



## ZAMANAGÓY SUW TAZALAW USULI – NANOFILTRACIYA

Kurbanbaev Miyirbek Jeńisbay uli

(Berdaq atındaǵı Qaraqalpaq mámleketlik universiteti Injenerlik kommunikaciya sistemalari, qurılısı hám montajı qánigeliginiń 1-kurs magistranti)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20393797>

### ARTICLE INFO

Received: 20th May 2026

Accepted: 21<sup>st</sup> May 2026

Published: 26<sup>th</sup> May 2026

#### KEYWORDS

Nanofiltraciya, membrana texnologiyası, qaytımlı osmos, ultrafiltraciya, mikrofiltraciya, nanotolar, membrana selektivligi, suwdi tazalaw, membranali ajiratiw, organikalıq eritiwshiler, filtrlew procesi, transmembran basım, suwdi jumsartiw, kompozit membranalar, sanaat filtraciyası.

### ABSTRACT

*Bul maqalada nanofiltraciya procesiniń rawajlanıw basqıshları, onıń membranalı ajiratiw texnologiyaları arasındaǵı ornı hám de islew principleri tallanǵan. Nanofiltraciyanıń qaytımlı osmos hám ultrafiltraciyadan ayırmashılıq tárepleri, membrana materiallarınıń qásiyetleri, selektivligi hám transmembran basım astında erigen zatları ajiratiw mexanizmleri kórsetilgen. Sonday-aq, nanofiltraciyanıń azıq-awqat, sút, ximiya, qaǵaz-cellyuloza, neftti qayta islew hám suwdi tazalaw sanaatlarındaǵı qollanıwı kórip shıǵılǵan. Maqalada nanotola filtr materialları, olardıń filtrlew nátiyjeliligi, ekonomikalıq abzallıqları hám ekspluatatsiyalıq ózgeshelikleri haqqında da maǵlıwmat berilgen. Nanofiltraciyanıń suw quramındaǵı zıyanlı zatları nátiyjeli ajiratiw menen birge paydalı mikroelementlerdi saqlap qalıw imkanıyatı tiykarlap berilgen.*

1960-jıllardıń baslarında fazalıq inversiya procesiniń rawajlanıwınan keyin filtraciya hám filtraciyaǵa baylanıslı aktivlikniń kóteriliwi membranalıq separaciyanıń úsh procesiniń payda bolıwına alıp keldi: kerı osmos, ultrafiltraciya hám jaqında ǵana mikrofiltraciya. Bul processler standart filtrleniwdiń 0,01 mm átirapındaǵı (10 mkm) kesilgen noqatınıń dástúriy shegarasınan bir neshe nanometr ólshemdegi eń juqa ayırım qattı bólekshelerge shekem ajıralıw spektrin aldı hám eritpeden iri molekullardı ajıratıp alıwǵa múmkinshilik berdi. Haqıyqıy ólshemler diapazonları derekten derekke bir qansha ózgeredi, biraq mikrofiltraciya 10 mkm den 0,1 mkm ge shekemgi diapazondı qamtıp aladı, al ultrafiltraciya diskret bóleksheler yamasa erigen materiallar ushın 300 000 nan shama menen 300 Daltonǵa shekemgi molekullıq massanıń kese-kesimi kóz-qarasınan 0,1 mkm den 0,005 mkm ge shekemgi diapazondı (5 nm) qamtıp aladı degen ulıwmalıq kelisim bar. Álbette, kerı osmos júdá kishkene natriy xlorid molekulasın uslap qalıw ushın arnalǵan bolıp, bul tek ǵana suwdi ótkeriwdi ańlatadı.

Bul boljaw ólshem diapazonları haqıyqatında elege shekem usı diapazonniń tómeni ushında ultrafiltrlew ushın olardıń qaplamasında boslıq qaldırdı (shama menen 100 den 300 daltonǵa shekem). Membranalardıń rawajlanıwı jetkilikli edi. 1970-80-jılları tez ótip, 1980-jıllardıń aqırında membranalıq processke alıp keldi hám "nanofiltraciya" dep ataldı. [1]

Usı mánieste nanofiltrleniw membranalıq ajıralıw procesleri tarawındaǵı jaqındaǵı rawajlanıw bolıp, óz ishine alıp aladı. Qaytı osmostıń joqarı ushı (bóliniw ólshemi termininde) hám ultrafiltraciyanıń tómeni ushı, 100 den 1000 daltonǵa shekem bolǵan mánislerdi óz ishine aladı. Ol suyıqlıqtaǵı bóleksheler menen emes, al suyıqlıqta erigen materiallar menen isleydi. Erigeniń arasınan ajıratıw dárilik zat hám eritiwshi tárepinen membranadaǵı qanday da bir fizikalıq tesik (pora) arqalı emes, tiykarınan joqarı transmembrana basımı menen háreketke keltiriletuǵın membrana materialı massası arqalı eritiwshi molekulalarınıń diffuziyası arqalı júz beredi. Erigen zattıń bazı bir molekulaları da processti jobalastırıwshınıń oyı boyınsha yamasa eritilgen zattıń membrana materialındaǵı shekli (biraq júdá kishi) diffuziya koefficientine iye bolıwı sebepli membrana arqalı diffuziyalana aladı.

