z szybów wiertniczych (№ 5) około Villamartinu, w którym na głębokości 73—75 m był przewiercony pokład piaskowca „pirytowego“, należący do serji triasowej.

Słone źródła, jak około miasta Jerezu, wycieki wody siarczanej z siarkowodorem (mały, błotny stożek około Conilu), nieznaczne złoża siarki rodzimej, jak około Arcos i Conilu, oddawna już zwróciły na siebie uwagę, jako rzekome wskaźniki na ropę i poszukiwania tejże mają tu długą historję. Pierwsze wiercenia były założone około Jerezu, Las Cabezas i Conilu. Około Jerezu wiercenie było założene (Santo-Domingo) na miocenie, na nieznacznej już głębokości weszło w trias i zostało doprowadzone do głębokości około 600 m bez żadnych wyników. Wiercenie w Las Cabezas (około Dehesa de Quino) było założone na kontakcie triasu i ophitu; do 600 m pozostawało w triasie bez żadnych wyników; te dwa wiercenia były prowadzone pod kierownictwem polskich wiertaczy. Szyb w Conil był postawiony przez

amerykanów na triasie i dał z głębokości prawdopodobnie paruset metrów znaczny dopływ wody siarczanej z siarkowodorem.

Drugi czasokres poszukiwań rozpoczął się od r. 1906, kiedy około wioski Villamartin przy budowie kanału w przekopie przez wapienie triasowe napotkano w nich szczeliny wypełnione ozokerytem. Studnie i następnie kilka wierceń rządowych i prywatnych dały w dwóch szybach na głębokości około 80—100 m słaby dopływ lekkiej (c. g. 0,821) ropy o barwie jasno-żółtej. W r. 1915 był założony przez rząd szyb nieco dalej na przedłużeniu tegoż fałdu i doprowadzony do głęb. 371 m w triasie bez jakichkolwiek dodatnich wyników. W r. 1921 rząd hiszpański rozpoczął nowe wiercenia około Bornos na utworach trzeciorzędowych; jeden szyb, doprowadzony do głęb. 232 m, nie wyszedł poza utwory trzeciorzędowe; drugi szyb wierci się dziś na głęb. 250 m również w trzeciorzędzie. Naokoło cały obszar został objęty koncesjami różnych prywatnych towarzystw, lecz żadne do wierceń nie przystąpiło.

Przy poszukiwaniach ropy dwie serje muszą być wzięte pod uwagę: serja triasowa i trzeciorzędowa.

Serja triasowa gipsonośna i solonośna jest typowym utworem faciesu lagunowego; jest zwykłem zjawiskiem, że gipsy i wapienie triasu są bitumiczne; te same cechy triasu można zauważyć od Andaluzji do Portugalji (Estremadura), Maroka i Algerji, lecz nigdzie dotychczas w tych krajach w triasie nie otrzymano ropnych poziomów, zasługujących na eksploatację. Budowa tektoniczna triasu w Andaluzji wyłącza możliwość prawidłowego zakładania na nim szybów w celu osiągnięcia najgłębszych poziomów; w naturalnych odsłonięciach triasu na wschodnich krań-

cach obszaru (Algar) występują takie dolne poziomy, lecz w postaci porowatych, czerwonych piaskowców (kamień młynarski i do ostrzenia) bez jakichkolwiek śladów bituminizacji.

Wapienie triasowe Villemartin nie są bitumicznemi, natomiast zawierają wtrącenia ropne w porach i wolnych przestrzeniach, co rzeczywiście pozwala przypuszczać, że ślady ropne są zjawiskiem wtórnem; jednak wiercenia nie natrafiły w triasie na poziomy ropne, które można byłoby uważać za źródło tej wtórnej impregnacji.

Zarówno w południowej Francji, jak i w Andaluzji trudno przypuszczać, aby źródło ropy znajdowało się w serji triasowej.

Serja trzeciorzędowa w postaci przewarstwowienia wapieni, glin, margli i piaskowców, zawierająca warstwy wodonośne i wodonieprzepuszczalne, warstwy bogate w materjał organiczny, czyli organogeniczne (wapienie numulitowe, gliny foraminiferowe, margle diatomowe), odpowiada bardziej, niż trias, naszym pojęciom o serji ropnej. Serja ta w Andaluzji nie jest pozbawioną śladów bituminizacji. Ku granicy doliny Gwadalkwiwiru serja ta leży zupełnie poziomo; pewne zaburzenia są zanotowane około Jerez i Rota (na brzegu morza przeciwko Cadiz); tu właśnie są wyziewy gazów palnych, lecz wiercenie około Jerez stwierdziło już na niewielkiej głębokości utwory triasowe. Wzdłuż granicy doliny Gwadalkwiwiru gazy palne występują w zabagnionej miejscowości około miasta Lebrija; jednak i tu geologowie hiszpańscy przypuszczają obecność triasu na niewielkiej głębokości.

Rządowe wiercenia około Bornosu zostały założone na płaskim szczycie brachiantykliny dolnego

miocenu, przerzniętej i tu przez rzekę Guadalete Na głębokości 116 m w nowym świdrowym otworze napotkano pośród glin foraminiferowych cienką warstewkę piaszczystą z gazem, a na głębokości 250 m w tychże glinach można zauważyć pod lupą bardzo drobne plamki ropne. Te fakty niezbicie stwierdzają, że serja trzeciorzędowa zawiera pewne ślady bitumów. Miejsce dla rządowego wiercenia w Bornosie zostało wybrane przez prof. Gavala; aby napotkać serję trzeciorzędową w największej jej miąższości i w najbardziej prawidłowych tektonicznych warunkach, miejsce to obrano najdalej od wystąpień triasu, który zwykle przecina warstwy trzeciorzędowe w warunkach typowo diapirowych. Jednym z takich przykładów jest właśnie strefa triasowa Villamartin, po obydwóch stronach której występują z łagodnym upadem wapienie numulitowe, przewarstwowione hieroglifowemi piaskowcami i glinami typu fliszowego; wiercenie na tym eocenie wyników dodatnich jednak nie dało.

Około miasteczka Chiclany nad zatoką Cadiz oddawna były znane wapienie z wtrąceniami ropnemi. W jednym z licznych kamieniołomów odkryto wapniste margle foraminiferowe, do dołu przechodzące w zbite wapienie. W tych wapieniach są zaznaczone wyraźnie nierówne strefy ciemnego bitumicznego wapienia z gniazdami ciemnego kalcytu krystalicznego; w druzach kalcytu, podczas odbudowy kamieniołomu, napotkano skupienia lekkiej ropy. Żyły i gniazda kalcytu oraz ciemne pasma bituminizacji są wyraźnemi wynikami czynności podnoszącej się wody i pewnego metasomatyzmu wapieni z precypitacją bitumicznej materji. Kawałki wapienia około żył kalcytu słabo zabarwione na żółty kolor i dziś mają mocny aromatyczny zapach; ciemniejsze pasma mają słaby

zapach. Widocznie, że wycieki ropne należą do ropy parafinowej, dającej słabe ślady przy jej utlenieniu (c. g.—0,837). Na tychże marglach wapnistych można obserwować, że infiltracja wody z powierzchni powoduje przekrystalizowanie margli w zbity wapień bez jakichkolwiek śladów bituminizacji; takie skiby wapieni pośród margli są połączone pomiędzy sobą i z powierzchnią staremi kanałami, wytworzonemi przez cyrkulację wody. Margle i wapienie należą do eocenu, może nawet oligocenu (margle); obok tego kamieniołomu są źródła siarczane (gipsowe); wiercenie około źródła, założone dla powiększenia debitu wody dla niewielkiego zakładu leczniczego, napotkało wodę słoną ze śladami ropy. Już na kilkaset metrów na wschód od tej okolicy występują gliny i margle triasu. Te ślady ropne w wapieniach mają prawdopodobnie związek z czynnością siarczano-bitumicznej wody, pochodzącej od triasu. Takie same siarczane wody z bardzo słabemi śladami bituminizacji i z znaczną zawartością H_2S występują około Conil i wytworzyły tam znane złoże siarki; wody występują i były następnie napotkane podczas wiercenia w triasie, a siarka znajduje się w postaci wtrąceń w marglach i gipsach triasu, a częściowo nawet w pokrywających je utworach trzeciorzędowych. Pięknie wykształcone kryształy siarki rodzimej z Conil są bardzo rozpowszechnione we wszystkich zbiorach mineralogicznych.

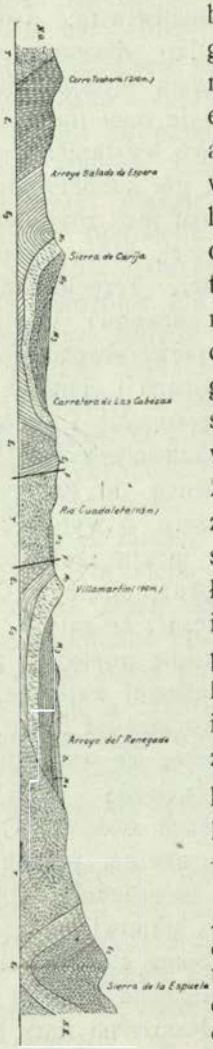
Serja trzeciorzędowa, jeżeli nawet ma pewne cechy roponośnej serji nie jest na obszarze subbetyckim rozwinięta w takim stopniu, aby nadawała się do rokujących poszukiwań na ropę; w najlepszych warunkach znajdują się okolice Bornos, gdzie jest założony szyb rządowy. W innych okolicach serja

trzeciorzędowa pokrywa tylko skrawkami serję triasową; serja trzeciorzędowa jest szerzej rozwinięta na zachód od linji Lebrija-Jerez, gdzie spokojnie zanurza się pod bagna doliny Gwadalkwiwiru. Jednak tu na powierzchni występują tylko diatomowe warstwy mlecznobiałe bez jakichkolwiek śladów bituminizacji, a spąg tych warstw pozostaje nam nieznanym.

Na wschód od ostatnich wystąpień triasu w okolicach Algaru i Alcala, gałąź gór subbetyckich do przylądka Tarify około Algecirasu jest zbudowana wyłącznie z serji trzeciorzędowej, która zupełnie zmienia swój facialny charakter. Trzeciorzęd, prawdopodobnie odpowiadający eocenowi i oligocenowi, jest reprezentowany przez przewarstwowienia mocnych piaskowców w grubych ławicach i cienkich pokładów czerwonych margli oraz czerwonych i zielonych glin, jak również piaskowców glaukonitowych. Całe pasmo górskie na przestrzeni ostatnich 30 km przed Algecirasem jest złożone z tej serji o wybitnie fliszowym charakterze; serja ta jest mocno zaburzona i upad warstw przeważnie bywa bardzo stromy. Ogólny typ tektoniki pozwala przypuszczać, że zatoka Gibraltaru odpowiada niewielkiej synklinie pomiędzy pofałdowanym fliszem, a jurajskie (liasowe) wapienie, tworzące skałę Gibraltaru, leżą bez korzeni na fliszu.

Zjawiska płaszczowinowe we wschodniej części zony subbetyckiej między Grenadą i Jaen pozwalały przypuszczać, że i w granicach obszaru Cadiz-Jerez-Ronda trias tworzy płaszczowinę, jednak niema tu najmniejszych danych do twierdzenia, aby tu były formy płaszczowinowe; trias stanowi wyraźne podłoże nowszych utworów, a wzajemne stosunki triasu i tych utworów mogą być wytłumaczone budową fałd o typie diapirowym (rys. 3). Natomiast inny jest stosu-

nek skały Gibraltarskiej do otaczającego fliszu; dolne partje tej skały mają wyraźny charakter brekcji tektonicznej. W odległości 25 km od Gibraltaru, na brzegu morza Śródziemnego około Manilvy, są znane wapienie i piaskowce eoceńskie, impregnowane asfaltem (według Redwood, str. 177), a w okolicach Ronda około Alpendeire i Cortes de la Frontera niedawno został odnaleziony łupek bitumiczny[1]) pośród wapieni i margli liasowych i górno jurajskich; łupki tworzą przewarstwowienia grubości od 2 cm do 2 m. Już Zuber zwrócił uwagę, że wapienie skały Gibraltarskiej leżą na łupkach ciemnoniebieskich i pstrych z wtrąceniami wapiennemi i piaszczystemi, które przez Geikie'go i Ramsay'a były uznane za utwory młodsze od wapienia liasowego; Zuber przypuszczał, że te łupki



Rys 3. Przekrój od Espera przez Villamartin do Sierra de la Espuela (według Gavala).
T—margle, gliny i wapienie triasowe; E_1—margle numulitowe eocenu; E_2—wapienie numulitowe eocenu; E_3—facies fliszowy eocenu; M_1—gliny dolnego miocenu (burdigalien); M_2—wapienie środkowego miocenu (helvétien); M_3—M_4—gliny i piaskowce z Ostrea crassissima (sarmat); D_1—utwory aluwjalne czwartorzędowe; A_2—utwory rzeczne. FF—granicy jądra fałdu diapirowego.

[1]) Souviron y Rauz Aulés, Estudio de los Criaderos de Pizarros bituminosas de los terminos de Ronda, Alpendeire y Cortes de la Frontera. Bol. ofic. Mina y Metal. 1922, № 65.

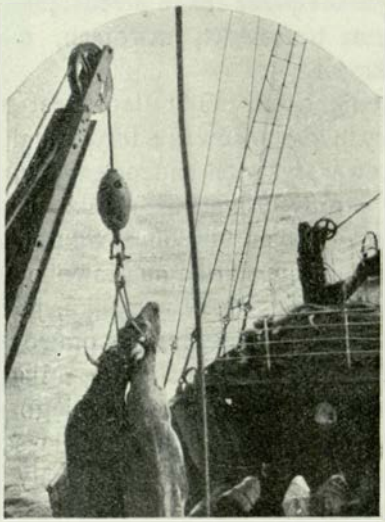
należą do fliszu paleogeńskiego Algeciras, co jest bardzo możliwe.

Z punktu widzenia naftowej geologji byłoby może najwięcej wskazanem przeprowadzenie badania w strefie fliszowej naokoło zatoki Gibraltarskiej, a wszystkie koncesje, wybrane przez różne przedsiębiorstwa w prowincji Cadiz na triasowych utworach, mają niewiele szans powodzenia.

Zwiedzenie okolic Gibraltaru jest utrudnionem wskutek ostrych przepisów na terytorjum angielskiem w stosunku do wszystkich cudzoziemców; każdy przybywający ze strony Algeciras statkiem przez zatokę Gibraltarską czy lądem otrzymuje od policjanta w północnej bramie miasta kartkę na prawo pobytu nie dłużej jak na 48 godzin i to w wypadku, jeżeli musi czekać w Gibraltarze na statek, inaczej prawo pobytu ogranicza się tylko do zachodu słońca. Miasto jest rozmieszczone tarasami wzdłuż zachodniego stoku skały; koszarowe i inne wojskowe urządzenia są na każdym kroku, a najciekawsze może części skały znajdują się w granicach fortów.

Z Andaluzji można wyjechać do Algerji tylko przez Gibraltar, bo Kadyks jest połączony linją okrętową tylko z Tangerem i Casablanca. Okrętowa linja „Bland line“ podtrzymuje połączenie z Oranem przez Melillę tylko dwa razy na miesiąc. W Melilli, jak w wojskowej hiszpańskiej strefie Maroko, podróżny, zstąpiwszy na brzeg, musi udać się niezwłocznie w towarzystwie „carabineros“ do urzędu policyjnego i złożyć swoje legitymacje, które otrzymuje się na powrót przed udaniem się na statek również w towarzystwie jakiego „alguacil“. Zmusiło to wszystkich podróżnych do zrzeczenia się ciekawości zstąpienia na brzegi Maroka; pozostając na statku, mogli-

śmy podziwiać dość niezwykły sposób hiszpański wyładowywania wołów, które w znacznej ilości przybyły z Hiszpanji do Maroka, jako pokładowi pasażerowie.



Wyładowywanie wołów w Melilla.

III. Algerja [1]).

Mapa tab. III.

Ogólne cechy geograficzne i geologiczne.

Stary ląd Tyrrenidów, jednym ze szczątków którego są łupki krystaliczne Kordyljerów Betyckich na południowej stronie półwyspu Pirenejskiego, wyłaniał się ongiś na miejscu zachodniej części morza Śródziemnego i tworzył oporną masę podczas fałdowania obszaru północnej Afryki. Algerja i Tunis stanowią jedno z rozgałęzień systemu górskiego na miejscu geosynkliny pomiędzy Tyrrenidami i lądem afrykańskim, szczątki którego pozostały na miejscu Sahary pod utworami kredowemi w postaci paleozoicznych mas Colomb-Béchar i wysokiej krainy Hoggar. W geosynklinie powstały znaczne osady mezozoiczne i trzeciorzędowe, które zostały kilkakrotnie pofałdowane w czasie trzeciorzędowym i stworzyły pasmo górskie, znane pod naukową nazwą Atlasu.

Na północnym brzegu Afryki pozostały znaczne płyty starej masy Ałtaidów, czyli Tyrrenidów, w Wiel-

---

[1]) Bernard et Ficheur, Les régions naturelles de l'Algérie. Ann. de Geographie, XI, 1902.

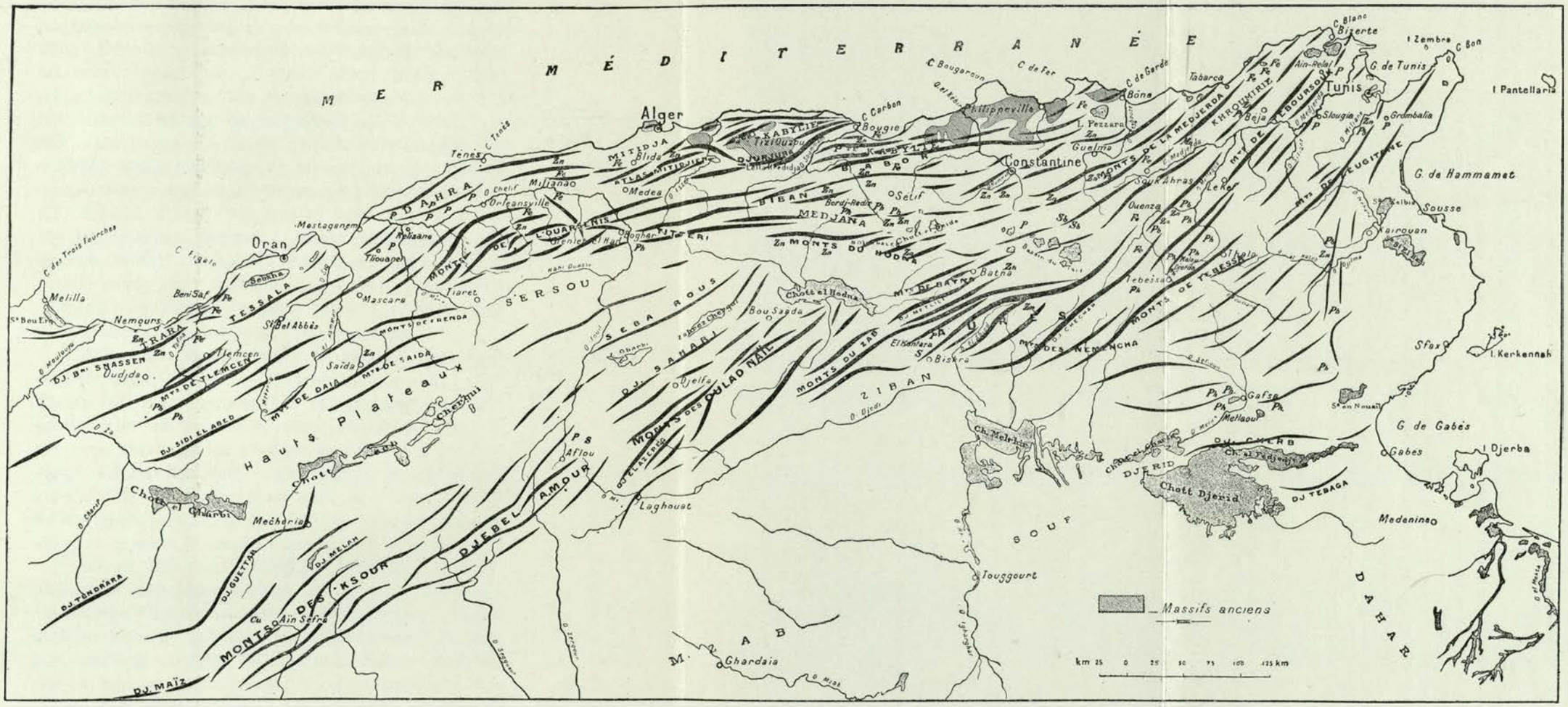
Bernard et de Flotte de Roquevaire, Atlas d'Algérie et de Tunisie, 1923.

Larnaude, prof. de géographie de l'Afrique á l'univer. d'Alger. Aperçu géographique. Les guides bleus Algérie, Tunisie. 1923.

kiej Kabylji i Kabylji Collo, około Philippeville'u, oraz mniejsze płyty około miast Alger i Bône. Pogrążona masa Tyrrenidów jest otoczona naokoło wystąpieniami wulkanicznych utworów, tak jak w czynnych wulkanach Włoch i wygasłych w Algerji—około Oranu i Beni-Safu oraz na wschód od Algeru. Wybrzeża Andaluzji i Algerji dotychczas są miejscem zlokalizowania słabych uderzeń seismicznych.

System górski Atlasu nie jest jednak jednolitą strefą pofałdowaną. Orograficznie wyodrębniają się tu dwa górskie łańcuchy: Atlas Telski i Atlas Saharski, jeden na pograniczu z morzem Śródziemnem (skąd i nazwa Telski-brzeżny), drugi na krańcu Sahary. Pomiędzy temi pasmami górskiemi pozostał blok starej masy, który bardziej opierał się pofałdowaniu; ten horst algerski dzisiaj stanowi obszar tak zwanych wysokich płaskowzgórz. Stare utwory tego bloku jednak na powierzchnię ziemi nie występują wcale, lub tylko nader rzadko, ponieważ blok również był pokryty utworami mezozoicznemi, które następnie uległy częściowo denudacji subaeralnej; naogół jednak osady mezozoiczne leżą na płaskowzgórzach poziomo, lub tylko słabo pofałdowane. Płaskowzgórza ku wschodowi są przerwane głęboką depresją Hodna (wysokość 400 m n. p. m) i dalej na wschód tracą swój charakter plato, ponieważ powłoka mezozoiczna została tu znacznie pofałdowaną, a obydwa Atlasy, Telski i Saharski, łączą się ze sobą; fałdy Atlasu Saharskiego jakby ścinają fałdy Telskie i dobiegają do brzegu morza; na przestrzeni Tunisu możemy wyodrębnić orograficznie i geologicznie tylko jednostki Atlasu Saharskiego.

Atlas Telski na wschód od południka Algeru jest starszą jednostką geologiczną, pofałdowaną w samym



Linje tektoniczne i główne złoża kopalin użytecznych Algerji i Tunisu.

