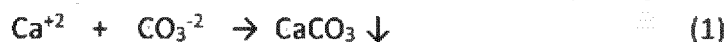


Sposób przeciwdziałania kolmatacji warstwy przyfiltrowej i poprawy jej chłonności w obrębie zatłaczających otworów geotermalnych

Przedmiotem wynalazku jest sposób przeciwdziałania kolmatacji warstwy przyfiltrowej i poprawy jej chłonności w obrębie zatłaczających otworów geotermalnych, zwłaszcza w przypadku otworów wykorzystywanych do zatłaczania solanek lub wód geotermalnych o temperaturach poniżej 100 °C po procesie odzysku ciepła, w ciepłowniach geotermalnych.

Podstawowym problemem ciepłowni geotermalnych, wykorzystujących ciepło geotermalne solanek i wód geotermalnych jest stopniowy spadek chłonności warstwy złoża w otworach zatłaczających. Kolmatacja związana jest z wytrącaniem się w strefie przyfiltrowej lub nawet w górotworze osadów złożonych ze związków chemicznych nieorganicznych i wytrąconych z solanki lub wody geotermalnej a w szczególności trudno rozpuszczalnych tlenków lub hydroksytlenków metali na drugim lub trzecim stopniu utlenienia przeważnie żelaza oraz soli metali: węglanów, siarczanów, siarczków a także spolimeryzowanej krzemionki. Jednym z powodów wytrącania się osadów jest zmiana rozpuszczalności związków chemicznych wskutek schłodzenia solanki lub wody geotermalnej w wymiennikach ciepła przed zatłoczeniem jej do złoża geotermalnego oraz utrata części agresywnego lub wolnego dwutlenku węgla, a także napowietrzanie solanki wskutek nieszczelności rur względem otaczającej atmosfery. Wskutek utraty CO₂ w wodzie lub solance geotermalnej następuje wzrost pH medium i ułatwione strącanie osadów zapoczątkowane na powierzchni wymienników, w rurach a także w warstwach przyfiltrowych w złożu geotermalnym.

Następuje strącanie węglanów np. węglanu wapnia (osad kalcytu) zgodnie z reakcją (1) :



Następuje strącanie siarczanów np. siarczanu strontu (osad celestynu) zgodnie z reakcją (2):

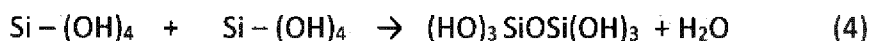


Dochodzi także do strącania się siarczków metali np. ferromagnetycznego siarczku żelaza (osad pirotynu) zgodnie z reakcją (3):



Bardzo uciążliwe dla eksploatacji jest wytrącanie się osadów amorficznej spolaryzowanej krzemionki w wyniku kondensacji monomeru zgodnie z reakcją (4):





Na skutek stopniowej kolmatacji osadami warstwy przyfiltrowej, następuje utrata chłonności warstwy przyfiltrowej i zmniejsza się wydajność otworu zatłaczającego, a tym samym maleje moc cieplna ciepłowni geotermalnej. Opisane powyżej procesy fizyko – chemiczne zachodzące w wodzie lub solance geotermalnej, wykorzystywanej energetycznie, są główną przyczyną stopniowo pogarszającej się pracy całego obiegu geotermalnego.

Odwrócenie kierunku zachodzenia tych procesów wymaga ingerencji w przemiany równowagowe, zachodzące na granicy faz – ciekłej (solanka lub woda termalna), gazowej (uwalniane w wyniku rozprężania z fazy ciekłej gazy) i stałej (wytrącające się osady). Niezbędne w tym celu jest poznanie skomplikowanego składu fizyko – chemicznego solanki lub wody geotermalnej, a także równowag kwasowo – zasadowych związanych z krystalizacją węglanu wapnia, siarczanu baru, siarczanu strontu oraz równowag w procesach utleniająco – redukcyjnych, odpowiedzialnych za wytrącanie się tlenków i siarczków żelaza, miedzi i manganu, w warstwie przyfiltrowej i bezpośrednio w złożu wodonośnym.