Nanofiltraciya hám kerı osmostıń tiykarǵı parqı sonda, kerı osmos bir valentli duzlardı (mısalı, natriy xloridı) óz ishine aladı, nanofiltraciya bolsa olardı ótkerip jiberedi. Natriy sulfat sıyaqlı eki valentli duzlardı uslap turadı. Robert Peterson óziniń "Nanofiltraciya - principleri hám qollanıwı" kitabınıń alǵı sózinde kerı osmos (ásirese, suwdı tazalaw tarawında) tiykarǵı taǵam sıpatında, bálkim steyk sıpatında, nanofiltraciyanı bolsa "sharap menyusine uqsas... dóretiwshilik hám izleniw ushın imkaniyat" dep táriypleydi.

Joqarıda nanofiltraciya dep atalatuǵın hám bir qansha joqarı transmembrana basımında membranalar járdeminde ámelge asırılatuǵın erigen qattı bólekshelerdi alıp taslaytuǵın suyıq fazanı ajıratıw bolıp tabılatuǵın ulıwma qabil etilgen processtiń kelip shıǵıwı hám tábiyatı táriyiplengen edi. [2] Biraq, filtrlew biznesi kópshiliginiń rawajlanıwı suyıqlıq filtrlewindegi sıyaqlı juqa hám juqa kesiw noqatlarına bolǵan talaplar menen baylanıslı bolıp, bul talaplar házirgi waqıtta filtrlew materialların tayarlaw ushın sáykes túrde juqa talshıqlardan paydalanıw esabınan qanaatlandırılmaqta. Kóbinese bul talshıqlardıń diametri bir mikrometrden ádewir kishi boladı hám sonlıqtan nanometrlerde ólshenedi hám nanotalshıqlar atı menen keńnen belgili boladı. Olar nanotolalardan ibarat kompozit filtr materialların tayarlaw ushın qollanıladı.

Bul nanotolaqlı ortalıqlar járdeminde erisiliwi múmkin bolǵan júdá názik filtrlew mikrofiltrlew sipatında nátiyjeli bolǵan ajıratıw procesiniń júdá tómeni kesim noqatlarına jetip barıwına alıp keledi. Bul materiallar membranalar dep te ataladı, biraq olar kóbinese membranalar haqqında ayılatuǵın yarım ótkizgish plastik qagazdan formatı boyınsha keskin pariqladı. Filtrlew boyınsha 10-jer júzilik kongresste (2007-jılı) 250 ge jaqın bólek bayanat hám 85 stend bayanatlarınan 12 si nanofiltrlewge, 14 si bolsa filtrlewshi ortalıq sıpatında nano talshıqlarǵa baǵıshlanǵanlıǵın atap ótiw kerek.

Bul eki sistema - nanofiltrlew hám nanotolalar járdeminde filtrlew bir-birinen aljastırmaw ushın jeterli dárejede pariqlanadı degen úmit bolsa da, olardıń ekewi de usı statyanıń qalǵan bóliminde kórip shıǵıladı.

"Nanotexnologiya" ataması házirgi waqıtta júdá keń qollanıw atırǵanlıǵın atap ótiw kerek, bunda júdá mayda nárseler menen baylanıslı bir qatar ilimiy, injenerlik hám óndirislik ilajlar názerde tutıladı. Tilekke qarsı, bul atama xalıq sanasına ózine tán bolǵan "belgisiz nárseden qorqıw" komponenti menen kirip keldi. Bul nanofiltraciyaǵa tiyisli emes, sebebi onda qatnasatuǵın ortalıqlar tiykarınan úzliksiz bolıp, RO yamasa UF membranalarından pariqlanbaydı. Biraq, bul nanotolalardı islep shıǵarıw hám olardan paydalanıwǵa tiyisli bolıp, nanotolalardı islep shıǵarıwshılar hám nanotolalardan paydalanıwshılar bul mashqalanı asırıp kórsetpew ushın.

Nanofiltraciya dep atalıwshı membrana ajıralıw procesi tiykarınan suyıq fazalı bolıp tabıladı. Membranalar nanofiltrlew sistemalarınıń ónimdarlıǵı ushın girew bolıp esaplanadı. Olar plastinka hám karkas, spiral túrinde oralǵan, tútikshe, kapillyar hám gewek talshıqlar kórinisinde, bir qatar materiallardan, sonıń ishinde, cellyuloza ónimleri hám sintetikalıq polimerlerden, anorganikalıq materiallardan, ásiyese, keramikadan, organikalıq/anorganikalıq gibridlerden tayarlanadı.

