

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КАТАЛІТИЧНИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЗАЛІЗА ТА МАРГАНЦЮ

Віталій Стеценко<sup>1</sup>, Олена Дупляк<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, пр. Повітряних Сил, м. Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup> stetsenko\_viv-2022@knuba.edu.ua, orcid.org/0009-0000-4416-7206

<sup>2</sup> канд. тех. наук., dupliak.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-3500-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2024.48.87-95

**Анотація.** Децентралізоване водопостачання у воєнний та після воєнний час – одне з основних джерел отримання населенням та підприємствами води. В якості джерел водопостачання, як правило при даному типі водопостачання використовується вода зі свердловин. Основні проблеми свердловинної води це підвищений вміст заліза, марганцю, сірководню, солей жорсткості, нітратів, сульфатів, хлоридів в деяких регіонах високий сухий залишок. Стрімкий розвиток технологій на основі мембранних технологій таких, як зворотній осмос або нанофільтрація дозволяють скоригувати сольовий склад води, вилучити нітрати та зробити воду придатною до питних потреб та виробничих циклів. Але перед мембранними технологіями мають бути вилучені сполуки заліза, марганцю та сірководню, що здатні утворювати неорганічні забруднення на поверхні мембранних елементів та спричиняють їх передчасний вихід з ладу. Одним з найкращих методів попередньої підготовки води перед мембранними системами є комплексні іонообмінні матеріали, які одночасно здатні вилучати солі жорсткості, заліза, марганцю. Але основним недоліком таких методів попередньої фільтрації є використання таблетованої солі, що робить цей метод дорогим та не екологічним. Очистка води від заліза та марганцю на напірних фільтрах за каталітичним завантаженням з подальшим дозуванням антискаланту перед мембранними установками – це сучасна тенденція локальної підготовки води. Каталітичні завантаження використовуються вже досить тривалий час, але чітких та практичних рекомендацій, що до їх застосування більшість виробників не надає. Застосування таких матеріалів, як правило у великій мірі залежить від багатьох факторів та ґрунтується на досвіді кваліфікації спеціаліста. Аналіз технічних параметрів фільтруючих матеріалів, аналіз параметрів якості вихідної води – це основні складові запоруки підбору та організації правильної технологічної схеми очищення води.

**Ключові слова.** Каталітичні матеріали, видалення заліза, видалення марганцю, Birm<sup>®</sup>, Greensand Plus<sup>®</sup>, Filter Ox<sup>®</sup>, Katalox Light<sup>®</sup>, DMI-65<sup>®</sup>.

### ВСТУП

Каталітичні фільтруючі матеріали – це природні або штучні матеріали, які містять на своїй поверхні або в пористій структурі своїх гранул каталізатор окиснення в більшості випадків це діоксид марганцю MnO<sub>2</sub>, який створює каталітичний ефект в реакціях окиснення-відновлення, для їх швидкого протікання [1, 2, 3]. Фільтруючі матеріали допомагають відбуватися хімічним реакціям, при цьому самі залишаються не змінними. Процес окислення іонів Mn<sup>2+</sup> та Fe<sup>2+</sup> у природних водах

залежить від численних факторів, таких як рН середовища, окисно-відновного потенціалу, концентрації іонів заліза і марганцю, рівню розчиненого кисню та присутність інших домішок [4, 5, 6].

### ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

#### Аналіз каталітичних матеріалів

Birm<sup>®</sup> один з найбільш відоміших каталітичних матеріалів [7], який доволі давно вже застосовується на вітчизняному просторі [8]. Виробник компанія Clack Corporation (США). Основа матеріалу та чим модифікований матеріал

виробником не зазначено. Матеріал призначений для видалення з води заліза при рН 6,8 – 9,0 та марганцю при рН 8,0 – 9,0. При використанні **Birm®** вихідна вода не повинна містити нафтопродуктів, поліфосфатів та сірководню, концентрація активного хлору не повинна перевищувати 0,5 мг/л, кількість розчиненого кисню повинна бути на 15% більшою від концентрації заліза марганцю, вміст органічних речовин не повинен перевищувати 4-5 мгО<sub>2</sub>/л. Лужність має бути вдвічі більшою за суму еквівалентів хлоридів та сульфатів для ефективної роботи **Birm®**. Перевагами фільтруючого матеріалу виробник зазначає відсутність реагентів для регенерації, незначні експлуатаційні характеристики, високий термін експлуатації, низькі витрати води на зворотну промивку. Інші фізичні та хімічні параметри фільтраційних матеріалів для зручності порівняння приведені в таблиці 1.