P—ropa naftowa; *Ph*—fosforyty; *Fe*—żelazo; *Zn*—cynk; *Pb*—ołów; *Sb*—antymon; *Cu*—miedź; *Mn*—mangan; *S*—Sól. Pola zakreskowane — szczątki starych mas Ałtaidów.

początku trzeciorzędu (ruchy pirenejskie); nowsze morza trzeciorzędowe otaczały tę odnogę tylko z południa. Denudacja subaeralna nagromadziła pomiędzy łańcuchami górskiemi olbrzymie masy osadów lądowych, synchronicznych z morskiemi utworami w obrębie Atlasu Telskiego na zachodzie, gdzie morze pozostawało jeszcze do końca perjodu trzeciorzędowego, otaczając tylko poszczególne wyspy górzyste; takiemi wyspami były tak zwane tu masywy Dahra, Ouarsenis, Tessala, Trara. Wzgórza te, utworzone przez ruchy pirenejskie i otoczone wąskiemi zatokami, powtórnie zostały częściowo pogrążone pod poziom morza; osady tego morza w następnych epokach trzeciorzędu były zebrane w fałdy przez ruchy alpejskie w kierunku nieco innym od poprzedniego.

Atlas Saharski, istniejący od zarania czasu trzeciorzędowego, jest mniej rozczłonkowany, niż Atlas Telski; lecz morze mioceńskie, rozszerzając się wpoprzek niego od depresji Hodna do Biskry, łączyło północne części morza z południowemi od strony Sahary. Ta depresja dzieli całą Algerję na zachodnią i wschodnią z przedłużeniem tejże na Tunis. Zachodnia Algerja przechodzi bez żadnej zmiany orograficznej w granice Maroka na zachód od Tlemcen.

Sahara leży na szczątkach (saharidy i ałtaidy) prastarego lądu afrykańskiego, który pod ciśnieniem alpejskiego fałdowania został rozłonczkowany na kilka bloków: jedne zostały wypiętrzone, jak Colomb-Béchar, inne osunięte do dołu; w centrum Sahary pozostał masyw łupków krystalicznych Hoggar, otoczony wylewami skał wulkanicznych i przypominający środkowy masyw Francji. Naokoło wysokiej krainy Hoggar występują utwory paleozoiczne w masywach Ahnet, Mouydir, Tassili i łączą się pod powłoką kredy z pa-

leozoiczną masą Colomb-Béchar. Znaczna część Sahary, zwłaszcza na południe od pustyni wielkich piasków (El Erg), jest zajęta przez pustynne płaskowzgórza, zbudowane z utworów kredowych, leżących prawie poziomo i tworzących tak zwane „hamada", czyli kamieniste, bezwodne pustynie; urwiste stoki otaczają te płaskowzgórza, a poszczególne, pozostałe na nich po erozji, skaliste wyniosłości, tak zwane świadki („gara", czyli w liczbie mnogiej „gour"), są pogrzebane w produktach swego rozpadu.

W zachodniej Algerji można odróżnić bardzo wyraźnie trzy strefy równoległe do brzegu morza, odpowiadające Atlasowi Telskiemu, wysokiemu płaskowzgórzowi i Atlasowi Saharskiemu. Atlas Telski miejscami zwęża się, a nadbrzeżne równiny zajmują większą przestrzeń. Wysokie płaskowzgórza w górach Tlemcen zmieniają się w krajobrazy górzyste, lecz ku wschodowi, około Mascara, płaskowzgórza nabierają charakteru naprzemianległych, szerokich, synklinalnych zagłębi, zajętych przez jeziora bez odpływu (chotts) i rozdzielonych niewysokiemi szczytami. Tylko jedna większa rzeka Chélif jest wodozbiorem, odprowadzającym do morza słabe osady atmosferyczne; powierzchnia płaskowzgórza jest pokryta powłoką osadów aluwjalnych i akumulacji produktów zwietrzenia skał, występujących tylko na poszczególnych grzbietach (1000—1843 m), które niewiele wznoszą się ponad ogólny poziom płaskowzgórza (± 1000 m). Jeszcze większa akumulacja produktów rozpadu miała miejsce na południowej stronie Atlasu Saharskiego, gdzie rozczłonkowane stoki gór są pogrzebane pod nawałem takich produktów; tu właśnie już rozpoczynają się kamieniste płaskowzgórza, zwane hamada; na południe od nich leży wielkie morze piasków, czyli El Erg.

Algerja wschodnia na wschód od depresji Hodna-Biskra ma bardziej jednolity charakter; płaskowzgórza nikną, obydwa Atlasy są trudniej dostępne i górzyste, dosięgając największych tu wysokości, w górach Djurjura (2308 m) w Telskim Atlasie i Aurès (2327 m) w Saharskim. Atlas Telski przylega do brzegu morza; nadbrzeżnych równin niema zupełnie z małemi wyjątkami w okolicach Algeru i Bône; skaliste brzegi tworzą cały rząd mniej więcej dobrych portów, jak Alger, Bougie, Philippeville, Bône, lecz morze nie wciska się w brzegi, a naodwrót kilka rozległych tarasów wzdłuż brzegu świadczy o stopniowem obniżeniu poziomu morza; zdaje się, że morze to osuwało się w następstwie tych doniosłych ruchów, które stworzyły na miejscu Tyrrenidów najgłębsze części (—3000 m) morza Śródziemnego. Góry Djurjura i Hodna mają bardziej alpejski charakter wskutek wystąpienia na szczytach wapieni jurajskich. Naogół łańcuchy górskie także i wschodniej Algerji mają grzbiety równe i zaokrąglone, zrównane przewlekłą denudacją. Zjawiska głębokiej erozji przeważają od strony morza, jak słynne kanjony rz. Issery na wschód od Algeru i rz. Rummel około Constantine'u. W Algerji zachodniej zanurzenie się Tyrrenidów zostawiło ślady w postaci znacznych wylewów skał wulkanicznych u stóp Atlasu Telskiego; we wschodniej Algerji pozostałe bloki starego lądu tworzą północny stok Atlasu Telskiego. W pobrzeżnej części Atlasu Telskiego u stóp Djurjura resztki tych mas paleozoicznych, pokryte lub otoczone utworami gliniasto-piaszczystemi (serja numidyjska eocenu), są poprzecinane wąwozami często o nadzwyczajnej głębokości; równe i spokojne grzbiety pomiędzy potokami i stoki wąwozów są pokryte uprawnemi polami i częściowo lasem; dalej na wschód

lasy cedrowe obejmują większą przestrzeń, a nadzwyczaj gęste zaludnienie na północ od Djurjura staje się rzadszem w miarę posuwania się ku wschodowi. Te krajobrazy, obejmujące miękkie kształty gór, głębokie potoki, nieprzerwane szeregi wiosek na grzbietach górskich, uprawne pola na stokach i grzbietach oraz lasy, otrzymały nazwę Kabylie od imienia tubylców tej krainy czystych Berberów, jedynych szczątków prastarej rasy afrykańskiej, numidyjskiej Syphax'a i Jugurthy.

Południowa strona Atlasu Saharskiego nad Saharą wznosi się stromo, jako trudno dostępna ściana, złożona z całej serji równoległych, zbliżonych do siebie, o ostrych szczytach fałd, typem których jest Aurès; depresja Biskra-Hodna przez tę barjerę służyła, jako droga, podczas inwazji Arabów w krainę Berberów Atlasu Telskiego. Około Biskry w oazie Sidi Okba znajduje się bardzo skromny grobowiec (koubba) jednego z wodzów pierwszego podbicia Berberów przez Arabów — Sidi Okba Ben Nafi (VII w.).

Zawodowy geolog, przebiegający rozległe kraje, korzystający z różnych nowoczesnych środków komunikacji, zwykle niewiele ma do czynienia z ludźmi innych zawodów i doniosłe zabytki historji i kultury pozostają poza jego widnokręgiem myślowym. Zachodnie zagłębie morza Śródziemnego wskrzesza jednak w naszej pamięci niezapomniane karty dziejów ludzkich i nie można pominąć milczeniem chociażby głównych epizodów tych dziejów, sięgających poza dwunaste stulecie przed naszą erą, a ostatnie karty których zostały wypisane krwią Hiszpanów na wybrzeżach Maroka.

Każdy podróżny w Algerji musi zwrócić uwagę na tubylców, których zowią Kabylami. Po kilku tygodniach pobytu w Algerji środkowej można już wyróżnić pośród mieszaniny plemion, stanowiącej dziś miejscową ludność, zwykle nazywaną Arabami, typy o cerze tylko śniadej, rysach prawidłowych, bynajmniej nie semickich i prawie nie różniące się od południowych Francuzów, Hiszpanów lub Włochów; inne znowu o plecach szerokich, biodrach wąskich i czole posuniętem wstecz, jakby z płaskorzeźb egipskich. Są to Berberowie, prastarzy tubylcy Atlasu, dziś skupieni przeważnie w górach kabylskich. Po świetnych epokach: punickiej Kartageny i następnie rzymskiej z niezależnemi państwami berberskiemi, Jugurthy i Juby,—na początku naszej ery, za czasów Kaliguli i Trajana, doszło do zupełnego podbicia kraju przez Rzym. Wspaniałe ruiny, jak „Pompeja afrykańska" w Timgadzie i Lambèse około Batny we wschodniej Algerji, są zabytkami epoki III legjonu Augusta i ojców kościoła, Tertuljana i św. Augustyna. Następnie podbicie Afryki północnej przez Justynjana, po krótkiem, lecz ponurem panowaniu tam barbarzyńców Genzeryka, i pierwsza inwazja Arabów w VI i VII stuleciu doprowadziły do ponownego panowania Berberów, którzy po nawróceniu się na muzułmanizm i zjednoczeni fanatyzmem kharadjitów, szyitów, idrissitów, fatymistów i innych sekt ortodoksalnego islamu, odzyskali ponownie swoją niepodległość.

Jednej ze starych dynastyj berberskich — Almohadów, powstałej na płaskowyżach Maroka, zawdzięczamy najwspanialsze zabytki kultury islamu w Maroku i Hiszpanji. W XIII wieku nastąpiła druga inwazja licznych plemion arabskich, które w wojnach

religijnych pochłonęły plemiona berberskie. Na gruzach starego berberskiego państwa islamu powstało kilka niezależnych państw arabskich (Merinidów w Maroku, Zeijanitów w dzisiejszym Oranie i Hafsidów w Tunisie), którzy w przeciągu kilku wieków toczyli nieustanną walkę pomiędzy sobą i walkę półksiężyca z krzyżem. Portugalczycy i Hiszpanie stopniowo aż do początku XVI wieku opanowali całe wybrzeże od Maroka do Tripoli, ustępując następnie powoli miejsca Turkom oraz bandom korsarzy i piratów pod zwierzchnictwem Porty. Ogólny dobrobyt i stara kultura czasów Almohadów, Merinidów i Hafsidów w Maroku, Algerze i Tunisie ulegają zniszczeniu i skażeniu.

Północna Afryka zostaje podzielona na mnóstwo prowincyj pod władzą bejów, agha, paszów i szeryfów zupełnie prawie niezależnych od centralnej władzy i zawsze wrogich jeden dla drugiego. Koniec takiego stanu anarchji położyło podbicie Algerji przez Francuzów w latach 1830—1848 pod dowództwem Bugeauda, Lamoricière'a, księcia d'Aumale; w r. 1881 bey Tunisu przyjął protektorat Francji, a w r. 1923 uznały ten protektorat i ostatnie plemiona marokańskie. Nie tak spokojnie przechodzi ustalenie władzy Hiszpanów nad częścią Maroka od Tangeru do Melilli [1]).

Oprócz kilku wymienionych już obszarów, na których występują utwory krystaliczne i paleozoiczne,

[1]) Przystępny i ciekawy materjał celem obznajmienia się z Afryką Północną zawiera czasopismo: L'Afrique du Nord illustrée.

w Algerji i Tunisie ogólnie rozpowszechnione są tylko utwory mezozoiczne i trzeciorzędowe.

Na trias składają się pstre margle z gipsem i solą, którym towarzyszą ławice płytowe często podziurawionych wapieni; w wielu miejscach, zwłaszcza na wschodzie, triasowi towarzyszą również skały ophitu. Zawartość soli w niektórych jeziorach, t. zw. „chott" i „sebkha", można zawdzięczać prawdopodobnie ciągłemu wyługowywaniu solonośnych utworów triasu.

Ostre szczyty niektórych wyniosłych części Atlasu Telskiego (Traras, Ouarsenis, Zaccar, Djurjura, Hodna) składają się z twardych krzemionkowych wapieni liasu. Dolomity i wapienie środkowej i górnej jury mają szerokie rozpowszechnienie na pograniczu Algerji i Maroka, oraz w Atlasie Saharskim. Jeszcze bardziej są rozpowszechnione, zwłaszcza w Atlasie Saharskim, piaskowce neokomu i albu i powszechnie wapienie górnej kredy. Eocen dolny i środkowy przedstawia się w postaci margli, w stropie których leżą wapienie z rogowcami; eocen stanowi długi i wąski przesmyk, który oddziela Atlas Telski od wysokich płaskowzgórz i przez Hodnę i Biskrę dzieli Algerję na wschodnią i zachodnią; na wschodzie eocen dolny pokrywa szerokie przestrzenie gór Aurès, Tébessa i Gafsa w Tunisie; dolny eocen (suessonien) zawiera właśnie wszystkie złoża fosforytów Algerji i Tunisu.

Górny eocen jest wykształcony przez gliny i piaskowce fukoidowe, czyli w faciesie fliszowym; serję tę nazywają numidyjską i jest ona najbardziej rozpowszechniona w Telu algero-tuniskim.

W oligocenie można rozróżnić dwa faciesy: morski i lądowy; w lądowym najbardziej charakterystycznym utworem są czerwone zlepieńce wschodniej

Algerji (Hodna, Aurès). Miocen dolny (cartennien) i środkowy (helvétien) są zbudowane z piaskowców, glin i margli, przeważnie rozwiniętych na zewnętrznej stronie wielu masywów górskich; morze dolnego miocenu dobiegało do Sahary również przez Hodnę i Aurès.

Miocen górny morski (sahélien) w postaci wapieni i krzemionkowych (diatomowych) utworów, oraz pliocen są rozwinięte przeważnie tylko na obszarze Orańskim; dalej na wschód utwory te są bardziej margliste, a na obszarze wschodniej Algerji górny miocen i pliocen są rozwinięte tylko w faciesach lądowych.

Utwory czwartorzędowe tak aluwjalne, jak i eluwjalne (materjał rozkładu) są albo luźne, albo w postaci konglomeratów z pokładami gliny i gipsu. W zachodniej Algerji dolne części utworów czwartorzędowych są przemienione w wapnistą skorupkę (croute), która powleka również i powierzchnię starszych pokładów. To zjawisko wapnistej powłoki, podobnej do osadu tufowego, jest wynikiem kapilarnego (włoskowatego) ruchu wilgoci zdołu, pod wpływem suchego powietrza w ciągu większej części roku. Wapnisto-tufową powłokę zowią tu „carapace sablocalcaire" i przyjmują ją za utwór na pograniczu pliocenu i czwartorzędu; w okolicach Relizany powłoka ta pokrywa nietylko wapienie litotamniowe (środkowego miocenu) i piaskowce z ostrygami pliocenu, lecz również i nowsze osady aluwjalne. Jednak nie zgadza się to z wynikiem badań Flamanda [1]), który stanowczo twierdzi, że w zachodniej Algerji, a zwłasz-

[1]) Flamand, Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara. Thèses Fac. Sc. Univers. de Lyon, 1 vol, Lyon 1901.

cza na hamada północnej Sahary ta powłoka należy do wieku plioceńskiego (plaisancien), a do czwartorzędu należą tylko utwory, wypełniające depresje (oued i chott) około hamada. Moją uwagę zwróciło właśnie to, że ta powłoka jest bardzo rozwinięta w zagłębiu Chélif (Relizane, Tliouanet, Bel Hacel) i nie mogłem ją znaleźć w więcej wschodnich częściach Atlasu Telskiego, naprz. około Bordj-Redir. Zdawało mi się, że mogło to polegać na tem, że około Oranu i w zagłębiu Chélif ilość opadów w porównaniu z więcej wschodniemi częściami Atlasu Telskiego jest znacznie mniejszą, bo nie przekracza 486 mm. Zjawisko tej skórki jest wynikiem procesów chemicznych rozkładu skał, a szutrowa powłoka na hamada jest wynikiem przeważnie mechanicznego czyli suchego rozpadu skał.

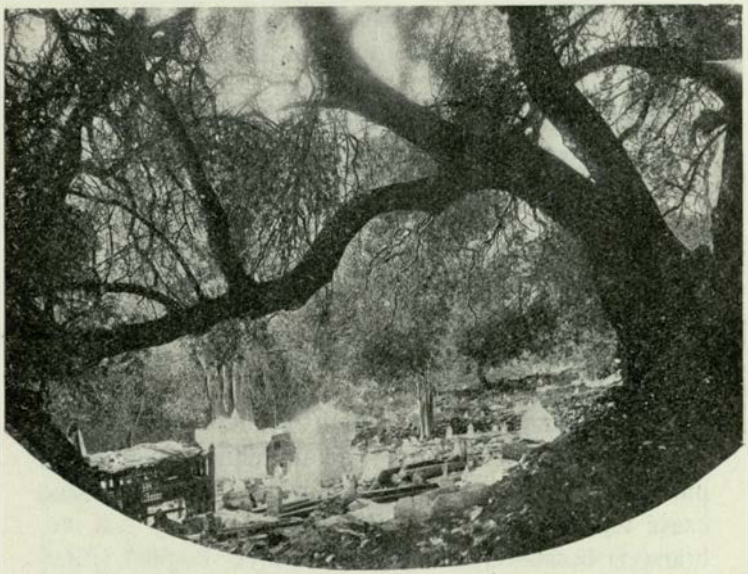
Płaskowzgórza Algerji, zatopione pod powłoką szutrową, żywo przypominają genetycznie i morfologicznie tak zwane „syrty" Tian-szanu, a powłoka szutrowa wzdłuż południowego podnóża łańcucha Aurèsa naprz. około Biskry, jest powtórzeniem szutrowych kamienistych równin wzdłuż podnóża gór Jarkendskich i Kuen-lunu w Kaszgarji, gdzie takie równiny tubylcy nazywają „sai". Na płaskowzgórzach Algerji i na południowych stokach Atlasu Saharskiego, jak na syrtach Tian-szanu działanie erozyjne wody jest bardzo słabe, natomiast suchy rozpad skał jest bardzo wytężony. Piaskowce i zlepieńce rozpadają się w żwir i drobne kamyki; poziome przestrzenie pokryte takim gruzem, nie utrudniającym zbyt marszu po nim, tubylcy Sahary nazywają „reg".

System górski Atlasu dochodzi tylko w granicach Algerji i Tunisu 12 stopni geograficznej długości, więc jest prawie tak wydłużony, jak Tian-szan od

zachodnich jego krańców do jeziora Issyk-kul; szerokość systemu wynosi $2^1/_2$ stopnia geograficznej szerokości, jest więc prawie dwa razy mniejsza od szerokości systemu Tian-szanu. Przeciętna wysokość płaskowzgórz Atlasu waha się około 800—1000 m, a syrty Tian-szanu na północnej jego stronie leżą na wysokościach od 1600 do 2900 m, a na południowej stronie na wysokościach 2400 m (Atbaszi) i 3940 m (Tchatyr-kul); wysokie doliny Pamirów znajdują się na wysokościach 3500—4000 m. Na południe od Tian-szanu jest negatywna wklęsłość Lukczun-Toksunu (na wschód od Ak-su w Kaszgarji) na wysokości od — 60 do — 169 m, a na południu od Aurès jest negatywna (— 30 m) równina Chott Melrirh (między Biskrą i Touggourtem).

Te porównania pokazują, o ile skala procesów górotwórczych w systemie Tian-szanu była większą od skali w systemie Atlasu; morfologicznie jednak płaskowzgórza Algerji pomiędzy łańcuchami Atlasu są takąż formą, jak wysokie syrty Tian-szanu. Ilość osadów atmosferycznych na płaskowzgórzach Algerji wynosi 200—400 mm, więc mało co różni się od ilości osadów w Narymskiem w środku Tian-szanu (293 mm) i w Przewalsku (451 mm). Ilość osadów na pograniczu Sahary w Biskrze i Laghouat nie przekracza 175 mm, w Aïn-Sefra—351 mm. Osady na stronie morza Śródziemnego wynoszą w Algerze 766 mm, w Bougie—1036 mm, w Tabarca—1094 mm, a w Oranie, gdzie wiatry zachodnie idą z półwyspu Pirenejskiego, ilość opadów jest znacznie mniejsza. W Biskrze i Laghouat ilość opadów jest większą niż w Ashabadzie (161 mm) i Margelanie (175 mm), a na brzegach morza Aralskiego ilość opadów jest nie większa niż w samem sercu Sahary, bo zaledwie 94 mm.

Wpływ morza Śródziemnego na warunki klimatyczne Atlasu Telskiego i wysokich płaskowzgórz, jest taki sam, jak wpływ nadzwyczajnej wysokości Tian-szanu na wszystkie wysokie, przeważnie zachodnie prądy powietrza, a więc i na klimatyczne warunki wysokich syrtów Tian-szanu. Sahara w stosunku do morza Śródziemnego i oceanu znajduje się w takich samych niepomyślnych warunkach, jak niziny Turańska (Aralskie morze) i Kaszgarji w stosunku do wysokich prądów powietrza.



Blida.
Cmentarz arabski pośród drzew kauczukowych.

Ropa w Algerji [1]).

Ślady ropne w północnej Afryce były znane oddawna na całej przestrzeni od brzegów Tunisu do Maroka na różnych stratygraficznych poziomach; bardziej systematyczne poszukiwania dotychczas były przeprowadzone w obrębie departamentu Oranu, gdzie również około miasta Relizane'u (rys. 6) istnieje niewielka kopalnia, eksploatująca ropę.

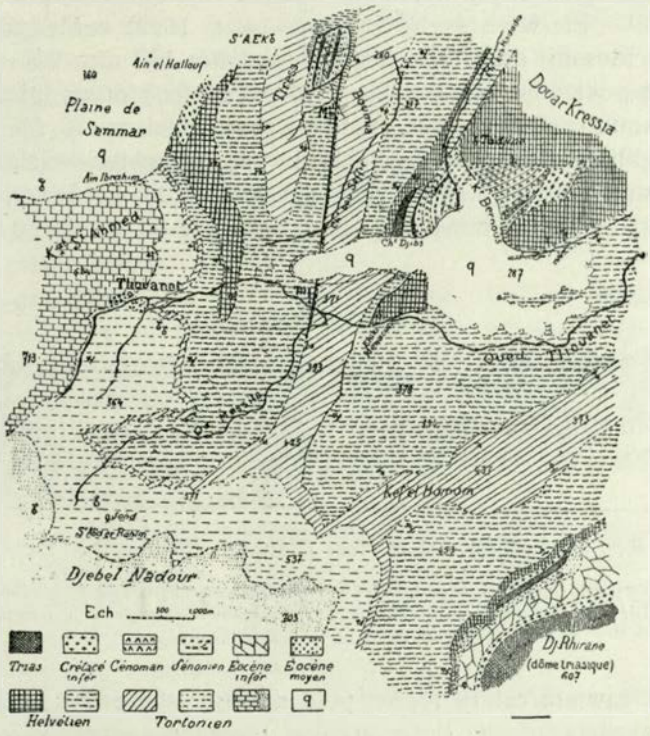
Istniejąca kopalnia Tliouanet (rys. 4) jest położona o 20 km na południo-zachód od Relizane w obrębie północnego stoku łańcucha Atlasu Telskiego; na tym stoku rozwinięte są osady eocenu i miocenu, leżące na utworach mezozoicznych tego łańcucha. Z północy pierwsze wzgórza Atlasu Telskiego są otoczone szeroką aluwialną równiną rzeki Chélif i jej dopływu rz. Miny. Pierwsze wystąpienia trzeciorzędu są tu przedstawione w postaci piaskowców i zlepieńców pliocenu, pokrywających na południe od państwowej drogi Oran-Relizane górny miocen (sahélien) w postaci białych margli krzemionkowych, czyli diatomowych.

