

УДК 628.161: 631.859.412

С. П. Кривільова, Д. О. Цвіркун, А. П. Гінкул

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Україна

КАЛЬЦІЙФОСФАТНІ МАТЕРІАЛИ АПАТИТНОГО СКЛАДУ У ІНОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВОДОПІДГОТОВКИ

У статті розглянуті інноваційні методи водопідготовки для отримання чистої питної води при використанні поверхневих водних об'єктів. Показано, що в умовах безнадійного водопостачання, дефіцитності електроенергії, надзвичайних ситуацій або пустельного клімату найбільш перспективною є фільтрація води за допомогою керамічних фільтрів. Показана перспективність застосування синтетичних нанокристалічних порошків апатитового складу у якості матеріалів для керамічних фільтрів для очищення питної води на завершальних стадіях фільтрації. Показано, що екологічно чисті нанокристалічні порошки $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ можуть бути отримані з використанням методів «зеленої хімії» з розчинів $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ марок «х.ч.» і «ч.д.а.», а $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ - у твердій фазі або з осадженням з розчинів з наступною термообробкою. Визначено оптимальні співвідношення вихідних компонентів і режими термообробки, які забезпечують отримання $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ з співвідношенням $\text{Ca/P} = 1,67$ і $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ високої чистоти з розміром кристалів у нанорозмірному діапазоні. Розроблено методи гранулювання порошків з контрольованими розмірами пор і керамічних фільтрів. Підтверджено перспективність їх використання для очищення питної води і насичення її іонами кальцію і фтору на завершальних стадіях фільтрації.

Ключові слова: водопідготовка, водоочищення, керамічні фільтри, кальційфосфатні матеріали, гідроксилапатит, якість води.

Постановка проблеми

Підвищення якості життя населення є одним з пріоритетних напрямків розвитку України. Вода є найважливішою речовиною у нашому житті. Задоволення потреб населення в високоякісній питній воді конче необхідно для підвищення якості життя, створення сприятливого і наступного для проживання навколишнього середовища.

Водні поверхневі і підземні системи, які є джерелом питної води, відіграють важливу роль в питаннях водопостачання населення. Але не менш важливими вони є і для промислових підприємств, в першу чергу харчової промисловості і фармацевтичної. Нажаль, з кожним роком екологічна ситуація в нашій державі стрімко погіршується. Тому для жителів майже всіх населених пунктів, а не тільки великих міст, проблема очищення і якості питної води стоїть досить гостро.

В Україні основним джерелом питного водопостачання є водні поверхневі системи. Прогресуюче погіршення екології водних об'єктів, яке зараз спостерігається, робить найважливішою проблемою забезпечення необхідної якості питної води за всіма показниками, в тому числі і за мікробіологічними. На жаль, сьогодні регулювання якості питної води по санітарно-бактеріологічними показниками здійснюється не за рахунок поліпшення

системи водопідготовки, а все ще за рахунок збільшення доз використовуваних дезінфектантів, і в першу чергу рідкого хлору. Використання функціональних неорганічних наноматеріалів поліваріантного складу у якості високоефективних коагулянтів і сорбентів при очищенні питної води дозволить значно підвищити її якість і відмовитись від знезараження як головного технічного прийому звільнення води від збудників бактеріальних і вірусних інфекцій (воно має бути лише додатковим прийомом). Це дозволить істотно підвищити епідемічну безпеку питної води і відмовитись від високих доз дезінфектантів (рідкого хлору) або ж замінити їх ультрафіолетовим опромінюванням

Отже, сьогодні, коли до ефективності обладнання і систем водоочищення пред'являються все більш високі вимоги, інноваційні технології є важливим напрямком діяльності сучасних станцій водопідготовки. Інноваційні технології допоможуть ефективно використовувати наявні водні ресурси та забезпечити ефективно підготовку питної води для потреб населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У разі підвищеної жорсткості води і наявності нітратів застосовують методи пом'якшення і денітрифікації за допомогою іонообмінних смол, а для зменшення кислотності води в якості

