

UKD 551.247:551.3.051:551.435.8:551.44(438.212 Inowrocław)

Katarzyna POBORSKA-MŁYNARSKA

Naturalna degradacja wysadu solnego w Inowrocławiu

Nowa mapa strukturalno-geologiczna zwierciadła solnego na wysadzie w Inowrocławiu umożliwia bliższe poznanie procesów podziemnego rozpuszczania skał czapy gipsowej i górnych części złoża solnego. Podziemne zjawiska krasowe są zasadniczą przyczyną tworzenia się na powierzchni terenu nad wysadem niecek osiadania i zapadlisk. Na tej podstawie dokonano próby ilościowego scharakteryzowania procesów subrozji, a co za tym idzie określenia szybkości degradacji wysadu.

WSTĘP

Historia górnictwa solnego na wysadzie Inowrocławia wobec przewidzianej na najbliższe lata likwidacji kopalni Solno dobiega końca. Wciąż jednak trwa dyskusja nad stanem zagrożenia miasta, wywołanego przez osiadanie terenu i powstawanie zapadlisk.

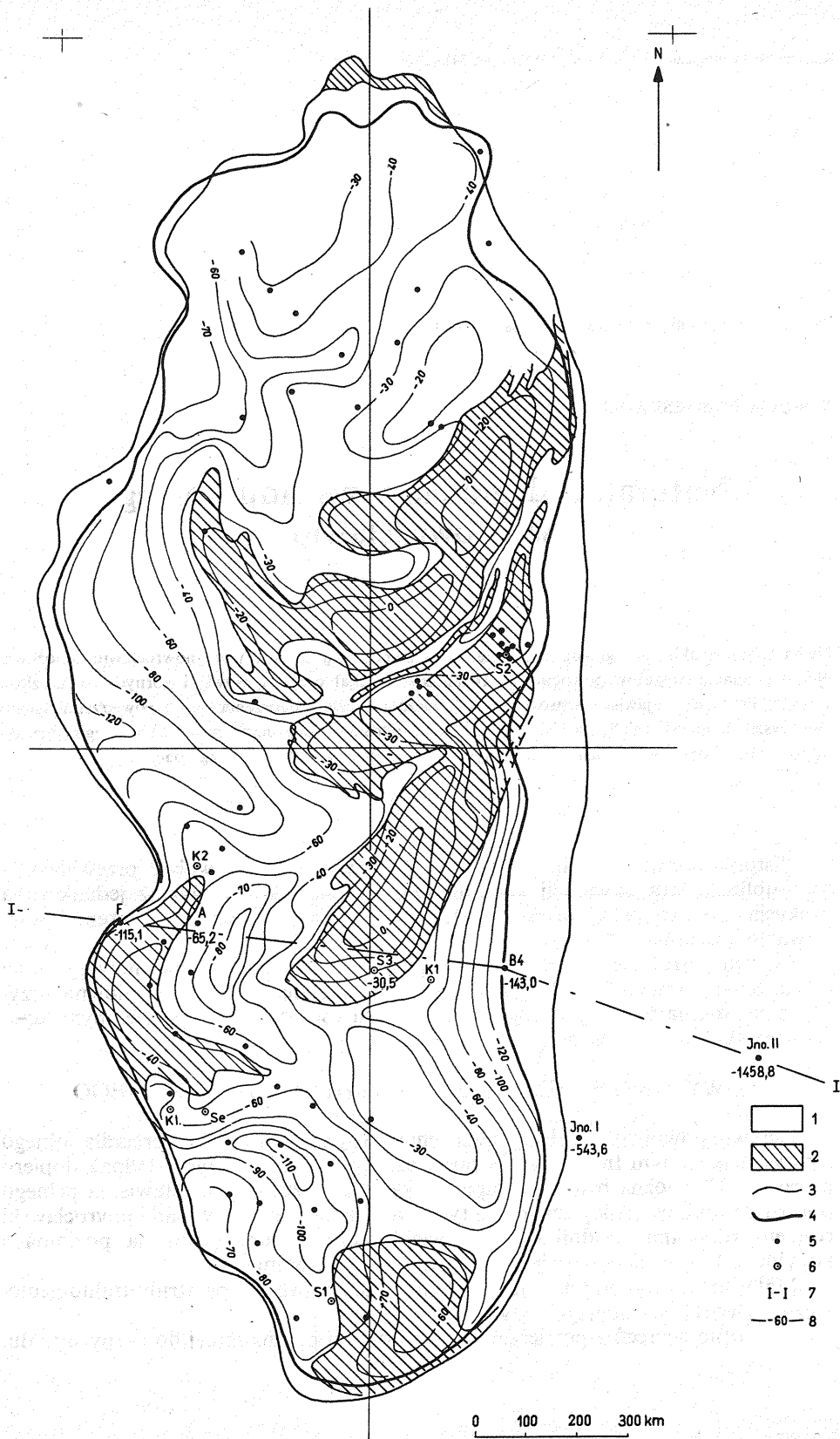
Analiza petrologiczna czapy gipsowej na wysadzie solnym oraz nowszy obraz powierzchni zwierciadła solnego skłania do wyrażenia poglądu, że główną przyczyną zapadania terenu jest degradacja wysadu spowodowana podziemnym ługowaniem skał złoża solnego.

