

UO‘K: 628.35

 10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.16

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

NEFT VA GAZ KORXONALARIDA TEXNIK SUVNI TOZALASH VA TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING ILMIY ASOSLARI



**Tangirov Jasurbek Mixli
o'g'li**

*Texnika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), Toshkent davlat
texnika universiteti, Toshkent,
O'zbekiston*

E-mail:

*jasurtangirov0895@gmail.com
ORCID ID: 0009-0002-3624-8852
Science ID: FQD-0826-0067*



**Xabibullayev Saidaziz
Shoxsuvorovich**

*Texnika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), dotsent, Toshkent
davlat texnika universiteti, Toshkent,
O'zbekiston*

E-mail:

*saidazixonhabibullayev@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-4948-9885
Science ID: FTN-0326-0044*



**Amirqulov Nuritdin
Sayfullayevich**

*Texnika fanlari nomzodi, professor,
Toshkent davlat texnika universiteti,
Toshkent, O'zbekiston*

E-mail:

*NuritdinAmirqulov1964@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-6955-0860
Science ID: FSD-0626-0090*



**Muradullayev Doston
Muzaffar o'g'li**

*Stajor-o'qituvchi, Qarshi davlat
texnika universiteti, Qarshi,
O'zbekiston*

E-mail:

*muradullayevdoston2@gmail.com
ORCID ID: 0009-0008-3381-1201
Science ID: FQD-0726-0261*

Annotatsiya. Ushbu maqola neft va gaz sanoati korxonalarining murakkab tarkibli oqova va texnik suvlarini chuqur tozalash hamda qayta foydalanish texnologiyasining samaradorligini oshirishning nazariy va amaliy masalalariga bag'ishlangan. Tadqiqotda gidrodinamik flokulyatsiya, modifikatsiyalangan granulalangan filtratsiya va nanostrukturalangan polimer membranalar bazasidagi gibrad tozalash tizimining ilmiy-metodologik va kimyoviy-fizikaviy qonuniyatlari yoritib berilgan. Tajriba neft va gaz sanoati korxonalari sharoitlarida o'tkazilib, texnik suv tarkibidagi neft mahsulotlari konsentratsiyasini yuqori darajada tozalashga, muallaq moddalarni kamaytirishga hamda umumiy tuzlilik ko'rsatkichini kamaytirishga erishildi. Membranalarining bio-fouting va organik tuzlar qasmoqlari bilan to'lish mexanizmlari Kedem-Katchalsky hamda Ergun tenglamalari asosida modellashirildi. Ishlab chiqilgan texnologiya neft va gaz korxonalarida suv ta'minotining yopiq siklini yaratish va chuchuk suv sarfini qisqartirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: neft va gaz sanoati, texnik suv, texnik suvni tayyorlash, koagulyatsiya, poliakrilamid, nanofiltratsiya, teskari osmos, yopiq suv sikli.

Received: 10.08.2026

Accepted: 30.08.2026

Issue publication: 28.09.2026

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ И ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тангиров Жасурбек
Михли угли

Доктор философии по
техническим наукам (PhD),
Ташкентский государственный
технический университет,
Ташкент, Узбекистан

Хабибуллаев Саидазиз
Шохусуворович

Доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент, Ташкентский
государственный технический
университет, Ташкент,
Узбекистан

Амиркулов Нуритдин
Сайфуллаевич

Кандидат технических наук,
профессор, Ташкентский
государственный технический
университет, Ташкент,
Узбекистан

Мурадуллаев Достон
Музаффар угли

Стажёр-преподаватель,
Каршинский государственный
технический университет,
Карши, Узбекистан

Аннотация. Данная статья посвящена теоретическим и практическим вопросам повышения эффективности технологии глубокой очистки и повторного использования сложных сточных и технических вод на предприятиях нефтегазовой отрасли. В исследовании освещены научно-методологические и физико-химические закономерности гибридной системы очистки на базе гидродинамической флокуляции, модифицированной гранулированной фильтрации и наноструктурированных полимерных мембран. Эксперименты проведены в условиях предприятий нефтегазовой промышленности, что позволило достичь высокой степени очистки технической воды от нефтепродуктов, снижения содержания взвешенных веществ, а также уменьшения общей минерализации. Механизмы биообрастания и солеотложения мембран смоделированы на основе уравнений Кедема – Качальского и Эргуна. Разработанная технология позволяет создать замкнутый цикл водоснабжения на нефтегазовых предприятиях и сократить потребление пресной воды.