фільтруючого засипки використовують гранульований карбонат кальцію. При підвищеному вмісті Ca та Mg в воді застосовується катіонування, електродіаліз або зворотній осмос. Видалення Fe і Mn здійснюється за допомогою незалізнюючих фільтрів і деманганаторів. Для видалення зважених механічних частинок з води застосовують осадову фільтрацію з засипанням з розвиненою структурою зерен, наприклад, у вигляді спіненого силікату алюмінію. Використання зворотньоосмотичних фільтрів, що представляють собою напівпроникні мембрани, дозволяє видалити до 98 % всіх шкідливих забруднюючих речовин. Але вони потребують значного напору води, безперебійної подачі електроенергії і при цьому відрізняються високою вартістю. Проблеми отримання чистої питної води широко досліджуються як вітчизняними, так і закордонними вченими. Так, в працях [1-3, 5-13] висвітлюються методи очищення води з використанням наноматеріалів та нанотехнологій.

Наноматеріали мають унікальні властивості, пов'язані з їх високою питомою поверхнею (яка обумовлює високу реакційну здатність, значну сорбцію і т. і.) Ці специфічні характеристики дозволяють розробляти нові високотехнологічні матеріали для більш ефективних процесів обробки води, наприклад керамічних насипок і мембран, а також адсорбційних матеріалів, нанокаталізаторів, функціоналізованих поверхонь, покриттів та реагентів [1].

Виклад основного матеріалу

Існує багато технологій підготовки питної води, таких як адсорбція, хімічне осадження, іонообмін, мембранна фільтрація, електрохімічне очищення і таке інше [1].

Перевагою методу адсорбції є його висока ефективність, можливість очищення стічних вод, що містять кілька речовин, а також рекуперації цих речовин. Завдяки високій питомій поверхні, наноадсорбенти демонструють значно більшу швидкість адсорбції органічних сполук у порівнянні з гранульованим або порошкоподібним активованими вуглецем. Вони мають великий потенціал для нових, більш ефективних та швидших процесів дезактивації, спрямованих на видалення органічних та неорганічних забруднювачів [2].

В якості адсорбента ефективно використовувати вуглецеві нанотрубки. Вони сьогодні є найбільш перспективними, оскільки мають велику адсорбційну здатність, наприклад, до синтетичних барвників [3], можуть використовуватись для адсорбції стійких забруднень, для попереднього виявлення і концентрації забруднюючих речовин. До того ж вони ще й проявляють антимікробні властивості, викликаючи окислювальний стрес у

бактерій та руйнуючи клітинні мембрани. При їх використанні токсичних побічних продуктів не утворюється; це є важливою перевагою перед традиційними процесами дезинфекції, такими як хлорування та озонування [4-6]. Вуглецеві нанотрубки можна використовувати в якості адсорбента для вилучення деяких іонів двовалентних металів (наприклад, Cu, Co, Cd, Zn, Mn, Pb) [7]. Та незважаючи на безумовні переваги, використання вуглецевих трубок не є економічно доцільним через високі витрати на виробництвах [6, 8].

Все популярнішою стає нанофільтрація, що призводить до збільшення інтересу до матеріалів мембран, які можуть бути використані в процесі очищення води. Нанопористі мембрани забезпечують високу ефективність очищення. Вони можуть фільтрувати більшість забруднюючих речовин (розміром 1-10 нм), таких як іони металів, органічні молекули, солі та мікроорганізми [9]. Вони є потужними інструментами для різних застосувань, включаючи видалення забруднюючих речовин з питної води [4].

Мембрани з наноматеріалів для очищення води поділяються на три типи в залежності від природи їх будови: неорганічні, органічні, неорганічно-органічні мембрани [10]. Неорганічно-органічні гібридні мембрани зазвичай створюються шляхом введення неорганічних матеріалів (металів, оксидів металів або вуглецевих матеріалів) у полімерну матрицю. Неорганічно-органічні мембрани демонструють більш високий потік води та мають вищий ступінь видалення й селективність щодо цільових забруднюючих речовин, ніж неорганічні та органічні мембрани. Тому використання нанопористих неорганічно-органічних гібридних мембран є перспективним в системі очищення води. Новим шляхом очищення води є також біоміметичні мембрани, які поєднують в собі використання технологій, нанофізики та впливу білкових каналів на біологічні мембрани.