**Filter-Ox®** – виробник компанія Clack Corporation (США) [9]. Основа матеріалу – легкий кремнеземний матеріал на який модифікований 12,5% MnO<sub>2</sub> високої чистоти. Матеріал призначений для видалення з води заліза, марганцю, сірководню. Перед використанням рекомендується промивка гіпохлоритом натрію (NaClO) для дезінфекції матеріалу, але не є необхідною. Обробка води з рН вище або нижче границь використання може призвести до руйнування матеріалу. У випадку видалення марганцю рекомендується використання хлорвмісних реагентів для більшої ефективності з часом контакту не менше 10 – 20 с. Перевагами **Filter-Ox** зазначено високу ефективність видалення заліза при в зазначеному діапазоні рН, можливість вилучення сірководню разом з залізом та марганцем, міцна основа що сприяє довготривалому використанню.

**Greensand Plus®** – виробник компанія Inversand Company (США) [10, 11, 12]. Основа матеріалу – кремнеземний пісок модифікований MnO<sub>2</sub>, за рахунок чого матеріал можна використовувати для води з низьким вмістом кремнію, солевмістом та низькою загальною жорсткістю води. Матеріал призначений для видалення заліза, марганцю, сірководню, миш'яку, радію. В залежності від умов експлуатація можлива в режимі постійної та періодичної регенерації з використанням реагентів на основі

хлору. Матеріал потребує початкової активації перед застосуванням, яке відбувається шляхом замочування 28,3 л матеріалу у 25 л 0,5% гіпохлориту натрію. Час контакту повинен бути не менше 4-х годин. Після замочування матеріал відмивають поки концентрація активного хлору буде менше 0,2 мг/л. **Greensand Plus®** можливо використовувати у багатошарових фільтрах. У якості верхнього шару, мета якого затримати окиснене залізо рекомендують використовувати антрацит. Висота шару антрациту: 380 – 450 мм, а **Greensand Plus**: 380 – 610 мм. До переваг фільтруючого матеріалу можна віднести значний досвід використання даного матеріалу, можливість використання при низьких значеннях рН.

**Katalox Light®** – виробник компанія Watch Water (Німеччина). Основа матеріалу - 85% є Zeosorb, який в свою чергу є природнім алюмосилікатом, 10% висококонцентроване покриття з MnO<sub>2</sub>, 5% Ca(OH)<sub>2</sub> [13, 14, 15]. Матеріал призначений для видалення заліза, марганцю, сірководню, миш'яку, цинку, міді, свинцю, радію, урану, радіонуклідів та інших важких металів, механічних зважених речовин розміром до 3 мкм. У випадку видалення високих концентрацій забруднюючих речовин рекомендовано застосування H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, реагенти на основі хлору. До основних переваг виробник зазначає низьку питому вагу матеріалу, що зменшує об'ємну витрату води на промивку, відсутність кристалічного діоксиду кремнію, велику площу поверхні, тривалий термін експлуатації 7 – 10 років.

**DMI-65®** – виробник компанія Quantum Filtration Medium Pty Ltd [16, 17]. Основа матеріалу мікропористий пісок оброблений MnO<sub>2</sub> за технологією інфузії. Матеріал призначений для видалення з води заліза, марганцю, сірководню, миш'яку, алюмінію та інших важких металів. Виробником зазначено, що особливою перевагою фільтруючого матеріалу є його властивість забезпечувати над низькі 0,001 мг/л концентрації заліза та марганцю в очищеній воді в режимі постійного дозування гіпохлоритом натрію та високий експлуатаційний термін: 5 – 10 р. Матеріал потребує початкової активації перед застосуванням, з розрахунку 280 г 12,5% гіпохлориту натрію (NaClO) на 28,3 л матеріалу. Тривалість замочування 3 – 8

год. Після активації матеріал відмивають поки показники марганцю будуть менше 0,15 мг/л, а активний хлор буде вилучений. Надаються рекомендації, щодо швидкості фільтрації в залежності від вмісту у вихідній воді початкових концентрацій заліза та марганцю. У випадку

якщо вихідні концентрації значно більше зазначених в таблиці варто використовувати спрощену аерацію, з подальшим відстоювання до досягнення показників, що зазначені в таблиці перед подачею на фільтри.

