

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **238499**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424148**

(22) Data zgłoszenia: **31.12.2017**

(51) Int. Cl.

C02F 1/24 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

B01D 65/08 (2006.01)

(54)

Układ oczyszczania wody i sposób czyszczenia membran filtracyjnych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

01.07.2019 BUP 14/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.08.2021 WUP 22/21

(73) Uprawniony z patentu:

**NET SPÓŁKA Z OGRANICZONA
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ WATER
TECHNOLOGIES SPÓŁKA KOMANDYTOWA,
Sokołów, PL**

**KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE
AND TECHNOLOGY, Riyadh, SA**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ALEKSANDER WIDUCH, Warszawa, PL
ANDRZEJ IRENEUSZ MRÓZ, Warszawa, PL
YUSEF MUHAMMED AL YUSEF,
Riyadh, SA**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Rafał Parczewski

PL 238499 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ oczyszczania wody i sposób czyszczenia membran filtracyjnych.

Wynalazek należy do dziedziny układów i instalacji oczyszczania wody.

W układach oczyszczania wody zanieczyszczenia stałe i koloidalne z cieczy usuwane są poprzez zastosowanie przegród filtracyjnych typu membran zazwyczaj z otworami mniejszymi od 1 mikrometra. Rozdzielana zawiesina z nadciśnieniem dopływa pionowo lub stycznie do powierzchni membrany. Ciecz przepływa przez powierzchnię membrany zaś na powierzchni i w porowatej strukturze membrany narasta osad powodujący wzrost oporu przepływu określonego jako ciśnienie trans-membranowe. Wzrost ciśnienia trans-membranowego oznacza spadek wartości strumienia cieczy. Gdy ciśnienie trans-membranowe osiąga określoną wysoką wartość, a wydajność filtracji z jednostki powierzchni spada, przerywa się proces filtracji i membranę poddaje się płukaniu w celu odzyskania jej przepuszczalności. W zależności od rodzaju membrany jest ona poddawana płukaniu metodą przetłaczania części czystej cieczy lub płukaniu stycznym do powierzchni membrany strumieniem cieczy przy zamkniętym odpływie cieczy za membraną. Okresowo membrany są dodatkowo poddawane płukaniu chemicznemu w celu rozpuszczenia i usunięcia zgromadzonych w porowatej strukturze membrany zanieczyszczeń, blokujących proces filtracji. Jedną z powszechnie stosowanych metod przeciwdziałania osadzaniu się osadu na membranie jest barbotaż pęcherzyków gazu wzdłuż pionowej przegrody membranowej. Wykorzystywane są tutaj pęcherze powietrza dużej średnicy – paru mm. W wyniku towarzyszącemu barbotażowi mieszaniu następuje mechaniczne usuwanie części osadu z powierzchni membrany, podobnie jak w przypadku przepływu cieczy wzdłuż membrany podczas filtracji „cross flow”. Z powierzchni membrany są usuwane cząstki stałe i koloidalne i są one wynoszone na powierzchnię cieczy. Im większe są rozmiary cząstek tym łatwiej jest je usunąć. Najtrudniejsze do usunięcia cząstki o najmniejszych rozmiarach tworzą osady o bardzo małej porowatości i o największym oporze filtracji. Szybkość blokowania membrany jest zależna od stężenia zanieczyszczeń stałych i koloidalnych w zawieszynie. Membrana tym szybciej zarasta osadem im więcej jest osadu w cieczy doprowadzanej do powierzchni membrany i im mniejsze są cząstki osadu w zawieszynie. Jest rzeczą naturalną, że chcąc odfiltrować cząstki stałe o zadanym rozmiarze nie przeprowadza się filtracji jednostopniowo i nie filtruje się zawiesin przez membranę o rozmiarze otworów równym rozmiarowi ziarna podziałowego. Lepszym rozwiązaniem jest stopniowe odfiltrowywanie z zawiesiny coraz mniejszych ziaren fazy stałej na kolejnych przegrodach filtracyjnych o coraz mniejszych otworach. Innym skutecznym rozwiązaniem jest zastosowanie do usunięcia większych cząstek chemicznej koagulacji zawiesin, a następnie metod sedymentacji lub flotacji. Sedymentacja jako proces oparty na wykorzystaniu siły grawitacji jest procesem powolnym i jej skuteczność zależy od prawidłowości dobranych chemikaliów. Do sedymentacji są potrzebne duże zbiorniki tzw. osadniki. Flotacja jest procesem szybszym od sedymentacji i wymaga mniejszych zbiorników, ale jej przeprowadzenie wymaga ciągłego doprowadzania do flotatora dużej ilości gazu w postaci drobnych pęcherzyków, które przyczepiają się do cząstek stałych i wynoszą je na powierzchnię cieczy w postaci kożucha łatwego do usunięcia mechanicznego. Skuteczność usuwania zawiesin metodą flotacji zależy od wielkości pęcherzyków gazu wprowadzanych do komory flotatora. Powszechnie używane flotatory są wyposażone w generatory drobnych pęcherzyków o rozmiarach od 300 do 1000 mikrometrów. Takie pęcherzyki stosunkowo szybko unoszą się w cieczy, prawdopodobieństwo ich kontaktu z cząstkami stałymi jest często niższe od 50%, a sprawność rozdzielania rzadko osiąga 98%. Mniejsze pęcherzyki o rozmiarach 70–300 mikrometrów dają lepsze efekty, ale szybko łączą się w większe i unoszą do powierzchni cieczy, często bez kontaktu z cząstkami stałymi.