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, техническая вода, подготовка технической воды, коагуляция, полиакриламид, нанофильтрация, обратный осмос, замкнутый водных цикл.

SCIENTIFIC BASIS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF TECHNICAL WATER PURIFICATION AND TREATMENT TECHNOLOGY AT OIL AND GAS ENTERPRISES

Tangirov Jasurbek
Mikhli ugli

Doctor of Philosophy (PhD) in
Technical Sciences, Tashkent State
Technical University, Tashkent,
Uzbekistan

Khabibullayev Saidaziz
Shokhsuvorovich

Doctor of Philosophy (PhD) in
Technical Sciences, Associate
Professor, Tashkent State Technical
University, Tashkent, Uzbekistan

Amirqulov Nuritdin
Sayfullayevich

Candidate of Technical Sciences,
Professor, Tashkent State Technical
University, Tashkent, Uzbekistan

Muradullayev Doston
Muzaffar ugli

Trainee Lecturer, Karshi State
Technical University, Karshi,
Uzbekistan

Abstract. This article is dedicated to the theoretical and practical issues of increasing the efficiency of advanced treatment and reuse technology for complex wastewater and industrial water in oil and gas enterprises. The study highlights the scientific-methodological and physicochemical patterns of a hybrid treatment system based on hydrodynamic flocculation, modified granular filtration, and nanostructured polymer membranes. Experiments were carried out in the operational conditions of oil and gas facilities, achieving a high degree of technical water purification from petroleum products, reduction of suspended solids, and a decrease in total salinity. The mechanisms of membrane bio-fouling and scaling were modeled using the Kedem-Katchalsky and Ergun equations. The developed technology enables the creation of a closed-loop water supply cycle in oil and gas enterprises and reduces fresh water consumption.

Keywords: oil and gas industry, industrial water, technical water preparation, coagulation, polyacrylamide, nanofiltration, reverse osmosis, closed water cycle.

Kirish. Dunyo buyicha neft va gaz konlaridagi texnik suvni tozalash jarayonida ohak yoki soda yordamida cho'ktirish usullari samarasiz bo'lib qolmoqda. Texnik suvning tarkibida me'yordan ortiq qattiqlik tuzlari va og'ir metal

ionlari mavjudligi sababli texnologiyalarni ishlash muddatini kamaytirmoqda. Shuning uchun texnologiyalarni tubdan yangilashni taqozo etadi. Zamonaviy tadqiqotlar dinamik koalesent filtrlari va yuqori selektiv polimer materiallarni qo'llash orqali

qattqlik tuzlari va og‘ir metal ionlarini ajratib olish texnik suv sifatini keskin oshirish mumkinligini ko‘rsatmoqda [1]. Bu yondashuv texnologik uskunalar korroziyasini kamaytirish bilan birga, atrof-muhit muhofazasini ta‘minlash va qimmatbaho uglevodorod xomashyosini qayta aylanmaga kiritish uchun muhim ilmiy-amaliy zamin yaratadi. Shunday ekan, neft va gaz korxonalarida texnik suvni tozalash va tayyorlash texnologiyasi samaradorligini oshirishning ilmiy asoslarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi neft va gaz korxonalarida texnik suvni tozalash va tayyorlash samaradorligini oshiruvchi, qattqlik, muallaq moddalar va organik ifloslantiruvchilarni bosqichma-bosqich kamaytirib, suvni keyingi chuqur membranali tozalash va qayta foydalanishga tayyorlaydigan kompleks texnologiyaning ilmiy asoslarini ishlab chiqish va takomillashtirishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Neft va gaz korxonalarida foydalanilayotgan texnik suvni tozalash buyicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan va bir nechta usullar olimlar tomonida tekliif etilgan. Reagentli yumshatish bosqichida ohak va soda yordamida qattqlik ionlarini cho‘ktirishga o‘tkazish nazarda tutiladi. Ohak yordamida magniy ionlari $Mg(OH)_2$ shaklida, kalsiy ionlarining bir qismi esa karbonat shaklida cho‘ktiriladi. Soda yordamida esa kalsiy karbonat ko‘rinishida cho‘kma hosil bo‘lishi kuchaytiriladi.