Nanofiltratsiya ushın membranalarđın keyingi islenbeleri olardıń pH júdá joqarı yamasa tómen bolǵan ortalıqlarda, sonday-aq, suwdan tısqarı suyuqlıqlar ushın qollanıw imkaniyatların sezilerli dárejede keńeytti. Plastikalıq tasıwshılar joqarı kóldeneń baylanıs dárejesin támiyinleydi, bul bolsa agressivlerek ortalıqlarda uzaq múddetli turaqlılıqtı hám ámeliy xızmet múddetin támiyinleydi. NF membranaları ádette neytral pH da teris zaryadlanǵan azǵana zaryadlanǵan betke iye. Bul betlik zaryad membrananiń tasıw mexanizmi hám ajratıwshı qásiyetlerinde úlken áhmiyetke iye.

Hár qanday basqa membrana procesi sıyaqlı, nanofiltratsiya da pataslanıwǵa beyim, sonıń ushın nanofiltratsiya sistemaları oniń itimallıǵın minimallasırıw ushın - duris dáslepki islew beriw, duris membrana materialı, membrana betin toplanıp qalǵan shilimshiqtan tazalaw ushın sáykes kóldeneń aǵıs tezlikleri hám aylanıwshı yamasa terbeliwshı membrana uslaǵışlarınan paydalanıw ushın jobalastırılıwı kerek.

Sanaatta nanofiltrlewdiń qollanıwı azıq-awqat hám sút sanaatında, ximiyalıq qayta islewde, cellyuloza-qagaz sanaatında hám toqımashılıq sanaatında birqansha keń tarqalǵan, biraq tiykargı qollanıwı eleǵe shekem dushshı, texnologiyalıq hám aqaba suwları tazalawda qalmaqta.

Azıq-awqat sanaatında qollanıwı júdá kóp. Sút tarawında NF sıvortkanı koncentraciyalaw ushın qollanıladı hám basqa sıvortkaǵa islew beriwden, taza eritpelerdi sol jerdiń ózinde qayta islew ushın ótedi. Qumshekerdi qayta islewde dekstroza siropi hám mayda qumsheker sherbeti NF menen koncentrlenedi, ion almasıw eritpeleri bolsa demineralizaciyalanadı. NF azıq-awqat mayın qayta islew sektorında eritpelerdi degumizaciyalaw, úzliksiz sır islep shıǵarıw hám alternativ mazalılandıırıwshılar islep shıǵarıwda qollanıladı. [3]

Sellyuloza-qagaz sanaatı óziniń óndiris proceslerinde júdá kóp muǵdarda suwdan paydalanadı. Sanaat, tiykarınan, "suw aylanısın jabıw" arqalı azaytıwǵa umtıladı, bunda NFtiń tazalaw qásiyetleri tiykargı rol oynaydı.

Usı anıq ayılǵan qollanıw oblastlarınıń barlıǵı da suwǵa tiykarlanǵan, biraq nanofiltratsiya suwlı suspenziyalardı qayta islew menen sheklenbeydi. Haqıyqatında da, neftti qayta islew zavodında maylardı deparafinizaciyalaw ushın eń iri NF qurılmalarınan biri ornattıldı. Boam hám Nozari organikalıq eritiwshiler nanofiltratsiyasınıń kórip shıǵıwında organikalıq sistemalardı ajratıwdiń kóplegen procesleri júdá joqarı energiyanı talap etetuǵınlıǵın hám, kerisinshe, OSN tolıq energiyanı tejeytuǵın alternativ bolıwı múmkinligin kórsetedi. (misalı, distillew menen salıstırǵanda).

Suw sistemalarında nanofiltrlewde gidrofil polimer materiallar - poliefir sulfon, poliamidler, cellyuloza ónimleri qollanıladı. Bul materiallar organikalıq eritiwshiler menen tásirleskende óziniń turaqlılıǵın tez joǵaltadı. Sonıń ushın suw sistemalarındaǵı sıpatlardı támiyinleytuǵın arnawlı membranalar islep shıǵılıp, olar házirgi kúnde eritiwshilerdi almasıw, eritiwshilerdi ajratıp alıw, katalizatorlardı alıp shıǵıw, awır metallardı joq etiw ushın qollanıladı.

Nanofiltrlew úskenelerinde qubırılı, tegis ramkalı, yarım talshıqlı, oramlı hám japıraq konstrukciyasındaǵı gewek emes membranalar qollanıladı.