Takie rozwiązanie flotacji poprzedzającej membrany ceramiczne opisano w zgłoszeniu EP 2867174. Pęcherzyki powietrza o rozmiarach ok. 70 mikrometrów są wprowadzane do cieczy na wlocie do komory flotatora i usuwają (flotują) zawiesiny, koloidy oraz tłuszcze. Sprawność separacji taką metodą flotacji osiąga 99,5%. Ciecz z niewielką ilością zawiesin jest filtrowana przez membrany ceramiczne, zanurzone w komorze flotatora. Filtrat jest odciągany z wnętrza membran podciśnieniem wytwarzanym przez pompę próżniową. Wzdłuż powierzchni membran przepływają pęcherzyki powietrza z dyfuzorów drobnopęcherzykowych. Na powierzchni membran osadzają się bardzo drobne zawiesiny, które tworzą osady (placek) filtracyjny o dużym oporze filtracji nawet przy małej grubości. Osad jest usuwany okresowo metodą płukania „pod włos” gdy ciśnienie trans-membranowe wzrośnie do wartości krytycznej. W wyniku płukania „pod włos” wypłukany osad jest wynoszony na powierzchnię cieczy do

warstwy flotatu czyli kożucha osadu usuwanego mechanicznie. Taka kombinacja flotacji i filtracji membranowej przy użyciu membran ceramicznych daje możliwość uzyskania zarówno wyższych wydajności filtracji jak i lepszej skuteczności filtracji. Wadą opisaney metody jest konieczność stosowania stosunkowo dużej ilości chemikaliów oraz dłuższe przerwy w pracy instalacji i straty energii i filtratu na częste płukanie membran. Metoda opisana w omawianym zgłoszeniu europejskim umożliwia zmniejszenie częstotliwości płukania membran przez zredukowanie koncentracji osadu w zawieszinie, ale nie wpływa na zredukowanie częstotliwości chemicznego płukania membran bowiem nie poprawia czyszczenia porowatej wewnętrznej struktury membrany. Czyszczenie powierzchni membrany za pomocą drobno-pęcherzykowego napowietrzania jest zbyt mało efektywne i nie wpływa istotnie na poprawę warunków filtracji.