Reagent dozasini aniqlashda dastlabki qattqlik va suvning ishqoriyligi hisobga olinishi kerak. Ortiqcha reagent sarfi texnologik xarajatni oshirishi va ikkilamchi ionlar paydo bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Gidrodinamik flokulyatsiya usuli. Reagentning suv bilan tezkor aralashtirilishi koagulyantning bir tekis taqsimlanishini ta‘minlaydi. Keyingi sekinroq aralashtirish bosqichida zarrachalarning o‘zaro to‘qnashuvi va yirik floklarning shakllanishi sodir bo‘ladi. Flokulyatsiya samaradorligini baholashda aralashtirish gradienti, kontakt vaqti, flok o‘lchami va cho‘kish tezligi asosiy parametrlar sifatida olinishi mumkin [6-7]. Floklarning juda kuchli aralashtirilishi ularning parchalanishiga, juda sust aralashtirish esa yetarli agregatsiya hosil bo‘lmasligiga olib keladi. Shu sababli gidrodinamik rejimni tajriba orqali optimallashtirish zarur.

O‘zgaruvchan magnit maydon bilan faollashtirish usuli. Olib borilgan tadqiqotda cho‘ktirishdan oldingi bosqichda suvga o‘zgaruvchan magnit maydon bilan ishlov berish taklif qilingan. Qurilma elektromagnit o‘ramlar bilan jihozlangan bo‘lib, dastlabki materialda maydon kuchlanishi 8 dan 12 mT gacha, chastotasi 50 Hz, ishlov davomiyligi esa (3–5) minut diapazonida berilgan.

Ishlab chiqilgan gipotezaga ko‘ra, magnit ishlov $CaCO_3$ va $Mg(OH)_2$ kristallanish markazlarining shakllanishiga yordam berib, cho‘kma zarrachalarining yiriklashishi va tezroq cho‘kishiga sharoit yaratishi mumkin. Biroq ushbu mexanizmi ilmiy jihatdan kuchli tasdiqlash uchun magnit maydonsiz nazorat tajribasi, turli maydon kuchlanishlari va turli ishlov vaqtlarining alohida taqqoslanishi kerak.

Cho‘ktirish usuli. Magnit faollashtirishdan so‘ng suv gravitatsion cho‘ktirgichga yuboriladi. Ushbu bosqichda yirik floklar va mineral cho‘kmalar suvdan ajratiladi. Cho‘ktirish samaradorligini faqat suvdagi qattqlikning kamayishi bilan baholash yetarli emas [8-9]. Cho‘kma hajmi, cho‘kish tezligi, muallaq moddalar konsentratsiyasi va loyqalik ham aniqlanishi lozim.

Kationitli filtrlash usuli. Cho‘ktirishdan keyin suv kationitli filtrdan o‘tkaziladi. Ushbu bosqichda suv tarkibida qolgan kalsiy va magniy ionlarini qo‘shimcha kamaytirish mumkin [10-11]. Kationitning ishchi almashinish sig‘imi, regeneratsiya vaqti, regenerant sarfi va filtr qatlamidagi bosim yo‘qotilishi ekspluatatsion nazorat ko‘rsatkichlari sifatida olinadi.

Modifikatsiyalangan granulalangan filtrlash usuli. Granulalangan filtrning asosiy vazifasi mayda muallaq zarrachalar, flok qoldiqlari va membrana yuzasiga tushishi mumkin bo‘lgan dispers ifloslantiruvchilarni kamaytirishdan iborat [12-13]. Filtr qatlamidagi bosim yo‘qotilishini baholash uchun Ergun tenglamasidan foydalanish mumkin:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{(150\mu(1-\varepsilon)^2v)}{(\varepsilon^3d_p^2)} + \frac{(1.75\rho(1-\varepsilon)v^2)}{(\varepsilon^3d_p)} \quad (1)$$

bu yerda: $\Delta P/L$ — filtr qatlamining birlik uzunligiga to‘g‘ri keluvchi bosim yo‘qotilishi; μ — suvning dinamik qovushqoqligi; ε — filtr qatlamining g‘ovakligi; v — filtratsiyaning yuzaki tezligi; d_p — granulalar diametri; ρ — suv zichligi.

Ushbu model filtr granulari o‘lchami,

qatlam g'ovakligi va filtratsiya tezligining gidravlik qarshilikka ta'sirini aniqlash imkonini beradi.