**Табл. 1.** Порівняльна характеристика каталітичних фільтруючих матеріалів  
**Table 1.** Comparative characteristics of catalytic filter media

Назва матеріалу	Katalox Light®	Greensand plus®	Birm®	Filter Ox®	DMI-65®
№	1	2	3	4	5
Компанія виробник	Watch Water	Inversand Company	Clack Corporation	Clack Corporation	Quantum Filtration Medium
Країна	Німеччина	США	США	США	Австралія
Сертифікати	NSF/ANSI 61 ANSI/NSF 372	NSF/ANSI 61 ANSI/NSF 372	NSF/ANSI 61	NSF/ANSI 61	NSF/ANSI 61
Вартість за упаковку, EURO	140,00	58,90	88,40	65,0	88,00
Сполуки та домішки, що вилучаються					
Fe (Залізо)	+	+	+	+	+
Mn (марганець)	+	+	+	+	+
H <sub>2</sub> S (сірководень)	+	+	-	+	+
As (миш'як)	+	+	-	-	+
Zn (цинк)	+	не зазнач.	-	-	+
Cu (мідь)	+	не зазнач.	-	-	+
Pb (свинець)	+	не зазнач.	-	-	+
U (уран)	+	не зазнач.	-	-	не зазнач.
Ra (радій)	+	+	-	-	не зазнач.
Al (алюміній)	-	-	-	-	+
Радіонукліди	+	не зазнач.	-	-	не зазнач.
Мех-чні домішки	< 3мкм	не зазнач.	-	-	-
Склад та фізико-хімічні характеристики					
Основа матеріалу	85% алюмосилікат	кремнеземний пісок	не зазнач.	кремнеземний мат.	мікропор. кварц. пісок
Покриття матер.	10% MnO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	не зазнач.	12,5% MnO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>
Допоміжні сполуки	5% Ca(OH) <sub>2</sub>	не зазнач.	не зазнач.	не зазнач.	не зазнач.
Зовнішній вигляд	гранули	гранули	гранули	гранули	гранули
Колір	чорний	чорний	чорний	сіро-чорний	коричнево-чорний
Насипна вага, кг/м <sup>3</sup>	1060	1410	640-720	1345	1460
Питома вага, г/см <sup>3</sup>	не зазнач.	~ 2,4	2,0	2,7	2,69
Пористість	не зазнач.	~ 0,45	не зазнач.	0,5	0,46
Фракція матер., мм	0,6-1,4	0,3-0,35	0,48	0,42-0,85	0,3-0,6
Коеф. однорідності	≤ 1.75	≤ 1.6	≤ 2.7	≤ 1.51	≤ 1.51
Об'єм мішку, л	28	14,15	28,3	14,15	14,38
Вага мішку, кг	30	20	17	19	21

