

УДК 664.68:628.1.033:661.94: 621.745.9

В.Д. Рудь¹, Н.М. Гулієва¹, М.М. Заїкін²¹Луцький національний технічний університет²ВАТ «Ковельсьільмаш»

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВОДИ

У статті проведений аналіз зернистих, пластмасових та спечених фільтрувальних матеріалів. Здійснена оцінка та наведені переваги і недоліки сучасних фільтрувальних матеріалів.

Ключові слова: *фільтрувальні матеріали, зернисті засипки, пінополістирольні картриджі, пінопропілена нитка, гофрований поліпропілен, спечені матеріали.*

Постановка проблеми. Протягом останніх років в Україні реалізується Загальнодержавна програма «Питна вода» на 2006-2020рр., яка передбачає основні напрями діяльності розвитку водогосподарчого комплексу України, що забезпечує відповідне водокористування, охорону водних об'єктів, захист від негативного впливу поверхневих та підземних вод, конкурентних переваг України в водній галузі та створюються умови для винайдення нових фільтрувальних матеріалів (ФМ) [1-2].

В східних районах України, де інтенсивно йде видобуток кам'яного вугілля, вміст заліза, марганцю і сульфатів перевищує норму в 10...20 разів. У відповідності з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 концентрація заліза не повинна перевищувати 0,2 мг/дм³, марганцю 0,05 мг/дм³, сульфати 250 мг/дм³ [3]. ФМ, які застосовують для очистки води не завжди задовольняють необхідні вимоги. Окрім того, деякі з них, коштують дорого, не завжди є в наявності і не в повному обсязі очищають воду до необхідних показників гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Тому, **метою даної роботи** є аналіз та оцінка сучасних фільтрувальних матеріалів для води.

Основні результати дослідження. При виборі фільтрувального матеріалу треба враховувати наступні показники:

- сорбційну здатність;
- вартість, доступність сировини і наявність виробничих потужностей;
- механічну міцність і хімічна стійкість;
- збереження своїх властивостей в інтервалі температур від -5 °С до +80 °С;
- можливість переробки після використання в потрібний народному господарству матеріал або застосування його без переробки;
- відсутність негативного впливу на здоров'я людини.

Розглянемо основні фільтруючі матеріали, які застосовуються на сьогоднішній день. Їх можна розділити на три великі групи: мінерального походження, металевого походження і перероблені пластичні матеріали (пластмаси).

Зернисті фільтрувальні матеріали – це фільтрувальні матеріали на основі пластів. Найбільш поширені такі види: кварцовий пісок, подрібнений антрацит, керамзит, доменні шлаки, шунгіт, цеоліт, активоване вугілля та інші.

Класифікація зернистих фільтрів [4]:

- за технологічним призначенням;
- швидкістю фільтрування;
- напрямом потоку води при фільтруванні;
- тиском після фільтру;
- способом завантаження і їх промивкою;
- розміщенням завантажень в корпусі фільтру;
- типу дренажних систем;
- умовами промивання і способом відведення промивних вод.

ФМ для очищення води обумовлює їх брудомісткість: при розмірах 0,5 - 2 мм і температурі 20 °С мають такі властивості, кг/м³: кварцовий пісок – 0,11; подрібнений антрацит – 0,2; подрібнений керамзит – 0,33; доменний шлак – 0,2 - 0,3; активоване вугілля – 0,11; ливарний кокс – 0,25 [5].

На Україні найбільш відомі каолінові *піски*: Глуховецького комбінату, Вінницької обл., Славутського домобудівного комбінату, Хмельницької обл. (с. Галявини). Проте ці піски

необхідно додатково класифікувати на водоочисних станціях, а це додаткові витрати на перевезення та відсів зайвого піску. Управління „Донбасводремонт” ГПП „Укрпромводчермет” на базі родовищ станції Просяної Запорізької обл. готує пісок кварцевий фракційний „Кварц – 1”. Згідно сертифікату відповідності цей пісок має найменший діаметр 0,63 мм, а найбільший діаметр 1,6 мм.