Potok Tliouanet w okolicach kopalni przecina margle z podporządkowanemi im warstwami piaskowca i tufów środkowego miocenu (tortonien), które pokrywają margle błękitne z foraminiferami (helvétien); piaskowce i tufy (cinérites) stanowią tylko drugorzędną część tej ostatniej serji. Cała serja miocenu jest zebraną w brachiantyklinalny fałd, czyli kopułę (Medgilla), otoczoną kilkoma fałdami; kopuła ta z północy na południe jest przecięta uskokiem, wzdłuż którego zostały zetknięte warstwy helweckie z warstwami tor-

---

[1]) Dalloni, La géologie du pétrole et la recherche des gisements pétroliféres en Algérie. Alger, 1922.

tońskiemi. W jądrze północnej części kopuły Medgilla występują na powierzchnię margle i wapienie senonu, margle cenomanu i wąskie pasmo pstrych

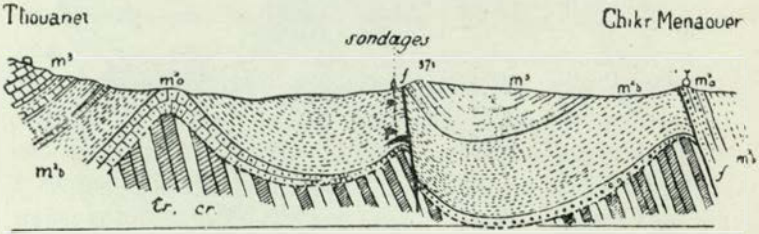


Rys. 4. Mapa geologiczna okolic Tliouanet (według Dalloni).

margli z gipsem triasu. Kreda i trias występują raz jeszcze na wschód od Medgilla (Chabet Djibs) i na południo-wschodzie od Messila. Kopuła Medgilla w kierunku południowym przechodzi w wąski fałd, a nawet w uskok (pli-faille) około Messila (rys. 5).

Kopalnia Tow. „Soc. algérienne des pétroles de Tliouanet“ zajmuje dwa pola, jedno na południe od Medgilli, drugie na przedłużeniu tegoż fałdu w Messili, gdzie były naturalne wycieki ropne.

Pierwsze szyby założone (w r. 1899) w Medgilli i Messili dały ropę z głębokości od 150 do 200 m z pokładów helweckich, w dolnej partji których glaukonitowe piaskowce stanowią ropny poziom. W Medgilli ropne pole przedstawia się w postaci wąskiej strefy, bo zajmującej zaledwie 150—200 m. Według inż. Ména ropna serja ma miąższość od 25 do 80 m



Rys. 5. Przekrój wzdłuż rzeki Tliouanet (według Dalloni).

tr—trias; *cr*—kreda; m^2_a—piaskowce helweckie; m^2_b—margle szare i błękitne Tliouanet, foraminiferowe—helweckie; m^3—piaskowce, margle i tufy tortońskie; *ff*—linje uskoków; *p*—poziomy ropne.

i zawiera cztery ropne pokłady lub soczewice; ropa zawiera dużą ilość gazów, dowodem czego jest jeden z szybów, który od r. 1922 perjodycznie wybuchał 4—5 razy dziennie, dzisiaj tylko 2 razy. Niektóre piaskowce helweckie służą, jako poziomy wodne; zawartość soli w wodzie znacznie wzrasta wraz z głębokością; ciśnienie wody jest słabe i poziom wody podnosi się w rurach zaledwie na kilka metrów.

Na polu Messili pierwszy szyb był założony w r. 1898; na głębokości 158 m napotkano poziom

wody słonej i gazy; szyb był doprowadzony do głębokości 232 m w marglach helweckich. Szyb był założony, jak stwierdzono dzisiaj, na wschód od linji tektonicznej na stoku synkliny. Następne szyby założono nieco na zachód, bliżej do osi antykliny, stosownie do rady prof. Dunikowskiego, i napotkano w glaukonitowych piaskowcach dolnej partji margli foraminiferowych na głębokości od 126 do 167 m stały przypływ ropy i gazu. Liczne wiercenia wykryły również wąską strefę ropną wzdłuż osi wypiętrzenia, której granicę stanowi słona woda o typie pokładowym.

Wiercenie w r. 1910, założone znacznie dalej na południe na pokładach środkowego tortonu, zostało doprowadzone do głębokości 900 m w błękitnych marglach helweckich bez dodatnich wyników.

Dalloni tłumaczy ten ujemny wynik tem, że szyb założony był w synklinie, jednak nie napotkano i wodnych poziomów.

Wiercenia, podjęte około wystąpień triasu na wschód od linji Medgilla-Messila, doprowadzone do głębokości 419 m w marglach helweckich, jak również i wiercenia około kontaktu margli helweckich i kredy, nie dały wyników dodatnich.

Według zdania Dalloni'ego żadne z wierceń produktywnych i suchych nie przecięło całej dolnej partji serji helweckiej, chociaż niektóre szyby w Messili już na głębokości 200 i 300 m pod serją helwecką napotkały wapienie i margle z Inoceramus, a więc senońskie. W wystąpieniach tak kredy, jak i triasu niema najmniejszych śladów bituminizacji.

Niewielkie pola ropne Medgilli i Messili zostały dostatecznie określone; do poszukiwań pozostaje

jeszcze przedłużenie fałdu Medgilli na północ od kopuły w stronę Relizane.

W obecnym stanie kopalnia daje dziennie z sześciu produktywnych szybów, wyłącznie na polu Medgilli, od 3 do 4 ton ropy o barwie jasno-zielonej c. g. 0,830; ropa daje do 30% benzyny c. g. 0,730. Ropa w Messila daje benzynę bardziej ciężką. Przy doprowadzeniu destylacji do c. g. 0,780 otrzymuje się produkt pośredni pomiędzy ciężką benzyną a naftą, używany do maszyn rolniczych. Na miejscu, na kopalni istnieje mała destylarnia; produkty w beczkach wywożą w okolice kolei żelaznej do zużycia w kraju. Resztki od destylacji są używane, jako nafta. Ropa zawiera do 3—4% parafiny. Na kopalni pracuje do dziś jeden z polskich wiertaczy.

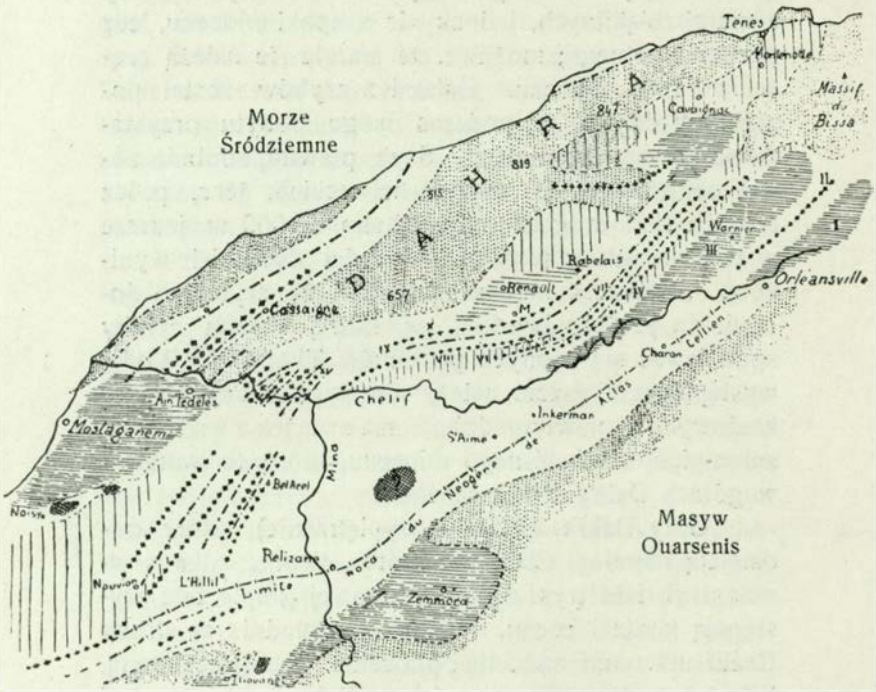
Wystąpienia triasu, a po części i kredy w formach diapirowych w stosunku do tortonu i helwetu nasuwają myśl, że ropa w piaskowcach helweckich jest pochodzenia wtórnego; jednak ogólny charakter brzeżnych, morskich utworów helweckich, okruchowych, organogenicznych pozwala uważać je za prawdziwą ropną serję. Wiercenie około l'Hillilu, przeprowadzone przez firmę Pearson (Royal Dutch) na jednym z fałdów, równoległych do fałdu Tliouanet, przecięło wapienie tortonu i doszło do głębokości 1108 m w marglach helweckich; w r. 1922 wiercenie było zatrzymane, jako bezskuteczne. Według Dalloni'ego, wiercenie to miało napotkać na głębokościach 450 m kilka piaskowców, nasyconych ropą (?), a na 885 m—ślady ropne w marglach helweckich. Jednak żadnych śladów ropnych na hałdach tego szybu zauważyć nie było można.

Firma Pearson, mająca swoją centralę w Saint-Aimé około Relizane, przeprowadziła rozległe poszu-

kiwania w obrębie utworów trzeciorzędowych. Na północ od Relizane były przewiercone trzy szyby w Bel-Hacelu na fałdzie, który należy do grupy pofałdowań gór Dahra; prawidłowy fałd jest zbudowany od góry z margli błękitnych, jednak nie z epoki miocenu, lecz pliocenu dolnego; możliwe, że margle te należą częściowo i do miocenu. Ostatni z szybów został pogłębiony do 900 m; podczas mego pobytu przystąpiono do wyciągania rur. Szyb prawdopodobnie został pogłębiony do warstw helweckich, lecz, prócz słabych śladów gazu na głębokości 500 m jeszcze w tortonie lub w pliocenie—nie dał dodatnich wyników. Stanowczo można stwierdzić, że szyb nie doszedł do partji helweckiej, w której można byłoby spodziewać się ropnych poziomów Tliouanet. Woda, występująca z gazem należy do typu słonych i pokładowych i prawdopodobnie ma związek z warstwami solno-gipsowemi górnego miocenu, które to warstwy w górach Dahra zowią sahélien.

Góry Dahra (dahra — wypiętrzenie), które oddzielają równinę Chélif od morza, tworzą kilka równoległych fałd (rys. 6); w środkowej grupie fałd występują kreda i eocen, otoczone z południa ze strony Chélif utworami miocenu i pliocenu. Ta właśnie strefa, której przedłużeniem są fałdy Bel-Hacel, stanowi strefę naftową Dahra. Wycieki ropne były tu znane od czasów starożytnych. Jednym z takich wycieków jest Aïn-Zeft (czyli źródło bitumu), ciężką ropę którego używali tubylcy i hiszpańscy koloniści do zatykania szpar w łodziach; od r. 1881 rozpoczęto poszukiwania około Aïn-Zeft, Ouled Sidi Brahim, Beni Zenthis i Beni Zeroual (Beni — syn, Ouled — syn szczebla) zapomocą galerji i rozkopów; pierwsze wiercenie założone w r. 1894 i w następnych la-

tach do r. 1913 przewiercono w różnych miejscach Dahra co najmniej 12 szybów do głębokości od 300 do 1113 m. W r. 1913 poszukiwania były rozpoczęte



Rys. 6. Główne elementy budowy gór Dahra (według Dalloni).

Pola kropkowane — wzniesienia czasu przed miocenem (kredowe); kreski poziome — zagłębia synklinalne; kreski pionowe — strefy osunięcia; kreski nakrzyż — kopułowate wzniesienie (Tliouanet, Noisy - les - Bains, Sebkha de Bou-Ziane).
Linje: krzyżyki — osie antyklinalne, kropki — osie synklinalne, czasu po miocenie.

przez Tow. Pearson a. Son, które zabezpieczyło sobie prawa wyłączności na 75.000 ha; do dziś Towarzystwo to przewierciło w strefie Dahra 8 szybów, które jednak nie dały dodatnich wyników.

Z utworów kredowych najbardziej rozpowszechnione są w środkowej części Dahra margle i piaskowce albu, wapienie i margle cenomanu i senon; górne części senonu są wykształcone w faciesie fliszowym w postaci łupkowatych, liściastych margli, przewarstwowionych grubemi ławicami piaskowca brunatnego i białego, hieroglifowego; flisz senoński trudno odróżnić od podobnych do niego utworów albu. Flisz ten zowią tu „medjanien"; na pofałdowanym fliszu leżą transgresywnie utwory neogeniczne.

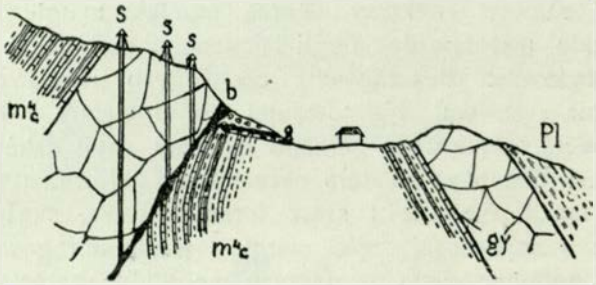
Miocen środkowy tworzą morskie margle helweckie, podobne do margli Tliouanet i pod niemi serja lądowych zlepieńców i czerwonych piaskowców z solą i gipsem. Na tortonie (konglomeraty i piaskowce) leżą utwory górnego miocenu, czyli sahélien (sahel—brzeżny) od dołu okruchowe i tufowe, a wyżej margle błękitne i szare foraminiferowe, zawierające w najwyższej części margle i wapienie rogowcowe, podobne nieco do naszych menilitów; najwyższy stały poziom tworzą pokłady diatomowe o białej barwie. W nich czasem znajdują się zaokrąglone nerki rogowca ze szczątkami ryb w środku. Piętro sahélien wszędzie zakończa się lagunowemi osadami gipsu lub lignitem. Podczas pliocenu morze znowu pokrywało przestrzeń Dahra i zostawiło konglomeraty, margle z ostrygami, P e c t e n i koralami i wapienie.

Ślady bituminizacji spotyka się już na wschodnim krańcu Dahra, niedaleko od Orleansville'u, gdzie w miejscowości Ponteba i Warnier na marglach diatomowych leżą gliny z lignitem, a w spągu ich znajdują się cienkie warstewki wapienia ze słabemi wtrąceniami asfaltu.

Dalej ku zachodowi około Mazouna gipsy piętra sahélien są bitumiczne, w kilku miejscach wystę-

pują gazy węglowodorowe, źródła siarczane, a w gipsach są skupienia siarki. Około Mazouna Tow. Pearson przewierciło szyb na osi antykliny gipsów i margli diatomowych do 1075 m, pozostając ciągle w foraminiferowych marglach piętra sahélien.

Około Beni Zenthis w kontakcie warstw diatomowych z gipsem, na osi wypiętrzenia były wystąpienia ropne. Kilka wierceń dotarło tu tylko do margli foraminiferowych bez rezultatu.



Rys. 7. Przekrój przez kopalnię Aïn Zeft (według Dalloni).

m^4_c—górny miocen, sahélien; *gy*—gipsowy poziom pośród margli błękitnych i szarych serji sahélien; *b* — wycieki bitumów; *Pl* — utwory pliocenu.

Dalej ku zachodowi, około Aïn-Zeft (rys. 7) serja gipsów, pokładów diatomowych i margli foraminiferowych piętra sahélien, pofałdowana i przecięta dwoma uskokami, daje stałe wycieki gęstej ropy wzdłuż wystąpień gipsów, które tworzą diapirowe jądro pośród pokładów pliocenu. Kilka źródeł, występujących z gipsów, wynosi ropę, która pokrywa znaczną przestrzeń nawpół twardą powłoką. Pierwsze poszukiwawcze roboty były skierowane na masę gipsu, lecz nie dały rezultatów; jedno z wierceń w r. 1896 na głębokości 416 m napotkało pod gipsem niewielki

poziom piasków, prawdopodobnie w serji diatomowej; poziom ten dawał ropę lżejszą, niżeli wycieki naturalne, o c. g. 0,882, lecz parafinową. Zawartość parafiny wynosi 9% w lżejszych produktach destylacji i do 19% w resztach ciężkich. Wydajność szybu jednak prędko zanikła zupełnie. Trzeba zwrócić uwagę, że ciężka ropa parafinowa mogła zatkać pory ropnego poziomu, na co przy tych robotach zupełnie nie zwrócono uwagi. Eksploatacja tego szybu i kilku innych pogłębionych dała do r. 1924 około 2500 ton ropy.

Następne wiercenia założono dalej od strefy zaburzenia na tem siodle. Jedno z wierceń było doprowadzone do głębokości 1113 m w marglach foraminiferowych piętra sahélien i napotkało tylko ślady ropy i gazu na górnych poziomach. Następnie Tow. Pearson przewierciło jeszcze dwa szyby do głębokości około 1000 m; oba otwory nie wyszły poza serję sahélien.

Na zachodniej części Dahra na fałdzie Sidi Brahim kilka wierceń nie osiągnęło spąga serji sahélien i dało tylko ślady ropy.

Dalloni i geologowie amerykańscy firmy Pearson starają się przeprowadzić analogję pomiędzy serją sahélien miocenu, zwłaszcza jej marglami foraminiferowemi a pokładami diatomowemi i serjami miocenu Kalifornji (Vaqueros, Monterey). Słusznem jest, że serje te facjalnie i litologicznie są podobne i można uważać serję sahélien za jedną z seryj ropnych Algerji; jednak zawartość bitumów tej serji jest tak słabą, że po kilkunastu latach badania geologicznego okazy bituminizacji w gipsach i diatomowych utworach (gruzełki rogowców) stanowią tylko rzadkie, muzealne okazy. Śnieżno-białe warstwy diatomowe o miąższości, nie przewyższającej 30 m, które

na odsłonięciach w górach Dahra pierwsze zwykle zwracają na siebie uwagę, naogół są także słabo bitumiczne, jak i diatomowe warstwy oligocenu Andaluzji; nie może być żadnego porównania tych czystych trepelowych utworów z bitumicznemi, diatomowemi łupkami Kalifornji, łupkami menilitowemi w Karpatach oraz łupkami bitumicznemi północnego Kaukazu.

Jest bardziej prawdopodobnem przypuszczenie, że nie te organogeniczne utwory Algerji (jak i w Andaluzji), a lagunowe utwory gipsowe i węglowe wieku górnego miocenu są ośrodkiem pierwotnej bituminizacji w tej serji. Gipsowo-węglowy poziom wieku sahélien jest wynikiem powtórzenia warunków geologicznych górnego triasu; jednak w Algerji gips i sól triasu nie zawierają w sobie takich wyraźnych śladów bitumów, jak w Andaluzji. W kilku miejscach, nietylko na obszarze Tliouanet, lecz także w południowej strefie Algerji, około diapirowych wystąpień mas solnych stwierdzono ślady bitumów; jednym z przykładów tego są znakomite triasowe skały solne i gipsowe około El Kantara w Djebel Melah Metlili w górach Aurès w jądrze diapirowego fałdu z warstw środkowej kredy; niewiadomo jednak, czy ślady te są złączone z triasem, czy z kredą.

Drugą serją ropną pod warstwami sahélien jest serja helwecka w postaci jej foraminiferowych margli; jest to ropny poziom Tliouanet. Liczne wiercenia w Dahra i około Relizane stwierdziły, że serja sahélien nie zawiera stałych poziomów ropnych; bardziej stałym jest poziom helwecki, lecz w Tliouanet ropne pola mają przestrzeń tylko kilku hektarów, a w innych miejscach wiercenia, pomimo znacznej głębokości, nie dotarły do tego poziomu. Wiercenia były naogół położone dobrze, bo albo około szczytów

prawidłowych fałd (jak l'Hillil, Bel-Hacel), albo około diapirowych fałd (jak w Tliouanet, Aïn-Zeft). Do zbadania zapomocą wierceń pozostają chyba tylko okolice rzekomych kopuł triasowych, na miejscu których na wybrzeżu Orańskiem (Noisy-Les-Bains) i na równinie Chélif (Sebkha de Bou Ziane) powstały słone jeziora; Dalloni wypowiada zupełnie słuszne przypuszczenie, że te słone jeziora są bardzo podobne do znanych zapadlisk w Louisianie na miejscu solnych kopuł (saline dome); w tej części Algerji, poza tą możliwością, brak jest innych geologicznych faktów, któremi można byłoby uzasadnić ponowne poszukiwania ropy.

Fliszowy typ niektórych partyj dolnej kredy, a zwłaszcza górnej (medjanien) i eocenu na wschodzie (numidyjskie piaskowce na pograniczu Algerji i Tunisu) zwraca dziś uwagę na siebie przy poszukiwaniach ropy w Tunisie, jednak tego ostatniego faciesu nie mogłem poznać na mocy własnego doświadczenia. Również tylko na podstawie literatury mogę przytoczyć, w myśl przekonania, do jakiego doszli geologowie, jak Yovanovitch[1]), że na obszarach Maroka tylko na brekczjowych aureolach, otaczających triasowe wypiętrzenia solne, można oczekiwać ropnych skupień; każda warstwa porowata pośród utworów jurajskich, kredowych, eocenowych, miocenowych, często w faciesie fliszowym, znajdująca się w tektonicznym kontakcie z solnemi wypiętrzeniami i odpowiednio zabezpieczona w stropie warstwami nieprzepuszczalnemi, może służyć jako zbiornik niewielkich wtórnych złóż ropnych. W Maroku

[1]) B. Yovanovitch, La géologie du pétrole au Maroc. Bull. de la Soc. géolog. de France, 4 s., XXII, 8—9, 1922.

ropne wystąpienia są rozpowszechnione w strefie północnych kontrforsów Atlasu i na równinie Sebou, granice której stanowią morze i wysokie górskie grzbiety Rif; na tej przestrzeni rozwinięte są utwory sahélien, helweckie, flisz eoceński i kredowy, jura i trias; na podstawie bardziej dokładnych badań w Algerji i Andaluzji, można mieć wiele zastrzeżeń do bardzo kategorycznej opinji Yovanovitcha, że wszystkie ropne wystąpienia zależą tylko od triasu.

