

---

# ЕКОЛОГІЯ ECOLOGY

---

УДК 628.33

М.Ю. КОЗАР, Л.А САБЛІЙ

## ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЧНОГО ВИДАЛЕННЯ СПОЛУК ФОСФОРУ ІЗ СТІЧНИХ ВОД В РІЗНИХ КИСНЕВИХ УМОВАХ

M.KOZAR, L. SABLİY

## EFFICIENCY OF BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL FROM WASTEWATER IN DIFFERENT OXYGEN CONDITIONS

**Анотація.** В роботі представлено вплив кисневих умов на ефективність видалення сполук фосфору із стічних вод. Практично підтверджено закономірності зниження ефективності в залежності від часу перебування в анаеробних умовах та представлено залежність ефективності вилучення сполук фосфору від часу перебування в аеробних умовах. Дослідження показали, що для глибокого вилучення сполук фосфору із стічних вод, необхідно створювати біологічні системи, що мають декілька ступенів, останні з яких можуть накопичувати Фосфор в сполуках, що не вивільняються при зміні метаболічних процесів, тобто при різкій зміні кисневих умов. Для забезпечення глибокого видалення сполук фосфору біологічним методом пропонується встановити доочищення.

**Аннотация.** В работе представлено влияние кислородных условий на эффективность удаления соединений фосфора из сточных вод. Практически подтверждено закономерности снижения эффективности в зависимости от времени пребывания в анаэробных условиях и представлена зависимость эффективности извлечения соединений фосфора от времени пребывания в аэробных условиях. Исследования показали, что для глубокого удаления соединений фосфора из сточных вод, необходимо создавать биологические системы, имеющие несколько степеней, последние из которых могут накапливать Фосфор в соединениях, не высвобождаются при изменении метаболіческих процессов, то есть при резком изменении кислородных условий. Для обеспечения глубокого удаления соединений фосфора биологическим методом предлагается установить доочистку.

**Annotation.** In this paper the effects of oxygen conditions on the efficiency of Phosphorus removal from wastewaters. The regularity of decreasing of effectiveness by increasing time spent in anaerobic conditions was practically confirmed. The dependence of the phosphorus removal efficiency on time spent in aerobic conditions is presented in this paper. Studies have shown that for deep Phosphorus removal from wastewaters is necessary to create biological systems with few degrees, last of which can accumulate phosphorus in compounds that are not released by changing of metabolic processes, ie in jumpstarting oxygen conditions. To provide deep Phosphorus removal by the biological method additional treatment is proposed to install.

### Вступ

Дефіцит чистої води в Україні зростає з кожним роком, практично всі поверхневі, ґрунтові й частково підземні води забруднені побутовими стоками й не відповідають навіть заниженим показникам якості води водойм.

Біологічні процеси самоочищення водойм можливі завдяки включенню забруднюючих речовин в харчовий ланцюг організмів природних біоценозів, де в процесі окиснювально-відновних реакцій беруть участь у конструктивному обміні. Проте обсяг забруднюючих речовин, що надходять у природні водойми з обробленими стічними водами, призводить до непропорційного росту чисельності окремих видів організмів та пригніченню або загибелі інших.

### Постановка задачі

**Мета статті** - дослідити ефективність вилучення сполук фосфору зі стічних вод залежно від тривалості анаеробного і аеробного процесів.

### Актуальність

Високий рівень вмісту фосфатів в господарсько-побутових стічних водах є проблемою не тільки сьогодення але й останнього десятиліття, протягом якого зростання вмісту фосфатів спостерігається з 6–8 мг/дм<sup>3</sup> (показник 90-х років) до 20–25 мг/дм<sup>3</sup>, і саме такий високий показник був досягнутий в даний час. Основним джерелом потрапляння фосфатів у стоки, згідно з даними статистики, є побутовий сектор і різні галузі промисловості, в яких широко застосовується безліч видів синтетичних миючих засобів. Так, наприклад, при нормі скиду в каналізаційну мережу 8 мг/дм<sup>3</sup> у 2003 – 2004 роках (коли у країнах Європейського Союзу обмежили використання фосфатовмісних миючих засобів) відбулося зростання концентрації фосфатів з 7 до 12 мг/дм<sup>3</sup>. А вже у 2009 році цей показник досяг майже 20 мг/дм<sup>3</sup> [1].

Проблема видалення сполук фосфору із стічних вод не має оптимального вирішення на даний час та потребує додаткових досліджень. Існуючі біологічні методи не дозволяють досягти необхідного ступеню очистки від сполук фосфору, а фізико-хімічні методи показуючи доволі гарні результати за ступенем очистки, але потребують значних витрат та додатково створюють проблему необхідності обробки осадів, що утворюються при реагентній обробці.