Ponadto w stosowanych tradycyjnie układach oczyszczania wody, membrany filtracyjne są wielowarstwowymi strukturami porowatymi gdzie na powierzchni znajduje się najcieńsza warstwa o najmniejszych otworach, a kolejne następne warstwy są podkładem mechanicznym i drenażem do odprowadzania cieczy, która przepłynęła przez tę najcieńszą warstwę. Podczas filtracji z użyciem membran osadza się osad zarówno na ich powierzchni jak i w porowatej strukturze membrany. W czasie filtracji stopniowo rośnie grubość warstwy osadu na powierzchni membrany, rośnie ciśnienie trans-membranowe i maleje wydajność filtracji z jednostki powierzchni. Po osiągnięciu zadanej granicznej wartości ciśnienia trans-membranowego jest konieczne oczyszczenie membrany w celu odtworzenia jej początkowej przepuszczalności.

W jednym z powszechnie znanych rozwiązaniach membrany czyszczone są poprzez zamknięcie przepływu cieczy przez powierzchnię membrany w celu zmycia osadu nagromadzonego na powierzchni membrany. Usuwanie osadu odbywa się w wyniku stycznego przepływu czynnika myjącego stycznie do powierzchni membrany. Czynnikiem myjącym jest zazwyczaj filtrowana zawiesina, której styczny przepływ odrywa mechanicznie osad od powierzchni membrany. W wielu rozwiązaniach dodatkowym czynnikiem czyszczącym są makro-pęcherzyki gazu, które odrywają osad od membrany w czasie szybkiego, pulsującego przepływu do powierzchni cieczy. Takie rozwiązanie techniczne jest stosowane również w przypadku membran z tworzyw sztucznych.

Innym, częściowo wspomnianym wyżej sposobem czyszczenia membran filtracyjnych jest generowanie przepływu filtratu w kierunku przeciwnym do kierunku filtracji – metoda mycia „pod włos”. Przy dostatecznej odporności mechanicznej membrany pompuje się ciecz myjącą pod ciśnieniem i następuje mechaniczne usunięcie osadu z powierzchni membrany oraz częściowo z wnętrza porów warstw drenażowych. Usunięty osad jest wynoszony do filtrowanej zawiesiny. Jeżeli membrana charakteryzuje się wysoką odpornością mechaniczną to stosuje się metodę tzw. „młota hydraulicznego” polegającą na szybkim uderzeniu hydraulicznym porcją filtratu w kierunku przeciwnym do kierunku filtracji. Do takiego czyszczenia membran stosuje się nawet ciśnienia rzędu 4–5 bar. Podstawową zaletą takiej metody czyszczenia jest bardzo krótki czas czyszczenia. Wadą tego rozwiązania jest niebezpieczeństwo gromadzenia i zginięcia osadu w wewnętrznej porowatej strukturze membrany, spadek porowatości objętościowej i stopniowy wzrost oporu hydraulicznego membrany. W praktyce taka metoda jest stosowana do czyszczenia membran z materiałów o bardzo wysokiej wytrzymałości mechanicznej np. węglik krzemu SiC. Należy również zaznaczyć, że każde takie płukanie membrany powoduje obniżenie wydajności urządzenia oraz wytworzenie dodatkowych ścieków z płukania membran.

Membrany filtracyjne są również czyszczone poprzez chemiczne i biochemiczne usuwanie zgromadzonych osadów – rozpuszczanie. Po wielokrotnym czyszczeniu mechanicznym zewnętrznej powierzchni membrany oraz wewnętrznej struktury membrany powstaje konieczność oczyszczenia chemicznego lub biochemicznego membran. Operacja czyszczenia polega na przepuszczaniu przez membranę kolejnych roztworów myjących (kwasy, ługi, substancje enzymatyczne), które rozpuszczają zanieczyszczenia nagromadzone w wewnętrznej strukturze membrany. Każdorazowo mycie chemiczne i biochemiczne powoduje wytworzenie ścieku z mycia, który musi być odprowadzony oddzielnie i poddany utylizacji. Czas mycia jest równoznaczny z przestojem w pracy membrany. Koszty chemikaliów i ich zużycie znacząco wpływają na koszty operacyjne filtracji.