Od północnego podnóża Pirenejów do północnych krańców Sahary utwory triasowe powtarzają się w jednakowym typie niemieckim; w Algerji i w Andaluzji cały trias jest prawdopodobnie wykształcony w faciesie solnym i piaskowcach bez wyodrębnienia wapienia muszlowego. Na tej rozległej przestrzeni trias górny (kajper) z gipsem i solą oraz nieprawidłowemi wkładami wapieni i dolomitów pokrywał prawdopodobnie od zachodu, południa i północy prastare masy lądowe, osunięte do dołu na miejscu zachodniej części morza Śródziemnego. Na tej przestrzeni stale powstawały utwory lagunowe, często słabo bitumiczne. Znane tu powszechne cechy górnego triasu świadczą, że są to utwory przeważnie chemiczne (gips, sól, wapienie, dolomity), a nie okruchowe, przewarstwowione utworami organogenicznemi, jakiemi są wszystkie znane nam serje ropne; w tych wypadkach, gdzie utwory triasowe przechodzą w piaskowce, posiadają one cechy utworów prawie lądowych. Gdyby nawet przypuszczać, że przy znaczniejszej miąższości utworów lagunowych mogły w granicach tych lagunów powstać serje bitumiczne, ich pofałdowanie gwałtowne i drobiazgowe zupełnie usuwa możliwość szerokiego obrotu w nich wody, jako jednego z czynników koncentracji bitumów.

Przejawy ropne w pewnym związku z triasem, jak w strefie subpirenejskiej, w Andaluzji, w Algerji i Maroku, należy uważać za fałszywe sygnały, które nie są wynikiem jakiejś większej serji ropnej w triasie, a jeszcze częściej mogą zależeć nawet nie od triasu, a od innych seryj, które mają więcej cech ropnych, jak np. kreda u podnóża Pirenejów, lub trzeciorzędowe utwory w Algerji. Jeżeli przenosić doświadczenia geologiczne, osiągnięte na badaniu realnych złóż ropnych, na obszary subpirenejskie, subbetyckie i północnej Afryki, to na większą uwagę dla poszukiwań ropnych zasługują tam utwory faciesu fliszowego w Andaluzji, a może i w Tunisie.

Jeden z najwybitniejszych twórców geologji nowoczesnej, Marcel Betrand, już przed 30 laty zwrócił uwagę, że pewne faciesy utworów osadowych stale powtarzają się w układzie wielkich grzbietów górskich; do takich faciesów należą serje węglowe, utwory głębszych wodozbiorów (co dawniej nazywano fliszem) i utwory płytkowodne (mollasy, do których właśnie zaliczamy dzisiaj flisze); następstwo i przewarstwowienie tych różnorodnych seryj przygotowują zagłębia geosynklinalne do fazy górotwórczej. Serja węglowa zwłaszcza jest stałym elementem takiego przekroju i wzdłuż krawędzi prawie wszystkich elementów, zaliczanych do Ałtaidów zachodnich w Europie i Afryce, są znane dziś zagłębia węglowe, jak nasze śląsko-polskie, zagłębie Westfalji, francusko-belgijskie i angielskie, zagłębia węglowe dep. Gard i Décazewille na południowej stronie masy armorykańskiej, zagłębie Colomb-Béchar na północy Sahary i inne. Utwory triasowe, które otaczają naokoło elementy zachodnich Ałtaid, są często spotykanym śladem fazy lądowej rozwoju tych elementów przed na-

stąpieniem nowej fazy transgresji morskiej z początkiem infra-liasu, i następnych wielokrotnych wahań poziomu morza w epoki mezozoiczne i trzeciorzędowe. Tam, gdzie utwory tych geologicznych czasokresów są płytkowodne, brzeżne i zawierają najwięcej organogenicznych skał, a pozostają przytem typowo morskiemi i w największej miąższości, tam tylko należy, mojem zdaniem, poszukiwać ropnych seryj. Formacje solne i gipsowe mogą poprzedzać serje ropne lub następować po nich, mogą też przechodzić w nie w kierunku poziomym, lecz pośród formacji solnej i gipsowej w ich pełnym rozwoju nie można spodziewać się ropy; faciesem pokrewnym dla serji ropnej może być facies węglowy, lub facies rogowcowy, a więc formacje organogeniczne, czego dowody znajdujemy w licznych złożach ropnych. Odwrotnie serje solnogipsowe w ich pełnym rozwoju, naprz. dokładnie zbadane utwory permsko-triasowe w środkowych Niemczech, lub permskie czerwone warstwy w Oklahoma i Texasie i solna formacja w południowo-wschodnim Michiganie ropnych złóż nie zawierają; przejawy ropne, napotykane w związku z masami solnemi w Niemczech, we wschodniej Rosji (Emba) w Louisiana lub nawet w Rumunji, należy uważać w stosunku do tych mas za fałszywe oznaki. Solne i gipsowe masy mogą w niektórych wypadkach, naprz. w Louisiana, Rumunji, na Embie, być wskaźnikami pomyślnych warunków budowy, lecz bynajmniej nie są oznakami ropnych złóż w serjach solnych formacyj. W sprawie poszukiwań ropnych seryj, uwaga geologów stanowczo zwraca się na utwory o znacznej miąższości na szerokich przestrzeniach epikontynentalnych, na których odbywał się w pewnych fazach proces tworzenia złóż węglowych, jak w okresie epok paleozoicznych na za-

chodnich krańcach systemu Apalachów, lub—na utwory bardziej rozróżniczkowane na krańcach zwężonych geosynklin mezozoicznych i trzeciorzędowych, jak w Karpatach, na Kaukazie lub w strefie, otaczającej południe Azji i zachód obydwóch Ameryk[1]). Przenosząc takie geologiczne koncepcje na tereny subpirenejskie, subbetyckie i algierskie, musimy z wielką ostrożnością zapatrywać się na możliwość znalezienia ropy w serjach triasowych tak bardzo tam rozwiniętych, a odwrotnie należy zwracać większą uwagę na utwory nowsze, mezozoiczne i trzeciorzędowe. Analiza geologiczna tych seryj nie jest jeszcze doprowadzoną do końca nawet terytorjalnie; w obrębie znanego rozpowszechnienia tych seryj, jak w Tunisie, Maroku i nawet w Andaluzji i w strefie subpirenejskiej, można spodziewać się jeszcze pomyślnych wyników dalszych poszukiwań górniczych. W szerokiej zatoce pomiędzy Pirenejami i masą armorykańską byłoby może bardzo śmiałem, lecz nie bezpodstawnem głębokie wiercenie do warstw karbonowych na przestrzeni pomiędzy Dax i Agen.

Kilka głośnych faktów, zdobytych ostatniemi czasy przez głębokie wiercenia w środkowej Europie, bynajmniej nie przeczą memu poglądowi. W Holandji bliżej granicy Niemiec około Winterswijk rządowe wiercenie w Corle przerznęło na głębokości od 70 do 490 m utwory triasowe i permskie, a na głębokości od 691,10 do 1284,60 m—utwory węglowe z pokładami gazowego węgla. Formacja permska zawiera kilka solnych mas z śladami bitumów; w spągu jej napotkano pokład anhydridu (27 m grubości) z płynną ropą, a w for-

[1]) Bohdanowicz, Tereny i złoża naftowe. Warszawa, 1923.

macji węglowej na głębokości 1066—1083 m pokład gruboziarnistego piaskowca z płynną ropą jednak w niewielkiej ilości. Drugim faktem jest nawiercenie 10 marca r. 1924 wybuchowego szybu w Nienhagen około Celle w północnym Hanowerze; szyb znajduje się w obrębie znanego ropnego obszaru Niemiec, gdzie upatrywano związek pomiędzy ropą a solnemi masami. Poglądy geologów na genezę tu ropnych złóż są jejednak bardzo różne; jedni przyjmują ropę za produkt genetycznie złączony z solno-gipsowemi masami cechsztynu (perm) i skupiony w aureolach solnych słupów na różnych poziomach; drudzy przyjmują kilka niezależnych ropnych poziomów w jurze i kredzie. Szyb w Nienhagen nie wyszedł na głębokości 765 m z pokładów permskich; ropa znajduje się pod silnem gazowem ciśnieniem, a co do ilości ropy to kwestja pozostaje jeszcze otwartą. Wyraźnie zaznacza się na tym obszarze, że czem głębiej nawiercają tu ropę, tem takie miejsca leżą dalej od rzekomych solnych słupów [1]).

Zdawałoby się, że przeciwko mojemu zapatrywaniu świadczą utwory miocenowej serji Fars w południowej Persji; w tej ropnej serji gipsy przewarstwowiają wapienie, a więc bogata ropna serja zawiera utwory chemiczne. Pomijając już to, że serja Fars zawiera razem z wapieniami i gipsem utwory okru-

[1]) Z bardzo obszernej literatury o nafcie w północnozachodnich Niemczech wymienię tu kilka najważniejszych prac:

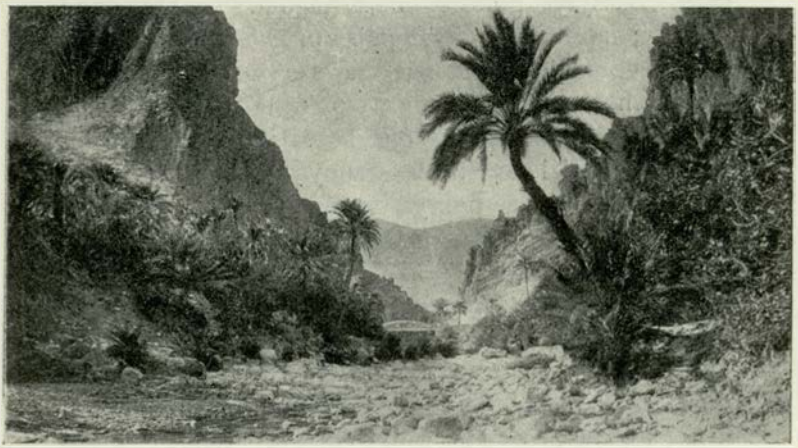
Freystedt. Oelheim. Ein Beitrag zur Kenntniss des Erdölvorkommens in Norddeutschland. Braunschweig, 1892.

Gürich, Das Erdöl in Nordwestdeutschland. Hamburg, 1917 (literatura).

Fulda, Erdöl u. Salz. Z. f. prakt. Geol., 1920.

Kohl, Die Nordwestdeuts. Erdölvorkommen u. ihre Erschliessung. Petroleum, 1924, № 14.

chowe znacznej miąższości (margle, gliny, piaskowce), ostatniemi czasy zostało stwierdzone, że gipsy tak serji Fars, jak i innych w Persji i Egipcie są utworami wtórnemi, które powstały w drodze metasomatyzmu (zastąpienia) z otaczających wapieni [1]). Możebne, że niektóre gipsy w Andaluzji są również takiego metasomatycznego pochodzenia, jak wspominałem o tem powyżej, lecz nie może to zmienić mego poglądu co do mas solnych cechsztynu, triasu i trzeciorzędu i ich ujemnego znaczenia dla złóż ropnych.



El Kantara.

Widok cieśniny z południa.

[1]) Harrison, The gypsum deposits of south-western Persia. Econ. Geology, 3, 1924.

Fosforyty i bitum Bordj-Redir.

Kolej żelazna z okolic Relizane przechodzi przez równinę Chélif, mając na północ stoki gór Dahra, a na południe stoki masywu Ouarsenis; równina ta częściowo jest pokryta uprawnemi polami, które tylko trochę podnoszą się na pierwsze kontrforsy górzyste. Znaczne obszary równiny Chélif potrzebują irygacji do swej uprawy rolnej; zapory, zbudowane przez Francuzów (około Relizane i Orléansville) pozwalają wyzyskać tylko część wody tej największej rzeki w Algerji. Szczyty górskie mają łagodne zaokrąglone kształty; na stokach występują przeważnie wapienie morskiego pliocenu, prawie zawsze ze śladami świdrujących muszli; wapienie są pokryte gładką, błyszczącą skorupą wapienną (carapace) i tworzą przy łagodnym upadzie w stronę doliny Chélifu niewielkie tarasy gołych skał, pokrytych tylko niską trawą. Stoki gór przyjmują tu charakter stepów kamienistych, które stanowią wybitną cechę wysokich płaskowzgórz Algerji. Na tym monotonnym krajobrazie o szaro-brunatnych barwach ostro odcinają się liczne samotne, białe mogiły (koubba) na szczytach niskich gór. Za miastem Orléansville po obydwóch stronach kolei jest kilka kopalń hematytu, który stanowi typowe metasomatyczne złoża na wapieniach jurajskich (Rouïna, Duperré) [1]); od Affreville kolej zaczyna wznosić się na stoki Atlasu Telskiego; kilka tuneli przerzyna mocno zaburzone szare margle, łupki i wapienie dolnej kredy, powiedziałbym, o typie fliszowym. Grzbiety górskie o ostrych szczytach są pokryte pięknemi la-

[1]) Dussert, Étude sur les gisements de fer de l'Algérie. Ann. des Mines. 1912. W r. 1920 produkcja rud żelaznych w Algerji wynosiła 1.114.478 ton, przeważnie z obszaru Beni-Saf około Oranu.

sami sosnowemi i cedru. Po przecięciu wąskiej strefy czerwonych z powierzchni bazaltów, kolej wchodzi na brzeżną równinę zatoki Algerskiej.

Miasta Blida i Boufarik są ważnemi ośrodkami rolnictwa, ogrodnictwa i hodowli winnic w tej dzielnicy Algerji. Wino i owoce stanowią ważny przedmiot wywozu stąd, jak i z okolic Oranu. Wesołe krajobrazy i wspaniała roślinność na północnym stoku Atlasu Telskiego stanowią kontrast z pustynną i monotonną równiną Chélif. Miasto Alger jest zanadto znanem i wielkiem, abym miał zatrzymywać się na jego opisie; jednem z upiększeń Algeru są bez wątpienia wspaniałe gmachy uniwersytetu, położone na łupkach krystalicznych u stóp wzgórza z wapieni mioceńskich. W Algerze, jak i w całej Algerji za wyjątkiem miasta Tlemcen (Mansoura) w dep. Oran niema bardzo wspaniałych zabytków sztuki arabskiej; w Algerze główne meczety, jak Djama El Djedid (de la Pêcherie) i Djama El Kebir (grande mosquée) zostały zbudowane po XIII stuleciu pod wpływem tureckim i mają styl bizantyjski Konstantynopola.

Od brzeżnej równiny Algeru kolej w kierunku na Constantine musi znowu przerznąć strefę łańcuchów Atlasu Telskiego i wznieść się na wysokie płaskowzgórze, oddzielone tylko grzbietem Hodna od środkowego wielkiego płaskowzgórza. Na tym odcinku kolej przecina krajobrazy Kabylie; za cieśniną kredową rzeki Isser (cieśnina Palestro) linja kolejowa otacza z południa grzbiet Djurjura i przez cieśninę Portes de Fer wznosi się na płaskowzgórza o przeciętnej wysokości około 1000 m; poszczególne szczyty Atlasu Telskiego podnoszą się do wysokości 1700—1800 m, jak szczyty grzbietu Hodna na południe. Kraina jest łatwą do przejścia; rozłożyste grzbiety

gór mają kształty stołów, o stromych stokach i płaskich szczytach. Płaskowzgórze jest zbudowane z kredowych utworów, na których leżą wapienie i margle eocenu; dalej ku wschodowi kredowe podłoże ginie pod powłoką lądowych utworów i na przestrzeni od Sétif do Batna kolej posuwa się po typowem płaskowzgórzu Algerskiem, pośród szerokich przestrzeni o charakterze stepów z licznemi słonemi jeziorami (chott), latem zupełnie suchemi.

Kredowe i eoceńskie utwory tej części Algerji przedstawiają się jako przewarstwowienie bardzo twardych wapieni i margli (aptu, turonu, senonu, eocenu) miękkiemi, łatwo rozpadającemi się marglami (aptu i cenomanu). Wskutek denudacji skał o niejednakowej twardości taki litologiczny układ określa formy równiny, płaskowzgórza i izolowanych gór. Spokojne pofałdowanie i liczne uskoki, które dzielą obszar na poszczególne bloki, stanowią główne cechy jego budowy.

Okolice od Bordj-bou-Areridj do Sétif są jednym z tutejszych obszarów fosforytowych; główne kopalnie znajdują się na południe od kolei żelaznej w Bordj-Redir i około miasteczka Tocqueville; kopalnie są połączone z koleją żelazną kolejami linowemi dla transportu fosforytów.

Złoża fosforytu zajmują stałe miejsce w przekroju geologicznym na pograniczu senonu i eocenu; pokłady wapieni fosfatowych powtarzają się zarówno w tutejszym miocenie, jak i w apcie i cenomanie, lecz poziomy te nie mają wartości przemysłowej. W kilku miejscach na tym samym obszarze na wapieniach jurajskich znane są metasomatyczne złoża rud cynkowych w postaci żył o wstęgowatej budowie, złożonych z przewarstwowień galmanu i fosforytów (Djebel Zaghouan).

Złóż rud żelaznych, ołowiu, cynku i innych metali nie mogłem zwiedzić, jak wspomniałem na początku, lecz przy sposobności nie mogę nie zwrócić uwagi czytelnika, że, jak wskazuje załączona tu mapa, znane w Algerji i Tunisie złoża rud metalicznych są rozmieszczone dwoma strefami; jedna strefa bliżej brzegu morza — są to złoża przeważnie rud żelaza (Beni Saf, Bougie, Tabarca); druga strefa w samym środku Atlasu Telskiego — złoża rud ołowiu, cynku, miedzi. W takiem zonalnem rozmieszczeniu uwidocznia się do pewnego stopnia zależność roztworów metalicznych od pierwotnego ich źródła, za jakie musimy przyjmować masy trzeciorzędowe wulkaniczne, które zostały zlokalizowane około wybrzeża zgodnie z rozwojem geologicznym północnej Afryki. Na przeciwległym brzegu półwyspu Pirenejskiego około Marbella znajduje się typowe złoże magnetytu kontaktowo-metamorficzne, które opisałem w swoim czasie po podróży do Hiszpanji i Portugalji[1]), a w Algerji jednym z śladów wygasłego wulkanizmu są słynne gorące (96°) wapienno-węglowe i żelaziste źródła Hammam Meskoutine (kąpiele potępieńców) na wschód od Constantine.

Przekrój utworów fosfatowych w serji normalnej osadowej obejmuje od dołu: 1) czarne margle łupkowate z gipsem i rogowcowemi skupieniami wieku dolnego eocenu (suessonien), 2) pokłady fosfatu i wapieni (8—9 m), 3) czarny wapień z rogowcami (2—3 m), 4) wapienie numulitowe środkowego miocenu o znacznej miąższości, lub nawet 5) bezpośrednio wapienie z P e c t e n miocenu. Około kopalni Bordj-Redir pofał-

[1]) Złoża rud wolframu i cyny na półwyspie Pirenejskim Gornyj Żurnał, Petersburg, 1916.

dowanie tej serji ma wyraźne cechy brachiantyklin, rozbitych kilkoma uskokami. Serja fosfatowa zawiera dwa pokłady: górny — „grande couche“ o miąższości 0,70 — 1 m i dolny — „petite couche“ o miąższości 40 cm, oddzielone 7 metrami wapieni słabo-fosfatowych. Granica pomiędzy każdym z pokładów fosforytu a partjami w spągu i stropie nie jest ostrą; nawet w stropowym wapieniu rogowcowym są cienkie warstwy o dużej zawartości fosfatu, a w czarnych marglach spągowych znajdują się gruzełki z powierzchni fosfatowe, a wewnątrz kalcytowe; w marglach spągowych są przewarstwowienia gipsu, jak również i skupienia rogowcowe; poziom wapienia rogowcowego stanowi zawsze wyraźny strop serji fosforytowej.

W Bordj-Redir dokonywuje się odbudowa obydwóch pokładów; przyczem otrzymuje się znaczną ilość skał płonnych ze spągu, idących na podsadzkę. W Tocqueville odbudowuje się pokład, który odpowiada pokładowi „petite couche“ Bordj-Redir, lecz o większej miąższości i mniejszej zawartości trójwapniowej soli. Kopalnia Bordj-Redir jest na wysokości 1000 m nad poziomem morza, a Tocqueville na 1400 m; bloki Tocqueville i Bordj-Redir są częściami jednej masy, przedzielonej uskokami.

W Tocqueville w granicach fosfatowej serji są poszczególne partje bogatszych części (les amas de phosphate) porozdzielanych płonnemi; takie partje (nazywane tu „escadre“) odbudowują się przez roboty odkrywkowe.

Właściwą fosforytową skałą są mocne, zbite wapienie ciemnego koloru; trójwapniowa fosfatowa sól znajduje się w nich w postaci drobnych ziaren, szarego lub częściej czarnego koloru a także w postaci

większych skupień, nawet gruzełek, zawierających liczne szczątki kości, zębów i koprolitów rekinów i ryb; ziarna i skupienia fosfatu są słabo spajane kalcytowem lub fosfatowem lepiszczem. Trójwapniowa fosforowa sól zjawia się też w postaci drobnych konkrecyj błękitnego koloru; im więcej jest takich konkrecyj, tem skała jest bogatsza w fosfór. Naogół budowa skały jest konglomeratem skupień, gruzełek fosfatu i szczątków organogenicznych. Czarny kolor fosfatowej skały zależy od zawartości organicznej materji, która nadaje skale cechy bituminizacji w dużym stopniu. Wskutek utlenienia się organicznych składników skały wzdłuż szczelin, przecinających serję, zmienia się jej kolor na szary i równocześnie zwiększa się zawartość trójwapniowej soli; po dokonaniu sortowania i zmielenia fosforytu do wielkości ziaren 12—14 mm, przeciętna zawartość trójwapniowej soli wynosi dla „grande couche" 58—63%, a dla „petite couche" 68—72%[1]). Materjału o zawartości mniejszej, niż 58% nie używa się na nawozy, a tylko jako domieszkę szychtów do wielkich pieców przy zasadowym procesie. Odbudowa w Bordj-Redir jest posunięta znacznie więcej na „grande couche", który daje $^2/_3$ całej produkcji; obecnie starają się rozwinąć górnicze roboty na „petite couche". Ogólna produkcja kopalni wynosi zaledwie 70 ton dziennie, lecz przy lepszych technicznych urządzeniach mogłaby dosięgać do 200 ton dziennie.