Велика кількість досліджень мембранної нанотехнології зосереджена на створенні багатофункціональної мембрани шляхом додавання наноматеріалів у полімерні або неорганічні мембрани, відомі як нанокомпозитні мембрани. При додаванні наночастинок оксидів металів, включаючи оксид алюмінію, SiO₂, TiO₂ і цеоліту до полімерних ультрафільтраційних мембран, посилюється гідрофільність поверхні мембрани, водопроникність та стійкість до забруднення. Неорганічні мембрани, що містять наночастки TiO₂, ефективні для редуктивної деградації хлорованих сполук і фармацевтичних препаратів [7].

Дедалі більший інтерес з'являється до керамічних мембран і фільтрів, оскільки традиційно застосовувані полімерні мембрани демонструють

відносно низьку термічну і хімічну стійкість. Інноваційним є використання кераміки на основі TiO_2 (отриманої екструзійним методом) для електродів [11]. Після її термічної обробки в умовах високого вакууму утворюється велика кількість кисневих порожот [12]. Як результат, композитна наноструктурована керамічна фотокаталітична мембрана складу $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, модифікована полімерним шаблоном (з оксиетилену метакрилату) методом золь-гелю, показує ефективність водоочищення майже 96 % [13].

Керамічні картриджі і засипки здатні видалити до 99% всіх хвороботворних бактерій. Найчастіше їх виготовляють випалюванням діатомітового кремнезему. Фільтрація методом зворотного осмосу і з застосуванням керамічних матеріалів забезпечує найкращі смакові якості води.

Але в умовах безнапівного водопостачання, дефіцитності електроенергії, надзвичайних ситуацій або пустельного клімату використання більшості з цих методів стає неможливим. Тому представляється перспективним використання екологічно чистих синтетичних кальційфосфатних матеріалів апатитного складу для виготовлення керамічних фільтрів для водопідготовки та поповнення дефіциту фтору в питній воді.

Синтетичний гідроксилапатит і фторапатит можуть бути отримані багатьма способами: «розчинним», гідротермальним, твердофазовим [14]. Великі об'єми $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ та $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, необхідні при промислового виробництві керамічних фільтрів, доцільніше отримувати з розчинів. Традиційне застосування для цих цілей нітратів ускладнює стабільну відтворюваність результатів, призводить до забруднення кінцевого продукту і утворення значних обсягів відходів (у вигляді хімічно агресивних розчинів) [15].

У зв'язку з цим, найбільш доцільним можна вважати отримання екологічно чистих синтетичних нанокристалічних порошоків складу $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2/\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ методами «зеленої хімії».

Метою даної роботи є оцінка потенційної можливості використання отриманих методами «зеленої хімії» екологічно чистих порошоків $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ і $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ в якості матеріалів керамічних фільтрів, які використовуються при очищенні питної води, і вивчення їх властивостей.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

Синтезувати екологічно чисті нанорозмірні порошки $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ і $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, дослідити їх мікроструктуру і властивості; визначити оптимальний вміст компонентів.

Розробити метод гранулювання порошоків, що дозволить контролювати розмір пор і оцінити його

перспективність для отримання керамічних засипок і фільтрів для водопідготовки.

Експериментальна частина. У роботі використовували такі реагенти: ортофосфорну кислоту H_3PO_4 , CaF_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ марок «ч.д.а.» та «х.ч.». $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ отримували із розчинів $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і H_3PO_4 в дистильованій воді шляхом їх перемішування протягом 8 годин та витримки протягом 170 годин при кімнатній температурі для старіння (для забезпечення досягнення співвідношення іонів Ca і фосфат іонів в розчині $n(\text{Ca}^{2+})/m(\text{PO}_4^{3-}) = 1,67$. Отриманий продукт фільтрували, осад висушували при 80°C . Для синтезу $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ попередньо синтезували $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (шляхом триразового випалу таблетованих сумішей при температурі $1150 - 1250^\circ\text{C}$ з витримкою протягом 2 годин і проміжним подрібненням при багатоступеневому підйомі температури зі швидкістю $120 - 150^\circ\text{C}$ в годину). Фторапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ синтезували із CaF_2 та $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ випалюванням в температурному діапазоні $1200 - 1250^\circ\text{C}$ з витримкою протягом 3 годин з подальшим подрібненням. Потім отриманий фторапатит подрібнювали в кульовому млині до частинок необхідного розміру. $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ - може бути також отриманий з осадження розчинів $\text{Ca}_{10}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NH_4F та $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, взятих в необхідній стехіометрії, з наступною термообробкою і подрібненням [14]. Випал проводили в камерній печі в повітряній атмосфері в корундових тиглях. Контроль температур здійснювали за допомогою платино-родієвим термопар PPR-10rh, 90-Pt. Для визначення оптимального підбирали різне співвідношення компонентів.