Ze stanu techniki znane są flotatory wyposażone w generatory mikro-nano pęcherzy gazu o rozmiarach 1–40 mikrometrów. Tak małe pęcherzyki nie łączą się w większe, a rozpadają na mniejsze i praktycznie nie unoszą do powierzchni cieczy. Powierzchnia mikro-pęcherzyków jest naładowana ujemnie co powoduje, że łatwo oklejają naładowane dodatnio cząstki stałe i koloidalne, powodują zjawisko samo-koagulacji i pozwalają na usunięcie z zawiesin bardzo drobnych zanieczyszczeń, szczególnie organicznych. Zastąpienie standardowych pęcherzyków mikro-pęcherzykami znacząco podwyższa

skuteczność separacji, a jednocześnie obniża koszty eksploatacyjne i zmniejsza niezbędną objętość roboczą flotatorów. Pękające mikro-pęcherzyki generują fale ultradźwiękowe co działa oczyszczająco na wszelkie powierzchnie stałe. W wyniku pękania mikro-pęcherzyków powstają rodniki hydroksylowe OH^* , które są bardzo silnymi utleniaczami, silniejszymi od ozonu i tlenu atomowego. Rodniki hydroksylowe rozkładają zarówno koloidalne jak rozpuszczone substancje organiczne, które blokują powierzchnię membrany i jej porowate wnętrze. Zarówno cząstki stałe w rozdzielanej zawieszynie jak i cząstki usunięte myciem „pod włos” i działaniem ultradźwięków z powierzchni membrany podlegają samo-koagulacji i w wyniku ujemnego naładowania powierzchni cząstek stałych i koloidalnych. Jeżeli tak wytworzone flocuły osadzą się na powierzchni również ujemnie naładowanej membrany hydrofilowej to utworzą osad (placek) o dużej porowatości i znacznie mniejszym oporze filtracji. Mniejsze opory filtracji oznaczają wyższą szybkość filtracji z jednostki powierzchni filtracyjnej. Takie osady są łatwiejsze do usunięcia z powierzchni membrany metodą płukania „pod włos”. Jeżeli zapewni się dostateczną ilość mikro-nano pęcherzyków przepływających wzdłuż pionowej powierzchni membrany to uzyska się efekt usuwania osadów z powierzchni membrany oraz będzie zapewnione stałe czyszczenia membrany i wynoszenie osadu do powierzchni cieczy do flotatu. Powyższe rozwiązanie nie zapewnia jednak satysfakcjonującego poziomu efektywności filtracji wody ze względu na zbyt małą zawartość mikro-nano pęcherzy w wodzie poflotacyjnej.

Głównym celem rozwiązania według wynalazku jest poprawa efektywności instalacji oczyszczania wody wykorzystujących membrany filtracyjne, ze szczególnym naciskiem na instalacje przygotowujące wodę do filtracji w instalacjach odwróconej osmozy – woda przeznaczona do filtracji w instalacjach odwróconej osmozy musi być bardzo dokładnie przygotowana, co generuje m.in. koszty związane ze zużyciem chemikaliów oraz energii elektrycznej. Znane dotąd rozwiązania wykorzystują mikro-nano-pęcherze do katalizowania procesu flotacji, czyniąc ją bardziej efektywną. Powstałe mikro-nano-pęcherze dodawane są do wody przed procesem flotacji i wykorzystywane do zwiększenia jej efektywności. Nie trafiają one jednak w wystarczającej ilości na wbudowany we flotator, bądź zainstalowany zewnętrznie, zestaw membran filtracyjnych. Rozwiązanie według zgłaszanego wynalazku umożliwia nasycenie wody poflotacyjnej, tj. wstępnie oczyszczonej przy pomocy procesu flotacji, mikro-nano pęcherzami tak aby tak wstępnie oczyszczona woda znowu zawierała maksymalne stężenie mikro-nano pęcherzy, umożliwiając wykorzystanie ich korzystnych właściwości zapobiegania osadzaniu się zanieczyszczeń na membranach filtracyjnych. Efektywność tego rozwiązania zapewniana jest poprzez podawanie wody z mikro-nano pęcherzami bezpośrednio na membrany filtracyjne. Sprawia to że proces filtracji z wykorzystaniem membran jest znacząco bardziej wydajny a oczyszczona w ten sposób woda może zostać ponownie nasycona mikro-nano pęcherzami w celu poprawy efektywności procesu filtracji w instalacjach odwróconej osmozy.