В основі біологічного методу видалення сполук фосфору із стічних вод лежить життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу. Як відомо, Фосфор в певних кількостях необхідний як для утворення структури клітин живих організмів, так і як засіб для переносу енергії, яка витрачається на накопичення в клітині запасних речовин. Метод глибокого видалення біогенних елементів із стічних вод базується на традиційному біологічному очищенні з поєднанням анаеробних і аеробних процесів. В основі біологічного методу видалення сполук фосфору лежить здатність деяких видів бактерій запасати в більшій кількості розчинні ортофосфати в клітинах у формі нерозчинного поліфосфату. В аеробній зоні в клітинах відбувається окиснення раніше запасених органічних речовин, і виділена енергія використовується бактеріями для поглинання ортофосфату з водного середовища, перетворення його в поліфосфат для повторення циклу і зростання клітини. Оскільки в анаеробній зоні гетеротрофні бактерії активного мулу не отримують достатньо субстрату для росту, використання такого фосфатно-глікогенного циклу дає перевагу бактеріям, здатним акумулювати P, і дозволяє їм сформувати значну частину біомаси мулу [2]. Проте наявність нерозчинних форм сполук фосфору може призвести до зниження рівня очистки, так як нерозчинні сполуки, що знаходяться у вигляді твердої фази, не можуть засвоюватися мікроорганізмами, а тому необхідна попередня фільтрація або відстоювання стоків перед біологічним очищенням.

В якості стічної води в лабораторних умовах використовується модельний розчин з основними параметрами : ХСК= 250, C(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) =25 мг/дм<sup>3</sup>.

Активний мул було взято з Бортницької станції аерації та впродовж декількох місяців він витримувався в певних умовах. Кисневі умови почергово змінювались для того, щоб переважну більшість в мулі становили мікроорганізми, здатні змінювати свій метаболізм в залежності від кисневих умов. Ті організми, що були облигатними аеробами чи анаеробами з часом зникли з даного активного мулу. Також для селекції необхідного нам активного мулу в якості джерела живлення використовувався модельний розчин стічних вод, який містив підвищену концентрацію фосфатів 15-35 мг/дм<sup>3</sup>. Важкі фракції мулу періодично видалялися з системи, так як містили надлишкову кількість сполук фосфору всередині клітини та утворювали невеличкі агломерати (розмірів зернятка), які першими осідали на дно, так як при надлишковому накопиченні сполук фосфору в клітині, її маса збільшується до 30% [3, 4].

Отже, був поставлений експеримент, що протікав за однакових умов та складався з 4 дослідів, які відрізнялися тривалістю обробки в анаеробному біореакторі, вони мали абсолютно однакові умови протікання процесу та вихідний модельний розчин.

Перший дослід проводився наступним чином. Модельний розчин змішувався з активним мулом та оброблявся протягом 1 години в анаеробних, а потім в аеробних умовах (1–6 годин). Зміна значень вмісту фосфатів фіксувалась кожену годину (рис. 1).