Pokłady eoceńskie są jednak tylko stosunkowo nieznacznemi partjami w otaczających górach i przyszłość fosforytowego obszaru Bordj-Redir i Tocqueville nie na długo jest zabezpieczoną, zwłaszcza w po-

[1]) Celem przeliczenia na zawartość w P_2O_5 — należy liczby te podzielić przez 2, 18.

równaniu z bardziej obszernemi polami Tébessa we wschodniej Algerji i Gafsa w Tunisie. Złoża Tébessa i Tunisu mają większą miąższość fosfatowych pokładów, w Gafsa do 3,20 m, lecz zawartość trójwapniowej soli jest naogół mniejszą (w Tébessa 55—60%, w Gafsa — 62—63%). Fosforyty Tébessa i Gafsa mają wyraźnie oolitową budowę; częściowo zawierają one skorupki diatomowe i radiolarji, przechodząc w prawdziwy trepel fosfatowy. Fosforyty Tunisu i Tébessa zawierają do 8% a nawet do 12% wilgoci i potrzebują poprzedniego wysuszenia co najmniej do 3% wilgoci. Fosforyty obszaru Bordj-Redir zawierają już w pokładach zaledwie 2% wilgoci i mogą być eksportowane bezpośrednio po ich sortowaniu na kopalni. Ogólnem zjawiskiem jest w złożach fosforytu północnej Afryki, że pokłady o większej miąższości zawierają mniej trójwapniowej soli; stąd powstało twierdzenie, że przyczyna tego leży w następnem zbogaceniu pokładów podczas ich tektonicznego (dyslokacyjnego) formowania; niektórzy inżynierowie sądzą, że jednostka powierzchni pola fosforytowego zawiera zawsze jednakową ilość trójwapniowej soli. Zjawiska wtórnego wzbogacenia pokładów fosforytowych ograniczają się jednak tylko do wpływu utlenienia organicznej materji w Bordj-Redir, lub do skupienia trójwapniowej soli w krzemionkowych diatomowych skorupkach i radiolarji w Tébessa i Gafsa; ten ostatni wypadek jest zjawiskiem diagenetycznym w masie iłu diatomowego. Pokłady fosforytowe Bordj-Redir mają cechy utworów syngenetycznych w środowisku ilastych morskich osadów w brzeżnej strefie (ciekawem jest znaczna ilość w fosforytach Bordj-Redir maleńkich pojedyńczych korali) i w lagunach dolno-eoceńskiego morza; ślady muszli świdrujących i ławice ostryg świadczą o takich

pobrzeżnych warunkach osadu; takie zatoki i laguny poprzednio były zupełnie odcięte od morza i w tych wypadkach zostały strącone warstwy gipsu, znajdujące się obecnie w marglach spągowej partji przekroju. Obfitość skorupek diatomowych wodorostów w Tébessa i Gafsa, która może być przyczyną stałego rozpowszechnienia rogowców w serji fosforytowej, pozwala przypuszczać, że taka pobrzeżna strefa mogła być miejscem, obfitującem w pokarm dla zwierząt roślinożernych i mięsożernych, jak rekiny.

Olbrzymia ilość szczątków organicznych w osadach na obszarze tej strefy sprawiła, że woda została nasycona kwasem węglowym i węglanem amonu, co znacznie musiało powiększać zdolność do rozpuszczania fosforanu trójwapniowego $Ca_3 (PO_4)_2$ i węglanów takich szczątków, jak zęby, kości i koprolity. Fosforan, przechodzący w stan rozpuszczalny, przeważnie w postaci fosforanu amonu, reagował na węglan wapna kości i nawet wapieni i zamieniał je w stan soli fosforanu trójwapniowego. Kości zwykle przytem otrzymują ciemną, błyszczącą powłokę, tak charakterystyczną dla nich w serjach fosforytowych skał. Oczywiście, że jednocześnie ze strąceniem takich chemicznych utworów następowała także sedymentacja materjału okruchowego, który mógł wpływać w znacznym stopniu na zmniejszenie w osadach zawartości kwasu fosforowego.

Fosforyty tak Bordj-Redir, jak i Tébessa-Gafsa zawierają fosfor w ziarnach, czyli fosforytowych gruzełkach i w lepiszczu pomiędzy temi ziarnami. Ziarna te są albo drobnemi szczątkami kości, zębów, albo mają kształty kulek, czyli są oolitowe i konkrecyjne o okrągłych lub wydłużonych kształtach, począwszy od bardzo drobnych (0,2—0,3 mm) w Té-

bessa aż do dużo większych w Bordj-Redir; kolor ich waha się od jasno-szaro-żółtego do prawie czarnego. Lepiszcze przedstawia sobą fosforan trójwapniowy, zmieszany z ziarnami kalcytu; można przypuszczać, że fosforan ten jest drugiej generacji; według niektórych badaczy fosforan pierwszej generacji w ziarnach jest w stanie koloidalnym, a fosforan drugiej generacji — w stanie krystalicznym[1]).

Zawartość bitumów w fosforytach jest tak zwykłem zjawiskiem w wielu złożach fosforytów np. czarnych fosforytów Wallis, Pirenejów, Podola i Rosji, że oddawna to już zwróciło uwagę na paragenetyczne stosunki fosforanu i materji bitumicznej. Jest jednak wiele złóż fosforytowych, wyraźnie syngenetycznych, jak fosforowe wapienie kredy północnej Francji, które w niektórych pokładach zupełnie nie zawierają organicznej materji; do takich fosforytów należą także fosforyty Tébessa.

Złoża zwłaszcza Bordj-Redir oddawna były znane z dużej zawartości materji bitumicznej, która powstała z organicznej części, a fosforan z nieorganicznej części skupienia szczątków organizmów, napełniających osady płytkowodne eocenu, które zostały pokryte rogowcowemi wapieniami. Węglowodory w postaci płynnego, lub nawpół płynnego asfaltu znajdują się często w samych pokładach fosforytowych w kalcytowych druzach, jak w złożysku wtórnem; częściej takie wtórne druzy kalcytowe powstają w wapieniu pomiędzy dwoma pokładami fosforytu, jak to napo-

[1]) Najlepsze znane mi badanie chemiczne i optyczne fosforytów Algerji i Tunisu było wykonane przez mineraloga rosyjskiego Samojłowa, Les gisements de phosphate de chaux de l'Algérie et de la Tunisie, Moskwa, 1912.

tkano w tym samym obszarze eocenu w Mzaïta (według Dalloni). W pokładach fosforytu w Bordj-Redir częściej można napotkać nieznaczne szczeliny, z których występuje gaz węglowodorowy w nieznacznej ilości; robotnicy przy mnie zapalali takie gazy. Ilość tego gazu jest jednak tak nieznaczna, że niema żadnego wpływu na czystość powietrza w chodnikach; na pokładzie „grande couche" przewietrzanie kopalni nie wymaga żadnych środków mechanicznych, a na „petite couche" dokonywuje się zapomocą małego wentylatora.

Asocjacja w tych złożach materji bitumicznej i krzemionki w postaci rogowców w wapieniach stropowych, w marglach spągowych i po części w samym fosforycie jest zjawiskiem tegoż rodzaju, co i w złożach ropnych, np. w naszych łupkach menilitowych, łupkach majkopskich Kaukazu i innych. Zdawałoby się, że własności serji fosforytowej Bordj-Redir zupełnie odpowiadają własnościom serji ropnej; rzeczywiście, jest to serja utworów płytkowodnych, lagunowych ze znaczną zawartością organicznej pierwotnej (syngenetycznej) materji. Jednak serja ta nie odpowiada jednemu warunkowi, niezbędnemu dla możności utworzenia się ropnego złoża, a mianowicie nie ma odpowiedniej miąższości i rozciągłości. Grubość fosforytowej serji Bordj-Redir wynosi zaledwie 10 m, w Tébessa 12 m; o ile znanym jest przekrój eocenu Algerji, serja ta nie powtarza się w stopniu większej koncentracji fosforytu; jest to ślad tylko jednego epizodu, mniej więcej regresywnego, w historji geologji tego kraju, podczas ogólnej transgresji eoceńskiego morza; po tym momencie nastąpiła epoka osadu numulitowych wapieni.

Można stwierdzić stanowczo, że fosforytowo-

bitumiczna serja Bordj-Redir jest przykładem syngenetycznej ropnej serji, lecz miąższość i ciągłość serji nie odpowiada warunkom, niezbędnym dla większej koncentracji ropy w złoże.

Parageneza bitumów i fosforytów nasuwa jednak kilka pytań. Po pierwsze, jeżeli fosforyty są zwykle bitumiczne, to dlaczego stopień bituminizacji jest bardzo różny, np. w Bordj-Redir i Tébessa i — zupełnie niezależny od zawartości w nich fosforu. Po wtóre: jeżeli fosfor i bitum mają za źródła te same organizmy, lecz tylko niejednakowe części tych organizmów (materja nieorganiczna i materja organiczna), to dlaczego złoża bitumów zwykle nie zawierają fosforu. Proces koncentracji fosforu jest typowym diagenetycznym procesem w samej masie osadu, który akumuluje się wyjątkowo powoli; zgóry można byłoby przypuszczać, że te warunki są nader niepomyślne dla koncentracji węglowodorów; z chwilą osadu warstwy stropowej, proces koncentracji fosforu musi być przerwany, a jednocześnie węglowodory mogą być zachowane; im więcej było koncentrowo fosforu, tem mniej stosunkowo w tymże osadzie może być węglowodorów. Jednak realne stosunki w takich złożach, jak Bordj-Redir i Tébessa-Gafsa nie zgadzają się z takiem przypuszczeniem i na pierwsze pytanie nie mamy odpowiedzi dokładnej.

Znane, typowe serje ropne, jak w Karpatach, na Kaukazie, w Kalifornji, w Pensylwanji, Mid-Continent i inne są wynikiem wyjątkowo prędkiej sedymentacji, połączonej zwykle z wielokrotnem wahaniem się poziomu morza wzdłuż krańców geosynklin, lub epikontynentalnych obszarów, na których odbywa się sedymentacja; te warunki osadu tłumaczą także zwykłą dla tych seryj znaczną ich miąższość. Dziś mamy

już dowody, że łupki bitumiczne mogą być jednocześnie i fosforytowemi, bez przypuszczenia o wtórnej, epigenetycznej fosforytyzacji, jak znane łupki w stanie Montana; mamy również dowody, że ropa płynna może zawierać fosfor, tak jak ropa w Kalifornji. Organiczny materjał, który może być źródłem ropy i bitumów, nie zawsze może być źródłem fosforu, jeżeli idzie o mikrofaunę i mikroflorę typu planktonu. Oddawna zainteresowany paragenezą bitumów i fosforu, staram się przy każdej sposobności zwracać na tę kwestję uwagę chemików naftowych [1]). Ropne serje, które zawierają dużo szczątków kręgowców, jak ryby np. w łupkach menilitowych, łupkach majkopskich Kaukazu, nadawałyby się do zbadania ich zawartości fosforu. Warunki geologiczne tworzenia się złóż fosforytów i złóż ropnych, jako większych koncentratów w drodze syngenetycznej, wzajemnie jednak wykluczają się; fosforyty są wynikiem fazy regresywnej, złoża ropne—odwrotnie fazy transgresywnej. Obecność fosforu w ropie i w złożach ropnych, o ile fosfor nie jest produktem wtórnym, epigenetycznym, można byłoby uważać za dowód pierwotnego, syngenetycznego utworzenia się samego złoża bitumicznego. Miałoby to pewne praktyczne znaczenie przy krytycznej ocenie zwłaszcza złóż asfaltowych, które często uważają za wtórne bez dostatecznego uzasadnienia, jak to już poruszyłem w swoim czasie w sprawie asfaltowych piasków i wapieni w strefie Jurajskiej we Francji.

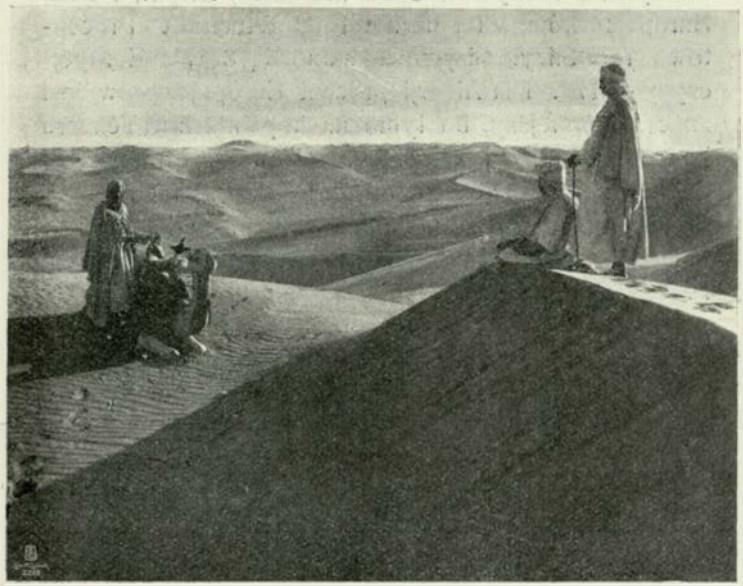
Załączona tu tabela (tab. 1) produkcji fosforytów daje pojęcie o ekonomicznem znaczeniu złóż fo-

[1]) Bogdanovitch, Sur la paragenèse des gisements de bitume avec des gisements de phosphate et de lignite. Congres géologique International, XIII session—Bruxelles 1922.

Tab. 1. Produkcja fosforytów
w tonach metr.

	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922
Algerja	461.030	355.140	225.891	389.211	202.539	198.593	242.186	502.931	398.000	
Tunis	2.284.678	1.427.161	1.389.074	1.695.295	999.326	818.962	815.385	1.222.000	1.828.000	1.958.000
Egipt	101 311	71.945	82.998	125.008	115.732	31 147	29 365	145.072		
Belgja	219.420	105.330	16.350	77.740	138.800	61.700	90.970			
Francja	298 859	270.000	145.000	25.000			103.869			
Rosja	25.000	15.000								
Norwegja	757	750	1.901	2.236	1.832	4.562				
Hiszpanja	3.548	8.312	9.080	14.111	28.148	43.303	25.035	40.000		
Wyspy:										
Angaur	90.000	60.000	30.000	30.009			30.000	30.000		
Christmas	150.005	95.234	24.119	44.200	89.889					
Nauru	150.000	150.000	150.000	150.005	150.000	150.000	150.000	150.000		
Makatea	82.000	72.925	71.742	39.280	32.259	40.000	40.000	40.000		
Ocean	250.000			70.000				200.000		
Japonja	19.047	38.252	57.723	114.389	121.609	191.722	122.868			
Wyspy Indji Zach.:										
Aruba	38.150	86.572	51.000	14.468	3.639					
Curaçao	1.850	11.219	32.915							
Kanada	349	866	197	184	135	127	24			
Stany Zjedn.	3. 068.604	2.752.971	1.873.625	2.177.292	2.652.776	2.530.861	2 465.203	4.170.056	2.064.025	2.417.883
Nowa Zelandja	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000		
RAZEM:	7.254.608	5.531.696	4.066.597	4.969.428	4.544.684	4.050.923	4.125.905	6.509.957		

sforytu dla Algerji i Tunisu; odbudowa złóż fosforytu w Algerji na kopalniach Bordj-Redir, Tocqueville i Tébessa, zajmuje rocznie około 3000 robotników (2604 w r. 1921), a w Tunisie od 9000 do 10000; wartość eksportowanego fosforytu wynosi dla Algerji



Pustynia piasczysta (el erg) w okolicach Touggourta.

i Tunisu więcej jak 100 miljonów franków [1]). Dziś Francuzi prowadzą bardzo energiczne górnicze poszukiwania także i w Maroku, gdzie złoża fosforytów

[1]) L. Berthon, L'industrie minérale en Tunisie. Dir. génér. des travaux publics, Service des mines. Tunis, 1922.

w odległości 150 km na południe od Casablanca mają być poważniejsze nawet od złóż Tunisu [1]).

Dla Algerji nie posiadam odpowiedniej statystyki, lecz dla Tunisu mogę przytoczyć, że w r. 1921 na wszystkich kopalniach fosforytu, rud metalicznych i lignitu było zatrudnionych 14.274 robotników miejscowych, z różnych jednak prowincyj Afryki, i 2539 Europejczyków, w tej liczbie 1969 Włochów. Procentowo robotnicy miejscowi stanowią 83%, a Europejczycy — 17%. Dla Algerji procent Europejczyków jest znacznie mniejszy, bo tylko na kopalniach w Tébessa jest nieco więcej Włochów. Górnicy otrzymywali dziennie: Europejczycy od 7 do 14 fr., a miejscowi od 5,5 do 12 fr., jednak minimalne płace dla różnych kategoryj robotników były odpowiednio mniejsze. Przeciętny procent Francuzów na wszystkich kopalniach Tunisu wynosił zaledwie 1,45%.

---

[1]) Joleaud, Les phosphates du Maroc. Bull. de la Soc. géol. de France. 4 s., XXIII, 3—4, 1923.

Podziemne wody w Saharze.

Z wysokiego płaskowzgórza wschodniej Algerji jedna z dróg do Sahary prowadzi przez Atlas Saharski słynną cieśniną El Kantara. W okolicach Batna, na wysokościach 1000 i więcej metrów, zbierają się wody rzeki Oued El Kantara, która przecina góry Aurès i wyrywa się na równiny Sahary około miasta Biskra na poziomie 100 m. Przeciętny spadek tej rzeki wynosi 10 m na 1 km. Cieśnina El Kantara nosi miejscową nazwę „Foum Es Sahara", czyli „usta Sahary", a starożytni Rzymianie nazywali cieśninę „Calceus Herculis" — przebitą uderzeniem pięty Herkulesa. Rzeczywiście, cieśnina ta jest jednym z najpiękniejszych przykładów erozyjnej doliny przez wysoki krańcowy łańcuch górski, wskutek stopniowego obniżania się bazy erozji po stronie Sahary i wzniesienia wysokich płaskowzgórz w górnej części rzek. Równina okolic Biskra na przestrzeni 50 km dalej na południe obniża się na obszernym chott Melrirh do poziomu—30 m p. p. m.; ten chott stanowi bezpośrednie przedłużenie znacznej depresji, która ciągnie się od wschodniej Sahary do zatoki Gabes w Tunisie.

Około El Kantara dwa wystąpienia triasu z masami solnemi przecinają w jądrach diapirowych fałd utwory kredowe, które dalej na południe chowają się pod lądowemi utworami dolnego eocenu stoków gór Aurès i pod morskiemi miocenu; strome stoki tych gór otacza powłoka lądowego pliocenu. Na południe stąd, niedaleko od Biskra (Hammam salahine — kąpiel świętych), z warstw pliocenu i kredy występuje silne źródło solanki o temperaturze 46°. Cieśnina El Kantara jest położona, jak już było wspomniane, na depresji, która w ciągu kilku geologicznych cza-

sokresów służyła, jako połączenie Sahary z morskiemi przestrzeniami na miejscu Atlasów. Wzdłuż tejże depresji wody pliocenu i czwartorzędu przerznęły grzbiet Aurès; dziś chott Melrirh jest zbiornikiem wody z całego stoku gór Aurès od Biskra do Laghouat na zachodzie. Z południa do tegoż chott zbierają się wody Oued Rirh; ostatnia stacja kolejowa Touggourt jest położona na wysokości 60 m n. p. m. w tem miejscu, gdzie do szerokiej niecki Oued Rirh dobiegają podziemne łożyska dwóch rzek wschodniej Sahary: Oued Igharghar i Oued Mya. Oazy El Kantara i Biskra stoją na wodach El Kantara; dalej na południe duża oaza Mraïer korzysta już z wody podziemnej, otrzymywanej zapomocą studni artezyjskich, jak również i oaza Touggourt i jeszcze dalej na południe oaza Ouargla. Woda podziemnych rzek w sposób naturalny ożywia tylko samotne palmy (tak zwane „bour" — dzikie palmy), lub ich grupy, które stanowią zwykłe motywy krajobrazów Sahary i mniejsze lub większe przestrzenie nędznych kęp trawy, które służą za pastwisko („raba") dla wielbłądów. Oazy posilają się wodą, otrzymywaną sztucznie. Palma daktylowa musi mieć, jak mówią arabowie, „głowę w słońcu, a nogi w wodzie"; bardzo liczne studnie tubylców w oazach Mraïer, Touggourt i Ouargla nie mogłyby zasilać nawet tej ilości palm, która istniała tu od wieków. Dzięki energicznej działalności Francuzów, przez wiercenie studzien artezyjskich stale zwiększa się ilość wody, a równocześnie z tem i ilość palm, która wynosi dziś w Mraïer 125.000, w Touggourt — 170.000, w Ouargla do 500.000; w okolicach Ouargla na przestrzeni promienia 16 km istnieje jeszcze co najmniej do 400.000 palm w stanie zapuszczonym, które Francuzi mają nadzieję doprowadzić do

porządku. W Mraïer, Touggourt i Ouargla otwory wiertnicze osiągnęły już głębokość 100 i 130 m; utwory aluwjalne, wypełniające wszystkie kotliny związane z siecią rzek, mają więc znaczną miąższość; woda, chociaż słodka, zawiera jednak znaczną ilość soli gipsowej i prawdopodobnie nieco nitratów, czem można wytłumaczyć nadzwyczajną własność użyźniającą podziemnych wód Sahary. Większa część otworów daje wodę samopłynną; na przestrzeni niektórych oaz poziom hydrostatyczny podnosi się 1—2 m niżej od powierzchni ziemi; w tych wypadkach arabowie stosują kopane studnie, naprz. w wielkiej ilości w Ouargla i Touggourt.

Wielkie piaski, które leżą prawie nieprzerwaną masą na zachód i południe od Touggourta do Ouargla, mogą być odpowiednim zbiornikiem dla wody atmosferycznej, którą zasilają się podziemne wodne poziomy. Dalej na południo-zachód od Ouargla na przestrzeni do 1000 km kraj przedstawia sobą pustynię piaszczystą (El Erg), otaczającą wzniesienia kredowe; na południe od Ouargla 500 km pustyni dzieli te oazy od płaskowzgórza Hoggar, które wznosi się do wysokości 1250 m n. p. m. Na południo-zachód od masywu Hoggar przestrzeń do 1000 km pustyni piaszczystej zachodniej Sahary i wynurzających się płaskowzgórz kredowych oddzielają wschodnią Saharę od zagłębia Nigeru. Piaski pustyni stanowią prawdopodobnie główny zbiornik dla wilgoci, która następnie wytwarza zbiory wodne; wszystkie większe oazy wschodniej Sahary dalej na zachód są położone również na północ i południe od wielkich piasków El Erg (erg-wydma). Na krańcach kredowych wyniesień w Saharze rozległe oazy (np. w zachodniej Saharze Gourara, Touat, Tidikelt) korzystają z wody,

którą zbierają zapomocą tak zw. „foggara"; są to podziemne galerje o przekroju, pozwalającym pracować człowiekowi; co każde 15—20 m galerje są połączone z powierzchnią zapomocą szybików, przez które wydaje się materjał, wydobyty przy kopaniu galerji; następnie zapomocą tychże szybików utrzymują je w odpowiednim porządku. Taka galerja ma czasem w części początkowej niewielkie rozgałęzienie i głębokość jej założenia w tych miejscach nie jest większa, jak 10—15 m. Galerja zbiera wodę nietylko w swej początkowej części, lecz i w większej części na przestrzeni swego przebiegu. Poziom wodny, zwykle wskutek lekkiego spadku w kierunku jakiejś naturalnej depresji na powierzchni ziemi, ma naturalne wyjście w takiej depresji, która, wskutek ciągłego wyparowywania tej wody, powoli przekształca się w tak zw. „sebkha", czyli słoną, błotną przestrzeń. Zapomocą kilku równoległych „foggara" wodę wyprowadzają ponad taką depresję; cała sztuka miejscowych hydrotechników polega na tem, aby od punktu w galerji, który odpowiada wysokości, na jakiej zamierzono wyprowadzić wodę na powierzchnię, porzucić poziom wodny i dalej prowadzić galerję z takim tylko upadem, aby utrzymać niezbędny przypływ wody. Około oazy galerja wychodzi na powierzchnię ziemi i przedłuża się w odkryty kanał, który następnie rozgałęzia się w miarę potrzeby. Takie galerje mogą być kopane wyłącznie w okruchowych utworach, rozwiniętych wzdłuż podnóża większych wyniesień, jakiemi są kredowe na całej przestrzeni środkowej Sahary, lub na krańcach wysokich hamada około Atlasu, w Fezzanie i innych. Są wypadki, gdzie wodne poziomy w takich masach detrytusowych (detritus — szczątki od rozpadu skał na powierzchni ziemi)

zasilają się wodami, występującemi z głębokich artezyjskich poziomów w pokładach mezozoicznych i paleozoicznych.