Закінчення табл.1 на ст.91

Закінчення табл.1

Умови експлуатації					
Швидкість фільтрації, м/год	10-30	12-30	8,5-12	5-30	5-30
Швидкість зворотної пром., м/год	25-30	30	25-29	30	25-40
Час зворот. пром., хв	10-15	8-10	не зазнач.	не зазнач.	2-15
Час прямої пром., хв	2-3	3	не зазнач.	4	0,5-1
Мін. висота, мм	750	762	760	760	600
Макс. висота, мм	1200	не зазнач.	900	не зазнач.	не зазнач.
Вільн. простір, %	40	40	50	40	40
Макс. тем-тура °С	не зазнач.	не ліміт.	38	38	45
pH вихідної води	5,8-10,5	6,2-8,5	6,8-9,0	6,2-8,5	5,8-8,6
Назва матеріалу	Katalox Light®	Greensand plus®	Birm®	Filter Ox®	DMI-65®
№	1	2	3	4	5
Потреба активації	ні	так Cl	ні	так Cl	так
Потреба в реагентах	ні	ні	так	так	так
Можливість використання реагентів					
O <sub>2</sub> (повітря)	так	так	так	так	так
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	так	не зазнач.	ні	ні	так
KMnO <sub>4</sub>	так	так	ні	ні	ні
Cl <sub>2</sub>	так	так	до 0,5мг/л	до 3,0мг/л	так
Ємність по Fe <sup>2+</sup> , мг/л	3000	350	не зазнач.	530	не зазнач.
Ємність по Mn <sup>2+</sup> , мг/л	1500	180	не зазнач.	265	не зазнач.
Ємність по H <sub>2</sub> S, мг/л	500	70	не зазнач.	106	не зазнач.
Режими вводу реагентів					
При фільтрації	так	так	ні	так	так
При регенерації	так	так	ні	так	ні
Доза мг/л H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> на 1 мг/л Fe <sup>2+</sup>	0.9	не зазнач.	ні	ні	ні
Доза мг/л H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> на 1 мг/л Mn <sup>2+</sup>	1.8	не зазнач.	ні	ні	ні
Доза мг/л H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> на 1 мг/л H <sub>2</sub> S	4.5	не зазнач.	ні	ні	ні
Доза мг/л KMnO <sub>4</sub> чи Cl на 1 мг/л Fe <sup>2+</sup>	1,0	1,0	ні	1,0	не зазнач.
Доза мг/л KMnO <sub>4</sub> чи Cl на 1 мг/л Mn <sup>2+</sup>	2,0	2,0	ні	3,0	не зазнач.
Доза мг/л KMnO <sub>4</sub> чи Cl на 1 мг/л H <sub>2</sub> S	5,0	5,0	ні	5,0	не зазнач.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для розрахунку вибору правильного застосування каталітичних матеріалів не достатньо одних параметрів фільтруючих матеріалів. При пуско-налагоджувальних роботах варто враховувати всі фактори, які можуть вплинути на роботу фільтрів з каталітичними матеріалами. Моніторинг та аналіз запуску ряду об'єктів показав, що для отримання стабільних показників якості води слід комбінувати рекомендації,

щодо застосування фільтруючих матеріалів, а також враховувати показники якості вихідної води. Моніторинг об'єктів на 5-ти локаціях де запускалися однотипні схеми з каталітичними матеріалами показав в необхідності врахування індексу стабільності води (LSI) та його коригування за рахунок підвищення pH [18, 19]. Схеми очищення води на досліджуваних об'єктах практично однакові: вихідна вода зі свердловини потрапляє через грубий

механічний фільтр на блок дозування реагентів, далі вода піддається аерації методом вводу повітря через ежектор або безпосередньою аерацією в контактних резервуарах. Час контакту реагентів та повітря приймався 30-60 хв. З резервуарів вода насосними станціями подавалась на блок автоматичних фільтрів з каталітичними матеріалами. Кількість фільтрів залежала від необхідної продуктивності в очищеній воді, а тип фільтруючих матеріалів підбирався на основі початкових вихідних аналізів води. При першому запуску на фільтрах в яких використовувалось завантаження Greensand Plus® в якості окиснику виступало повітря та гіпохлорит натрію, на фільтрах з фільтруючим матеріалом Birm® тільки повітря. Перші відбори проб очищеної води показали, що на видалення заліза відбувається з ефективністю 85-95% та на деяких локаціях не потрапляло в нормативні вимоги, а зниження марганцю відбувалось менш ніж 50%. А у випадку локації з де встановлений фільтруючий матеріал Birm при відсутності марганцю у вихідній воді спостерігалась його наявність в очищеній воді. В табл. 2 приведені експлуатаційні характеристики схем очищення води та показники якості вихідної води, яка подавалась на фільтри. Розрахунок індексу стабільності води (LSI) за допомогою програми WAVE показав що у всіх випадках від'ємний, що спричиняє не задовільне вилучення заліза та марганцю, а у випадку локації 5 призвів до вимивання марганцю з шару каталітичного матеріалу. Програмне забезпечення WAVE допомагає змінити рівень рН вихідної води і автоматично розрахувати індекс стабільності води. Підняття індексу стабільності води на локаціях відбувалось поступово і тільки при досягненні значень 0,2-0,4 вдалося досягти стабільних результатів з видалення заліза та марганцю, що попередньо і показав розрахунок. Такий результат обумовлений тим, що індекс LSI залежить від багатьох параметрів, які можуть коливатися в доволі широких діапазонах.