Антрацит не використовується як самостійна засипка. Частіше він використовується як верхній шар у двошарових фільтрах. Антрацит – це сировина металургійної і хімічної промисловості з щільністю 1,6...1,7 г/см³. Особливістю даних ФМ є необхідність в подрібненні антрациту. Фракція зерна коливається в межах 1,64...2,51. Брили антрациту невисокої якості утворюють лускату форму, що не може використовуватися для засипки. В зв'язку з проблематичною регенерацією антрацитової засипки використання її обмежено.

Керамзит, у тому числі і шунгізит, одержують шляхом випалу глин зі спучуванням, глинистих сланців, порід зі вмістом шунгізиту, кремнеземних горілих порід та інших. Керамзит найбільш досліджений навіть у виробничих умовах і рекомендований до використання діючими нормами на проектування водоочисних споруд. Одержують його у виді гравію або піску, гравій можна подрібнити на більш дрібні фракції. Виробляють керамзит різних фракцій та з таким розсівом 0...5, 5...10, 10...20, 20...40 мм. Найбільш повно досліджені горілі породи, вулканічні шлаки, керамзит, що випускається ПрАТ Самбірський керамзитовий завод.

Аглопорит являє собою сипучий пористий матеріал гравієподібної або округлої форми. Його одержують шляхом контактного спікання на ґратах агломераційних машин гранул піщано – глинистих порід, трепелів, різних алюмосилікатних матеріалів, глинистих вуглевмісних порід (відходи від збагачення вугілля).

Шлакову пемзу одержують поризацією розплаву шлаку металургійних і хімічних виробництв. Вулканічні шлаки відносяться до природних матеріалів. Вони являють собою комірчасту гірську породу вулканічного походження червоного, червоно-коричневого, коричневого, чорного кольорів. Залягають вони роздільно у вигляді щебеню і піску без великих домішок. У світі відомі фільтрувальні засипки вулканічних шлаків Вірменських родовищ (Кармрашен-Мастаринське, Караундинське, Шенуайрське), а в Україні – на Закарпатті (Сокирниця, Водиця).

Активоване вугілля займає велику частку серед фільтрувальних матеріалів. Видобувають його в Донецький, Львівсько-Волинський кам'яновугільний та Дніпровський буровугільний басейнах. Вугільна фільтрація один з найбільш поширених способів очищення води. Розрізняють два види вугільних картриджів – з гранульованим вугіллем і брикетний. Вугільна фільтрація очищає воду від сірководню, радону, хлору, колоїдних органічних сполук, пестицидів, бензолу, покращує кольоровість та запах. Активованого вугілля, як сорбент, для очищення води може використовуватися для напірних і безнапірних фільтрів. Його виготовляють трьох фракцій: розмір фракцій 2-5 мм, призначений для застосування в безнапірних фільтрах будь-яких очисних споруд рис. 1а; розмір фракцій 0,7-3 мм, широко використовується в системах водопідготовки питної води та установках очистки промислових і зливних стоків (напірні фільтри); розмір фракцій 0,7-2 мм рис. 1б, є компонентом напірних фільтрів інженерних систем подачі питної води. Недоліками даних ФМ в основному є те, що вони не видаляють важкі метали та мають малий продуктивний ресурс.

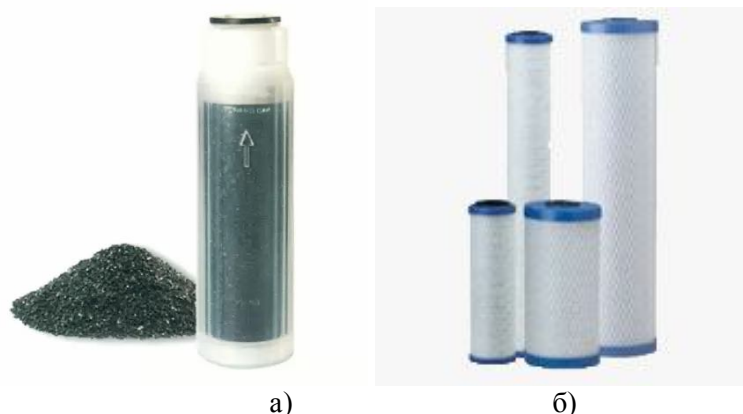


Рис. 1. Вугільні фільтри: з розміром фракції 2-5мм (а); 0,7-2мм (б)

Велика увага зараз приділяється відходам вуглевидобутку і вуглезбагачення: металургійної, гірської, паливно-енергетичної, будівельної промисловостей. У залежності від умов утворень усіх цих відходів вони мають різний хімічний склад, міцність, щільність, фракцію. Більшість з них не може використовуватись у вигляді ФМ із-за хімічного складу, що в свою чергу вимагає необхідності ретельних досліджень.