Гранулювання порошоків здійснювали з твердої фази ізостатичним пресуванням порошоків $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ й $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ з подальшим дробленням блоків до гранул необхідного розміру і наступної за цим обкаткою, а також із суміші рідкої і твердої фаз агломерацією порошоків. При видаленні рідкої фази відбувалося обвалювання агломератів і зміцнення зв'язку між частинками. Розмір і розподіл пор варіювали вмістом зв'язуючого і пороутворювача (H_2O_2). Вивчено вплив технологічних параметрів на параметри одержуваних гранул. Встановлено, що зі збільшенням тиску пресування спостерігається зниження поруватості з 75 до 17 %. Максимальна поруватість досягається при тиску пресування $10 - 27\text{MPa}$, але оптимальним є $30 - 55\text{MPa}$. Підвищенню поруватості також сприяє монофракційність порошоків і близька до сферичної форма їх зерен. Визначено можливість контролю розміру та взаємозв'язку пір. Розроблена технологія дозволяє отримувати гранули складу $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2/\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ пористістю 45-75 % та керамічні фільтри у вигляді блоків пористістю 45-85 %. кераміку, які

містять внутрішньо- і міжгранульні пори з контрольованим розміром пор.

Висновки

Класичним «розчинним» методом «зеленої хімії» при використанні хімічно чистих реагентів було отримано екологічно чисті порошки $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ і $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$.

Методами РФА та електронної мікроскопії досліджено їх мікроструктура і властивості, визначено оптимальний вміст компонентів.

Розроблено метод гранулювання порошоків, що дозволяє отримувати кераміку, що містить внутрішньо- і міжгранульні пори з контрольованим розміром пор.

Визначена ефективність використання кальційфосфатної кераміки апатитового складу для отримання керамічних засіпок і фільтрів.

Показано, що розроблені матеріали потенційно перспективні для очищення питної води, особливо в умовах безнапірного водопостачання (при подачі води самопливом), або дефіцитності електроенергії, надзвичайних ситуацій і пустельного клімату, а також для одночасного насичення питної води іонами фтору в районах з його дефіцитом.

Література

- Gehrke, I., Geiser, A., Somborn-Schulz, A. (2015) Innovations in nanotechnology for water treatment *Nanotechnology, Science and Applications*, 8, 1-17, doi: 10.2147/NSA.S43773.
- Amin, M.T., Alazba, A. A., Manzoor, U. (2014). A Review of Removal of Pollutants from Water/Wastewater Using Different Types of Nanomaterials *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-24, doi: 10.1155/2014/825910.
- Hamidreza Sadegh, Goma, A., Goma, M.. (2017) The role of nanomaterials as effective adsorbents and their applications in wastewater treatment. *J Nanostruct Chem.*, 7, 1–14, doi: 10.1007/s40097-017-0219-4.
- Amin, M. M., Hashemi, H, Bovini, A. M., Hung, Y. T. (2013) A review on wastewater disinfection *International Journal of Environmental Health Engineering*, 2, 22, doi: 10.4103/2277-9183.113209.
- Liu, X., Wang, M., Zhang, S., Pan, B. (2013) Application potential of carbon nanotubes in water treatment: a review *J Environ Sci (China)*, 25, 1263–1280, doi: 10.1016/S1001-0742(12)60161-2.
- Michael, F. L. De Volder, Sameh, H. Tawfik., Ray, H. Baughman, A. John Hart (2013) Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications *Science*, 339, 535–539, doi: 10.1126/science.1222453.
- Ms. Sulekha (2016) Role of Nanotechnology in waste water treatment *International Journal of Advanced Research and Development*, 1, 25–28.
- Maryam Ahmadzadeh Tofighy, Toraj Mohammadi (2011) Adsorption of divalent heavy metal ions from water using carbon nanotube sheets *Journal of Hazardous Materials*, 185, 140–147, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.09.008.