Najistotniejszym kosztem w produkcji destylatu z wykorzystaniem instalacji odwróconej osmozy jest koszt zużytej energii elektrycznej. Wyprodukowanie destylatu w układzie zgodnie z wynalazkiem pobiera łączną ilość energii elektrycznej na poziomie 2.86 kWh/m^3 destylatu, podczas gdy konwencjonalne układy odwróconej osmozy są w stanie osiągnąć minimalne zużycie energii elektrycznej na poziomie 3.7 kWh/m^3 destylatu. Powyższe jest osiągalne dzięki temu, że flotator z wbudowanym generatorem mikro-nano-pęcherzy zużywa 0.713 kWh/m^3 , układ membran 0.1 kWh/m^3 , generator mikro-nano-pęcherzy pracujący na potrzeby instalacji odwróconej osmozy 0.563 kWh/m^3 , a układ odwróconej osmozy w wyniku zastosowania wymienionych urządzeń osiąga 2,5 krotną efektywność ponieważ solanka nasycona mikro-nano pęcherzami skutecznie przeciwdziała narastaniu osadów na membranach dzięki fal ultradźwiękowych rozbijających wszelkie nagromadzone zanieczyszczenia zaburzające przepływ przez membrany – fale powstają podczas pęknięć mikro-nano pęcherzy. Powyższe prowadzi do ograniczenia zużycia energii elektrycznej z 3.7 kWh/m^3 do 1.48 kWh/m^3 w obszarze samej instalacji odwróconej osmozy, dając sumarycznie z instalacją przygotowania wody przy użyciu urządzenia 2.86 kWh/m^3 . Przyjmując koszty energii elektrycznej w Arabii Saudyjskiej na poziomie 0.32 SAR za kWh, proponowane rozwiązanie obniża koszt produkcji 1 m^3 destylatu z 1,184 SAR do 0,92 SAR, co stanowi około 23% redukcję kosztów wyprodukowania która dodatkowo powinna być powiększona o ograniczenie kosztu zużycia chemikaliów do procesu w ilości około 0.05\$ na m^3 .

Istotą wynalazku jest układ oczyszczania wody, zawierający źródło wody do filtracji, komorę flotatora, zgarniacz osadu, generator mikro-nano pęcherzy, zespół membran filtracyjnych połączony z rurociągiem odprowadzania filtratu zawierającym pompę odciągania filtratu i płukania membran charakteryzujący się tym, że komora flotatora połączona jest za pośrednictwem rurociągu z generatorem mi-

kro-nano pęcherzy, do którego podłączony jest rurociąg którego wylot skierowany jest na zespół membran filtracyjnych oraz przynajmniej jeden z rurociągów łączących generator mikro-nano pęcherzy z komorą flotatora lub komorą membran filtracyjnych wyposażony jest w pompę.

Korzystnie gdy zespół membran filtracyjnych znajduje się poza komorą flotatora w komorze membran filtracyjnych.

Korzystnie gdy komora flotatora jest dodatkowo połączona z komorą membran filtracyjnych.