В якості засипки можна використовувати гранодіорит, гранітний щебінь, магнетичні кварцити, мінерал глауконіт, клиноптилоліт, цеоліт Закарпатського походження, багато інших гірських порід. Застосування щебеню з гранодіориту збільшує фільтроцикл. Глауконіт і клиноптилоліт можна використовувати в якості іонообмінних ФМ. Для підвищення лужності води, яка сприяє збільшенню ефекту знезалізнення і зниженню корозійної активності води, застосовуються активні матеріали: доломіт, мармурова крихта, брусит.

Найбільше родовище природних *цеолітів* розташоване в с. Сокирниця, Хустовського району, Закарпатської області. Цеолітовий туф цього родовища має світло-сіруватий, іноді зеленкуватий, колір і складається на 60...75% з клиноптилоліту, 10 % кварцу, 5...10 % польового шпату і монтморилоніту, 3% карбонату, 1...3% слюди. Цеоліт має питому вагу 2,37 кг/дм³, питому поверхню 0,413 м²/г, подрібнення до фракції 0,45...1,7 мм, пористість 34 %, термічну стійкість до 7000 °С. Застосування целіту в якості засипки фільтрів при підготовці питної води регламентовано технічними умовами ТУ 14.5-00292540.001-2001.

ФМ на основі природного мінералу – *сапоніту*. Сапоніт – мінерал з підкласу шаруватих силікатів, групи монтморилоніту, хімічний склад – $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, густина 3,1 г/см³ та володіє високими адсорбційними іонообмінними, каталітичними та фільтраційними властивостями. У вигляді ізоморфної домішки містить Fe, іноді Cr, а також Ni, Zn, Cu, Li та ін. В Україні є чотири родовища сапонітових глин, які розташовані на півночі Хмельницької області: Ташківське (I і II), Радошівське і Варварівське.

Для знезалізнення, також, використовують засипки закордонного виробництва: *Birm*; *Magnofilt*; *Greensand* та ін.

Birm стандартний – колір від темно-сірого до чорного, ефективний розмір 0,61 мм, коефіцієнт однорідності зерен 1,72. Вихідна вода повинна мати рН= 6,8...9,0, лужність в два рази більшу, ніж концентрація сульфатів і хлоридів, розчинений кисень – не менше 15 % частки заліза.

Magnofilt – складається з карбонатів кальцію і магнею, діє як каталізатор при окислюванні Fe^{2+} до Fe^{3+} , у результаті утвориться нерозчинний гідроокис заліза. *Magnofilt* виготовлений на основі магнетитового кварциту. Це – природний мінерал на основі двоокису марганцю має від темно-сірого до чорного кольору, щільність 1,9 – 2,0 г/см³, фракція часток $\approx 1,5$ мм.

Greensand здатний ефективно видаляти залізо, марганець і сірководень з води шляхом окислювання в широкому діапазоні рН із наступним фільтруванням. Розчинене залізо і марганець окислюються і зв'язуються в результаті контакту з вищими оксидами марганцю гранул *Greensand*. Сірководень окислюється до нерозчинних сульфатів. Домішки затримуються засипкою. Проте всі ці засипки необхідно періодично регенерувати перманганатом калію.

Фільтрувальні матеріали на основі пластмас. Поки ще не створено єдиної міжнародної класифікації пластмас. Одні й ті ж пластмаси, що випускаються в різних країнах або навіть фірмами, мають різні назви. Наприклад: поліетилен (СНД), хімфлекс (США), алкатен (Англія), ротен (Японія) [6].

У якості ФМ для води використовують полістирол, поліпропілен та інші пластмаси.