Hám organikalıq, hám organikalıq emes sintetikalıq materiallar, házirgi waqıtta eritilgen haldan barlıǵına aylanbaqta. On jıllar dawamında usı maqsette paydalanılǵan materiallardan parqi joq (barlıq waqıtta keńeyip baratırǵan arzan termoplastikalıq polimerlerdi esapqa almaganda). Ózgergen nárese - tómenǵi bólimdeǵi ásbap-úskeneler tolanıń keń kólemli diametrlerin islep shıǵarıw imkaniyatın beredi. 40 jıldan kóbirek buralǵan baylanıstırıwshı ortalıqlardan baslap, talshıqlarınıń diametri 10 mkm hám onnan kóbirek bolǵan bul dizim buralǵan ushqınlar hám eritpeni puwlaw (1 mkm den biraz kóbirek) arqalı talshıqlarınıń diametri 100 nm ge jaqın bolǵan elektr shpunt materiallarına shekem ótedi.

Bul materiallardıń hár biri óz-ózinen júdá jaqsı filtrlewshı ortalıq esaplanatuǵın órmekshi tori kórinisindeǵi talshıqlardıń tártipsiz toplamı túrinde tayarlanıwı múmkin.

Nanofiltrlew úskeneleri bir neshe bloklardan ibarat:

1. Prefiltrler. Membranaga ziyan jetkeriwi mmkin bolgan muallaq zarralar, aktiv oksidleshilerdi alıp taslaw ushin qurilmalar.
2. Nasos. Agregat membrana arqalı suw tiwi ushin zrr bolgan artıqsha basımdı payda etiwge arналған.
3. Nanofiltrlew ushin membranalar. Kompozit materiallardan tayarlangan plyonka bir trepleme tkizgishlikke iye.
4. Qurılma korpusları. Filtrdiń basqa blimlerin jaylastırw ushin arналған. Material jumıs basımınıń shamasına, filtrdiń islew sharayatına qarap tańlanadı. [4]  
Nanofiltrlew skeneleri suyıq ortalıqtı bakteriyalar, viruslar, organikalıq birikpeler (sonıń ishinde, pesticidler), kolloid bleksheler, duzlardıń molekulları, awır metallar, sonday-aq, nitritler, nitratlar hm basqa da molekulyar massaları bir neshe jzden bir neshe mińğa shekemgi bolğan erigen zatlardan sapalı tazalaydı.  
Nanofiltraciyanıń ekinshi abzallığı - insan organizmi ushin zrr bolğan duzlar hm mikroelementlerdi suyıq ortalıqta tolıq saqlaw.  
Jinishke iyiriw usılları uglerod hm keramika talshıqların islep shıǵarıw ushin qolaylı bolıp shıqtı hm, sirese, hawanı filtrlew ushin filtrlew materialları biznesiniń lken segmentiniń payda bolıwına alıp keledi. Bul ortalıqlar lshemi 0,1 mkm den kishi bolgan pataslandırwshı zatlardı alıp taslaw qbiletine iye bolgani ushin olar membranalar esaplanadı hm, lbette, nanomembranalar dep ataladı.  
Nanofiltrlewdiń shinshi abzallığı sonda, bul suw tayarlaw usılı arqalı anıq qattılıqtaǵı suw alıw mmkin.  
Nanofiltrlewdiń hmiyetli trepi ekonomikalıq maqsetke muwapıqlığı bolıp tabıladı. Sebebi keri osmosqa salıstırғanda nanofiltraciya procesi kemirek basımlarda (7 barg shekem) tedi hm energiyanı az sarplaydı.  
Aqırında, nanofiltraciyalıq membrananiń selektivligi keri osmos sistemaların paydalanıw paydasız bolgan jaǵdaylarda bunday qurılmalardan paydalanıwǵa mmkinshilik beredi. Mselen, simlik mayın islep shıǵarıwda geksan alıwda, dri-dрмаq tayarlawda kp basqıshlı ximiyalıq sintezde hm t.b.  
Nanofiltraciyanıń kemshilikleri sıpatında bir qatar jaǵdaylarda suwdı jumsartıw tereńliginiń jeterli emesligin, suyıq ortalıqtı puqta tayarlaw zrrligin hm ekspluataciya qrejetleriniń joqarılıǵın atap tiw mmkin.

#### Paydalangan debiyatlar:

1. М.Мулдер Введение в мембранную технологию – Москва: Мир, 1999.
2. А.А.Пантелеев, Б.Е.Рябчиков, О.В.Хоружий, С.Л.Громов, А.Р. Сидоров Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке – Москва: ДеЛи плюс, 2012;
3. МЕМБРАНИУМ: официальный сайт. – Москва URL: <https://www.membranium.com/ru> (дата обращения 28.01.2021). – Текст: электронный
4. Diasel Engineering : официальный сайт. – Москва URL: <https://diasel.ru> (дата обращения 28.01.2021). – Текст: электронный