NOWY OBRAZ GEOLOGICZNY ZWIERCIADŁA SOLNEGO

Pierwsze powojenne próby sporządzenia mapy strukturalnej zwierciadła solnego na wysadzie solnym Inowrocławia pochodzą z lat pięćdziesiątych. Jednak dopiero po roku 1975 można było przystąpić do kartograficznego przedstawienia pełnego obrazu stosunków geologicznych na tym zwierciadle, kiedy to wysad inowrocławski rozcięto robotami chodnikowymi i wierceniami kierunkowymi na poziomach kopalni Solno, w całej rozciągłości z południa na północ.

Materiałami wykorzystanymi do konstrukcji nowej mapy strukturalno-geologicznej zwierciadła solnego były:

– profile wierceń z powierzchni, o głębokości przynajmniej do czapy wysadu,



w liczbie około siedemdziesięciu;

- profile szybów kopalnianych;
- mapy geologiczne poziomów kopalnianych jako przekroje poziome, w powiązaniu z odpowiednimi przekrojami pionowymi;
- opublikowane opisy geologiczne wysadu solnego, a szczególnie zwierciadła i nadległej czapy, pochodzące z okresu funkcjonowania starych kopalń, które zatopiły się w 1907 r. (F. Bayschlag, 1913);
- opublikowane dotychczas wnioski ze studium stratygraficzno-petrograficznego nad wykształceniem zwierciadła i czapy wysadu (J. Poborski, 1954);
- opisane stosunki hydrogeologiczne w otoczeniu wysadu, z uwzględnieniem typowych zmian w stosunkach hydrochemicznych (J. Wilk, 1980);
- kartograficzne wyniki wieloletnich studiów geodezyjnych nad deformowaniem się powierzchni nad wysadem solnym, tj. terenów miasta Inowrocławia; pod tym względem miarodajne mogą być wybrane arkusze z odnośnego atlasu map w Biurze Geodezyjnym kopalni Solno.

Przy konstrukcji mapy zwierciadła solnego powodowano się przede wszystkim wnioskami z wymienionej wyżej publikacji J. Poborskiego (1954). Wypada zatem powtórzyć je w streszczeniu.

1. Kolumna stratygraficzna cechsztyńskiej serii solnej w regionie kujawskim może być podzielona na dwa odcinki, tj. na dwie grupy warstw, różniące się generalnie pod względem petrofizycznym, a z punktu widzenia halurgicznego różniące się podatnością na ługowanie. Są to:

- grupa niższa, złożona przeważnie z bardzo grubych pokładów soli kamiennej, dość czystej lub zanieczyszczonej w paru procentach anhydrytem; grupa ta obejmuje piętro soli najstarszych (Z1) i starszych (Z2) oraz dolny oddział w piętrze soli młodszych (Z3');
- grupa wyższa, złożona głównie z soli ilastych i zubrów, gdzie substancją zanieczyszczającą jest przeważnie il; grupa ta obejmuje górny oddział w piętrze soli młodszych (Z3'') i całe piętro soli najmłodszych (Z4).

Skały solne grupy niższej w ogólności są łatwo ługowane. Natomiast skały ilaste grupy wyższej są trudno ługowalne, z dużą pozostałością części nierozpuszczalnych w postaci przeważających ilów.

2. Na wychodniach grupy niższej tworzy się typowa czapa gipsowa, podatna na rozwijanie się w niej procesów krasowych, podczas gdy na wychodniach grupy wyższej gromadzi się zwietrzelina ilasta, niepodatna na krasowienie, jako trudno rozpuszczalna dla wód. Stąd pochodzą dwa rodzaje czapy na wysadzie solnym, tj. czapa gipsowa i czapa ilasta.

3. Na mapie strukturalnej zwierciadła solnego obserwuje się następującą sytuację topograficzną. Na wychodniach niższej grupy serii solnej tworzy się wyraźne, dość ostre zwierciadło solne, jako gładko zługowana powierzchnia masywu

Fig. 1. Mapa strukturalno-geologiczna zwierciadła solnego na wysadzie solnym w Inowrocławiu
Structural-geological map of salt table of salt dome at Inowrocław

1 – wychodnie grupy niższej serii solnej; 2 – wychodnie grupy wyższej serii solnej; 3 – zarys wysadu na poziomie pierwszym kopalni Solno (na głębokości 470 m); 4 – krawędź zwierciadła solnego; 5 – otwór wiertniczy (w obrębie wysadu solnego zaznaczono tylko te otwory, w których napotkano zwierciadło solne); 6 – szyb kopalniany; 7 – linia przekroju geologicznego; 8 – izohipsy zwierciadła solnego

1 – outcrops of group of lower salt series; 2 – outcrops of group of upper salt series; 3 – outline of dome at the first level of the Solno mine (at depth of 470 m); 4 – margin of salt table; 5 – borehole (in area of salt dome, only boreholes encountering salt table are shown); 6 – mine shaft; 7 – line of geological section; 8 – isohipses of salt table

solnego, tworząca formy depresyjne. Na wychodniach grupy wyższej powstają elewacje.