Długość wielu foggara przekracza 5 km; tylko w oazach Gourara i Touat istnieje 900 foggara czynnych, ogólnej długości co najmniej 4000 km.

Oryginalnym jest sposób wymierzania ilości wody, przepływającej przez kanawę; używa się do tego aparatu, nazywanego „chefka". Jest to deska czyli blacha miedziana, którą można zupełnie zamknąć przecięcie kanału; na tej blasze jest przeprowadzona stała linja pozioma i zrobiona pewna ilość okrągłych otworów różnej wielkości. Po umieszczeniu tej deski w kanale regulują odpływ wody w ten sposób, aby przy pewnej ilości otworów zakrytych, poziom wody ze strony biegu wody ustalił się na wysokości, wyznaczonej na desce przez poziomą linję; przy zachowaniu tego warunku każdy otwór w desce odpowiada zupełnie określonej i znanej już ilości wody i ogólny debit kanału jest sumą debitów tych poszczególnych otworów. W oazach Gourara i Touat debit foggara wyraża się w 80 m^3 i 75 m^3 na minutę, potrzebnych dla ożywiania 1.000.000 palm, czyli co najmniej 0,14 litra wody na minutę na palmę. Rolland w swojej „Hydrologie du Sahara Algérien" podaje 0,30 litra na minutę na palmę. „Foggara" arabów Sahary jest zupełnie takiem samem urządzeniem, jak „kiaryz" północnej Persji i kraju Zakaspijskiego, gdzie również w ten sposób wyprowadza się wodę podziemną z luźnych utworów okruchowych, pod któremi są pogrzebane podnóża gór. W północnych Włoszech na południu Alp analogiczne urządzenia przedstawiają t. zw. „fontanilli", któremi wyprowadzają gruntową wodę o stałej temperaturze w zimie dla nawodnia-

nia pastwisk owiec, z mleka których wytwarza się znany ser „parmezan". Ponieważ są te same geologiczne warunki zalegania podziemnej spłacheci wody, ludzie w tych różnych krainach stosują jeden i ten sam sposób wykorzystywania podziemnej wody.

W związku z czynnością podziemnej wody w Saharze można obserwować jeszcze jedno ciekawe zjawisko. Warstwy na powierzchni ziemi są nasycone gipsem i chlorkiem sodu wskutek ciągłego wyparowywania wody gruntowej, która podczas swego długiego, podziemnego obrotu zostaje nasyconą temi łatwo rozpuszczalnemi solami, zawartemi choćby w najmniejszych ilościach w utworach aluwjalnych lub detrytusowych; już wahania w stopniu wilgoci powietrza doprowadzają do kolejnego rozpuszczania i strącania tych soli, a tem bardziej wszelkie osady opadów atmosferycznych; to też na powierzchni ziemi powstają tu wszędzie również jak i w pustyniach środkowej Azji kryształy gipsu, złożone właściwie z ziaren piasku, cementowanych gipsem, lecz wykształcone w najpiękniejsze formy krystalizacji gipsu. Druzy takich kryształów, zw. tu „róże pustyni" („debdeb" po arabsku), osiągają czasem znaczne rozmiary. W Saharze dawno już zwrócono uwagę, że piasek na wydmach często jest wilgotny około samej powierzchni ziemi, znacznie wyżej od poziomu hydrostatycznego podziemnej wody; jest to skutkiem czynności włoskowatości lub nawet kondensacji wilgotnego powietrza, obracającego się w powierzchownych warstwach piasku [1]). Wilgoci tej zawdzięcza

[1]) Fakty te są jedną z podstaw znanej teorji Volgera o genezie wody podziemnej niezależnie od ilości opadów atmosferycznych. Nie ulega żadnej wątpliwości, że wilgoć powietrza może być kondensowana w górnych poziomach gleby bez bez-

życie roślinność na wydmach. Skały bardziej zbite, zwłaszcza piaskowce kwarcowe i wapienie, trudniej ulegają rozkładowi zupełnemu i tworzą kamieniste pustynie czyli hamada, około powierzchni których niema takiego włoskowatego obrotu wody; hamada jest mianowicie pustynią, pozbawioną i tej rzadkiej roślinności, jaką można spotkać w pustyni piaszczystej.

Oddawna było wiadomem, że w różnych częściach Sahary znajdują się złoża nitratów alkalicznych, czyli saletry, którą tubylcze plemiona używają do fabrykacji prochu. Miejscowości, w których stale otrzymują saletrę, są położone w okolicach oaz Gourara, Touat i Tidikelt w zachodniej Saharze na licznych tam słonych „sebkha". Znani geologowie, jak Ficheur i Flamand orzekli, że wystąpienia saletry mogą być śladami większych złóż na głębokości. Inni geologowie, jak Gautier, zwracali uwagę, że solonczaki, sebkha, na których zbierają saletrę, zwykle są otoczone oazami i leżą w depresjach pośród oaz, i jest możebne, że saletra pochodzi z wszelkich resztek organicznych, które skupiały się od wieków w granicach oaz. Zainteresowanie się temi złożami zwiększyło się oczywiście podczas wojny i na początku r. 1918 rząd francuski polecił specjalnej misji, złożonej z inżyniera górniczego i chemika, zbadanie tych złóż około Gourara, Touat i Tidikelt[1]). Inż. górn. Guillaume, na

pośredniego osadu opadów atmosferycznych tak w postaci płynnej, jak i twardej; w ogólnym bilansie wody podziemnej taka kondensacja może odgrywać pewną rolę, tem większą, im mniej jest w danym kraju opadów atmosferycznych, jak zwłaszcza w Saharze. Podczas pobytu w Touggourt zauważyłem, że po mroźnej jasnej nocy na piasku pustyni występował szron.

[1]) Guillaume, Rapport sur une mission destinée à rechercher l'existence de gisements de nitrates au Sahara. Ann. des mines, IX, 4-5, 1920.

podstawie badań geologicznych i dokonanych wierceń, dał wyczerpujące sprawozdanie w tej kwestji. Według niego, wystąpienia saletry pochodzą z powierzchni, a nie z dołu, gdzie niema żadnych złóż potasowych. Saletra koncentruje się zwykle po opadach atmosferycznych na samej powierzchni ziemi na głębokości kilku pierwszych centymetrów i wyłącznie na powierzchni samych małych sebkha — na bardzo dużej przestrzeni, choć w niewielkiej ilości. Pierwotnie przypuszczano, że saletra istnieje tylko tam, gdzie zbierano ją przez tubylców; w rzeczywistości ślady saletry są wszędzie, włącznie aż do okolic Biskra i Touggourt na wschodzie Sahary. Saletra występuje tem mniej, im więcej jest podziemnej wody, która w swoim stałym obrocie wyługowuje wszystkie sole; saletra występuje zwykle na małych depresjach na nieprzepuszczalnych warstwach, gdzie woda atmosferyczna wyparowuje się zupełnie i nie ma połączenia z większym obrotem wody. Przyjmując genezę kwasu azotowego z atmosfery, można przypuszczać, że woda wilgoci lub opadu atmosferycznego sprawia bezpośrednie zetknięcie azotu, w postaci nitratu amonu lub wapna, z solami chlorku, przyczem otrzymuje się saletra alkaliczna; sole tak różnego pochodzenia, jak chlorki i nitraty, zostają następnie wyługowane z powierzchni i skoncentrowane w warunkach najbardziej do tego odpowiednich. Woda foggara często zawiera ślady saletry i prawdopobnie, że ślady te woda zbiera około górnej granicy poziomu hydrostatycznego, gdzie tenże poziom najbardziej zbliża się do powierzchni ziemi. Wystąpienie gipsu i chlorków zależne jest od obrotu podziemnej wody i jej ruchu w kierunku powierzchni ziemi wskutek włoskowatości; wystąpienie zaś saletry jest niezależne od obrotu podziemnej wo-

dy i jest tylko wynikiem koncentracji azotu powietrza około powierzchni ziemi.

Wróćmy jeszcze raz do porównania Sahary z pustyniami Azji środkowej.

„Hamada“ i „reg“, „el erg“, „chott“ (i sebkha) Sahary są morfologicznie i genetycznie formami, które w pustyniach Azji zowią—„saj“, „kum“ i „szor“; w Azji rozróżniają jeszcze „takyr“, czyli gładkie poziome powierzchnie, pokryte osadem zbitej gliny i namułu, zwykle na przestrzeniach pomiędzy strefą kamienistych saiów a strefą piasków lotnych; każdy szor jest otoczony przez takyry i przekształca się w nie podczas suchego sezonu. W Saharze dla takich przejściowych form tubylcy nie używają oddzielnej nazwy. Na nizinach Turańskich, nawet w Kaszgarji są formy przejściowe do pustyni piaszczystej, jak stepy piaszczyste, stepy gliniaste i stepy lessowe; w Saharze są tylko hamada i erg — pustynie kamieniste i pustynie piaszczyste i „nebka“ — małe pagórkowate piaski; niema tu form, nazywanych w Azji—półpustynie.

Ilość podziemnej wody tak w pustyni El Erg, jak i na krańcach hamada, która ożywia duże i rozległe oazy, jest tem bardziej zadziwiająca, że górzyste wzniesienia na północy — Atlas z jego biednemi lasami na szczytach Aurès, Hodna i na południu — Hoggar pozostają poza możebnym wpływem wysokich prądów powietrza. Podziemne wody w pustyniach Takła-Makan-kum w Kaszgarji, Kara-kum i Kyzył-kum w nizinie Turańskiej i około jeziora Bałchasz mają dostateczny przypływ wody z górskich łańcuchów, wznoszących się ponad linją stałych śniegów; podziemne wody, sięgające daleko wzdłuż rzek, mogą ożywiać ogromne przestrzenie lasów topolowych (tugrak) naokoło brzegów rzeki Tarym i jeziora Lop-nor,

zarośli saksaułu w nizinie Turańskiej i obszerne stepy. Te lasy są wynikiem procesu naturalnego, a oazy palm Sahary — dziś przeważnie procesu sztucznego. W pustyniach środkowej Azji lasy i krzewy giną miejscami wskutek ciągłego w takim stopniu nagromadzenia w nich osadu pyłu i piasku, że rośliny nie mogą zdążyć za pogłębieniem poziomu wody gruntowej. W Saharze oazy palmowe i pastwiska (raba) często giną wskutek tylko nasuwania się na nich lotnego piasku; utworów analogicznych nagromadzeniu pyłu wśród lasów tugraku i tak zwanemu lessu, rozpowszechnionemu na nizinach i stokach otaczających gór w Azji środkowej, na krańcach Sahary Algierskiej i na krańcach pustyni Libijskiej w Egipcie, gdzie byłem przez dwa miesiące w r. 1910,—nie widziałem. Naokoło Sahary nie istnieją utwory lodowcowe, jak również w Saharze niema rozległych przestrzeni ziemistych aluwjalnych osadów (za wyjątkiem w depresjach sebkha); w Saharze mie może istnieć obrót najdrobniejszego pyłowego materjału: w kierunku od gór utwory lodowcowe — rozległe przestrzenie aluwjalne i w kierunku odwrotnym ku górom — materjał pyłowy. Rozpad mechaniczny skał na hamada nie daje takiej ilości pyłowego materjału, jakie otrzymują i roznoszą stałe rzeki środkowej Azji z gór i płaskowzgórz, pokrytych lodowcami i utworami lodowcowemi. W Saharze istnieją rzeki tylko perjodycznie niosące wodę—„oued", które można porównać z takiemiż perjodycznemi rzekami środkowej Azji, zwanemi w Turkiestanie „saj"[1])

[1]) Zrozumiałem jest dlaczego tubylcy Kaszgarji nazywają „saj" martwe kamieniste szutrowe równiny, a w Turkiestanie słowem „saj" oznaczają potoki perjodyczne; pierwsze są również wynikiem częściowo działania wód „dzikich" błądzących po obszernych równinach u podnóża wysokich gór.

w odróżnieniu od stałych rzek, czyli „darja". Zjawiska „pył idzie" (topa jagdy), znanego w Kaszgarji i na Turańskiej nizinie, w Saharze nie znają. Procesy działalności wiatru w Saharze prowadzą do przeniesienia olbrzymich ilości piasku, nagromadzenia wydm piaszczystych (erg) i nebka — niewielkie wydmy około roślinności, ich rozwiania, i korrozji wiatrowej skał twardych na hamada; nie wiatr jednak stwarza ten nadrobniejszy ziemisty materjał, który nazywamy pyłem; wiatr na nizinach Turańskich i Kaszgarji tylko porywa ten materjał, który został skupiony przedtem przez działalność lodowców i wody. Gdzie niema i nie było takiego materjału, tam działanie wiatru nie może mieć wynikiem ponownego nagromadzenia pyłu, tam nie mogły powstać i utwory lessowe. Procesy działania wiatru w Saharze nie mogą więc służyć argumentem przeciwko wiatrowej (eolicznej) genezie części tych utworów, które ogólnie nazywamy lessem.

Zima jest najbardziej odpowiednim sezonem do zwiedzenia Sahary. Algerja w kierunku z północy na południe przedstawia trzy strefy klimatyczne. Wybrzeże około Oranu, Algeru, Bougie, Bône prawie nie różni się swym miękkim śródziemnomorskim klimatem od rywjery francusko-włoskiej; jest to kraina owoców, oliwy i kwiatów; Algerja dziś jest w liczbie największych producentów wina, które eksportuje się do Francji, gdzie występuje na rynku pod postacią bordeaux. Zimowe miesiące na wybrzeżu i w górach Atlasu Telskiego są dżdżyste; w noc na 21 grudnia, kiedy zginął okręt powietrzny „Dixmude", nad całym Telem Algieru oberwała się burza piorunująca, która pokryła głębokim śniegiem grzbiety gór Djurjura, Hodna i część wysokich płaskowzgórz. Na szerokich równinach: w Atlasie Telskim, jak Chélif, Sidi Bel Abbès, Sétif.

sztuczna irygacja stopniowo rozszerza powierzchnię pól uprawnych i dziś znaczna część zboża wywozi się już do Marsylji. Kolonizacja europejska do półno-

Touggourt.
Jedna z ulic zupełnie przykrytych, z oświetleniem małemi lampeczkami.

cnych i środkowych części Atlasu Telskiego stale wzrasta, lecz nawet przygodny podróżny nie może nie słyszeć tu pewnych obaw ze strony starych francuskich

i hiszpańskich kolonistów co do akcji najnowszej kolonizacji, podtrzymywanej przez grupy, nie budzące zaufania u afrykańskich Francuzów. Więcej południowe części wysokich płaskowzgórz są krajem upalnym latem i chłodnym zimą; przypominają one stepy kirgiskie i wysokie syrty Tian-szanu; hodowla dobrego gatunku owiec pozwala wywozić stąd corocznie do 1.000.000 owiec na pastwiska południowych Alp. Trzecią strefą klimatyczną są południowe stoki Atlasu Saharskiego i północna Sahara; zaczynając od oaz El Kantara i Biskra rozpoczyna się ku południowi zasiąg palmy daktylowej. Na rozpalonych we dnie słonych chott i sebkha i piaskach okolic Touggourt temperatura w nocy w grudniu i styczniu obniża się do zera i niżej. Latem całe życie takich miast, jak Touggourt, skupia się tylko w zupełnie przykrytych zgóry uliczkach.

Nie bez żalu pewnego opuściłem Touggourt i Biskra, znane naszej czytającej publiczności z słynnego romansu „Ogród Allacha", aby udać się z powrotem na południe Francji.

IV. Bauxity południowej Francji.

Południowa Francja do dziś jest jednym z głównych dostawców tej rudy aluminjowej.

Glin czyli aluminjum jest metalem najbardziej rozpowszechnionym w przyrodzie. W składzie twardej skorupy ziemskiej stanowi około 8% (żelazo tylko 4,4%); glin jest jednym z głównych składowych pierwiastków większości skał, za wyjątkiem wapieni i piaskowców, w których jednak zawsze są, jako domieszki, związki glinu. Glin łatwo ulega utlenieniu i w stanie rodzimym nie jest w przyrodzie znanym; wszystkie naturalne związki glinu, za wyjątkiem minerału kriolitu (Na_3AlF_6), są związkami utlenionemi. Zwykle krzemiany najbardziej rozpowszechnione, jak skalenie, feldszpatidy (nefelin i lejcyt zawierają 35,9% i 23,3% Al_2O_3), mika (do 38,4% Al_2O_3), chloryty, pyrokseny, amfibole — zawierają pewną ilość glinu, który koncentruje się w produktach rozkładu tych minerałów, a zwłaszcza skaleni, zwykle w postaci gliny, t. j. związku wodzianu glinu z krzemionką. Koncentracja glinu w postaci czystego tlenku, jak w grupie minerałów korundu, ma miejsce przeważnie w związku ze zjawiskami metamorfizmu kontaktowego. W większej ilości wolny tlenek glinu bywa skoncentrowany tylko w bauxitach, które są też jedyną właściwą rudą aluminjum.

Glin w postaci takiego związku, jak wodzian

glinu z krzemionką, czyli kaolin, był przedmiotem eksploatacji do fabrykacji porcelany w Chinach już sześć wieków przed naszą erą, natomiast aluminjum metaliczne pierwszy raz było otrzymane przez Sainte-Claire Deville w r. 1854, a początek elektrometalurgji w fabrykacji aluminjum datuje się od r. 1885.

Sposoby hutnicze otrzymania aluminjum składają się z dwóch oddzielnych operacyj: pierwsza jest to otrzymanie czystego, bezwodnego tlenku glinu i druga—otrzymanie aluminjum metalicznego. Pierwsza operacja wymaga rudy aluminjowej, a także taniej sody według sposobu Bayera (lub soli glauberskiej według sposobu Peniakowa) i taniego paliwa; druga operacja — taniej energji elektrycznej. Zwykle obie te operacje są przeprowadzane oddzielnie: wytworzenie tlenku glinu ustala się w zależności od ekonomicznych warunków dostarczenia surowca, a wytworzenie metalu—w zależności od taniej energji do otrzymania silnych prądów elektrycznych. Dla wytworzenia 1 kg aluminjum potrzeba 1950 — 2000 gr bezwodnego tlenku glinu i 100—125 gr kriolitu, który używa się jako rozczynnik tlenku glinu przy procesie elektrolizy. Kriolit znajduje się tylko w południowej Grenlandji około Ivigtut w Arsutfjord; produkcja tego minerału, który tworzy masę w postaci sztoku (75% kriolitu i 25% towarzyszących minerałów) pośród granitu i gnejsu, wynosi przeciętnie 10.000 ton rocznie; w r. 1920 produkcja wynosiła 13.928 ton, z których 5.024 ton otrzymały Stany Zjednoczone i Kanada. Kriolit naturalny może być jednak zastąpiony przez sztucznie otrzymywane pałączenia chloru lub fluoru z sodem i glinem.

We Francji fabryki dla przetwarzania surowca w bezwodny tlenek glinu są około Marsylji (Gar-

danne) i około Alais w dep. Gard (Salindres); w Niemczech była taka fabryka na Śląsku około Lissa (Leszno) i około Kolonji, w Anglji—w Larne, w Belgji—w Selzaete. Fabryki dla otrzymania metalu są we Francji w La Praz, Lasaussar i inne w Sabaudji, około l'Argentière (Froges) i Saint-Jean-de-Maurienne (Péchiney) w Basses-Alpes i w Pirenejach (Auzat); w Szwajcarji w Neuhausen, w Badenji w Rheinfelden, w Bawarji około Monachjum, w Austrji w Gastein, w Anglji w Loch Leven (Szkocja) i w północnej Walji (Conway), w Norwegji w Staugfjord, we Włoszech około Rzymu. W Stanach Zjednoczonych rudy surowe przerabiają przeważnie w Chicago, a metal otrzymuje się na Niagarze.

Produkcja aluminjum metalicznego przedstawia się w następujących cyfrach w tonach metrycznych dla poszczególnych krajów (tabl. 2).

Do czasu wojny wszystkie przedsiębiorstwa w Europie, związane z eksploatacją aluminjum, tworzyły jeden syndykat, który pracował prawie wyłącznie na rudach południowej Francji. Handel wytworami aluminjowemi w dużej mierze był skoncentrowany w Niemczech, które importowały w r. 1913 do 15.500 ton aluminjum metalicznego.

Po wojnie francuskie fabryki złączyły się częściowo z norweskiemi (l'Aluminium Française), austrjackie ze szwajcarskiemi, a w Niemczech fabryki te przeszły w ręce rządu państwa, które włożyło w nie podczas wojny co najmniej 400 miljonów marek złotych.

Stale wzrastające zastosowanie aluminjum w technice jest zależne od jego małego ciężaru gatunkowego (2,56), własności kowalnej, zwięzłości i wysokiej ciągliwości. W stanie czystym metal nieco utle-

Tab. 2. Produkcja metalicznego aluminjum

w tonach metr.

	1907	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921
Stany Zjednoczone . .	16.329	29.500	40.600	45.000	63.000	90.700	102.000	90.000	90.000	—
Francja	4.700	13.503	9.967	6.020	9.604	11.066	12.023	12.200	10.000	17.700
Szwajcarja	—	10.000	10.000	12.500	15.000	15.000	15.000	15.000	12.000	—
Niemcy	—	800	800	2.000	8.000	15.000	25.000	15.000	10.000	—
Anglja	3.700	10.000	8.000	6 000	4.000	6.000	14.000	10.000	7.116	—
Włochy	—	874	937	904	1.126	1.740	1.715	1.673	1.200	—
Norwegja	—	2 500	2.500	3.500	6.00	8.000	7.500	4.000	4.000	—
Austrja	—	5.000	4.500	2.500	5.000	5 000	8.000	5.000	2.000	—
Kanada	—	5.916	6.820	8.490	8.800	11.800	15.000	15.000	10 000	—
RAZEM: . . .	32.500	78.093	82.924	86.914	120.230	164.306	200.328	167.874	146.316	—

nia się, więc zwykle używa się aluminjum w stopach z miedzią (aluminjowy bronz). W Ameryce jeden z takich stopów pod nazwą „duralamin“ ma coraz większe zastosowanie przy budowie aeroplanów i samochodów. Do budowy zeppelinu konieczne jest do 9 ton aluminjum najlepszego gatunku, czyli aluminjum o zawartości czystego metalu do 99,5%; do użycia w naczyniach i różnych przyrządach stosują metal o zawartości 99%, a nawet 98%; w metalurgji korzystają z silnej redukującej własności aluminjum do otrzymania czystych metali (Mn, Cr, W) i do spojenia stali (aluminothermie, thermite).