## ВИСНОВКИ

Тільки комплексний підхід який поєднує знання особливостей сучасних фільтраційних матеріалів, наявності розгорнутого аналізу води, та розрахунок індексу LSI здатні забезпечити правильний підбір водоочисного обладнання, виконати правильно техніко-економічні розрахунки, швидко та без складнощів ввести об'єкт в експлуатацію. Виконати розрахунок індексу стабільності швидко та зручно можна за допомогою сучасного програмного забезпечення для мембранних систем таких як, WAVE, ROSA [20]. У випадку видалення марганцю та з метою не допущення вимивання марганцю у очищену воду індекс стабільності води повинен бути більшим за 0,2, а рН води від 7,8 і вище.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. **Твердохліб М. М., Гомеля М. Д.** Сорбційно-каталітичне очищення води від сполук марганцю // Вчені записки НТУ імені В.І. Вернадського серія «Технічні науки», 2019, №2 С.42 – 46. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/08>
2. **Мамченко А. В., Савченко О. А., Чернова Н. Н., Якупова І. В.** Очистка підземних вод від сполук марганцю з використанням природнього сорбента-каталізатора // Хімія та технологія води.- 2012. Т. 34, №4. С. 285-295 [http://nbuv.gov.ua/UJRN/KhTV\\_2012\\_34\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/KhTV_2012_34_4_2)
3. **Пономарев В. Л., Василюк С. Л.,** Каталітичні завантаження в водоочистці // Науково-практичний журнал вода та водоочистні технології, 2019. №1 С. 16 – 20.
4. **González-Dávila M., Santana-Casiano J. M., Millero F. J.** Competition between O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the oxidation of Fe (II) in natural waters // Journal of solution chemistry. 2006. Vol. 35. P. 95 – 111. <https://doi.org/10.1007/s10953-006-8942-3>
5. **Орлов В. О.,** Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. //Монографія – Рівне: НУВГП, 2008. 158., С. 4 – 22
6. **Aydin S.** Oxidation of manganese (II) with air in water treatment // Fresenius Environmental Bulletin. 2001. 10 (4). P. 386 – 391.
7. **Birm®.** Технічний паспорт продукту. Form No. 2350•9/16/2019 [Електронний ресурс] URL: [https://www.clackcorp.com/downloads/ion\\_exchange\\_resin\\_and\\_filter\\_media/birm\\_2350.pdf](https://www.clackcorp.com/downloads/ion_exchange_resin_and_filter_media/birm_2350.pdf) (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.

**Табл. 2.** Експлуатаційні характеристики схем очищення води та показники якості води  
**Table 2.** Operational characteristics of water purification schemes and indicators of water quality