Jedną z klasycznych metod poprawy chłonności złoża, prowadzącą do dekolmatacji otworu zatłaczającego jest kwasowanie. Standardowa metoda kwasowania została szeroko opisana w literaturze naukowo – technicznej i patentowej, a związana jest z wprowadzeniem do warstwy przyfiltrowej otworu kilkuprocentowego lub rzadziej kilkunastoprocentowego roztworu kwasu solnego wraz z inhibitorami korozji. Roztwór taki jest przez pewien czas przetrzymywany w oczyszczonym otworze, a następnie po przereagowaniu zostaje odpompowany ze złoża. Udrażnianie skolmatowanych otworów geotermalnych tą metodą, związane jest z licznymi komplikacjami, jak wyłączenia otworu z eksploatacji, konieczność odpompowania, a następnie unieszkodliwienia roztworów poreakcyjnych. Dużą wadą tego sposobu są bardzo pracochłonne roboty związane z ponownym włączeniem otworu do ruchu, w tym konieczność usunięcia tlenu z solanki lub wody geotermalnej przed ponownym zatłoczeniem do otworu geotermalnego.

Alternatywną metodą do klasycznego kwasowania, o zdecydowanie przyjaźniejszym profilu ekologicznym, jest metoda tzw. miękkiego kwasowania. Metoda ta jest opisana w specjalistycznych publikacjach, z zakresu geologii i hydrogeologii. Istotą metody jest okresowe zatłaczanie do otworów geotermalnych kwasu solnego w niewielkich stężeniach, rzędu 0,1 do 0,3 %, co redukuje konieczność odpompowywania i unieszkodliwiania roztworu poreakcyjnego. Roztwór reakcyjny dochodzi do złoża wodonośnego, gdzie rozpuszczając osady sam ulega całkowitej neutralizacji, w trakcie stosowania metody wymagane jest wyłączenie otworu geotermalnego z eksploatacji, co powoduje opisane wcześniej komplikacje z odtlenianiem włącznie.

Znany jest z polskiego opisu patentowego Nr 223184 sposób przeciwdziałania kolmatacji warstwy przyfiltrowej i poprawy jej chłonności w obrębie zatłaczających otworów geotermalnych. Sposób ten zwany metodą super miękkiego kwasowania polega na wprowadzeniu do odcinka rurociągu przed zatłoczeniem wody lub solanki geotermalnej bardzo małych ilości kwasu solnego proporcjonalnie do jej przepływu, korzystnie odtlenionego kwasu solnego. Dozowana ilość wynosi od 10 do 150 g na 1 m³ solanki lub

wody geotermalnej oraz dozowaniu biodegradowalnego dyspergatora, korzystnie soli kwasu poliasparaginowego, w ilości od 0,5 do 10 g na 1 m³ solanki lub wody geotermalnej. Kwas solny korzystnie powinien być odtleniony. Opisany sposób skuteczny w dekolmatacji otworów przyfiltrowych oraz korzystny ekologicznie, posiada podstawową niedogodność ograniczonego bezpieczeństwa pracy jaką jest kontakt stężonego kwasu solnego z pracownikami wykonującymi serwisy wokół otworów zatłaczających. Może także zwiększać zagrożenie korozyjne dla rurociągów i wymienników ciepła szczególnie wtedy, gdy są budowane z gorszych gatunków stali odpornej na korozję np. stali 304 wg AISI. Wysoka cena kwasu poliasparaginowego zmniejsza także atrakcyjność tej metody w stosunku do innych standardowych metod dekolmatacji otworów zatłaczających stosowanych w górnictwie geotermalnym. Olbrzymi problem techniczny stanowi odtlenianie kwasu solnego w stosowanych do tego celu instalacjach próżniowych odgazowywaczy.