Podstawą dla odtworzenia stosunków geologicznych na zwierciadle solnym, oprócz profili otworów wiertniczych i szybów, była mapa geologiczna pierwszego poziomu kopalni Solno. Dzięki stromemu zapadaniu warstw kompleksu solnego można było, powodując się taką mapą, przetrutować z pewną inklinacją wybrane linie intersekcyjne na powierzchnię zwierciadła solnego. Uwzględniono również wychodnie soli magnezowo-potasowych przy rozważaniu ukształtowania tego zwierciadła. Wiadomo bowiem, że wychodniom tych najłatwiej rozpuszczalnych soli odpowiadają głębsze depresje, jak rowy i kotły krasowe. Tak skonstruowano mapę zwierciadła solnego (fig. 1). Jest to mapa strukturalna o cięciu warstwicowym równym 20 m, a w niektórych polach – 10 m. Na mapie tej rozgraniczono linią intersekcyjną dwie grupy warstw serii solnej, o przeciwstawnych własnościach petrograficznych, tj. różniących się głównie podatnością na ługowanie. W ten sposób okonturowano wychodnie grupy wyższej na normalnym kontakcie z grupą niższą. Odczytywanie mapy strukturalnej w trójwymiarowym ujęciu ułatwia przekrój pionowy poprzeczny poprzez okolice szybu Solno 3 (fig. 2).

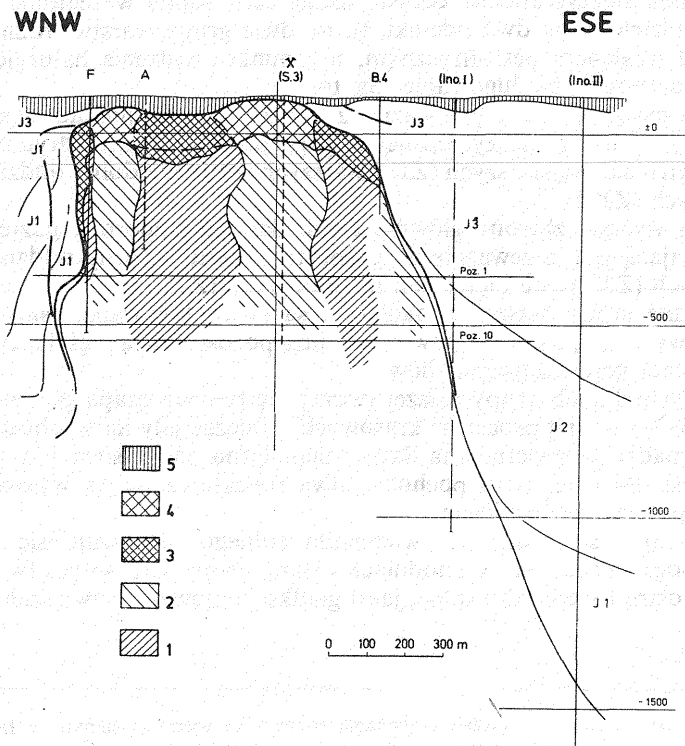


Fig. 2. Przekrój geologiczny I-I przez wysad solny w Inowrocławiu
Geological section I-I through salt dome at Inowrocław

1 – grupa niższa serii solnej; 2 – grupa wyższa serii solnej; 3 – typowa czapa gipsowa; 4 – czapa ilasta; 5 – utwory kenozoiczne; J₁ – jura dolna; J₂ – jura środkowa; J₃ – jura górna

1 – group of lower salt series; 2 – group of upper salt series; 3 – typical gypsum cap; 4 – clay cap; 5 – Cenozoic rocks; J₁ – Lower Jurassic; J₂ – Middle Jurassic; J₃ – Upper Jurassic

Powierzchnia całego zwierciadła solnego wynosi 1,82 km². Splanimetrowana powierzchnia wychodni grupy niższej równa jest 1,28 km², a powierzchnia wychodni grupy wyższej – 0,54 km². Jak widać na mapie (fig. 1), ukształtowanie zwierciadła solnego przypomina geomorfologię w terenie górskim, gdzie deniwelacje dochodzą do 150 m, a przypuszczalne kąty największego nachylenia stoków przekraczają 25 stopni. Największe wyniesienia na wychodniach grupy wyższej zbliżają się do bezwzględnej wysokości +10 m, podczas gdy największa depresja na krawędzi zwierciadła schodzi poniżej –120 m. Depresje morfologiczne na zwierciadle, na wychodniach grupy niższej, uformowane są w postaci przypominającej erozyjne wąwozy, których ujścia znajdują się jak gdyby na zewnątrz wysadu. Ponadto w południowej części wysadu znajdują się dwa głębokie kotły krasowe, bezodpływowe. Kartograficzne wymodelowanie ich warstwicami było możliwe, gdyż struktury te odpowiadają wychodniom soli magnezowo-potasowych, występujących w formie biegunowych fałdów, częściowo podkluwanych na przegubach fałdowych. Osie podłużne tych fałdów przebiegają bardzo stromo z góry na dół.