9. Zoheb Karim, Aji P. Mathew, Mattias Grahn (2014) Nanoporous membranes with cellulose nanocrystals as functional entity in chitosan: Removal of dyes from water. *Carbohydrate Polymers*, 112, 668–676, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.06.048.

10. Zhuqing Wang, Aiguo Wu, Lucio Colombi Ciacchi, Gang Wei (2018) Recent Advances in Nanoporous Membranes for Water Purification *Nanomaterials*, 8, 65, doi: 10.3390/nano8020065.

11. Borodajenko, N., Rubenis, K., Pura, A., Mironova-Ulmane, N. (2014) Studies of TiO_2 Ceramics Structure after Thermal Treatment at Different Conditions *Key Engineering Materials*, 604, 309–312, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.604.309.

12. Rubenis, K., Ozoliņš, J., Pūra, A. (2012) The Influence of Thermal Treatment on the Properties of TiO_2 Ceramics Obtained by Extrusion *Material Science and Applied Chemistry*, 25, 71–75.

13. Rizwan Ahmad, Jin Kyu Kim, Jong Hak Kim, Jeonghwan Kim (2017) Nanostructured Ceramic Photocatalytic Membrane Modified with a Polymer Template for Textile Wastewater Treatment *Appl. Sci.*, 7, 1284, doi: 10.3390/app7121284.

14. Krivileva, S. (2018) Evaluation of the possibility of using nanocrystalline apatite powders as inorganic fillers of toothpastes. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ», 16 (1292), 158–164, doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.24.

15. Кривилева, С.П. Исследование возможности синтеза гидроксилapatита биомедицинского назначения из растворов и гидротермальным методом. [Текст] / С.П. Кривилева // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Харків: НТУ «ХПІ», 50(1159). Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2015. – С. 41–47.

References

- Gehrke, I., Geiser, A., Somborn-Schulz, A. (2015) Innovations in nanotechnology for water treatment *Nanotechnology, Science and Applications*, 8, 1-17, doi: 10.2147/NSA.S43773.
- Amin, M.T., Alazba, A. A., Manzoor, U. (2014). A Review of Removal of Pollutants from Water/Wastewater Using Different Types of Nanomaterials *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-24, doi: 10.1155/2014/825910.
- Hamidreza Sadegh, Goma, A., Goma, M.. (2017) The role of nanomaterials as effective adsorbents and their applications in wastewater treatment. *J Nanostruct Chem.*, 7, 1–14, doi: 10.1007/s40097-017-0219-4.
- Amin, M. M., Hashemi, H, Bovini, A. M., Hung, Y. T. (2013) A review on wastewater disinfection *International Journal of Environmental Health Engineering*, 2, 22, doi: 10.4103/2277-9183.113209.
- Liu, X., Wang, M., Zhang, S., Pan, B. (2013) Application potential of carbon nanotubes in water treatment: a review *J Environ Sci (China)*, 25, 1263–1280, doi: 10.1016/S1001-0742(12)60161-2.
- Michael, F. L. De Volder, Sameh, H. Tawfik., Ray, H. Baughman, A. John Hart (2013) Carbon Nanotubes: Present and Future Commercial Applications *Science*, 339, 535–539, doi: 10.1126/science.1222453.
- Ms. Sulekha (2016) Role of Nanotechnology in waste water treatment *International Journal of Advanced Research and Development*, 1, 25–28.