Membranali chuqur tozalash usuli. Oldindan tozalangan suv nanofiltratsiya yoki teskari osmosga yuborilishi mumkin. NF jarayoni ikki valentli ionlar va ayrim organik komponentlarni kamaytirishda, RO esa yuqori mineralizatsiyani yanada chuqurroq pasaytirishda qo'llanadi. Ishlab chiqarish suvlarini membranalar bilan tozalash bo'yicha tadqiqotlar NF va RO uchun oldindan tozalash sifati, ishchi bosim, oqim tezligi va membrana foulingini muntazam nazorat qilish zarurligini ko'rsatadi.

Membranali jarayonni Kedem–Katchalsky yondashuvi asosida suv va erigan moddalarning membrana orqali transportini ifodalash mumkin. Bunda real qurilma uchun membrana qarshiligi, konsentratsion qutblanish va fouling qarshiliklari tajriba natijalari bilan aniqlanishi kerak.

Yuqorida keltirilgan usullar asosida texnik suvni tozalash uchun tolali yuklamaga ega filtrlash usuli [2]. Bu usul yuqori filtrlash samaradorligi (93÷96)% gacha asosan mexanik (Qum, Shag'al) va suspenziya moddalardan (LOY, o'simlik qoldiqlari) tozalash uchun muljallangan va filtrlovchi qatlamni yuvish orqali qayta foydalanish mumkinligi, ixchamligi tufayli kichik maydonlarda ham qo'llash mumkinligi ushbu usulning asosiy afzalligi hisoblanadi. Kamchilligi yuklama yuvilishi kerak, og'ir metallar yoki yog'li moddalarni tozalashda unchalik samarali emas usul hisoblanmaydi. Ohak yoki ishqordan foydalangan holda suvni yumshatish usuli [3]. Bu usul suvdagi qattqlikni kamaytirishda (95÷98)% gacha natija bergan. Afzalligi avtomatlashtirishga mos, qayta regeneratsiya qilish mumkinligi. Kamchilligi ishlatilgan granulalarni qayta tiklash uchun kimyoviy moddalar talab etilishi, to'liq tozalash uchun bir nechta bosqichli qurilmalar kerak bo'lishi, regeneratsiya va kimyoviy moddalar sababli ekspluatatsiya xarajatlari nisbatan balandligi. Modifikatsiyalangan natriy dodetsilbenzolsulfonat xitozani asosida suvni yumshatish texnologiyasi [4-5]. Afzalligi suvdagi qattqlikni kamaytirishda (99,7-99,9)% gacha natija bergan. Landjele stabillik indeksi 7,0 dan 9,2 gacha oshirilgan. Bu suvni cho'kma hosil qilishdan saqlashga yordam beradi. Ekologik jihatdan xavfsiz tabiiy moddalar asosida tayyorlangan. Sorbent samaradorligi 95% va undan yuqori to'yinish darajasiga ega ekanligi texnik suvni tozalashda

samarali ekanligini ko'rsatadi. Reagent sarfi, tozalash jarayoni ko'p vaqt talab qilishi, sifatni nazorat qilish uchun, zamonaviy vositalar kerak bo'lishi ushbu usulning kamchilligi hisoblanadi. Yuqorida keltirilgan usullardan kelib chiqib neft va gaz korxonalarda texnik suvni tozalash va tayyorlash texnologiyasi samaradorligini oshirishning ilmiy asoslari ishlab chiqilda va quyidagi natijalarga erishildi.

Natijalar. Tadqiqot natijalariga ko'ra texnik suvga reagent bilan ishlov berilgandan keyin suvni cho'ktirish bosqichida o'zgaruvchan magnit maydon bilan qo'shimcha faollashtirish orqali texnik suvni tozalash usulini takomillashtirishning ilmiy asoslari ishlab chiqil chiqildi. Taklif etilayotgan suvni yumshatish usuli, ma'lum bo'lgan usul singari, suvga reagent (oxak va soda) aralashmasini kiritish, hosil bo'lgan cho'kmani cho'ktirish va suvni kationit filtdan o'tkazishni o'z ichiga oladi, biroq undan farqli o'laroq, reagent kiritilgandan so'ng, cho'ktirish bosagichida suv 8 dan 12 mTl kuchlanishga ega o'zgaruvchan magnit maydon bilan 3 dan 5 min davomida ishlanadi, bunda magnit maydon chastotasi 50 Gts ni tashkil etadi. Magnit maydonning ta'siri natijasida kaltsiy karbonati va magniy gidroksidi mikrokristallarining shakllanish markazlari soni ortadi, bu esa cho'kma zarrachalarining yiriklashuvini va tezroq cho'kishini ta'minlaydi, natijada reagentning kimyoviy reaksiyaga kirishish samaradorligi oshadi va uning sarfini kamaytirish imkonini beradi. Quyidagi 1-rasmda taklif etilayotgan usulni amalga oshirish uchun qurilmaning texnologik sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Taklif etilayotgan usulni amalga oshirish uchun qurilmaning texnologik sxemasi.