Dzięki zachowanej publikacji F. Beyschläga (1913) można wyobrazić sobie, jak wygląda typowe zwierciadło solne, tj. na wychodniach grupy niższej serii solnej w Inowrocławiu. Celowe wydaje się tutaj dosłowne przytoczenie spostrzeżeń tegoż geologa, który zwiedzając stare kopalnie inowrocławskie miał wyjątkową i niepowtarzalną okazję dokonywania obserwacji przyrodniczych na zwierciadle solnym: „...Jest to powierzchnia nachylona i łagodnie falista, do której dostała się rozpuszczająca woda gruntowa, a na której to powierzchni woda rzeczywiście znajduje się w stanie ruchu płynnego, o ile nie ma żadnych wrębów górniczych sięgających głębiej. Aż do zwierciadła solnego przesiąka czapa gipsowa wodą gruntową, która nie tylko stara się obniżyć zwierciadło solne przez postępujące ługowanie, lecz także dąży do wyługowania resztek soli z czapy gipsowej. Tak więc woda gruntowa, krążąca w czapie gipsowej staje się solanką tym bardziej stężoną, im więcej zbliża się do zwierciadła solnego. Wymienione zjawiska stwierdza się w Inowrocławiu przy prowadzeniu głębszych wierceń, zgłębianiu szybów i przy prowadzeniu robót górniczych...”.

„Górna powierzchnia masywu solnego, tj. zwierciadło solne było jak gdyby glazurowane i najczęściej oddzielone od czapy gipsowej przez otwartą fugę. Na gładko wypolerowanej powierzchni solnej leżały małe okruchy gipsu i rozproszony był piasek gipsowy... Zwykle bezpośrednio nad zwierciadłem solnym zalega niemal poziomo zespół ławiczek gipsowych, cieniutko warstwowanych, które osadzają się z krążącej tam solanki. Natomiast w stropie występuje zupełnie bezładny utwór druzgotowy, złożony z gipsu z anhydrytem, z resztkami soli, ilu i marglu gipsowego. Taka brekcja druzgotowa, podziurawiona jaskiniami, bywa ponownie spawana nowopowstającym gipsem włóknistym oraz ilastymi pozostałościami, a to przez scementowanie do stanu zwięzłej skały”.

CZAPA WYSADU SOLNEGO

Czapa gipsowa powstaje w wyniku subrozji, rozwijającej się w górnych częściach wysadu solnego. Jest to proces podziemnego ługowania skał rozpuszczalnych w wodzie lub ich składników oraz wnoszenia ich w postaci roztworów poza złożo. Wody biorące udział w tym procesie pochodzą z otaczających wysad horyzontów wodonośnych lub są wodami infiltrującymi z warstw nadkładowych. Jednocześnie, w wyniku sufozji, pod działaniem tych wód następuje mechaniczne wymywanie cząstek mineralnych i osadzanie ich w rozługowanych pustkach. Selekttywne ługowanie złoża solnego prowadzi do względnego wzbogacenia szczytowych części

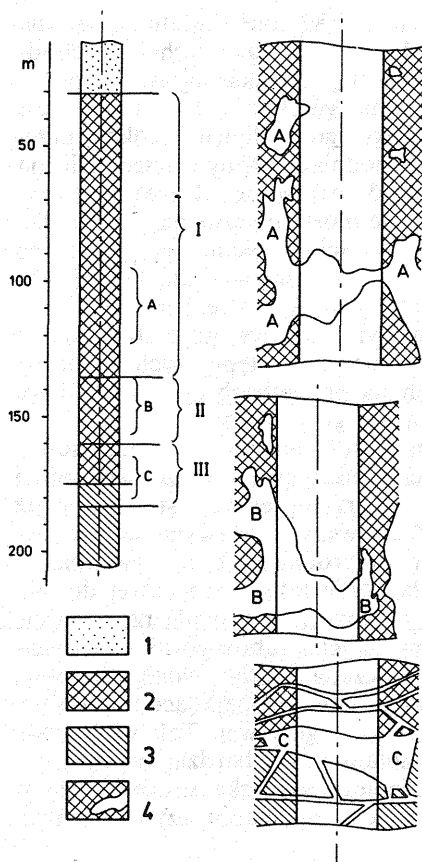


Fig. 3. Profil czapy gipsowej w szybie Solno 1 z wydzielonymi strefami ługowania

Section of gypsum cap in the Solno 1 shaft, showing zones of leaching

I – strefa zamulania z wodami słodkimi; II – strefa zamulania z solankami; III – strefa krążenia solanek: 1 – nadkład kenozoiczny; 2 – czapa gipsowa; 3 – sól kamienna; 4 – pustki krasowe: A – ściśle wypełnione materiałem ilasto-piaszczystym, B – wypełnione materiałem ilasto-piaszczystym, obok którego pojawia się solanka; C – wypełnione solanką i kurzawką

1 – muddy zone with fresh waters; II – muddy zone with brines; III – zone of circulation of brines; 1 – Cenozoic blanket; 2 – gypsum cap; 3 – rock salt; 4 – karst cavities: A – completely infilled with clay-sandy material; B – infilled with clay-sandy material but in which brine appears also; C – infilled with brine and quicksand

wysadu w nierozpuszczalne lub słabo rozpuszczalne skały, a zatem do utworzenia na wysadzie solnym eluwalnego złoża iltowo-gipsowego, czyli czapy gipsowej.