Korzystnie gdy generator mikro-nano pęcherzy połączony jest z rurociągiem będącym źródłem wody za pośrednictwem rurociągu z pompą.

Korzystnie gdy układ według wynalazku zawiera dodatkowo zbiornik filtratu połączony z zespołem membran filtracyjnych rurociągiem, który składa się z rurociągu odprowadzania filtratu i rurociągu powrotnego, gdzie rurociąg odprowadzania filtratu zawiera pompę.

Korzystnie gdy układ według wynalazku zawiera generator mikro-nano pęcherzy połączony rurociągiem z pompą ze zbiornikiem filtratu oraz dodatkowy generator mikro-nano pęcherzy połączony jest za pośrednictwem rurociągu z pompą z układem odsalającym odwróconej osmozy.

Korzystnie gdy zespół membran filtracyjnych składa się z jednej lub większej liczby membran filtracyjnych.

Korzystnie gdy rurociąg wychodzący z generatora mikro-nano pęcherzy podłączony jest do dysz, których wyloty skierowane są bezpośrednio na zespół membran filtracyjnych.

Sposób oczyszczania zespołu membran filtracyjnych charakteryzujący się tym, że woda za pośrednictwem rurociągu będącego źródłem wody przepompowywana jest do komory flotatora a następnie za pośrednictwem rurociągu, przepompowywana jest do generatora mikro-nano pęcherzy, gdzie nasycana jest mikro-nano pęcherzami gazu o średnicy od 1 do 50 mikrometrów a następnie za pośrednictwem rurociągu przepompowywana jest na zespół membran filtracyjnych.

Korzystnie, gdy woda nasycona mikro-nano pęcherzami z generatora mikro-nano pęcherzy przepompowywana jest przez rurociąg na zespół membran filtracyjnych za pośrednictwem dysz których wylot skierowany jest bezpośrednio na zespół membran filtracyjnych.

Korzystnie, gdy za pośrednictwem rurociągu do komory flotatora wpompowywana jest woda nasycona mikro-nano pęcherzami.

Przedmiot wynalazku w korzystnym przykładzie wykonania został przedstawiony na rysunku przedstawiającym układ oczyszczania wody.

Wynalazek zrealizowano poprzez wytworzenie układu oczyszczania wody, gdzie w sposób wieloetapowy woda morska zostaje przygotowana poprzez obniżenie współczynnika SDI Silt Density Index (indeks zasolenia), informujący o procentowym spadku natężenia przepływu w trakcie jednej minuty, który wzrasta wraz ze wzrostem zawartości cząstek stałych w płynącym medium – im niższy współczynnik tym mniejsze opory przepływu podczas procesu filtracji membranowej, co jest bardzo korzystne do wartości równej 1 lub niższej oraz nasycenie solanki mikro-nano pęcherzami tuż przed wlotem do układu odwróconej osmozy.

Układ oczyszczania wody według wynalazku w korzystnym przykładzie wykonania zawiera źródło wody 3 do filtracji połączone rurociągiem z tworzywa sztucznego z komorą 1 flotatora zawierającą zgarbiacz osadu 8 oraz zbiornik osadu 9. Generator 4 mikro-nano pęcherzy połączony jest rurociągiem z tworzywa sztucznego 10 z flotatorem 1, rurociągiem z tworzywa sztucznego 22 wyposażonym w pompę odśrodkową 23 ze źródłem wody 3, rurociągiem z tworzywa sztucznego 11 wyposażonym w pompę odśrodkową 12 z zespołem dysz 13. Zespół dysz 13 znajduje się w komorze membran 19 zawierającej także zespół membran filtracyjnych 2 połączonych ze stalowym zbiornikiem filtratu 6 przy pomocy rurociągu z tworzywa sztucznego 25 oraz rurociągu z tworzywa sztucznego 24 zawierającego pompę odśrodkową 5. Stalowy zbiornik filtratu 6 połączony jest z generatorem mikro-nano pęcherzy 14 rurociągiem z tworzywa sztucznego 15 zawierającym pompę próżniową 7. Generator mikro-nano pęcherzy 14 połączony jest z instalacją odwróconej osmozy 18 przy pomocy rurociągu z tworzywa sztucznego 16 wyposażonego w pompę wody 17.