ФМ на основі пінополістиролу являє собою принципово нову засипку, що плаває у воді й у корпусі утримується в притопленому стані [7]. Перший патент на полімеризацію полістиролу був отриманий у Німеччині в 1911 році, а в 1920 році почалося його промислове виробництво. У колишньому СРСР виробництво полістиролу почалося ще в 40-ові роки. Пінополістирол використовується практично у всіх областях народного господарства, як звуко- і теплоізоляційний матеріал, а полістирол – як матеріал, що замінює метал, картон і т.п. рис. 2а. Використання пінополістиролу в практиці водопідготовки почалося практично після видачі В. Г. Ільїну, С. И. Морозу, И. А. Гетьманові авторського посвідчення 192756/1043439 від 15 грудня 1965 року на "Фільтр для очищення води". У фільтрі пропонувалося використовувати засипку, що плаває, із суспендованого полістиролу для спучування марок ПСВ (ПСБ), ПСВ-с (ПСБ-с) діаметром від 0,2 до 3,0 мм. Цей полістирол випускається Горловським ВО "Стирол. На Україну багато полістиролу ввозять із Польщі.

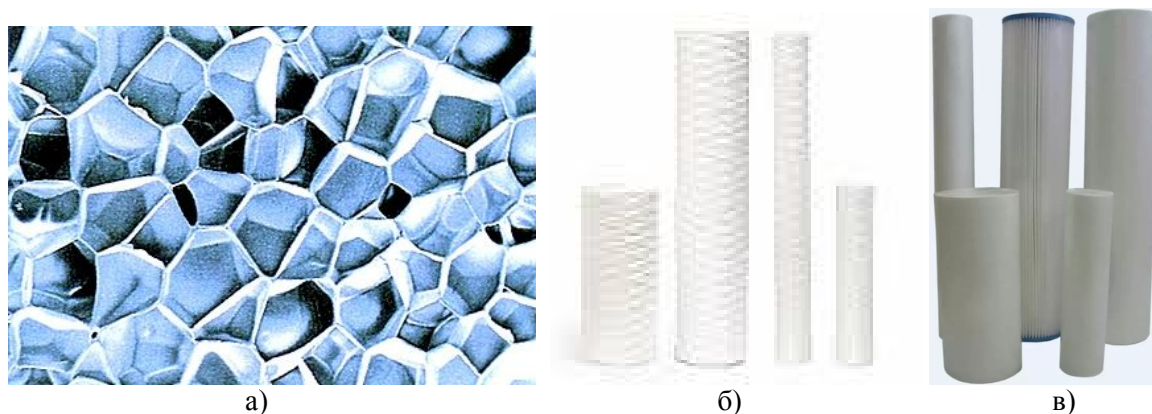


Рис. 2. Структура пінополістиролу (а); картриджі: поліпропіленої нитки (б); гофрованого поліпропілену (в)

Фільтрувальні матеріали із *поліпропіленої нитки* рис. 2б виготовлені з нитки волокнистого поліпропілену, які намотані на тверді поліпропіленові основи. Ці картриджі використовуються для видалення механічних забруднень: пісок, іржа, осад. Елементи даних картриджів мають високу стійкість до впливу більшості кислот, лугів, агресивних рідин і газів. Це робить їх ідеальним і недорогим засобом очищення води як у побутових системах очистки води, так і для фільтрації інших рідин в промислових цілях і для потреб сільського господарства. Конструкція цих фільтрів завдяки точності і щільності намотці забезпечує велику площу фільтрування, в результаті чого досягається збільшення ресурсу картриджів і висока ефективність фільтрації. Дані ФМ можна використовувати при високій температурі (до 73,9 °С), що дозволяє їх застосування для очищення гарячої води з мінімальним падінням тиску на фільтрі. Поліпропіленові волокна не додають воді присмаків, запахів і забарвленості, а також мають високу стійкість до дії бактерій і хімікатів. Вони призначені для очищення води від нерозчинних домішок, мають велику брудомісткість та пористість від 0,5...10 мкм.

Фільтрувальні матеріали з *гофрованого поліпропілену* рис. 2в. виготовляються з гофрованої поліпропіленої тканини. Ефективність затримання мікрочастинок коливається в межах 0,2-50 мкм. Площа фільтрувальної поверхні від 0,4 до 3,2 м². Особливий фільтрувальний матеріал забезпечує високу термічну стійкість в широкому діапазоні рН і в органічних розчинниках. Має високу продуктивність фільтру і застосовується в процесах попередньої та кінцевої фільтрації. Гофрована поліпропіленова конструкція забезпечує високу хімічну стійкість і стійкість до механічних забруднень.