Typowa czapa gipsowa przedstawia się obecnie w profilu pionowym jako kompleks skał gipsowo-anhydrytowych, w których rozwijają się charakterystyczne struktury krasowe, tj.: kawerny, szczeliny, wtórnie zamulane pustki wypełnione materiałem ilastym, brekcją, druzgotem skalnym, otoczakami itp. Jest to utwór wyraźnie oddzielający się od zwierciadła solnego, co w wielu profilach pionowych wyraża się fugą ponad zwierciadłem, w której krążą roztwory solne.

Analiza pionowych profili otworów wiertniczych i szybów skłania do wydzielenia w czapie gipsowej trzech stref w przekroju pionowym. Do opisu tych stref wykorzystano odcinek profilu szybu Solno 1 (fig. 3). W strefie najwyższej (strefa I), od 30 do 135 m głębokości, struktury krasowe wypełnione są materiałem ilastym i piaskiem naniesionym przez wody słodkie, tworząc soczewki i gniazda o rozpiętości pionowej do 15 m. Strefa środkowa (strefa II), od 135 do 160 m głębokości, charakteryzuje się pojawieniem się solanki o stężeniu c równym około 24%, która wraz z materiałem ilasto-piaszczystym i otoczakami wypełnia pustki krasowe. Poniżej głębokości 160 m rozciąga się strefa szczelin i kawern, wypełnionych kurzawką i solanką, które to pustki głęboko wcinają się w zwierciadło solne (strefa III). Solanka tej strefy, płynąca po zwierciadle solnym, jest bliska pełnego nasycenia (stężenie $c = 27\%$).

Głębokość, na jakiej wody słodkie zaczynają przechodzić w solankę, jest poziomem, poniżej którego znajduje się strefa aktywnego ługowania. Krążące w tej strefie roztwory rozpuszczają resztki soli kamiennej i gips oraz rozługowują zwierciadło solne.

Na omawianym profilu (fig. 3) strefa aktywnego ługowania wznosi się do około 40 m ponad zwierciadłem solnym i wcina się do kilkunastu metrów w jego głąb. Ponad nią leży strefa wypełniania rozługowanych pustek. Wody słodkie migrujące z przyległych horyzontów wodonośnych lub też wody infiltracyjne niosą materiał ilasty i piaszczysty osadzający się w skrasowiałej czapie gipsowej, uszczelniając ją. W wyniku tego procesu, a także w wyniku wtórnej krystalizacji gipsu z roztworów, który zamyka szczeliny oraz spaja druzgoty gipsowe i brekcje, czapa gipsowa może nabrać charakteru niejednolitej skały zwięzłej. Tym tłumaczy się brak pustych przestrzeni, otwartych dla krążących wód w strefie najwyższej (I). Natomiast nasilone rozwijanie się pustek krasowych w strefach niższych (II i III) byłoby skutkiem zwiększonej rozpuszczalności gipsu w solance.

Wychodnie soli ilastych oraz zubrów, mniej podatne na procesy subrozji, tworzą na zwierciadle solnym wyniesienia pokryte charakterystycznym rodzajem czapy, tworzącej się z części nierozpuszczalnych. Jest to czapa ilasta, składająca się głównie z masy ilów, miejscami gipsonośnych, z przerostami i żyłami gipsu. W wielu profilach pionowych obserwuje się ciągłe przejścia skał złoża solnego w płonne utwory ilaste czapy. Jedynie w paru otworach wiertniczych napotkano na zwierciadle solnym solankę, której obecność świadczy o powolnym ługowaniu również tych obszarów złoża.

PROCES NATURALNEJ DEGRADACJI

Ciągły rozwój subrozji wewnątrz czapy gipsowej i na zwierciadle solnym umożliwiony jest przez procesy towarzyszące ługowaniu skał solnych. Wody podziemne biorące w tym udział znajdują się w warunkach politermiczno-dynamicznych, są zatem w stanie nieustannego krążenia. Głównym motorem ruchu cieczy jest zjawisko dyfuzji, które uruchamia prądy, zdążające do wyrównania różnicy stężeń w roztworze. Krążenie cieczy może też być spowodowane konwekcją cieplną wskutek różnicy temperatur. Warto przy tym zauważyć, że w wyniku większego przewodnictwa skał chlorkowych, ciepło wnętrza Ziemi ulega szybszemu wypromieniowaniu poprzez wysad solny. Roztwory powstające w rozległych przestrzeniach ponad zwierciadłem solnym mogą się znacznie różnić koncentracją soli, szczególnie w kierunku pionowym. Różnice te są przyczyną powstawania grawitacyjnych splotów solanek o większym ciężarze właściwym. Bezodpływowe kotły krasowe, zaznaczające się na mapie zwierciadła solnego (fig. 1), są zapewne zastoiskowymi zbiornikami solanki nasyconej.