Локація*	Локація 1	Локація 2	Локація 3	Локація 4	Локація 5
№	1	2	3	4	5
<b>Особливості схеми технічні параметри локальних станцій водопідготовки</b>					
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	12,0	9,0	8,0	8,0	7,5
Сер. добова продуктивність, м <sup>3</sup> /доб.	200,0	150,0	180,0	150,0	110,0
Метод аерації	безнапірна, барботування		ежекція, безнапір.	безнапірна	
Марка фільтруючого матеріалу	Greensand Plus®, ант.		Greensand Plus®		Birm®
Лінійна швидкість фільтрації м/год	5,8	5,3	7,2	7,2	6,7
Кількість встановлених фільтрів, шт.	7	6	5	5	5
Типорозмір фільтрів, дюйми	24x72	24x72	21x62	21x62	21x62
Площа фільтрації одного фільтру, м <sup>2</sup>	0,292	0,292	0,223	0,223	0,223
Наявність та тип реагенту	O <sub>2</sub> , NaClO	O <sub>2</sub> , NaClO	O <sub>2</sub> , NaClO	O <sub>2</sub> , NaClO	O <sub>2</sub>
<b>Показники якості вихідної води</b>					
Температура, °C	10,4	10,2	9,5	11,2	10,5
Водневий показник, одиниці рН	7,21	7,34	7,15	6,83	7,25
Забарвленість, градуси	15,0	12,0	10,0	8,0	16,5
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	4,8	3,2	11,5	19,4	1,89
Пер-тна окиснюваність мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,5	2,8	1,9	0,7	0,82
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	5,4	6,2	7,02	3,94	4,40
Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	83,2	124,8	100,67	60,3	58,1
Магній, мг/дм <sup>3</sup>	17,92	15,36	26,37	13,3	18,2
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	21,0	15,0	8,0	3,0	32,6
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	32,00	16,0	12,0	24,0	22,9
Калій і натрій, мг/дм <sup>3</sup>	7,0	12,24	61,2	55,3	52,4
Гідрокарбонати, мг/дм <sup>3</sup>	280,0	268,4	470,0	278,0	311,0
Загальна мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	420,0	390,0	650,0	405,0	310,0
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	4,60	4,4	7,70	4,56	5,10
Сірководень, мг/дм <sup>3</sup>	не вияв.	не вияв.	не вияв.	не вияв.	не вияв.
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	2,67	2,09	4,84	2,90	0,69
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,197	0,29	0,131	0,194	0,005
**Індекс стабільності води (LSI)	-0,326	-0,06	-0,12	-0,826	-0,399
Коригування рН, одиниці	7,8	7,7	7,7	7,75	7,8
***Індекс стабільності води (LSI)	0,30	0,42	0,47	0,19	0,2
Примітки:					
*Локація – місце розташування фільтраційного обладнання.					
Локація 1. с. Данилівка, Київська область, локальний водоканал					
Локація 2. с. Багрин, Київська область, локальний водоканал					
Локація 3. м. Житомир, Житомирська область, ТОВ «Житомирський м'ясокомбінат»					
Локація 4. с. Новоівницьке, Житомирська область, КП «Пролісок»					
Локація 5. с. Вишеньки, Київська область, коттеджне містечко.					
**Індекс стабільності води (LSI) – розрахований по вихідним параметрам якості води.					
***Індекс стабільності води (LSI) – розрахований по вихідним параметрам води з врахування коригування рН.					

8. **Гусятинська Н., Шульга С., Заруба Т.** Дослідження процесу деманганзації та знезалізнення підземних вод шляхом використання сучасних фільтрувальних завантажень. Матеріали XXX Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: // 36. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 30. С. 9 – 10.
9. **Filter Ox®.** Технічний паспорт продукту. Form No. 3172 • 4/20/2022 [Електронний ресурс] URL: [https://www.clackcorp.com/downloads/ion\\_exchange\\_resin\\_and\\_filter\\_media/filter\\_ox\\_3172.pdf](https://www.clackcorp.com/downloads/ion_exchange_resin_and_filter_media/filter_ox_3172.pdf) (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.
10. **Skoczko I.** Efficiency estimation of water purification with various filtration materials // *Desalination and Water Treatment*. Volume 134, December 2018, P. 99-108 <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22707>
11. **GreenSand Plus®** Технічний паспорт продукту. [Електронний ресурс] URL: <https://www.inversand.com/wp-content/uploads/2022/10/TDS-GreensandPlus-New-Format-1.pdf> (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.
12. **GreenSand Plus®** Технічний паспорт продукту. [Електронний ресурс] URL: <https://www.inversand.com/our-product/technical-data/point-of-use/> (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.
13. **Katalox Light®** Технічний паспорт продукту. [Електронний ресурс] URL: [https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/01/KL\\_Brochure\\_NEW\\_ver\\_1.1.pdf](https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/01/KL_Brochure_NEW_ver_1.1.pdf) (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.
14. **Zeosorb®** Технічний паспорт продукту. [Електронний ресурс] URL: [https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/07/Zeosorb\\_Broucher\\_3719.pdf](https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/07/Zeosorb_Broucher_3719.pdf) (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.
15. **Sah C. K. S., Amatya I. M.,** Kinetics of manganese removal from bore well water using Katalox Light, Birm and ISR // *Journal of Innovations in Engineering Education*, 4(2), 71–74. <https://doi.org/10.3126/jiee.v4i2.38769>
16. **DMI-65®** Технічний паспорт продукту. [Електронний ресурс] URL: <https://dmi65.com/technical/technical-datasheet/>
17. **Musa M. A., Mah S., Ng Y. S., Lim S., Chew C.M.** Iron removal from ground water through oxidation with DMI-65 // *International Journal of Engineering Advanced Research*, 2023 5(1), 1-11. URL:

<https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijear/article/view/21876/11864>

18. **Morgan B., Lahav O.** The effect of pH on the kinetics of spontaneous Fe(II) oxidation by O<sub>2</sub> in aqueous solution – basic principles and a simple heuristic description. // *Chemosphere* Vol. 68, Issue 11, August 2007, Pages 2080-2084 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.02.015>
19. **Matino I., Alcamisi E., Porzio G. F., Colla V.** Application of Unconventional Techniques for Evaluation and Monitoring of Physico-Chemical Properties of Water Streams. // *International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology*, 2015, Vol 16, Issue 1, p5.1 <https://ijsst.info/Vol-16/No-1/paper5.pdf>
20. **WAVE Water Treatment Design Software** [Електронний ресурс] URL: <https://www.dupont.com/water/resources/design-software.html> (дата звернення 10.11.2024). – Назва з екрану.

## REFERENCES

1. **Tverdokhlib, M. M., & Gomelya, N. D. (2019).** Sorption-catalytic of water purification from manganese compounds. *Scientific notes of Taurida National VI. Vernadsky University series «Technical Sciences»* 2019(2), 42 – 46 <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/08> [ in Ukrainian]
2. **Mamchenko, A. M., Savchenko, O. A., Chernova, N. N., & Yakupov, I. V. (2012).** Purification of groundwater from manganese compounds using a natural sorbent-catalyst. *Water chemistry and technology*, 34(4), 285 – 295. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/KhTV\\_2012\\_34\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/KhTV_2012_34_4_2) [in Ukrainian]
3. **Ponomarev, V. L., & Vasylyuk, S. L., (2019).** Catalytic media in water treatment. *Scientific and practical magazine water and water treatment technologies*, 2019(1), 16-20. [in Ukrainian]
4. **González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M. & Millero, F. J. (2006).** Competition between O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the oxidation of Fe (II) in natural waters. *Journal of solution chemistry*, 35. 95 – 111. <https://doi.org/10.1007/s10953-006-8942-3>
5. **Orlov, V. O. (2008).** *De-ironing of underground waters by simplified aeration and filtration.* Monograph - Rivne: NUVHP, 2008, 4 – 22. [in Ukrainian]
6. **Aydin, S. (2001).** Oxidation of manganese (II) with air in water treatment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 10(4). 386 – 391. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/259885410\\_Oxidation\\_of\\_manganese\\_II\\_with\\_air\\_in\\_water\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/259885410_Oxidation_of_manganese_II_with_air_in_water_treatment)