Znany jest z opisu patentowego USA nr 5965031 sposób odzysku gazów niekondensowalnych z solanki geotermalnej a szczególnie siarkowodoru, który po katalitycznym utlenieniu do kwasu siarkawego i kwasu siarkowego jest ponownie wtłaczany do solanki przed urządzenia wymiany ciepła. W ten sposób reguluje się pH solanki i zmniejsza lub zapobiega wytrącaniu osadów krzemionkowych. Sposób zapobiegania osadom wg wynalazku 5965031 jest przystosowany do gorących źródeł solankowych, gdzie temperatury solanki są znacznie wyższe jak 100 °C. Pewną niedogodnością wynalazku jest brak możliwości zastosowania opisanej technologii do źródeł geotermalnych, których temperatura wynosi poniżej 100 °C, ponieważ niezwykle trudno w warunkach braku wrzenia jest odzyskać z par i gazów solanki prekursor kwasu siarkawego.

Znany jest z opisu patentu USA nr 8276381 sposób przeciwdziałania osadom w solance geotermalnej wysokotemperaturowej, poprzez odzysk z pary wodnej jaka powstaje po wydobyciu solanki na powierzchnię, gazu zawierającego dwutlenek węgla, głównie z rozkładu wodorowęglanów, który następnie ponownie jest wtłaczany do solanki jako odzyskany dwutlenek węgla, przed wymiennik ciepła, po to aby wymiennik nie ulegał zarastaniu osadami. Niedogodnością tego sposobu jest brak możliwości korzystania z opisanego sposobu w układach geotermalnych, w których solanka lub woda geotermalna posiada po wydobyciu na powierzchnię temperaturę poniżej 100 °C, gdyż nie można wyseparować z takiej solanki dwutlenku węgla wskutek braku wrzenia. Ponadto jeśli w obiegu geotermalnym nawet o wysokich temperaturach następuje odzysk dwutlenku węgla z solanki geotermalnej za wymiennikiem ciepła i ponownie jest on kierowany do tej samej solanki ale przed wymiennikiem ciepła, to dwutlenek węgla zabezpiecza przed osadami tylko ten wymiennik ciepła. Za wymiennikiem ciepła odczyn pH solanki wzrasta wskutek utraty równowagowego CO₂ i w dalszym ciągu transportu schłodzonej solanki do otworu zatłaczającego solanka geotermalna będzie wykazywać tendencję do wytrącania osadów. Wskutek różnych strat gazu zawierającego CO₂, solanka zatłaczana nie będzie posiadała tej samej ilości dwutlenku węgla co solanka wydobywana, a więc będzie dochodziło do wytrącania się osadów w otworze zatłaczającym.



Znany jest z europejskiego patentu EP 2058471 sposób gromadzenia dwutlenku węgla w porowatych skalnych materiałach (kawernach), polegający na kompresji i chłodzeniu gazowego CO₂ uzyskiwanego w procesach spalania, który następnie jest zatłaczany pod wysokim ciśnieniem od 100 do 350 barów do podziemnych zbiorników skalnych celem jego utylizacji na co najmniej 1000 lat. Gazy spalinowe zawierają od 15 % do 98 % czystego CO₂. Sposób wg wynalazku EP 20584471 jest jednak mało przydatny do zapobieganiu osadom w solankach geotermalnych, a jego podstawową niedogodnością jest wymóg użycia bardzo wysokich ciśnień, co jest bardzo trudne do wykonania w warunkach technicznych i w zasadzie mało przydatne w zapobieganiu kolmatacji geotermalnych otworów przyfiltrowych.