Спечені фільтрувальні матеріали. Для отримання ФМ широко використовуються методи порошкової металургії із застосуванням пічного спікання та самопоширюючого високотемпературного синтезу (СВС).

Із застосуванням пічного спікання виготовляють такі ФМ: бронзові; з відновленого і розпиленого порошоків нержавіючої сталі; порошок титану та ін. [8-9].

Бронзові фільтри виготовляють із порошоків сферичної форми, які отримані за допомогою розпилення рідкого металу [10]. Зазвичай, такі фільтри отримують спіканням порошку, який вільно засипаний у спеціальну форму (сталеву, графітову, керамічну) при температурі спікання 800-900°C спікання триває 2 год. Пористість складає біля 40%. При виготовленні ФМ із бронзи використовують граничний тиск до 5 МПа. Для утворення необхідних пор в шихту вводять наповнювач – парафін. Зразки спікають у середовищі водню при температурі 400°C для вигорання парафіну, і подальше спікання при температурі 850-870°C для утворення стійкої структури.

Фільтри з відновленого і розпиленого порошоків нержавіючої сталі виготовляють за традиційною технологією [11]: пресування або прокатка з наступним спіканням в атмосфері сухого водню протягом 2-3 годин при температурі 1200-1250°C. Такі фільтруючі елементи мають достатню механічну міцність: при пористості 60-65% границя міцності на згин складає 70 МПа, границя міцності на розтяг – 10 МПа. Прокаткою із нержавіючої сталі можна отримати пористі листи з широким діапазоном товщини, пористості, розміру пор та інших характеристик.

Тонкофільтрувальні матеріали виготовляють із порошоків титану, які мають ряд цінних властивостей: висока корозійна стійкість у багатьох агресивних середовищах та висока питома

міцність. Для формування титанових порошків застосовують всі відомі способи спікання: пічне рис. 3а; СВС-спікання [12].

СВС – матеріали. Для утворення нових ФМ методом СВС – процесу основну увагу приділяють утвореній структурі СВС – матеріалу, тобто при синтезі враховується не лише склад, але й структура ФМ. На сьогоднішній день відомо чимало таких СВС – матеріалів: багатозафазна СВС – кераміка, тверді сплави групи СТІМ, литі наплавлені матеріали, окремі зміни композити, СВС – порошки [13]. На рис. 3б показано структуру титан-сапоніту.

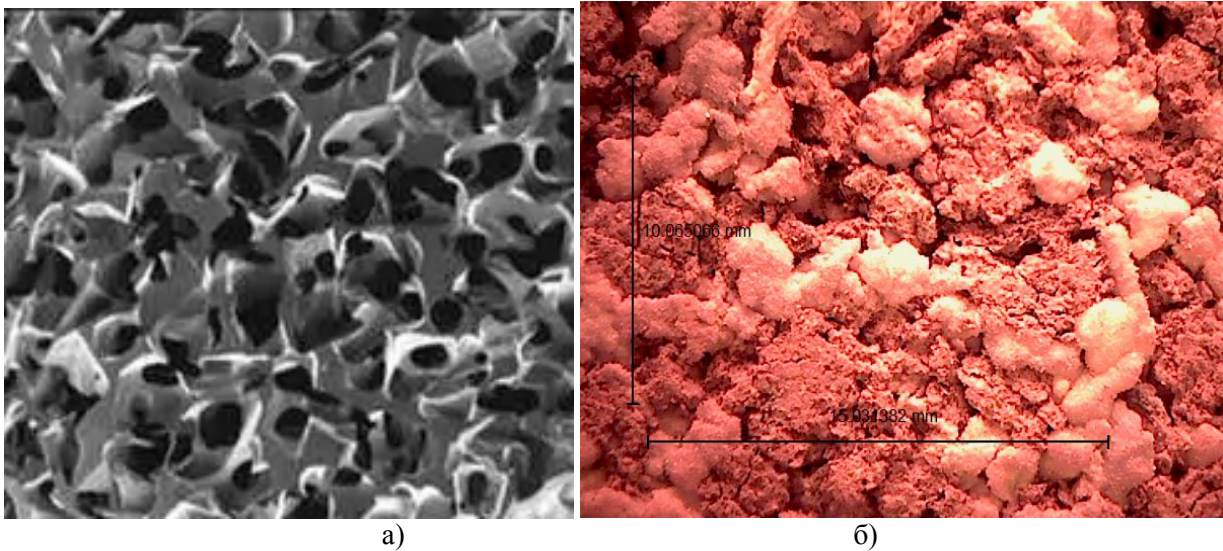


Рис. 3. Структура: титану (а); титан-сапоніту (б)