Drogami dla krążenia roztworów są puste przestrzenie krasowe w czapie gipsowej oraz szczeliny w zwierciadle solnym, a także w przylegających do wysadu mezozoicznych formacjach skalnych. Te ostatnie otwierają się wielokrotnie w skali czasu geologicznego, w różnych aktach halokinetycznych.

Wymienione procesy podobne są do zjawisk znanych i wykorzystywanych w przemysłowej produkcji solanek. Metodami eksploatacji soli poprzez ługowanie zajmuje się halurgia, jako osobny dział górniczej technologii soli. Jedną z metod eksploatacyjnych jest ługowanie wolnym przepływem strumienia wody, na kontakcie z odsłoniętą skałą solną lub z rozkruszem solnym. Opisany proces naturalnego ługowania przypomina tę właśnie metodę.

Jak można wnioskować z historii poczynań górniczych w Inowrocławiu, krążenie wód podziemnych w górnych częściach wysadu zostało sztucznie ożywione

w wyniku eksploatacji prowadzonej przez stare kopalnie. W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto tam wydobywanie solanki w dwu kopalniach, prywatnej i rządowej. Salina rządowa wydobywała solankę początkowo otworami wiertniczymi, a następnie w kopalni głębinowej, nie przekraczając 170 m głębokości. W nieco głębszej kopalni prywatnej wydobywano solankę otrzymaną z naturalnego spływu wód oraz sól kamienną i gips. Tego rodzaju eksploatacja w najwyższej części wysadu doprowadziła do całkowitego zatopienia obu kopalń w 1907 r. wodami pochodzącymi z nadkładu. Ale i później nie zaprzestano wydobywania solanki, którą czerpano przez następne piętnaście lat otworami wiertniczymi lub z szybów zatopionych kopalń. Dopiero po uruchomieniu nowozbudowanej kopalni Solno w 1934 r. zaniechano tego rodzaju eksploatacji z powierzchni.

Produkcja solanki polegająca na szczypaniu jej ze zwierciadła solnego i szczytowych części złoża oraz płytkie roboty górnicze musiały zakłócić stan naturalnej równowagi hydrologicznej wokół wysadu solnego poprzez zwiększenie dopływu wód słodkich, a zatem doprowadzić do spotęgowania intensywności ługowania w najwyższych częściach wysadu. Zapewne podobny wpływ na zmiany warunków hydrologicznych ma współczesna rozbudowa sieci wodnej w Inowrocławiu, związana z drenowaniem gruntu. Rozwijające się w wyniku tego podziemne pustki krasowe stają się przyczyną powstawania zapadlisk i niecek osiadania na powierzchni (J. Wilk, 1980). Pisał już o tym W. Budryk (1953). Tworzenie się zapadlisk oraz niecek osiadania na obszarze wysadu wiązało on z liniami podziemnego ścieku wód na zwierciadle solnym.

Opisana wyżej subrozja jako podziemne ługowanie, wynoszenie substancji mineralnej w roztworze i w postaci zawiesiny (sufozja) oraz konsekwentne rozwijanie się zjawisk krasowych na zwierciadle solnym prowadzi z biegiem czasu do obniżania się zwierciadła i narastania na nim czapy gipsowo-ilastej, a zarazem do postępującego krasowienia tej czapy. Zjawiska te są przyczyną obniżania i nierównomiernego osiadania terenu oraz tworzenia się niecek zapadliskowych. Tym sposobem naturalna degradacja wysadu solnego znajduje swoje odzwierciedlenie na powierzchni.

Ścisłe powiązanie zjawisk powierzchniowych z degradacją wysadu solnego skłania do scharakteryzowania ilościowego tego procesu. W tym celu dokonano próby określenia następujących wielkości: a – ilości solanki, jaka powstaje w ciągu jednego roku w wyniku ługowania soli na zwierciadle solnym i w czapie gipsowej; b – stopnia rocznej degradacji wysadu, czyli przeciętnej prędkości obniżania się zwierciadła solnego *d*. Obliczeń dokonano w oparciu o hipotetyczne założenie, że objętość rozługowanych w ciągu roku soli odpowiada rocznemu przyrostowi objętości niecek osiadania na powierzchni terenu, nad wysadem Inowrocławia. Podstawą kartograficzną dla tych obliczeń była mapa izolinii osiadania terenu nad wysadem w latach 1956–1982. Zastosowanie prostych wzorów halurgicznych, wyprowadzonych na podstawie chemii fizycznej roztworów solnych, prowadzi do stwierdzenia, że rocznie w ciągu ostatniego ćwierćwiecza z powierzchni 1 km² wysadu zostaje wyługowane i odprowadzone poza wysad ponad 40 000 m³ solanki nasyconej. Odpowiada temu stopień rocznej degradacji *d* równy 6 mm. Rozpuszczalność skał siarczanowych w porównaniu z rozpuszczalnością soli kamiennej jest o wiele mniejsza. Przyjmując pewne uproszczenia można wykazać, że obliczona ilość solanki nasyconej jest w stanie rozpuścić ponad 200 ton skał anhydrytowo-gipsowych. Do obliczeń przyjęto wartość rozpuszczalności anhydrytu w solance w pełni nasyconej, równą 5,5 g/l (D.W. Kaufmann, 1960).