Nieoczekiwanie w trakcie badań nad różnymi sposobami ograniczającymi kolmatację złóż w obrębie przyfiltrowych otworów zatłaczających solankę lub wodę geotermalną, okazało się, że wielki wpływ na zanik krystalizacji soli związków wapnia, magnezu, żelaza, manganu, miedzi, baru, strontu, krzemionki ma łączne dozowanie gazowego dwutlenku węgla i kwasu askorbinowego lub pochodnych kwasu askorbinowego do geotermalnych otworów zatłaczających. W przeciwieństwie do innych związków będących antyskalantami dodatek kwasu askorbinowego lub jego pochodnych w środowisku prekursora kwasu węglowego jakim jest dwutlenek węgla nie powoduje spodziewanego oddziaływania stechiometrycznego lub choćby proporcjonalnego na krystalizację osadów, szczególnie w warunkach zmniejszonej zasadowości mineralnej solanki lub wody geotermalnej zatłaczanej do górotworu, jak to ma miejsce w przypadku znanych antyskalantów organicznych i nieorganicznych jak np. substancje chelatujące czy też kwasy fosfonowe i ich sole. Niemniej nawet mały dodatek kwasu askorbinowego podczas zakwaszania solanki lub wody geotermalnej w procesie absorpcji dwutlenku węgla powoduje istotne zmniejszenie lub całkowity zanik wytrącania się osadów, co świadczy o zaistniałym synergetyzmie zachodzącym pomiędzy dwutlenkiem węgla i kwasem askorbinowym i jego pochodnymi w środowisku solanki lub wody geotermalnej. Wynalazek dotyczy metody zapobiegania kolmatacji warstwy przyfiltrowej zatłaczających otworów geotermalnych, poprzez wpływanie na parametry chemiczne solanki lub wody geotermalnej, w trakcie normalnej eksploatacji otworów, bez przerywania ich pracy na czas dekolmatacji. Efekt zapobiegawczy przed wytrącaniem się osadów z solanki lub wody geotermalnej uzyskuje się poprzez ciągłe dozowanie do solanki lub wody geotermalnej łącznie gazowego dwutlenku węgla i kwasu askorbinowego lub pochodnych kwasu askorbinowego.

Sposób przeciwdziałania kolmatacji warstwy przyfiltrowej i poprawy jej chłonności w obrębie zatłaczających otworów geotermalnych, zwłaszcza w przypadku otworów wykorzystywanych do zatłaczania solanek lub wód geotermalnych o temperaturach w miejscu ich wydobywania poniżej 100 °C, wykorzystywanych w ciepłowniach geotermalnych, polega na tym, że na odcinku pomiędzy otworem wydobywczym a otworem zatłaczającym wprowadza się do wody lub solanki geotermalnej gazowy dwutlenek węgla o stopniu czystości ponad 50 % wagowych CO₂ korzystnie ponad 95% wagowych CO₂, w ilości takiej aby obniżyć odczyn pH solanki lub wody geotermalnej w miejscu jej wtrysku do otworu zatłaczającego tak, aby nastąpiło obniżenie odczynu poniżej wartości 5,0 pH, korzystnie w



przedziale 4,5 – 3,0 pH, z równoczesnym dozowaniem roztworu kwasu askorbinowego w ilościach od 1 do 200 g kwasu askorbinowego na 1 m³ wtlaczanej solanki lub wody geotermalnej. Punkt wtrysku chemikaliów korzystnie jest zlokalizować przed wymiennikami ciepła, których powierzchnie wymiany ciepła będą w ten sposób też chronione przed zarastaniem osadami. Zamiast kwasu askorbinowego można użyć jego pochodnych, w tym kwasu izoaskorbinowego oraz soli sodowych lub potasowych kwasu askorbinowego i izoaskorbinowego. Wprowadzenie kwasu askorbinowego lub jego pochodnych wpływa na obniżenie potencjału redox solanki, który powinien być obniżony o co najmniej 20 mV, a korzystnie o 50 – 200 mV wskutek czego następuje wyeliminowanie krystalizacji siarczanów dwuwartościowych kationów jak stront i bar. Zmniejszenie ilości kwasu askorbinowego i jego pochodnych w obniżaniu potencjału redox można uzyskać przez dodatkowe zadozowanie do solanki lub wody geotermalnej gazowego dwutlenku siarki lub wodorosiarczynu sodowego lub potasowego.