Bauxit jest wodnym tlenkiem glinu o niestałym składzie chemicznym i bardzo zmiennych własnościach fizycznych. Chemiczny skład jego zwykle waha się od $Al_2O_3 . 2H_2O$ do $Al_2O_3 . H_2O$; w tym ostatnim wypadku jest on składu diaspora; bauxit z Gwiany ma skład $Al_2O_3 . 3H_2O$, czyli zbliżony do hydrargilitu. Według Lacroix bauxit zawiera zwykle różne domieszki, lecz w najczystszych formach skład jego jest zbliżonym do składu diaspora. Wszystkie bauxity są substancją koloidalną, prawdopodobnie niejednakowych wodnych tlenków glinu, zmieszaną z wodnemi tlenkami żelaza i krzemionką. Zupełnie słusznie Lacroix zalicza bauxit do skał, a nie do minerałów [1]).

Bauxit ma przemysłową wartość wtedy, o ile zawiera więcej, niż 52% tlenku glinu; jednak w ostatnich czasach były już w odbudowie złoża bauxitu o przeciętnej zawartości Al_2O_3, wynoszącej tylko 45%; takie bauxity są używane na ogniotrwałe cegły i na fabrykację glinowych siarczanów. Materjałem dla wy-

[1]) Lacroix, Minéralogie de la France, III, 1909, str. 342.

tworzenia aluminjum metalicznego może być bauxit o małej zawartości SiO_2 i Fe_2O_3, przyczem zawartość krzemionki jest bardziej szkodliwą; przy stopie bauxitu z alkalami (soda) krzemionka wiąże część tlenku glinu w glinokrzemian alkaliczny Dla przetworzenia w bezwodny tlenek glinu bauxit musi zawierać co najmniej 57% Al_2O_3 i nie więcej niż 3% SiO_2; tlenków żelaza może być do 16—21%. Bauxit, obfity w żelazo, stopniowo przechodzi w złożach w rudę żelazną o bobowej budowie. Bauxit w dużej ilości używa się do fabrykacji sztucznego korundu, czyli alundum, mającego wielkie zastosowanie do cięcia metali.

Bauxit jest masą zbitą lub ziemistą o budowie oolitowej lub brekczjowej; cięż. gat. bauxitu wynosi około 2,55, lecz oczywiście zmienia się w zależności od domieszek, jak również i kolor, który przechodzi od białego do czerwonego. Zewnętrznie bauxity podobne są do gliny, lecz w stanie wilgotnym zupełnie nie są plastyczne, czem właśnie różnią się od gliny.

Skład chemiczny bauxitów jest bardzo różny, jak wykazuje następująca tabela[1]) (tab. 3).

Bauxit różni się składem chemicznym od kaolinu, w którym zawartość krzemionki zawsze jest większą od zawartości tlenku glinu (Al_2O_3—39,6%, SiO_2—45,5%, H_2O — 13,9%); diaspor zawiera Al_2O_3 — 85,0%, H_2O — 15,0%, a hydrargilit (gibbsite) — Al_2O_3 — 65,4%, H_2O — 34,6%. Diaspor tworzy się prawdopodobnie w wyższej temperaturze, niż ta, którą możemy przypuszczać dla tworzenia się bauxitu. Bauxity zawsze zawierają tytan, prawdopodobnie w stanie koloidalnym, jak w produktach rozkładu pierwotnych skał. Bauxit

[1]) Według Hintze, Handbuch der Mineralogie i Lindgren, Mineral Deposits, 1919.

Tab. 3. Skład chemiczny bauxitów

	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	TiO_2	H_2O	CaO	P_2O_5
Francja:							
Villeveyrac (Hérault): biały	76.90	0.10	2.20	4.00	15.80	—	—
	66.50	2.10	15.80	1.20	15.20	—	—
czerwony	65.00	17.60	1.90	1.50	14.00	—	—
Thoronet (Var): czerwony	69.30	2.90	0.30	3.40	14.10	—	—
Transylwanja:							
Biharskie góry (Frasenoissa)	62.02	20.54	2.66	—	13.83	0.93	0.99
„ „ (Cucu)	43.29	2.06	33.89	2.78	14.24	—	—
Kroacja:							
Grgin brieg	50.61	26.89	10.29	—	11.29	—	—
Niemcy:							
Vogelsberg	50.92	15.70	1.10	3.20	27.75	—	—
Stany Zednoczone:							
Arkansas, Pulaski County	62.05	1.66	2.00	3.50	30.31	—	—
Arkansas, —	57.48	2.56	10.64	1.20	28.36	—	—
Georgia, Wilkinson County	57.58	0.96	9.38	2.76	29.12	—	—
Georgia, Floyd County	52.21	13.50	0.80	3.52	27.72	—	—
Alabama, Rock Run	61.00	2.20	2.10	—	31.58	—	—
Alabama, Jacksonville	48.92	2.14	21.08	2.52	23.41	—	—

o składzie $Al_2O_3 . 2H_2O$ zawiera metalicznego aluminjum 39,13%, a więc na jedną tonę metalu muszą być zużyte cztery tony bauxitu.

We Francji w r. 1914 tona bauxitu 60% kosztowała 20 franków, a w Stanach Zjednoczonych przeciętna cena była 4,87 dolara; w r. 1920 wartość tony bauxitu w Stanach Zjednoczonych była już od 8 do 12 dol. loco - kopalnia. Francuskie bauxity dziś mogą, zdaje się, z powodzeniem konkurować z amerykańskiemi na rynkach europejskich i produkcja kopalń stale wzrasta.

Produkcja bauxitu w tonach metrycznych w różnych krajach wyraża się w następujących cyfrach (tab. 4).

Geneza bauxitu i jego złóż. Oddawna już zwrócono uwagę, że bauxity mają wiele podobieństwa do laterytu[1]), czyli do czerwonej gleby krajów podzwrotnikowych. Badania, dokonane przez Bauera i Lacroix, stwierdziły, że lateryty Madagaskaru, Senegalu, Sudanu, Kongo i innych krajów zwrotnikowych są to masy zbite lub ziemiste, czerwonego lub żółtego koloru, o budowie czasami konkrecyjnej lub oolitowej; często masa taka zawiera gniazda brunatnego żelaziaku lub białej substancji bauxitu. Lateryt jest mieszaniną wodnych tlenków żelaza i gliny z mniejszą lub większą domieszką krzemionki. Lateryt jest produktem rozkładu różnych skał i często pierwotna struktura skały występuje w nim zupełnie widocznie. Wskutek następnego przepłókania przez wody atmosferyczne taki lateryt, znajdujący się na miejscu swego utworzenia się, daje wtórne masy

[1]) Clarke, The Data of Geochemistry. U. St. Geol. Surv. Bull. № 493. Wzorowy zarys o laterycie. Literatura.

Tab. 4. Produkcja bauxitu
w tonach metr.

	1913	1916	1917	1918	1919	1920	1921
Stany Zjednoczone	213.615	431.923	577.817	615.443	382.610	529.675	141.790
Francja	309.294	106.170	120.883	—	160.865	266.700	84.942
Wielka Brytanja	8.282	10.495	14.960	9.743	9.369	11.197	2.305
Włochy.	6.952	8.887	7.789	7.800	2.972	37.360	49.100
Indje	1.203	762	1.385	1 211	1.709	3.995	4.728
Gwiana Brytyjska	—	—	2.790	4.266	1.999	31.883	12.584
Hiszpanja	—	—	—	—	1.780	540	184
RAZEM:	539.326	558.237	725.624	—	561.304	881.350	295.633

laterytu, które są także i nazewnątrz bardziej podobne do bauxitu. Lateryty mogą zawierać i prawdziwe złoża bauxitu, jak w Gwianie Brytyjskiej, lub częściej złoża rudy żelaznej, jak znane złoża Mayari na wyspie Kuba, lub rudy manganowej w Indjach Brytyjskich. Chociaż lateryty powstają przez rozkład eluwjalny każdej skały tak wybuchowej, jak i osadowej, lecz najbardziej odpowiedniemi do tego procesu laterytyzacji są, zdaje się, serpentyny i wapienie.

Proces laterytyzacji nie jest więc procesem zwykłego rozkładu eluwjalnego, wynikiem którego w warunkach klimatycznych na średniej szerokości są gliny, czyli krzemianowe związki wodnego tlenku glinu; proces ten posunięty jest dużo dalej, ponieważ zostają rozłożone i te krzemianowe związki z oswobodzeniem wodnych tlenków glinu, często w postaci krystalicznego hydrargilitu. Bauer i Van Bemmeln stwierdzili, że w początku procesu laterytyzacji krzemianowych skał powstaje również koloidalny, wodny tlenek glinu, który następnie przetwarza się w krystaliczny hydrargilit. Bauer dowiódł, że w laterytach znajduje się także wodny krzemian glinu w postaci typowych kaolinów, które można napotkać tem rzadziej, im dalej posunięty jest proces laterytyzacji. Głównym czynnikiem rozkładu skał w gliny w warunkach klimatycznych średniej szerokości jest obfitość humusu; przypuszczano, że na tem polega różnica pomiędzy procesem rozkładu w gliny i procesem laterytyzacji. W rzeczywistości i w warunkach klimatycznych zwrotnikowych dokonywuje się proces rozkładu w gliny, lecz w pierwszem stadjum procesu laterytyzacji. Natomiast w warunkach klimatycznych na średniej szerokości proces odłączenia krzemionki z gliny zostaje wstrzymanym; proces kaolinizacji pro-

duktów rozkładu jest ostatecznym wynikiem zwietrzenia skał, a w innych warunkach krzemionka zostaje oddzieloną ostatecznie i powstaje lateryt. Edwards[1]), na podstawie dokonanej znacznej ilości analiz glin w Stanach Zjednoczonych, doszedł do wniosku, że na 244 wypadki w 150 zawartość w glinach tlenku glinu jest większą, niż to jest potrzebne według wzoru chemicznego kaolinu. Również i w Rosji były zbadane niektóre gliny z większą zawartością Al_2O_3, niżeli w normalnych kaolinach Jednak pozostaje ogólnem prawem, że laterytyzacja jest procesem regjonalnym tylko w warunkach klimatu zwrotnikowego. Warunki klimatyczne, czyli przewlekła działalność wody gruntowej, wilgoci i temperatury, są jednym z czynników, określających zwietrzenie w drodze kaolinizacji, czy też laterytyzacji; innych czynników dla laterytyzacji narazie jeszcze nie znamy. Można przypuszczać, że jest w tem przyczyna wpływu kwasu azotowego z powietrza podczas burz zwrotnikowych; inni przypuszczają nawet wpływ biologicznych czynników, jak bakterje. Według Walthera[2]) lateryt krajów zwrotnikowych jest utworem w warunkach klimatu nie dzisiejszego, a w warunkach innych, możebne, że podczas epoki lodowcowej; rzeczywiście lateryty tu są już pokryte innemi utworami (żółtemi, brunatnemi) gleby, w niektórych miejscach do 7 m miąższości.

Analogja pomiędzy bauxitem i laterytem znalazła potwierdzenie w wynikach badania złóż bauxitu w Ar-

---

[1]) Edwards, The occurence of aluminium hydrates in Clays. Econ. Geology, IX, 2, 1914.

Mead, Occurence and origin of the bauxite deposits of Arkansas, Econ. Geol, X, I, 1915.

[2]) Walther, Das geologische Alter u. die Bildung des Laterites. Petterm. Mitt, 1916.

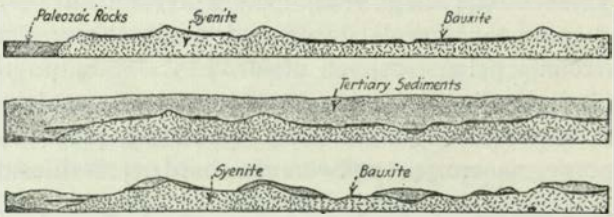
kansas, gdzie główne pola odbudowy znajdują się na południo-zachód od miasta Litle Rock w Bauxite District (Saline District, Bryant Distr., Fourche Distr.) i mniejsze — około samego miasta (Pulaski Distr.). Dwa obszary, a mianowicie Bryant i Fourche, dają do 80% całej produkcji Stanów Zjedn.

Znaczne masy nefelinowego sienitu tworzą tu intruzje w pofałdowanych paleozoicznych utworach i zostały odkryte przez następną erozję. Nierówna powierzchnia sienitu, który uległ znacznemu rozkładowi, została pokryta utworem bauxitowym; następnie cały ten obszar uległ erozji pod wpływem bieżących wód, prawdopodobnie trzeciorzędowego okresu, i powierzchnia paleozoicznych utworów i sienitu pokryła się lądowemi glinami, piaskami i szutrami, zawierającemi soczewice lignitu. Masy sienitowe, jako więcej odporne na erozję, wytworzyły bardziej wzniesione części takiego wyrzeźbienia trzeciorzędowego, a pokrywające je masy bauxitu były częściowo zmyte i nawet przeniesione w topograficzne depresje i ku krańcom sienitowego obszaru, gdzie często znajdują się bauxity w przewarstwowieniu z trzeciorzędowemi piaskami i szutrami. Erozja czasu dzisiejszego odkryła warstwy trzeciorzędowe, a pod niemi masy sienitu z leżącemi na nich złożami bauxitu (rys. 8).

Można więc tu rozróżnić złoża bauxitu pierwotne (a) i wtórne (b); przemysłowe znaczenie mają tylko pierwsze. Zwykle mają one miąższość około 11,5 stóp, lecz w niektórych miejscach znacznie większą, do 35 stóp; rozmiary w kierunku pionowym są bardzo różne w zależności od postępu erozji, która zburzyła pierwotne złoża. Spąg masy bauxitu zwykle jest nader nierówny i nieprawidłowy; sienity spągowe często tworzą znaczne wzniesienie wpoprzek całej masy

bauxitu; do 40% materjału, który odbudowują, idzie w tym wypadku na hałdy.

Wyróżniają tu trzy gatunki bauxitu. Najbardziej zwykłym jest bauxit oolitowy, złożony właściwie z koncentrycznych skorupkowatych skupień wielkości od mikroskopijnej do 1 cala i więcej w przecznicy; takie konkrecje leżą w ziemistej masie bauxitu; przy zwietrzeniu takiego bauxitu na powierzchni przyjmuje on postać szutru (ruda w otoczakach—gravel ore). Drugi gatunek zowią tu „rudą granitową" albo „gąbkowatą"



Rys. 8. Poprzeczne przekroje objaśniające genezę złóż bauxitu w Arkansas (według Mead).

Paleozoic Rocks — skały paleozoiczne; Syenite — sienit; Tertiary Sediments — utwory trzeciorzędowe, nagromadzone po fazie zwietrzenia bauxitowego.

(granitic ore, sponge ore); w tym drugim typie można rozróżnić pierwotną budowę sienitu w różnym stopniu konserwacji; zwykle ten gatunek bauxitu leży pod bauxitem oolitowym i stopniowo do góry przechodzi w taką oolitową rudę, w której szczątki skaleni sienitu stopniowo zostają zastąpione przez bauxit w postaci krystalicznego hydrargilitu; natomiast do dołu przechodzi ten granitowy bauxit w kaolinizowany sienit, który swoją drogą stopniowo ustępuje miejsca świeżej skale. Trzecim gatunkiem rudy, naj-

mniej rozpowszechnionym, jest bauxit bezpostaciowy, którego zewnętrznie trudno odróżnić od gliny; zwykle jest on domieszką do rudy oolitowej i stopniowo w nią przechodzi.

Wszystkie te gatunki bauxitu stopniowo przechodzą w kaolin, co znacznie utrudnia odbudowę złóż, ponieważ potrzebnem jest oddzielenie bauxitu od płonnych części. Kolor bauxitu waha się od ciemnoczerwonego do mleczno-białego; te białe części zwykle są już kaolinem. Chemicznie bauxity Arkansasu w każdem złożu zmieniają swój skład od hydrargilitu (65,5% Al_2O_3, 34,5% H_2O) do kaolinu (39,5% Al_2O_3, 46,5% SiO_2, 14,0% H_2O); w niektórych wypadkach są metasomatyczne przejścia od bauxitu do syderytu, który powstał jako wtórny produkt w utworach trzeciorzędowych, zawierających dużo organicznego materjału. Mineralogicznie składową częścią tutejszego bauxitu jest hydrargilit w dwóch postaciach: krystalicznej i koloidalnej; pierwsza przeważa w rudzie granitowej, a druga—w oolitowej. Geneza rudy oolitowej z granitowej nie ulega tu wątpliwości, a więc koloidalna forma powstaje tu z krystalicznej, a nie odwrotnie, jak to przyjmują dla laterytu.

Stopniowe przejścia mineralogiczne i chemiczne od sienitu przez części kaolinizowane do bauxitu stwierdzają niezbicie eluwjalną genezę bauxitu Arkansasu (tab. na nast. stronicy).

Bauxit Arkansasu jest nadzwyczaj porowaty: do 40 i 60%, co stanowczo nie pozwala uważać tej skały za produkt normalnej sedymentacji; bauxit i otaczające go gliny zawierają jako domieszki te same minerały (cyrkon, piryt, baryt, fluoryt), które znajdują się i w świeżym sienicie; domieszki te nie są bynajmniej w bauxicie rozsortowane według ciężaru gatun-

kowego, co musiałoby się zaznaczyć przy sedymentacji.

W masie bauxitu uwidoczniają się pewne wtórne zmiany, a mianowicie w stopniowem zwiększaniu się zawartości wodzianu glinu do dołu; górne 1, 5—2 stopy są znacznie więcej krzemionkowate i te zwalają na hałdy. Takie wyługowanie z powierzchni tlenku glinu prowadzi do tworzenia się na większej głębokości

	Sienit świeży	Sienit częściowo kaolinizowany	Sienit zupełnie kaolinizowany i zawierający bauxit	Bauxit
SiO_2	58,00	52,64	39,80	10,64
Al_2O_3	27,10	29,56	37,74	57,48
Fe_2O_3	1,86	1,06	1.60	2,56
FeO	3,30	0,80	0,10	0,20
MgO	0,25	0,00	0,00	—
CaO	1,62	0,00	0,00	—
Na_2O	6,70	4,46	—	—
K_2O	0,25	0,44	—	—
TiO_2	0,40	1,20	3,30	1,20
H_2O	1,22	9,00	17,00	28,36

form konkrecyjnych. Tak zwana pizolitowa budowa bauxitu musiała powstawać w samem środowisku bauxitowej masy granitowego, lub amorficznego typu; nie jest więc ta budowa właściwie oolitową, która powstaje w środowisku wodnem podczas sedymentacji chemicznych utworów. Pizolitowa budowa bauxitu jest tylko jednym z przykładów budowy konkrecyjnej, jak w rudach żelaziaka brunatnego lub w bobowych.

Gliny, towarzyszące bauxitowi, są również dwóch typów: jedne gliny są masą porowatą i komórkowatą, która zachowuje budowę sienitu i przedstawia skupienia ziaren kaolinizowanego skalenia; typ ten leży

przeważnie w dolnych częściach złóż; porowatość gliny zależy właśnie od rozkładu i wyeliminowania nefelinu. Drugim typem glin jest masa zbita i nieprzepuszczająca wody, powstała widocznie ze zgniecenia i sprasowania części skały kaolinizowanej; te właśnie gliny stanowią masy płonne, przerzynające bez żadnego porządku całe złoże bauxitu. Takie zbite gliny nie ulegały procesowi następnej bauxityzacji, dla której potrzebna była pewna porowatość glin. Oczywiście, cały proces bauxityzacji odbywał się w okresie trzeciorzędu, kiedy warunki klimatyczne były inne, niż dzisiejsze; to, co dzisiaj nazywamy bauxitem, było laterytem tamtego czasu.

Lateryty strefy podzwrotnikowej i bauxity Arkansasu pozwalają ustalić, że substancja bauxitu i złoża jego mogą powstać w drodze eluwjalnego rozkładu krzemianowych skał, które przechodzą poprzednio przez stadjum przejściowe kaolinizacji, a następnie laterytyzacji, czyli bauxityzacji, w najbardziej pomyślnych warunkach klimatycznych dla całego obszaru i—fizycznych własnościach samej skały (porowatość).

Ta droga genezy złóż bauxitu nie jest jedyną. Związek złóż bauxitu z wapieniami i dolomitami, tak w górach Biharskich [1]) w Transylwanji, jak również w krasowym obszarze Dalmacji i Kroacji [2]), nie mógł nie zwrócić uwagi, że bauxit może być ostatecznym produktem zwietrzenia i wyługowania znacznych mas wapieni tytońskich w górach Bihar, lub triasowych w Kroacji i eoceńskich w Dalmacji, lub syrulskich

[1]) Pauls, Die Aluminiumerze des Bihargebirges und ihre Entstehung. Z. f. prakt. Geologie, 1913, 12.

[2]) Kispatić, Bauxite des kroatischen Karstes und ihre Entstehung N. Jahrb f. Min., Geol. u. Pal Beilage Band 34, 1912.

Tućan, Terra rossa, deren Natur u Entstehung. Ibid.

w Georgji i Alabamie [1]). Doświadczenia Tuczana wykazały, że od rozpuszczenia wapieni i dolomitów krasowej krainy Kroacji pozostaje wkońcu podobna do gliny koloidalna substancja o składzie chemicznym $Al_2O_3 . H_2O$ (sporogelit według Kispatić), zabarwiona na kolor czerwony tlenkami żelaza lub odwrotnie na kolor biały, z domieszką diasporu, hydrargilitu, dystenu, epidotu i in. Zupełnie ten sam skład chemiczny, z temiż domieszkami, ma także „terra rossa" naturalna, czyli pozostałość ze zwietrzenia wapieni na obszarach krasowych. Wobec tego nietrudno było dojść do wniosku, że terra rossa jest bauxitem czasu dzisiejszego, a bauxit jest tylko terra rossa czasów geologicznych. Jednak i według analiz Tuczana, skład terra rossa różni się pod względem stosunku ilościowego Al_2O_3 i SiO_2 od bauxitu znacznie więcej, niż bauxit od laterytu. Luźne produkty zwietrzenia wapieni i dolomitów podczas lądowej fazy odpowiedniego geologicznego czasokresu musiały pokryć powierzchnię lądu i jego krasowe formy powłoką terra rossa; w miarę denudacji powierzchni masa tego utworu ulega zmyciu, przeniesieniu i sedymentacji w najniższych częściach krasowego obszaru; budowa oolitowa bauxitu jest wynikiem wtórnego przekształcenia i procesów konkrecyjnych. Na wapieniach podczas tej fazy procesu mogą powstawać formy metasomatyczne w drodze zastąpienia wapieni pod wpływem roztworów, zawierających Al_2O_3 i Fe_2O_3.

Co do postaci, w jakiej może znajdować się w wapieniach substancja o składzie bauxitu, to jedni geologowie (Bergeat, Lahman) przypuszczają, że znajduje

[1]) Hayes, Bauxite. 16 Ann. Report U. St. Geol. Surv., Part III, 1895.

się ona w postaci krzemianu glinu w mieszaninie ze szczątkami skaleni, a drudzy (Pauls, Tućan, Kispatić) twierdzą, że jest ona w postaci koloidalnego wodzianu glinu, który pozostaje się po zwietrzeniu wapieni w formie terra rossa. Tuczan właśnie twierdzi, że resztka od rozpuszczenia wapieni nie jest krzemianem pochodzenia allotigenowego (mechanicznego), jak popiół wulkaniczny, pył meteoryczny i t. d., które według Neymayera i Murray'a stanowią domieszkę do wapiennego osadu na dnie oceanów, czyli w czerwonym ile głębokiego morza. Według Tuczana koloidalny wodzian glinu jest autigenowym (chemicznym) składnikiem wapiennego osadu; może on powstać, jako wynik reakcji węglanów sodu i amonu na sole glinu w wodzie morskiej. Według Murray'a i Irvinga, krzemiany glinu, t. j. cząsteczki iłowe, znajdujące się w wodzie morskiej w stanie zawieszonym, ulegają rozkładowi pod wpływem działalności diatomowych wodorostów, które w ten sposób asymilują krzemionkę, niezbędną do ich istnienia. Oczywiście autigenowa, czy też allotigenowa terra rossa, pierwotnie znajdująca się w wapieniach, nie tworzy jeszcze złoża bauxitu, a daje tylko materjał rozproszony, który następnie musi ulec koncentracji, aby powstało rzeczywiste złoże.