Wszystkie wymienione wartości dotyczą aktualnie panujących wokół wysadu warunków hydrogeologicznych, w okresie sztucznie wzmożonego krążenia wód

podziemnych. Przy obliczaniu ich zastosowano duże uproszczenia, umożliwiające ilościowe ujęcie procesów subrozji. Wartość stopnia rocznej degradacji d jest względna i orientuje jedynie co do rzędu wielkości w procesie obniżania się zwierciadła solnego. W rzeczywistości geologicznej stopień degradacji d może być zwiększony, np. w wyniku procesów sufozyjnych, a także pomniejszony przez pozytywne zjawiska krasowe na wysadzie, tj. przez wtórną krystalizację gipsu i soli kamiennej z roztworów, w wyniku czego następuje zamykanie krasowych pustek w czapie gipsowej oraz lokalne podnoszenie się poziomu zwierciadła solnego.

Proces naturalnej degradacji halurgicznej można też rozpatrywać w skali czasu geologicznego. Zmiany warunków klimatycznych i stosunków hydrogeologicznych, w jakich znajdował się wysad solny, mogły proces ten zahamować lub przyspieszyć. Można jednak przypuszczać, że opisane współcześnie zjawisko degradacji wysadu solnego nie jest zjawiskiem szczególnym, ale że w podobnych warunkach geologicznych przebiegało, mniej lub bardziej intensywnie, w sposób ciągły. Głównym czynnikiem rekompensującym tak rozpatrywaną degradację jest halokinetyczne wyciskanie mas solnych ku górze. W takich warunkach zwierciadło solne staje się jak gdyby poziomem równowagi pomiędzy procesem jego obniżania i siłami podnoszącymi, a miąższość czapy gipsowo-ilastej ponad zwierciadłem wskazuje, jak wysoki odcinek pionowy wysadu uległ degradacji. Zatem miarą degradacji wysadu w skali czasu geologicznego może być miąższość jego czapy, o ile znany jest procentowy udział skał niechlorkowych budujących czapę w kolumnie stratygraficznej całego kompleksu ewaporacyjnego, oraz o ile możliwe jest określenie wielkości degradacji samej czapy, która na wychodniach mogła ulegać wietrzeniu, denudacji i erozji. Szacunkowe obliczenia przeprowadzone na podstawie miąższości czapy gipsowo-ilastej dla wysadu solnego w Inowrocławiu wykazały, że w czasie czwartorzędu został zdegradowany odcinek wysadu o wysokości paruset metrów.

ZAKOŃCZENIE

W niniejszym opracowaniu próbowano określić oryginalnie stopień naturalnej degradacji wysadu solnego. Można było dokonać tego na podstawie kartograficznej, jaką jest nowa mapa strukturalno-geologiczna zwierciadła solnego (fig. 1), pokrywająca wysad inowrocławski w całej jego rozciągłości.

Proces naturalnej degradacji okazuje się procesem ciągłym, lecz o zmiennym nasileniu, zapewne zależnym od zmian klimatycznych. Sztuczne nasilenie tego procesu nastąpiło w wyniku eksploatacji solanki w najwyższej części wysadu w ubiegłym oraz na początku obecnego wieku, a także w ostatnim ćwierćwieczu wskutek technicznej działalności związanej z rozbudową sieci wodnej w Inowrocławiu (J. Wilk, 1980).

Naturalna degradacja wysadu jest główną przyczyną tworzenia się niecek osiadania na powierzchni terenu. Wpływ współczesnej głębokiej eksploatacji w kopalni Solno na ich kształtowanie się jest trudny do udowodnienia metodami geologiczno-górnictwymi i wydaje się mało prawdopodobny tym bardziej, że osiadanie terenu nad wysadem w Inowrocławiu obserwowane było w latach przed założeniem kopalni.

Dalszego osiadania powierzchni należy się spodziewać również po ukończeniu eksploatacji w wysadzie Inowrocławia i po podsadzeniu kopalni.

Powyzsze spostrzeżenia i wnioski należy wziąć pod uwagę w 1984 r., kiedy to przystępuje się do zupełnej likwidacji kopalni Solno, przede wszystkim z myślą

o ochronie terenów miasta przed nierównomiernym osiadaniami i tworzeniem się zapadlisk.

Instytut Górnictwa Podziemnego
i Bezpieczeństwa Pracy
Akademii Górniczo-Hutniczej
Kraków, al. Mickiewicza 30
Nadesłano dnia 10 września 1983 r.