Jak wykazały długotrwałe badania, prowadzone na otworach zatłaczających ciepłowni geotermalnej, metoda umożliwia nie tylko utrzymanie chłonności otworów zatłaczających na stałym poziomie, ale stopniowy, stały wzrost tej chłonności. Przy tym, metoda nie wymaga wyłączania otworów zatłaczających z eksploatacji w trakcie jej stosowania. Sposób wg wynalazku zostanie przedstawiony w poniższych przykładach.

Przykład 1. Solanka geotermalna o odczynie 5,8 jednostek pH, potencjale redox 120 mV i temperaturze 80 °C jest wydobywana z górotworu z głębokości 1400 m za pomocą pomp wydobywczych. Następnie po oddaniu ciepła w baterii tytanowych wymienników ciepła w ciepłowni geotermalnej solanka jest schładzana do temperatury ok. 50°C po czym jest zatłaczana przez pompy zatłaczające z wydajnością 40 m³/h przy ciśnieniu zatłaczania 8 barów do warstwy wodonośnej poprzez otwór zatłaczający odległy o 2 km od miejsca jej ujęcia. Przed otworem zatłaczającym zamontowane są filtry świecowe o porowatości 1 µm. Za wzrost oporów przepływu solanki geotermalnej przez filtry świecowe są odpowiedzialne wytrącające się osady. Wykonane analizy fizykochemiczne ujmowanej solanki geotermalnej w otworze wydobywczym pokazały potencjalną zdolność poszczególnych związków chemicznych do krystalizacji wskutek ich przesylenia w solance co jest określone przez indeks nasycenia. Wartości te ujęto w poniższej tabeli.

| Związek trudno rozpuszczalny | Wyliczony indeks nasycenia |
|---|----------------------------|
| Krzemionka amorficzna SiO ₂ | 0,15 |
| Gips CaSO ₄ x 2H ₂ O | 0,39 |
| Anhydryt CaSO ₄ | 0,54 |
| Syderyt FeCO ₃ | 0,49 |
| Baryt BaSO ₄ | 0,60 |
| Kalcyt CaCO ₃ | 1,2 |
| Dolomit CaMg(CO ₃) ₂ | 1,35 |
| Celestyn SrSO ₄ | 2,09 |
| Getyt FeOOH | 4,55 |
| Gibbsyt Al(OH) ₃ | 4,70 |

Jan Bogajłow

| | |
|--|------|
| Hematyt Fe ₂ O ₃ | 3250 |
|--|------|

Jak widać z powyższej tabeli najbardziej przesycony w roztworze jest hematyt, gibbsyt i getyt. Związki metali na trzecim stopniu utlenienia są odpowiedzialne za ich krystalizację w tych konkretnych warunkach i dalej za kolmatację złoża przyfiltrowego w otworze zatłaczającym. Lekkie przesyconie dolomitu nie decyduje o wytrącaniu się tego związku w znacznych ilościach. Świadczą o tym pobrane do analizy osady z filtrów świecowych ustawionych na przepływie całego strumienia solanki geotermalnej na których zbierają się wytrącone osady, prekursorzy kolmatacji złoży geotermalnych. Skład zebranego osadu z filtrów świecowych przedstawiono poniżej w tabeli.

| Składnik osadu | Zawartość (% wag) |
|---|-------------------|
| Wapń jako CaO | 1,6 |
| Magnez jako MgO | 0,7 |
| Żelazo całkowite jak Fe ₂ O ₃ | 88,2 |
| Siarka jako SO ₃ | 3,9 |
| Mangan jako MnO | 2,9 |
| Pozostałe do 100% | 2,7 |