7. **Birm**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from [https://www.clackcorp.com/downloads/ion\\_exchange\\_resin\\_and\\_filter\\_media/birm\\_2350.pdf](https://www.clackcorp.com/downloads/ion_exchange_resin_and_filter_media/birm_2350.pdf)
8. **Husyatynska, H., Shulga, C., & Zaruba, T. (2017)**. Study of the process of demanganization and de-ironing of underground waters by using modern filter loadings. *Native Science at the Turn of the Ages: Problems and Prospects of Development: Collection of science works*, 30. 9-10. [in Ukrainian]
9. **Filter Ox**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from [https://www.clackcorp.com/downloads/ion\\_exchange\\_resin\\_and\\_filter\\_media/filter\\_ox\\_3172.pdf](https://www.clackcorp.com/downloads/ion_exchange_resin_and_filter_media/filter_ox_3172.pdf)
10. **Iwona Skoczko (2018)**. Efficiency estimation of water purification with various filtration materials. *Desalination and Water Treatment*, 134. 99 – 108. <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22707>
11. **Greensand Plus**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from <https://www.inversand.com/wp-content/uploads/2022/10/TDS-GreensandPlus-New-Format-1.pdf>
12. **Greensand Plus**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from <https://www.inversand.com/our-product/technical-data/point-of-use/>
13. **Katalox Light**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from [https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/01/KL\\_Brochure\\_NEW\\_ver\\_1.1.pdf](https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/01/KL_Brochure_NEW_ver_1.1.pdf)
14. **Zeosorb**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from [https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/07/Zeosorb\\_Broucher\\_3719.pdf](https://www.watchwater.de/wp-content/uploads/2019/07/Zeosorb_Broucher_3719.pdf)
15. **Sah, C. K. S., & Amatya, I. M.. (2021)**. The Kinetics of manganese removal from bore well water using Katalox Light, Birm and ISR. *Journal of Innovations in Engineering Education*, 4(2), 71–74. <https://doi.org/10.3126/jiee.v4i2.38769>
16. **DMI-65**<sup>®</sup> TDS [Electronic resource] – Retrieved from <https://dmi65.com/technical/technical-datasheet/>
17. **Musa, M.A., Mah, S., Ng, Y. S., Lim, S., & Chew, C.M. (2023)**. Iron removal from ground water though oxidation with DMI-65 *International Journal of Engineering Advanced Research*, 5(1), 1-11. <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijear/article/view/21876/11864>
18. **Morgan B., & Lahav O. (2007)**. The effect of pH on the kinetics of spontaneous Fe(II) oxidation by O<sub>2</sub> in aqueous solution – basic principles and a simple heuristic description. *Chemosphere* 68(11), 2080-2084. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.02.015>
19. **Matino, I., Alcamisi, E., Porzio, G. F., & Colla, V. (2015)**. Application of Unconventional Techniques for Evaluation and Monitoring of Physico-Chemical Properties of Water Streams. *International Journal of Simulation: Systems, Science & Technology*, 16(1), 5.1 <https://ijsst.info/Vol-16/No-1/paper5.pdf>
20. **WAVE Water Treatment Design Software** [Electronic resource] – Retrieved from <https://www.dupont.com/water/resources/design-software.html>



## **Analysis of existent catalytic filter materials for removal of iron and manganese**

*Vitaliy Stesenko, Olena Dupliak*

**Annotation.** Decentralized water supply in war and post-war times is one of the main sources of water for the population and enterprises. As a source of water supply, as a rule, water from wells is used for this type of water supply. The main problems of drill-fish water are the increased content of iron, manganese, hydrogen sulfide, hardness salts, nitrates, sulfates, chlorides in some regions, high dry residue. The rapid development of technologies based on membrane technologies such as reverse osmosis or nanofiltration allow us to adjust the salt composition of water, remove nitrates and make water suitable for drinking needs and production cycles. But before membrane technologies, compounds of iron, manganese, and hydrogen sulfide, which can form inorganic impurities on the surface of membrane elements and cause their premature failure, must be removed. One of the best methods of pre-treatment of water before membrane systems is complex ion-exchange materials, which are simultaneously capable of removing hardness salts, iron, and manganese. But the main disadvantage of such pre-filtration methods is the use of tableted salt, which makes this method expensive and not environmentally friendly. Purification of water from iron and manganese on pressure filters by catalytic loading with subsequent dosing of antiscalant before membrane installations is a modern trend in local water treatment. Catalytic loadings have been used for quite a long time, but most manufacturers do not provide clear and practical recommendations for their use. The use of such materials, as a rule, largely depends on many factors and is based on the experience of the specialist's qualifications. Analysis of the technical parameters of filter materials, analysis of parameters of the source water quality are the main components of the selection and organization of the correct technological scheme of water purification.

**Key words.** Catalytic materials, iron removal, manganese removal, Birm®, Greensand Plus®, Filter Ox®, Katalox Light®, DMI-65®.

*Стаття надійшла до редакції 26.10.2024*