PIŚMIENNICTWO

- BEYSCHLAG F. (1913) – Das Salzvorkommen von Hohensalza. In: Der Bergbau im Osten des Königsreichs Preussen. Festschrift zum XII Allgemeinen Deutschen Bergmannstage in Breslau, p. 7–9, 11–12. Wrocław.
- BUDRYK W. (1933) – Zapadliska na terenie miasta Inowrocławia. Prz. Górn.-Hut., 25, p. 431–444, nr 8.
- KAUFMANN D.W. (1960) – Sodium chloride. The production and properties of salt and brine. ACS Monograph No. 145, p. 199. New York.
- POBORSKI J. (1954) – Wykształcenie czapy gipsowej i rozwój zjawisk krasowych na wysadzie solnym w Inowrocławiu. Arch. Górn., 2, p. 225–248, z. 4.
- WILK J. (1980) – Hydrotechniczne przyczyny powstawania szkód górniczych w rejonie wysadów solnych. Ochr. Teren. Górn., z. 51, p. 41–44.

Катажина ПОБОРСКА-МЛЫНАРСКА

ЕСТЕСТВЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ СОЛЯНОГО ШТОКА В ИНОВРОЦЛАВЕ

Резюме

Естественная деградация соляного штока в Иновроцлаве происходит вследствие развития процесса суброзии внутри гипсовой шляпы штока и на поверхности самого тела соляного штока. Картографической основой для определения процесса суброзии и его количественной характеристики служит структурно-геологическая карта поверхности соли. Наиболее интенсивная суброзия наблюдается на выходах комплексов чистых хлористых солей на поверхности соляного штока. Это явление, заключающееся в подземном выщелачивании растворимых компонентов соляной залежи, напоминает процессы галургии. Галургия же, как раздел горной технологии, занимается главным образом добычей соли из залежей путем вымывания водой хлористых солей.

Естественная деградация это длительный непрерывный процесс идущий с разной интенсивностью, зависящей, вероятно, от климатических изменений. Искусственное ускорение этого процесса произошло вследствие эксплуатации рапы из самых верхов соляного штока в прошлом и начале нашего века, а также за последние 25 лет, как результат работ, проводимых в связи с расширением водной сети в Иновроцлаве и с дренажем грунта. Интенсивное подземное выщелачивание и распространение карстовых явлений в самых верхах соляного штока ведет к понижению соляной поверхности и служит главной причиной оседания земной поверхности и обра-

зования над штоком котловинообразных мульд. Причинная связь современной глубинной эксплуатации штока с оседанием земли трудно доказуема горно-геологическими методами и кажется мало правдоподобной, тем более, что оседание поверхности над штоком наблюдалось еще до начала разработки.

Тесная взаимосвязь поверхностных явлений с процессами деградации соляного штока позволяет установить масштаб суброзии и среднюю скорость понижения уровня соли, т.е. степень годичной деградации соляного штока.

Уровень годичной деградации, составляющей около 6 мм, является относительной величиной и дает только ориентировочное представление о порядке изменений в процессе понижения уровня соли.

В геологическом масштабе естественная деградация компенсируется галокинетическим выжиманием пластической массы соли. Мерой таким образом рассматриваемой деградации может служить полная мощность гипсово-глинистой шляпы. Если известна процентная доля нехлористых компонентов шляпы в стратиграфическом разрезе всего эвапоритового комплекса, то эта мощность показывает, какой высоты вертикальный фрагмент соляного штока подвергся деградации. Оценочный расчет по соляному штоку в Иновроцлаве выявил, что в четвертичное время соляной шток был деградирован по высоте на несколько сотен метров.

Katarzyna POBORSKA-MŁYNARSKA

NATURAL DEGRADATION OF SALT DOME AT INOWROCŁAW

Summary

Natural degradation of salt dome at Inowrocław is due to advancement of subrosion process in dome cap and at salt table. The process was traced and quantitatively characterized with reference to a new structural-geological map of the salt table (Fig. 1). The studies showed that it is most advanced at subcrops of pure chloride salts and the salt table. This phenomenon, connected with underground leaching of soluble rocks of salt deposits, resembles some known halurgic processes (halurgy is the field of mining technology, mainly dealing with exploitation of salt deposits by leaching chloride salts).

The process of natural degradation appears to develop continuously but with varying intensity, presumably depending on climate. It became artificially intensified in the XIX and the beginning of XX c. in connection with exploitation of brines as well as in the last 25 years in connection with some activities related to extension of water conduits and soil drainage. Intense underground leaching and development of karst phenomena in the uppermost part of the dome result in lowering of the salt table. Moreover, the processes are the major reason of ground surface subsidence and origin of collapse basins above the dome. The influence of continuing exploitation of salt in the dome on origin of deformations of terrain surface is difficult to be estimated with the use of geological-mining methods. However, such influence seems rather negligible, especially in the light of data on terrain surface subsidence in this area before the beginning of mining works.

Close connections between the surface phenomena and the process of salt dome degradation made possible estimations of the rate of subrosion and mean rate of lowering of the salt table, i.e. that of annual degradation of the dome. The latter value, equal about 6 mm, is relative and it gives only some estimate of the rate of lowering of the table.

In geological time scale, the natural halurgic degradation is compensated by halokinetic squeezing of salt masses upwards. Total thickness of gypsum-clay cap may be the measure of degradation interpreted in this way. When we know the share of non-chloride rocks in the cap in relation

to thickness of the whole evaporitic complex in stratigraphic column, that value may show us the length of dome section which became degraded. Estimations made for the salt dome at Inowrocław indicate degradation of a section of some hundred meters during the Quaternary.