8. Maryam Ahmadzadeh Tofighy, Toraj Mohammadi (2011) Adsorption of divalent heavy metal ions from water using carbon nanotube sheets *Journal of Hazardous Materials*, 185, 140–147, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.09.008.
9. Zoheb Karim, Aji P. Mathew, Mattias Grahn (2014) Nanoporous membranes with cellulose nanocrystals as functional entity in chitosan: Removal of dyes from water. *Carbohydrate Polymers*, 112, 668–676, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.06.048.
10. Zhuqing Wang, Aiguo Wu, Lucio Colombi Ciacchi, Gang Wei (2018) Recent Advances in Nanoporous Membranes for Water Purification *Nanomaterials*, 8, 65, doi: 10.3390/nano8020065.
11. Borodajenko, N., Rubenis, K., Pura, A., Mironova-Ulmane, N. (2014) Studies of TiO₂ Ceramics Structure after Thermal Treatment at Different Conditions *Key Engineering Materials*, 604, 309–312, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.604.309.
12. Rubenis, K., Ozoliņš, J., Pūra, A. (2012) The Influence of Thermal Treatment on the Properties of TiO₂ Ceramics Obtained by Extrusion *Material Science and Applied Chemistry*, 25, 71–75.
13. Rizwan Ahmad, Jin Kyu Kim, Jong Hak Kim, Jeonghwan Kim (2017) Nanostructured Ceramic Photocatalytic Membrane Modified by a Polymer Template for Textile Wastewater Treatment *Appl. Sci.*, 7, 1284, doi: 10.3390/app7121284.
14. Krivileva, S. (2018) Evaluation of the possibility of using nanocrystalline apatite powders as inorganic fillers of toothpastes. *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ "ХПІ", 16 (1292), 158–164, doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.24.

15. Krivilyova, S. (2015) Issledovanie vozmozhnosti sinteza gidroksilapatita biomedicinskogo naznacheniya iz rastvorov i gidrotermal'nym metodom [Study the possibility of synthesis hydroxyapatite for biomedical application from the solution and the hydrothermal method] *Bulletin of NTU "KhPI"*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 50 (1159), 41–47.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є. І. Ведь, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

Автор: КРИВІЛЬОВА Світлана Павлівна
кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

E-mail – spkri@ukr.net,

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6502-9486>

Автор: ЦВІРКУН Дарина Олександрівна
бакалавр 3-го року навчання

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

E-mail – darina.tsvirkun@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0621-6403>

Автор: ГІНКУЛ Анастасія Павлівна
магістрант 2-го року навчання

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

E-mail – asya3008@gmail.com,

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-4758-9767>

CALCIUM-PHOSPHATE MATERIALS OF THE APATISTIC COMPOSITION IN INNOVATIVE WATER TREATMENT TECHNOLOGIES

S. Krivileva, D. Tsvirkun, A. Ginkul
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ukraine

The article considers the most common innovative methods types obtaining clean drinking water by using surface water bodies. The significant potential of nanotechnologies in water treatment systems is shown. The article provides an overview of the nanomaterials used in the water treatment technology: nanosorbents, nanomembranes and nanofilters.

We evaluated the prospects of using synthetic inorganic materials of calcium phosphate composition as materials for ceramic filters. It is shown that in conditions of non-pressure water supply, lack of uninterrupted electricity supply, emergencies, or desert climate the most promising filtration of water is through ceramic filters. This work shows the potential application of synthetic nanocrystalline powders apatitic composition as inorganic materials for ceramic filters for drinking water purification in the final stages of filtration.

It has been shown that synthetic nanocrystalline powders of Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ that are not containing heavy metals and animal-derived ingredients can be obtained by the methods of "green chemistry" from solutions of Ca(OH)₂ and H₃(PO₄) grades of "chemically pure" and "analytically pure", and Ca₁₀(PO₄)₆F₂ in the solid phase or by coprecipitation from solutions of Ca₁₀(NO₃)₂•4H₂O, NH₄F and (NH₄)₂HPO₄ taken in the required stoichiometry, followed by heat treatment and grinding. The optimal ratios of the initial components and heat treatment regimes are determined, which ensure the production of Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ powder with the ratio Ca/P = 1.67 and Ca₁₀(PO₄)₆F₂ of high purity, whose crystal sizes correspond to the nanoscale range.

The article confirms the novelty and high efficiency of the developed materials for the manufacture of ceramic filters for drinking water purification in the final stages of filtration.

Keywords: water treatment, water purification, ceramic filters, calcium phosphatic materials, hydroxylapatite, quality of water.