Możemy więc przyjąć również genezę złóż bauxitu drogą eluwjalnego rozkładu wapieni, lecz niezależnie od procesów laterytyzacji i koniecznych do tego specjalnych warunków klimatycznych; w tym wypadku sama substancja wodzianu glinu powstaje w wodnem środowisku syngenetycznie wraz z zawierającym go wapieniem na dnie morza, a złoża bauxitu są wtórnemi eluwjalnemi złożami (złoża gór Biharskich, Kroacji). Złoża bauxitu pochodzenia laterytu są eluwjal-

ne, lecz pierwotne, ponieważ substancja bauxitu tworzy się dopiero wskutek samego procesu laterytyzacji (złoża Arkansas, Vogelsberg w Niemczech) [1]) w skorupie zwietrzenia. Lecz w obydwóch wypadkach złoża bauxitu mogą powstać tylko jako utwory lądowe w czasokresie pomiędzy dwoma zanurzeniami krainy pod poziom morza podczas bardzo przewlekłego czasokresu (Arkansas, Bihar).

Złoża bauxitu, które powstają przez przepłókanie innych skupień o genezie poprzedniej, możemy nazwać wtórnemi, aluwjalnemi; do tego typu należą wspomniane złoża bez przemysłowej wartości w Arkansas i niektóre skupienia bauxitu w górach Bihar, a także częściowo niewielkie złoża w Georgji (Dyke district) i w Irlandji w hrabstwie Antrim (Glenariff Valley).

Wreszcie nie jest wykluczonem, aby bauxitowa substancja nie mogła być osadzoną syngenetycznie z chemicznym osadem wapiennym na dnie morza, jednak w postaci materjału okruchowego, który został przepłókany i wyniesiony z innych pierwotnych złóż; według Paulsa, odbywało się to częściowo w złożach gór Bihar, gdzie bauxit mógł być związany z laterytyzacją skał wybuchowych na wschodzie, w górach Siedmiogrodu.

Możebnem jest także, że wodzian glinu zostaje strąconym przez reakcję ciepłych siarczanych roztworów glinu na wapienie (według Hayes dla bauxitu Georgji i Alabamy, według Cole dla bauxitu w Antrim), lub na krzemiany bazaltu (według zdania Mün-

[1]) Münster, Die Brauneisenerzlagerstätten des Seen — und Ohmtals am Nordrand des Vogelsgebirges. Z. f. pr. Geol., 1905, 6—7.

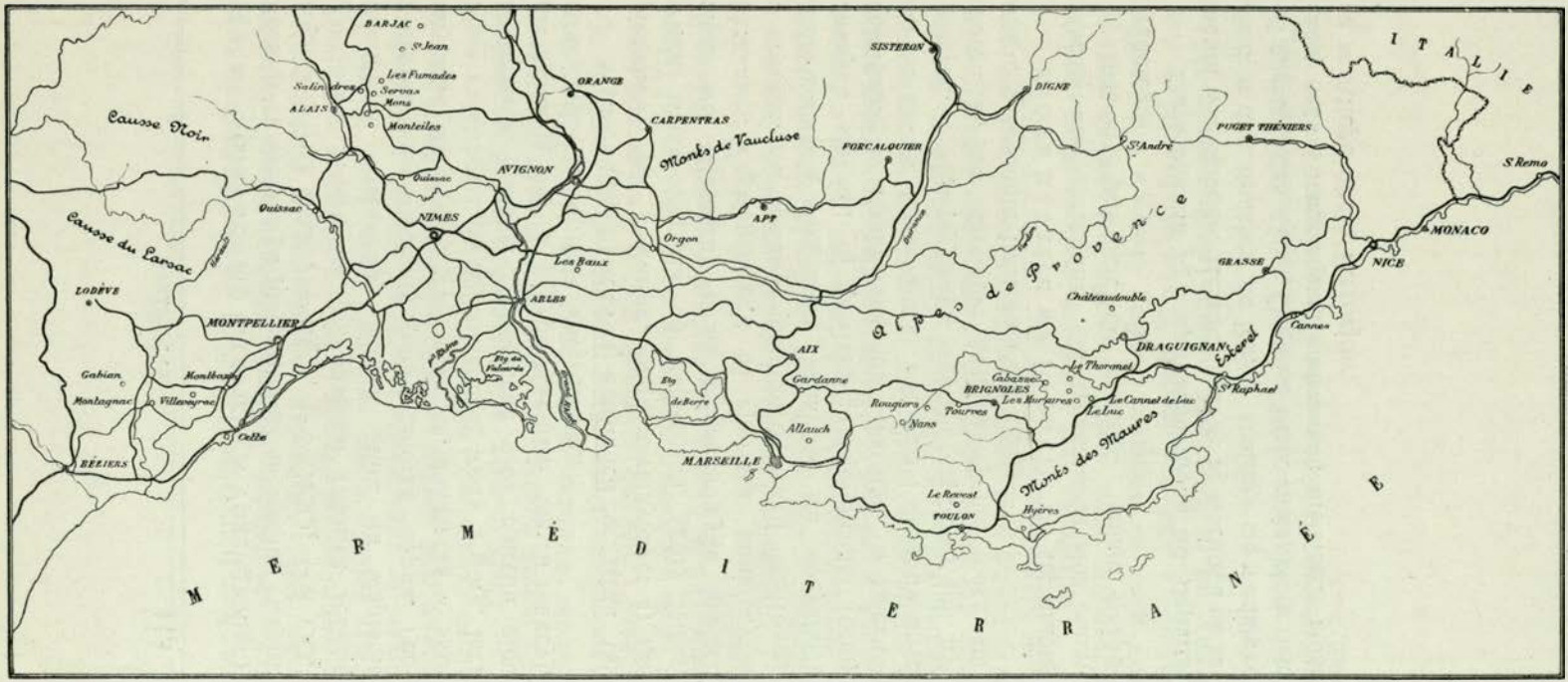
stera i Delkescamp dla bauxitu w Vogelsgebirge). Reakcja ta może być przeprowadzona według wzoru: $Al_2/SO_4/_3 + 3\ CaCO_3 = Al_2O_3 + 3\ CaSO_4 + 3\ CO_2$.

Stan. Meunier przypuszczał również reakcję termalnych roztworów chlorku glinu na wapienie z utworzeniem wodzianu glinu i chlorku wapna. Teoretycznie takie reakcje są możebne, zwłaszcza w skorupie zwietrzenia przez działalność wody z góry, lecz rzeczywiste warunki geologiczne złóż bauxitu albo nie zgadzają się z przypuszczeniem takich reakcyj, albo czynią je zupełnie zbytecznemi.

Koncentracji bauxitowej substancji w złoża tak pierwotne, jak i wtórne, mogą towarzyszyć: a) zjawiska metasomatyzmu na wapieniach (góry Bihar, złoża we Włoszech) i na krzemianowych skałach (Arkansas, Vogelsgebirge); b) zjawiska konkrecyjne z utworzeniem budowy pizolitowej, czyli oolitowej, które stanowią stałą cechę bauxitów we wszystkich znanych złożach; 3) zjawiska przekształcenia formy koloidalnej w krystaliczną, lub odwrotnie, w zależności od zmian temperatury, ciśnienia i długotrwałości procesu, a więc przewaga krystalicznej formy (np. hydrargilitu), lub odwrotnie koloidalnej nie może stanowić o sposobie tworzenia się złoża.

Złoża bauxitu we Francji. Po tej długiej przedmowie, niezbędnej .dla zrozumienia złóż bauxitu, możemy powrócić do naszego tematu bezpośredniego.

Złoża bauxitu są rozpowszechnione od departamentu Var do dep. Hérault (rys. 9) ze wschodu na zachód; w dep. Bouches du Rhône znajduje się niedaleko od miasta Arles około Orgon i Baux złoże, które dało samą nazwę omawianemu surowcowi; niewielkie złoża są w Ariège około Pirenejów.



Rys. 9. Mapa rozpowszechnienia złóż bauxitu na południu Francji.

Z 4 departamentów głównym dostawcą bauxitu jest Var (tabl. 5 w metr. tonach):

Więcej niż połowa całej produkcji idzie na eksport przez porty Toulon i Saint-Raphael[1]), dziś jednak produkcja nie osiągnęła jeszcze przedwojennej.

W dep. Hérault około Villeveyrac, niedaleko od Montpellier, masy bauxitu leżą na wapieniach oxfordu i pokryte są nierównomiernie utworami słodkowodnemi górnej kredy (danien) i dolnego eocenu (garoumnien); pokłady oxfordu tworzą fałdy, na przełomach których bauxit tworzy gniazda i worki. Nieco dalej na zachód około Saint-Chinian bauxit leży pomiędzy utworami piętra duńskiego i wapieniami liasu. W dep. Ariège (Canal i Pech de Foix) złoża bauxitu zajmują miejsce pomiędzy wapieniami górnej jury i piętra aptskiego kredy. W Baux bauxit leży pomiędzy aptem i piętrem duńskiem.

W dep. Var bauxity są stwierdzone na znacznej przestrzeni po obydwóch stronach miasta Brignoles, na gruntach komun Le Luc, Cabasse, Thoronet, Rougiers Vieux, Tourves, Nans i innych. Największe kopalnie są około stacji kolejowej Le Luc et le Canet na głównej linji Par.-Lyon-Médit., o 4 km od stacji na północ. Złoża około Tulonu w Revest (rys. 9) i około Marsylji w Allauch czasowo są zaniechane.

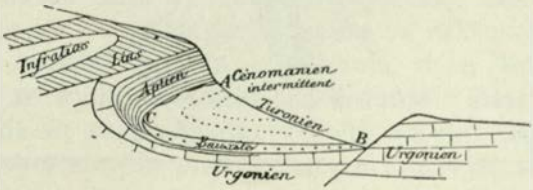
---

[1]) Około Marsylji wykonywa się obecnie bardzo ciekawa inżynieryjna budowa. Port Marsylji łączą kanałem żeglowym z Rodanem; część kanału przez góry d'Estagne od portu morskiego do jeziora Berre na przestrzeni 7,12 km stanowi tunel (Rove tunnel), rozmiary którego przekraczają rozmiary największych tuneli metropolitenów; wysokość tunelu jest 15,4 m, największa szerokość—22 m, głębokość wody — 4 m. Budowa była rozpoczęta przed wojną, a po wznowieniu robót w r. 1920 koszty budowy tunelu były określone na 111,5 miljonów fr.

Tab. 5. Produkcja bauxitu we Francji.

	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920
Ariège	1.900	4.000	3.100	3.150							
Bouches du Rhône	7.800	6 742	6.500	4.270							
Hérault	25.900	36.405	46.000	43.800							
Var	160.456	207 684	203.329	258.074							
RAZEM . .	196.056	254.831	258.929	309.294			106.170	120.883		160.865	266.700

Okolice Le Luc są złożone z czerwonych łupków, margli i piaskowców permskich oraz pstrego piaskowca dolnego triasu, które ciągną się od Tulonu do St. Raphael, pokrywając łupki krystaliczne, granity i porfiry tej części francuskiej rywjery. Na północy nad triasem wznoszą się pierwsze odnogi Alp nadmorskich, złożone z wapieni liasu i jury środkowej; w fałdach często obalonych (rys. 10) pozostały, zaciśnięte i pokryte utworami jurajskiemi, pokłady kredy od dolnego aptu (urgonien) do turonu. Około



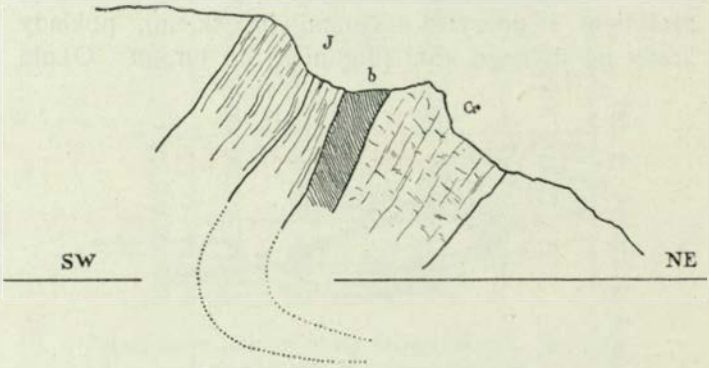
Rys. 10. Przekrój przez złoże bauxitu w okolicach Tulonu (według M. Bertranda).

Brignoles masy bauxitu zajmują stałe miejsce na dolomityzowanych wapieniach urgońskich i są pokryte wapieniami turońskiemi z hipurytami. Złoża mają wyraźnie charakter pokładowy z gniazdami i workami na nierównej powierzchni wapieni urgońskich. Bardziej złożony charakter mają złoża Le Luc (Sté. anonyme des bauxites de France; Marseille, 67 rue Breteuil).

Złoża występują na północnym stoku niewysokiego grzbietu, w postaci pokładowej masy o znacznej miąższości (rys. 11), która zalega prawie prostopadle. W stropie tej masy leżą zbite wapienie środkowej jury, a w spągu wapienie kredowe, co do wieku których nie mogłem otrzymać dokładnych danych;

cały układ jest więc częścią synklinalnego fałdu, obalonego ku północy.

Roboty górnicze były rozpoczęte bezpośrednio pod powierzchnią odkrywkami i stopniowo przeszły w odbudowę podziemną, jak przy grubym pokładzie o stromym upadzie. Grubość masy bauxitu wynosi co najmniej 15 — 20 m i ze strony stropowej czyli



Rys. 11. Przekrój przez złoże bauxitu w Le Luc.
J—wapienie jurajskie, Cr—wapienie kredowe, b—masa bauxitu.

geologicznie ze strony podkładu, granica masy bauxitu i wapieni, pofarbowanych nieco na kolor brunatny i czerwony tlenkami żelaza, jest jasną. Ze strony spągowej, czyli geologicznie nadkładu, bauxity zmieniają znacznie swój zbity, jednolity charakter, przechodząc w bauxit bardziej brekczjowy i zawierający mniej wodzianu glinu; w wapieniach kredowych czasami można napotkać otoczaki bauxitu, co stwierdza niezgodny charakter uwarstwowienia.

Wydany z kopalni i ręcznie oczyszczony bauxit dostarczają kolejką elektryczną (4 km) do stacji sortującej, leżącej wysoko ponad wioską Le Luc; tutaj

rudę segregują na gatunki, według wielkości kawałków (triage) i zapomocą linowej kolejki (1800 m) dostarczają ją do stacji kolejowej na wagony. Odbudowa złoża jest bardzo tania; koszty własne tony rudy wynosiły do wojny loco - port. St. Raphael 12—14 fr., z których na roboty górnicze przypadało zaledwie 3—3,75 fr. Przed wojną na złożach całego obszaru w dep. Var było zatrudnionych 753 robotników, przeważnie miejscowych Włochów; płaca dzienna dla górnika wynosiła 4,35 fr., a dziś stosuje się do tej płaty mnożnik przeciętnie około 3.

Bauxit złoża Le Luc jest wyłącznie czerwony; białego jak około Brignoles, niema tu wcale. Bauxit w najlepszym gatunku przedstawia zbitą, jednolitą masę o wyraźnie koloidalnej budowie Masa rudy rozpada się na prawidłowe kawałki wskutek cienkich, ciosowych szczelin, przerzynających całą masę; szczeliny te stwierdzają, że masa rudy uległa tektonicznemu zaburzeniu wraz z otaczającemi pokładami jury i kredy. Ta forma bauxitu stwierdza niezbicie, że złoże nie jest utworem epigenetycznym względem otaczających skał; masa rudy była już zakończonem ciałem podczas osadu kredy nadkładu. Trudniej jest ustalić stosunek tejże do podkładu jurajskiego.

Złoża bauxitu leżą od Le Luc do Villeveyrac na morskich utworach różnego wieku od liasu do urgonu i są pokryte utworami albo słodkowodnemi czasu końca kredy, albo morskiemi — turonu, jak w Brignoles. Nasuwa się więc myśl, że podczas jednego z czasokresów kredy, może albu, albo górnego aptu, warstwy jury, neokomu i urgonu ulegały intensywnej denudacji subaeralnej; powstały utwory lądowe eluwjalne i aluwjalne bauxitu i następnie morze ponownie pokryło całą krainę, lecz niejednocześnie w różnych

miejscach, o czem świadczy niejednakowy wiek geologiczny warstw stropowych na złożach bauxitu. Według Lacroix i Haug, bauxit południowej Francji jest aluwjalnym koncentratem produktów zwietrzenia o typie laterytowym.

Stały związek bauxitów francuskich z wapieniami pozwalałby tłumaczyć genezę złóż także drogą eluwjalnego rozkładu wapieni spągowych, zwłaszcza tej ich części, która została zupełnie zniesioną. Nadzwyczaj jednolity charakter bauxitów Le Luc, poczęści pokładowy ich układ, pozwala też przypuszczać, że są one utworem osadowym mechanicznym na powierzchni jurajskich wapieni; źródłem substancji bauxitowej mogły być skały, których bezpośrednio około złoża nie widzimy. Poglądy Lacroix i Haug, zdaje się, należy rozumieć w ten sposób, że źródła tego można szukać w laterytowych utworach ongiś na powierzchni mas krystalicznych całego wybrzeża i tych ich części, które następnie osunęły się pod poziom morza na miejscu Tyrrenidy.

Bauxit Le Luc nie ma budowy oolitowej, jak w innych złożach około Brignoles; natomiast budowa brekczjowa jest zwykłą dla górnych partyj. W przodkach pod ziemią często można widzieć w czerwonej masie bauxitu białe, okrągłe plamy od skupień prawie czystego kaolinu. Niektóre z takich skupień udaje się wyjmować i po wysuszeniu ich można stwierdzić, że są to konkrecyjne utwory kaolinu; świadczą one o wtórnym procesie koncentracji w bauxitowej masie krzemionki, która tworzy konkrecje czystego kaolinu, asymilując przytem część wodzianu glinu. Nie można uważać tych kaolinów za ślady pierwszej fazy kaolinizacji, jak w Arkansas, a odwrotnie są one śladem wyługowania krzemionki. Ten stosunek może być

jednym z dowodów aluwjalnego pochodzenia całej masy bauxitowego utworu. Wtórne wyługowanie krzemionki i jej związanie w postaci kaolinu, który można odsortować od bauxitu, tłumaczą małą zawartość krzemionki w rudach Le Luc, co sprawia, że są one jednym z najlepszych surowców na fabrykację aluminjum, nie zważając na dużą zawartość żelaza.

W Le Luc robiono próby wydobycia z czerwonego biednego bauxitu, bezpośrednio przez stopienie go z wapieniem w wielkich piecach, żelaza i aluminjum w stopie lub aluminaty wapna, które można używać dla otrzymania metalicznego aluminjum[1]).

W dep. Var około Le Luc i Brignoles w dokładnie zbadanym pokładzie zapas bauxitu wynosi co najmniej 30 miljonów ton rudy o zawartości 60% Al_2O_3 i 1,5% SiO_2; wydajność kopalń, zwłaszcza Le Luc, może być znacznie podniesiona. Część rud francuskich importuje się nawet do Stanów Zjednoczonych, których zapotrzebowanie w ilości więcej, niż 500 tys. ton rocznie, nie pokrywa się już własną produkcją. W ostatnich latach Stany Zjednoczone zaczęły otrzymywać bauxity z południowej Ameryki, zwłaszcza z Gwiany.

Z krajów europejskich, poza Francją, tylko we Włoszech w ostatnich latach produkcja bauxitu wzrasta nieco więcej. Włoskie bauxity znajdują się prze-

---

[1]) Nie mogłem otrzymać danych o chemicznym składzie bauxitów dep. Var. Przy zwiedzaniu kopalń należy zawsze mieć listy polecające od głównych zarządów; zwykle jednak mogłem otrzymać adresy tych zarządów tylko na samych kopalniach. Chociaż byłem bardzo uprzejmie przyjmowany na kopalniach fosforytu i bauxitu, na których nietylko cudzoziemscy lecz i krajowi geologowie są bardzo rzadkiemi gośćmi, lecz właśnie może z tej przyczyny miejscowe zarządy były powściągliwe w udzielaniu specjalnych informacyj.

ważnie w Abrucji (Pescosolido, Lecce dei Marsi) i zawierają bardzo dużo żelaza—do 30,63%. Złoża zawsze są związane z wapieniami górnej kredy [1]), leżąc na ich nierównej i wyługowanej powierzchni; zjawiska metasomatyzmu wapieni przez wodziany glinu i żelaza są zwykłe, tak jak i w złożach gór Bihar.

Poszukiwania bauxitu bardzo postąpiły naprzód podczas wojny; wynikiem takich poszukiwań było znalezienie bauxitu w Hiszpanji i Rosji. O pierwszych nie mam żadnych danych, co zaś do Rosji, to gniazda bauxitu znaleziono na znacznej przestrzeni w gub. nowogrodzkiej na erodowanej powierzchni utworów dolnego karbonu. Prawdopodobnie bauxity stanowią tu dalsze stadjum pierwotnego procesu kaolinizacji produktów zwietrzenia wapieni, lub glin produktywnego karbonu; proces bauxityzacji był zupełnie ukończony do czasu nasunięcia się wielkich lodowców, które to właśnie zburzyły pierwotne zaleganie bauxitu. Przemysłowa wartość tych niewielkich gniazd, rozrzuconych na znacznej przestrzeni, jest wątpliwa. Dopiero w końcu r. 1923 zostały znalezione poważniejsze złoża bauxitu w powiecie tichwińskim około wsi Zapolje między rzekami Wołożba i Linienka.

Dziś można stwierdzić, że złoża bauxitu nie są tak rzadkie, jak to dawniej przypuszczano; są one nietylko w związku z laterytami krajów zwrotnikowych, lecz również i w krajach o średniej geograficznej szerokości w związku z nefelinowemi skałami i wapieniami, oraz w stałym związku z lądowemi czasokresami różnego geologicznego wieku. Większe zło-

[1]) Novarese, Der Bauxit in Italien. Z. f. prakt. Geol. 1903, 8.

Lotti, Ostungarische u. italienische Bauxite. Z. f. pr. Geol., 1908, 12.

ża, jak południowej Francji i Arkansasu, są zjawiskiem w każdym razie wyjątkowem, pod wpływem wyjątkowych geologicznych warunków.

Przemysł kopalniany bauxitów, jako podstawa hutnictwa aluminjum, musi stale wzrastać i nie jest od rzeczy, aby polscy inżynierowie górniczy byli dokładnie uświadomieni o obecnych warunkach tego przemysłu.

Biskra.
Jedna z ulic oazy.