Sposób według wynalazku zrealizowano, poprzez doprowadzenie wody morskiej o stężeniu soli równym 42 g/l do komory flotatora 1 rurociągiem będącym źródłem wody 3 do filtracji, wykonanym z włókna szklanego. Wodę doprowadzono przy pomocy pompy obiegowej odśrodkowej 21. Równolegle do wyżej opisanego procesu, przy pomocy rurociągu 10 wykonanego z tworzywa PVC, za pomocą pompy 23 obiegowej odśrodkowej woda zostaje doprowadzona do generatora 4 mikro-nano pęcherzy i nasycona mikro-nano pęcherzami gazu – ozonu. W omawianym procesie wykorzystano Generator MNB typu Vortex BN 200. Następnie woda z mikro-nano pęcherzami o średnicy poniżej 45 mikrometrów

podawana jest za pośrednictwem rurociągu 22 do rurociągu będącego źródłem wody 3 do filtracji, gdzie miesza się z wodą morską i trafia do komory 1 flotatora. Nasycenie wody morskiej mikro nano pęcherzami powoduje wynoszenie osadów zawartych w wodzie morskiej do górnej sekcji flotatora, z której to zostają one zebrane za pośrednictwem zgarniacza typu łańcuchowego 8 i przetransportowane do komory zrzutu osadów 9 wykonanej ze stali 316L. W ten sposób wstępnie podczyszczona woda morska, pozbawiona zostaje części osadów i mikro organizmów. Równolegle, woda wstępnie oczyszczona nasycana jest mikro-nano pęcherzami w generatorze 4 mikro-nano pęcherzy i za pośrednictwem rurociągu 11 przy pomocy pompy 12 podawana jest do sekcji, w której zlokalizowane są membrany ceramiczne 2 ułożone pionowo, o długości 800 mm każda, pakietowane kolektorem z tworzywa PVC. Woda z mikro-nano pęcherzami trafia do dysz 13, z których pod zwiększonym ciśnieniem (co wynika z różnicy średnic wylotu dysz 13 względem średnicy rurociągu 11) podawana jest bezpośrednio na zespół membran filtracyjnych 2. W sekcji membran filtracyjnych zachodzi kolejny etap oczyszczania wody morskiej przy zastosowaniu ceramicznych membran filtracyjnych 2, których efektywność zostaje w znacznym stopniu podwyższona za sprawą nasycenia wody oczyszczanej na membranach filtracyjnych 2 mikro-nano pęcherzami dystrybuowanej dyszami 13 na powierzchnie zewnętrzne membran. Zastosowanie powyżej opisanego sposobu pozwala zmniejszyć częstotliwości przeprowadzania procesu „backwash” (polegającego na wygenerowaniu uderzenia hydraulicznego, w sposób mechaniczny oczyszczającego powierzchnię membran z osadów zakumulowanych w procesie oczyszczania i filtracji wody morskiej) pięciokrotnie.