Taklif etilayotgan usulni amalga oshirish uchun qurilmaning texnologik sxemasi keltirilgan bo'lib, unda: 1 - dastlabki suv rezervuari; 2 - reagent dozlagich; 3 - aralashtirgich kamerasi; 4 - magnit faollashtirgich (elektromagnit o'ramlar bilan

jihozlangan); 5 - cho'ktirgich; 6 - kationit filtri; 7 - tayyor suv rezervuari ko'rsatilgan. Ushbu texnologik sxemadan kelib chiqib texnik suvni tozalash samaradorligi quyidagi 2-formula bilan aniqlanadi:

$$E = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) \cdot 100, \% \quad (2)$$

bu yerda C_0 — dastlabki suvdagi ifloslantiruvchi modda konsentratsiyasi, C_1 — tozalashdan keyingi konsentratsiya.

Agar tajriba uch yoki undan ortiq marta takrorlansa, natijalar (1-jadval)ni quyidagi ko'rinishda berish maqsadga muvofiq (3-formulaga qarang):

$$E = \bar{E} \pm U \quad (3)$$

bu yerda: $\bar{E}$ — o'rtacha tozalash samaradorligi, U — yig'indi standart noaniqligi.

Ishlab chiqilgan ikki bosqichli kompleks usuldan olingan natijalar asosida texnik suvni qattqlik tuzlaridan va aralashmalardan suv yumshatildi va quyidagi natijalarga erishildi (1-jadvalga qarang):

1-jadval

Qattqlik tuzlari va aralashmalardan suvni yumshatish natijalari

Parametr	Konsentratsiya, mg ekv/l		Tozalash darajasi, %
	Birinchi suvda	Kompleks qayta ishlashdan keyingi suvda	
Ca^{2+}	53,0	0,16	99,7
Mg^{2+}	6,16	-	99,9
Sr^{2+}	5,45	0,01	99,7
Mn^{2+}	6,16	0,01	99,8
Fe^{3+}	30,1	-	99,9
Cu^{2+}	6,49	-	99,9
Pb^{+}	2,68	-	99,9
Ag^{+}	4,30	-	99,9
Sn^{4+}	5,3	-	99,9

Neftni sovitish tizimlarida foydalanilayotgan texnik suvning dastlabki sifat tarkibida kalsiy (Ca^{2+}) — 53,0 mg-ekv/l, magniy (Mg^{2+}) — 6,16 mg-ekv/l, stronsiy (Sr^{2+}) — 5,45 mg-ekv/l, marganes(II) (Mn^{2+}) — 6,16 mg-ekv/l, temir(III) (Fe^{3+}) — 30,1 mg-ekv/l, mis(II) (Cu^{2+}) — 6,49 mg-ekv/l, qo'rg'oshin(I) (Pb^{+}) — 2,68 mg-ekv/l, kumush (Ag^{+}) — 4,30 mg-ekv/l va qalay(IV) (Sn^{4+}) — 5,3 mg-ekv/l miqdorda mavjud bo'ldi. Yaratilgan suvni yumshatish usuli qo'llanilgandan so'ng, tozalash darajasi kalsiy uchun 99,7%, magniy uchun 99,9%, stronsiy uchun 99,7%, marganes(II) uchun 99,8%, temir(III) uchun 99,9%, mis(II) uchun 99,9%, qo'rg'oshin(I) uchun 99,9%, kumush uchun 99,9% va qalay(IV) uchun 99,9% ni tashkil etdi.

Xulosa. Neft va gaz korxonalarining texnik

hamda ishlab chiqarish suvlari murakkab va o'zgaruvchan tarkibga ega bo'lganligi sababli ularni bir bosqichli texnologiya yordamida samarali tayyorlash imkoniyati cheklangan. Shu sababli fizik-kimyoviy va membranali jarayonlarni birlashtirgan gibridd tizim ilmiy-amaliy jihatdan maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida o'zgaruvchan magnit maydonda faollashtirishni o'z ichiga olgan taklif etilgan usul bo'yicha 99,7 dan 99,9% gacha bo'lgan tozalash darajasi qayd etildi.