Zainstalowane przed otworem zatłaczającym filtry świecowe przed zastosowaniem wynalazku musiały być wymieniane co 5 dni ze względu na blokowanie przepływu wytrącającymi się osadami. Wynik analizy osadów wskazuje, że głównym materiałem budulcowym osadów są związki żelaza z domieszką manganu i siarczanów (prawdopodobnie strontu i baru) z niewielkim udziałem jonów odpowiedzialnych za twardość – wapnia i magnezu. Otwór zatłaczający był wielokrotnie poddawany tradycyjnemu kwasowaniu kwasem solnym o stężeniu handlowym, z inhibitorami korozji, osiągając na krótko rezultaty zwiększonej chłonności złoża. Jak wykazały badania osadów jakie wydzielają się na filtrach świecowych (imitując tym samym osady mogące się wytrącać w złożu górotworu), związków wapnia jest niewiele, stąd kwasowanie przynosi krótkotrwałe efekty. Na podstawie powyższych danych wejściowych opracowano metodę poprawienia chłonności otworu zatłaczającego wg wynalazku.

Za otworem wydobywczym a przed wymiennikami ciepła rozpoczęto dozowanie czystego dwutlenku węgla o zawartości 99,5% wag. CO₂ z cysterny skroplonego dwutlenku węgla poprzez układ rozprężny. Ciśnienie dozowania CO₂ było wyższe o 1,2 bara niż ciśnienie solanki w rurociągu w ilości takiej aby wywołać zamierzoną zmianę pH solanki geotermalnej. Jednocześnie obok punktu dozowania CO₂ rozpoczęto dozowanie roztworu 20% kwasu askorbinowego w przeliczeniu na czysty kwas askorbinowy w ilości 30 g na 1 m³ przepływającej solanki. Poprzez wzrost ciśnienia zatłaczania CO₂ zmieniano dawkę, co wpływało na zmianę odczynu pH solanki obniżając go aż do pH 4,5, przy którym potencjał redox ustabilizował się na wartości ok. 70 mV. W ciągu trzech dni dozowania obu składników stwierdzono ustabilizowanie się przepływu solanki na stałej wartości 59 m³/h bez tendencji spadkowej przepływu co potwierdziło zakładane założenia powstrzymania kolmatacji.

[Podpis] Bogdan J. J. J.


otworu. Jednocześnie kontrola filtrów świecowych wykazała brak osadów na ich powierzchni, co świadczy o powstrzymaniu procesu wytrącania się osadów z solanki geotermalnej. Po ok. trzech miesiącach dozowania ustalonej chemii przy odczynie pH solanki $4,4 \pm 0,1$ i potencjale redox 70 ± 5 mV nastąpił wzrost przepływu solanki w rurociągu do wartości ok. $70 \text{ m}^3/\text{h}$ i nastąpiło obniżenie ciśnienia zatłaczania o 1,8 bara. Rozpoczął się powolny proces dekolmatacji otworu. Po roku łącznego dozowania CO_2 i kwasu askorbinowego w ilości ustalonej jak wyżej, przepływ w rurociągu wynosił $75 \text{ m}^3/\text{h}$ a ciśnienie tłoczenia spadło o dalsze 0,7 bara. Natomiast wydajność cieplna ciepłowni geotermalnej wzrosła o około 60 % w stosunku do tej jaka była przed wdrożeniem metody dekolmatacji wg wynalazku.