Ponadto zaletą tego rozwiązania jest znaczne podwyższenie parametru odzysku wody w stosunku do ilości wody morskiej doprowadzonej do instalacji odsalania z konwencjonalnych 20–30%, aż do 80%. Daje to korzyść w postaci ilości wody doprowadzonej do procesu odsalania – w układzie produkującym 1000 t/h nominalnie powinniśmy dostarczyć 3400 t/h wody morskiej, podczas gdy przy zastosowaniu proponowanego rozwiązania, do wytworzenia 1000 t/h destylatu należy dostarczyć do układu około 1250 t/h wody morskiej. Kolejną zaletą jest ograniczenie powierzchni instalacji poprzez całkowite wyeliminowanie filtrów piaskowych. Znacznej redukcji ulegają koszty środków chemicznych dodawanych jako przygotowanie wody do procesu, co prowadzi do bezpośredniej korzyści w postaci \$0.05/m³ – co przy instalacji 30.000 m³ na dobę daje roczną oszczędność w ilości \$540.000. Wydłużeniu ulega również żywotność membran ponad dwukrotnie co dwukrotnie redukuje przestoje związane z koniecznością wymiany membran instalacji odwróconej osmozy.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ oczyszczania wody, zawierający źródło wody (3) do filtracji, komorę (1) flotatora, zgarniacz osadu (8), generator (4) mikro-nano pęcherzy, zespół membran filtracyjnych (2) połączony z rurociągiem (24) odprowadzania filtratu zawierającym pompę (5) odciągania filtratu i płukania membran **znamienny tym**, że komora (1) flotatora połączona jest za pośrednictwem rurociągu (10) z generatorem (4) mikro-nano pęcherzy, do którego podłączony jest rurociąg (11) którego wylot skierowany jest na zespół membran filtracyjnych (2); oraz przynajmniej jeden z rurociągów (10) (11) wyposażony jest w pompę (12).
2. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1 **znamienny tym**, że zespół membran filtracyjnych (2) znajduje się poza komorą (1) flotatora, w komorze (19) membran filtracyjnych.
3. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że zespół membran filtracyjnych (2) jest dodatkowo połączony z komorą (19) membran filtracyjnych.
4. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1, 2, 3 **znamienny tym**, że generator (4) mikro-nano pęcherzy połączony jest z rurociągiem będącym źródłem wody (3) za pośrednictwem rurociągu (22) z pompą (23).
5. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1, 2, 3, 4 **znamienny tym**, że zawiera dodatkowo zbiornik filtratu (6) połączony z zespołem membran filtracyjnych (2) rurociągiem, który składa się z rurociągu (24) odprowadzania filtratu i rurociągu powrotnego (25), gdzie rurociąg (24) zawiera pompę (5).
6. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5 **znamienny tym**, że zawiera generator (14) mikro-nano pęcherzy połączony rurociągiem (15) z pompą (7) ze zbiornikiem filtratu (6) oraz generator (14) połączony jest za pośrednictwem rurociągu (16) z pompą (17) z układem odsalającym odwróconej osmozy (18).

7. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, 6 **znamienny tym**, że zespół membran filtracyjnych (2) składa się z jednej lub większej liczby membran filtracyjnych.
8. Układ oczyszczania wody według zastrz. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 **znamienny tym**, że rurociąg (11) podłączony jest do dysz (13) których wyloty skierowane są bezpośrednio na zespół membran filtracyjnych (2).
9. Sposób oczyszczania zespołu membran filtracyjnych (2) **znamienny tym**, że woda za pośrednictwem rurociągu będącego źródłem wody (3) przepompowana jest do komory (1) flotatora a następnie za pośrednictwem rurociągu (10), przepompowana jest do generatora (4) mikro-nano pęcherzy, gdzie nasycana jest mikro-nano pęcherzami o średnicy od 1 do 50 mikrometrów a następnie za pośrednictwem rurociągu (11) przepompowywana jest na zespół membran filtracyjnych (2).
10. Zespół według zastrz. 9, **znamienny tym**, że woda nasycana mikro-nano pęcherzami z generatora (4) mikro-nano pęcherzy przepompowywana jest przez rurociąg (11) na zespół membran filtracyjnych (2) za pośrednictwem dysz (13) których wylot skierowany jest bezpośrednio na zespół membran filtracyjnych (2).
11. Sposób według zastrz. 9, 10 **znamienny tym**, że za pośrednictwem rurociągu (3) do komory (1) flotatora wpompowywana jest woda nasycana mikro-nano pęcherzami.

Rysunek