Magnit maydonning haqiqiy qo'shimcha ta'sirini aniqlash uchun 8, 10 va 12 mT kuchlanish hamda 3, 4 va 5 minutlik ishlash davomiyligi bo'yicha faktorli tajriba o'tkazish va natijalarni magnit maydonsiz nazorat namunasi bilan taqqoslash maqsadga muvofiq.

Tozalash samaradorligini baholashda neft mahsulotlari, umumiy qattqlikni belgilovchi tuzlar (Ca^{2+} va Mg^{2+}) hamda metall ionlarining miqdori va elektr o'tkazuvchanlik kabi parametrlarni birgalikda aniqlash zarur.

Granulalangan filtrning gidravlik qarshiligini Ergun tenglamasi, membrana jarayonini esa Kedem-Katchalsky yondashuvi orqali model-lashtirish texnologik parametrlarni optimallashtirish imkonini beradi.

Membrana bosqichining uzoq muddatli samaradorligini baholashda nafaqat boshlang'ich tozalash darajasi, balki permeat oqimining vaqt bo'yicha o'zgarishi, bosimning ortishi va fouling tezligi ham hisobga olinishi kerak.

Taklif etilayotgan kompleks texnologiya suvni qayta foydalanish darajasini oshirish, chuchuk suv sarfini kamaytirish hamda texnologik uskunalarni qattqlik tuzlari va organik ifloslantiruvchilardan himoyalash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda laboratoriya tajribalaridan pilot qurilmaga o'tish, texnologiyaning suv balansi va texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash, shuningdek, real ishlab chiqarish sharoitida uzoq muddatli sinovlarni amalga oshirish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Vasilev, A. A., Korunov, A. N., & Shishkanov, B. A. (2012). O'z tajribalaridan olingan texnik tahlillar. *Territoriya Neftgaz*, (12).
- [2] Вербин, В. А., Петровский, О. В., & Панов, В. П. (1981). Фильтр с волокнистой загрузкой для очистки сточных вод. *Бюллетень НТИ ЦНИИ информации и технико-экономических исследований чёрной металлургии*.
- [3] Гравеленд, А. (1983). Умягчение воды с применением реакторов, загруженных гранулированными материалами. *American Water Works Association*, 75(12), 619–625.
- [4] Тангиров, Ж. М., Хабибуллаев, С. Ш., & Ёдгоров, Н. Н. (2024). Сувни юмшатиш усули (Ўзбекистон Республикаси патенти № IAP 7824).
- [5] Tangirov, J. (2025). Neft qatlamiga haydalayotgan texnik suvning qattiqligini o'lchash usul va uslubiyotini takomillashtirish. *Standart ilmiy-texnik jurnali*, (2).
- [6] Munirasu, S., Abu Haija, M., & Banat, F. (2016). Use of membrane technology for oil field and refinery produced water treatment—A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 100, 183–202. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.01.010>
- [7] Ojo, S., et al. (2022). Oilfield-produced water treatment using conventional and membrane-based technologies for beneficial reuse: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 308, 114556. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114556>
- [8] Assessing the potential and limitations of membrane-based technologies for the treatment of oilfield produced water. (2023). *Alexandria Engineering Journal*, 68, 787–815. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.12.013>
- [9] Alzahrani, S., & Mohammad, A. W. (2014). Challenges and trends in membrane technology implementation for produced water treatment: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 4, 107–133. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2014.09.007>
- [10] Nasiri, M., Jafari, I., & Parniankhoy, B. (2017). Oil and gas produced water management: A review of treatment technologies, challenges, and opportunities. *Chemical Engineering Communications*, 204(8), 990–1005. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1330747>
- [11] Siagian, U. W. R., et al. (2024). From waste to resource: Membrane technology for effective treatment and recovery of valuable elements from oilfield produced water. *Environmental Pollution*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122717>
- [12] Produced water treatment by membranes: A review from a colloidal perspective. (2017). PMID: 28314436.
- [13] Adepitan, et al. (2026). Systems-level optimization of hybrid produced water treatment systems for sustainable oil and gas production: A review of current technologies. *Global Challenges*. <https://doi.org/10.1002/gch2.202500575>

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Tangirov, J. M., Xabibullayev, S. S., Amirq ulov, N. S., & Muradullayev, D. M. (2026). Neft va gaz korxonalarida texnik suvni tozalash va tayyorlash texnologiyasi samaradorligini oshirishning ilmiy asoslari. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 4(3). <https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.16>