Іншим важливим напрямом ФМ методом СВС – процесу є *структурне регулювання* [14]. Змінюючи умови синтезу двохкомпонентної кераміки, можна отримувати для одного і того ж складу композиту дві принципово різні (граничні) структури: квазіоднорідну і каркасну. У першій з них частинки одного компоненту рівномірно розподілені в матриці іншого і не взаємодіють один з одним. В іншому випадку частинки одного компоненту утворюють каркаси, ґратки. ФМ одержані даним методом зазвичай мають ряд переваг: високу механічну міцність, хімічну і термічну стійкість, пористість, проникність, рівномірність пор та інших властивостей. За результатами, отриманими в роботах [15], пориста структура СВС-матеріалів залежить від цілого ряду факторів, серед яких основне значення мають склад і структура шихти, параметри синтезу, об'ємна швидкість виділення домішок-газів і наявність рідкої фази у хвилі горіння.

Перспективним методом отримання ФМ, на наш погляд є використання природних мінералів типу сапоніт, за допомогою СВС-синтезу. Метою подальших наших досліджень є розробка технології отримання таких ФМ.

1. Аюкаев Р. И. Мельцер В. З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л., 1985. – 214 с.
2. Закон України ВВР «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2020 роки» № 2455-І. – Київ, 2005. – 22 с.
3. Наказ МОЗ України «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" від 12 травня 2010 року N 400. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за N 452/17747.
4. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. 163с.
5. Защепкіна Н. М., Дрегуляс Е. П., Конахевич Н. Р. Аналіз розвитку виробництва фільтрувальних матеріалів // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницьк, №3, 2013. – С. 87-89.
6. Демков А.И. Применение синтетических материалов для глубокой очистке сточных вод фильтрованием. Зб. наук. пр. / УкрНДІЕП. – Х.: Факт, 2004. – 306 с.
7. Пелик Л. В., Пугачевський Г. Ф. Фільтрувальні тканини з поліефірного волокна // Матеріали науково-практичної конференції «Сучасні проблеми розвитку ринку, сертифікації та конкурентоспроможності товарів та послуг». – Львів: ЛКА. –1996. – С. 174-175.

8. Рудь В. Д., Смолянкин О. А., Бодун В. Н. Программно-модульный комплекс для испытаний материалов при сложном нагружении // Порошковая металлургия. Київ, 2004. – № 3/4. – С. 21-25.
9. Amirtharajah A. Wetstein D.P. 1980. Initial degradation of effluent quality during filtration. Journal AWWA, Vol.72, No.9, pp. 518-524.
10. Pilinevich L. Effect of Vibration Parameters on a Formation Process and Properties of porous Powder Materials // Proceeding of the 1998 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition Granada, Spain, 18-22 October, 1998. – Vol. 5. – P. 231-234.
11. Витязь П. А., Капцевич В. М., Косторнов А. Г. и др. Формование структуры и свойств пористых порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1993. – 240 с.
12. Левашов Е. А., Рогачев А. С., Юхвид В. И., Боровинская И. П. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высоко-температурного синтеза. – М.: «Издательство БИНОМ», 1999. – 176 с.
13. Рудь В. Д., Зашепкіна Н. М., Самчук Л. М., Чужкова О. Ю. Оцінка якості фільтрів виготовлених з порошкових матеріалів в режимі СВС // Наукові нотатки.: Міжвузівський збірник. Випуск 37. – Луцьк, 2012. – С. 280-282.
14. Скороход В. В., Солонин С. М., Чернышев Л. И. Высокопористые вольфрам-медные материалы, полученные жидкостным спеканием // Порошковая металлургия. – 1978. – № 2. – С. 17-21.
15. Стасюк О. О., Саввакін Д. Г. Використання порошків гідриду титану, одержаних різними методами, для виготовлення титанових виробів // Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів: Збірка тез доповідей сьомої міжнародної конференції студентів та аспірантів. – Київ, 2014 – С. 49-50.