Przykład 2. Solanka geotermalna o odczynie 6,0 jednostek pH i potencjale redox 140 mV o temperaturze $78 \text{ }^\circ\text{C}$ jest wydobywana z górotworu z głębokości 1400 m na potrzeby ciepłowni geotermalnej za pomocą pomp wydobywczych a następnie po oddaniu ciepła w baterii wymienników zbudowanych z tytanu jest schłodzona do temperatury $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Następnie jest zatłaczana przez pompy zatłaczające do warstwy wodonośnej górotworu poprzez otwór zatłaczający, odległy o 1,5 km od miejsca jej ujmowania. Przed otworem zatłaczającym zamontowane były filtry świecowe o porowatości $1 \text{ }\mu\text{m}$, aby zatrzymać wytrącone osady ze schłodzonej solanki, co zmniejsza tendencję do kolmatacji złoża wodonośnego. Filtry świecowe jako filtry bezpieczeństwa były wymieniane co 7 dni. Przepływ solanki ustalony był przed wdrożeniem metody dekolmatacji na $60 \text{ m}^3/\text{h}$ i z tendencją do jego powolnego obniżania się, a ciśnienie zatłaczania solanki wynosiło 10 barów z tendencją do wzrostu. W celu poprawy sprawności ciepłowni geotermalnej i zwiększenia przepływu medium geotermalnego rozpoczęto wdrażanie sposobu dekolmatacji otworu wydobywczego wg wynalazku. W tym celu ustawiono tytanowy absorber CO_2 w ciągu technologicznym przepływu solanki geotermalnej, na wyjściu solanki z otworu wydobywczego, a przed wymiennikami ciepła. Prowadzono proces absorpcji poprzez rozpuszczenie w solance 66 g CO_2 na każdy 1 m^3 przepływającej solanki w wyniku czego odczyn pH solanki obniżył się do wartości 4,7 pH. Za absorberem a przed wymiennikami rozpoczęto dozowanie kwasu izoaskorbinowego w ilości 5 g na każdy 1 m^3 przepływającej solanki oraz dozowanie 40% roztworu wodorosiarczynu sodowego w przeliczeniu na czysty wodorosiarczyn sodowy, w ilości 3 g na każdy 1 m^3 przepływającej solanki, wskutek czego potencjał redox solanki obniżył się o 60 mV i wynosił 80 mV. Po około 8 miesiącach stosowania metody wg wynalazku utrzymując odczyn pH na powyższym poziomie oraz dozowanie kwasu izoaskorbinowego i wodorosiarczynu sodowego jak wyżej przepływ solanki wzrósł o ok. 45% a ciśnienie zatłaczania obniżyło się o 1,8 bara. Czasokres użytkowania filtrów świecowych wzrósł do 3 miesięcy.

Sposób realizowany wg wynalazku wykazuje szereg zalet. Wykorzystanie taniego dwutlenku węgla do stabilizacji osadowej solanki powoduje utrzymywanie wodorowęglanów zawartych w solance lub wodach geotermalnych w równowadze z jonami wapnia i magnezu. Obniżenie wartości odczynu pH i równoczesna redukcja części żelaza z wartościowości +3 na wartościowość +2 wskutek obniżenia się potencjału redox przesuwają wartości indeksów



nasycenia wielu trudno rozpuszczalnych związków poniżej wartości 1, dzięki czemu procesy wytrącania ich osadów nie zachodzą. Metoda jest skuteczna w stosunku do soli z grupy węglanów (kalcyt, dolomit, aragonit, syderyt stroncjanit, itp.), tlenków żelaza i manganu (getyt, hematyt, piroluzyt) oraz wodorotlenków metali (uwodniony $\text{Fe}(\text{OH})_3$, brucyt, gibbsyt, pirochroit) a także w stosunku do soli siarczanowych (gips, anhydryt, baryt, celestyn), krzemionki oraz fluorytu (CaF_2). Dotychczas nie opisane w literaturze łączne synergetyczne oddziaływanie wzajemne dwutlenku węgla i kwasu askorbinowego w roztworze solanki lub wody geotermalnej zapewnia nieoczekiwany efekt w postaci zablokowania w solance zdolności do wytrącania się osadów tlenków, wodorotlenków i soli metali poprzez pozostawanie związków chemicznych w postaci rozpuszczonej i/lub w stanie bardzo silnej dyspersji niezdolnej do osadzania się na powierzchniach wymiany ciepła w ciepłowni geotermalnej jak i w strefie przyfiltrowej otworu zatłaczającego. Dodatkową zaletą sposobu przeciwdziałania kolmatacom strefy przyfiltrowej otworów zatłaczających wg wynalazku jest możliwość stosowania gazów o dużej zawartości CO_2 (ponad 50%) co sprzyja utylizacji dwutlenku węgla w warstwach wodonośnych solanek lub wód geotermalnych i tym samym zmniejsza emisję CO_2 do atmosfery.

 *Bogdan Jeleń*