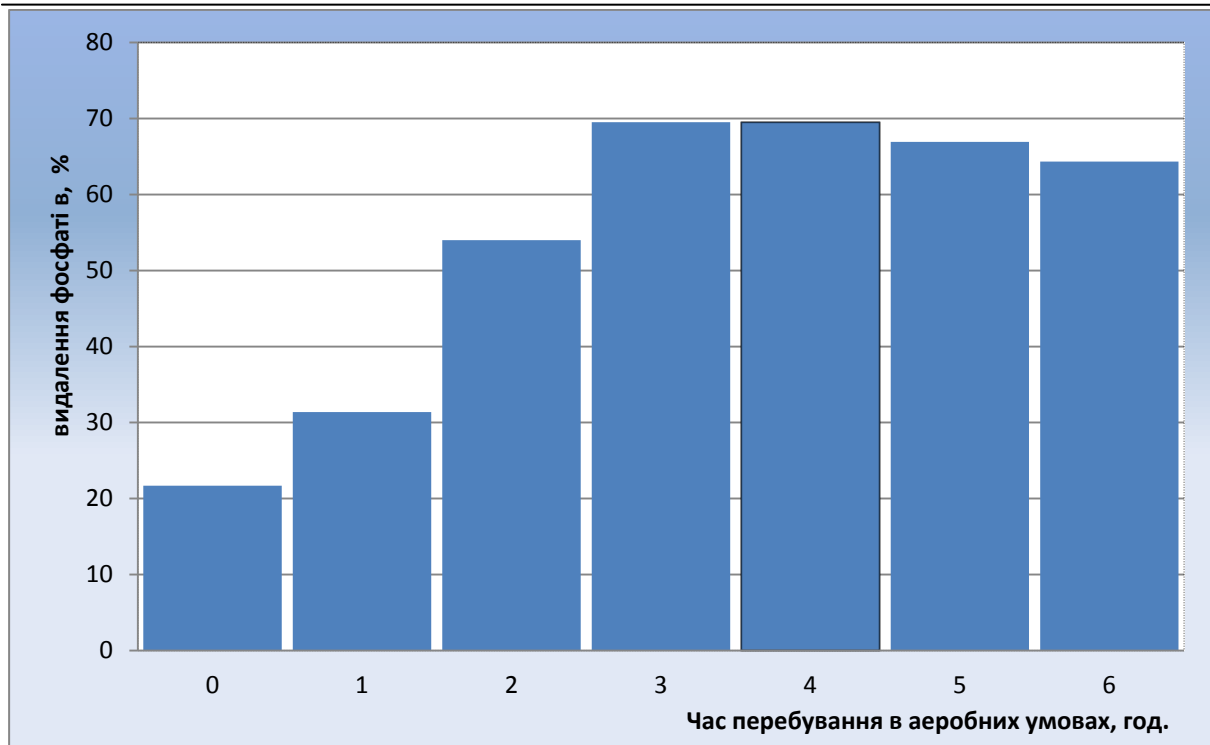


Рис.1 Ефективність видалення фосфатів із стічних вод після перебування упродовж 1 години в анаеробних умовах.

Другий дослід полягав у наступному. Суміш активного мулу та модельного розчину стічної води перебувала в анаеробних умовах протягом 2 годин, після чого відбулася зміна кисневих умов на аеробні та фіксувалися значення зміни вмісту фосфатів через кожну годину (рис. 2).

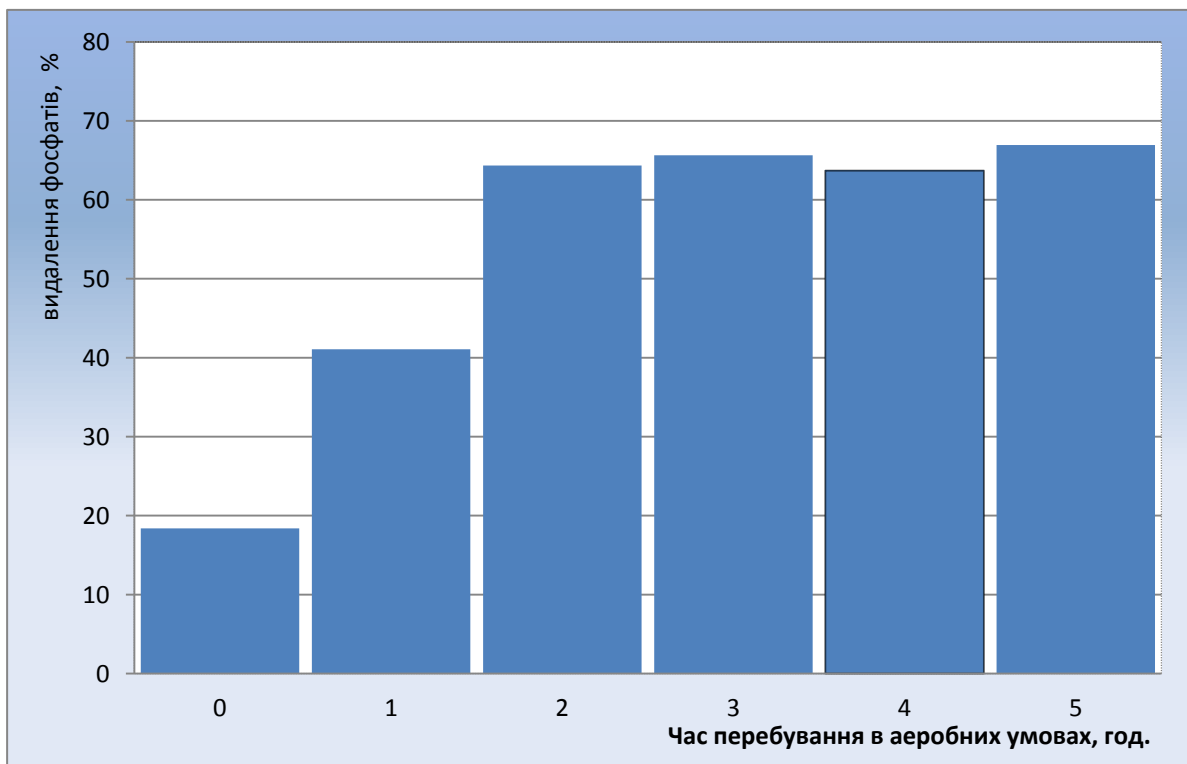


Рис.2 Ефективність видалення фосфатів із стічних вод після перебування упродовж 2 годин в анаеробних умовах.

Третій дослід проводився наступним чином. Суміш активного мулу та модельного розчину стічної води перебувала протягом 3 годин в анаеробних умовах перед зміною кисневих умов на аеробні. Значення зміни вмісту фосфатів фіксувались через кожну годину (рис.3).

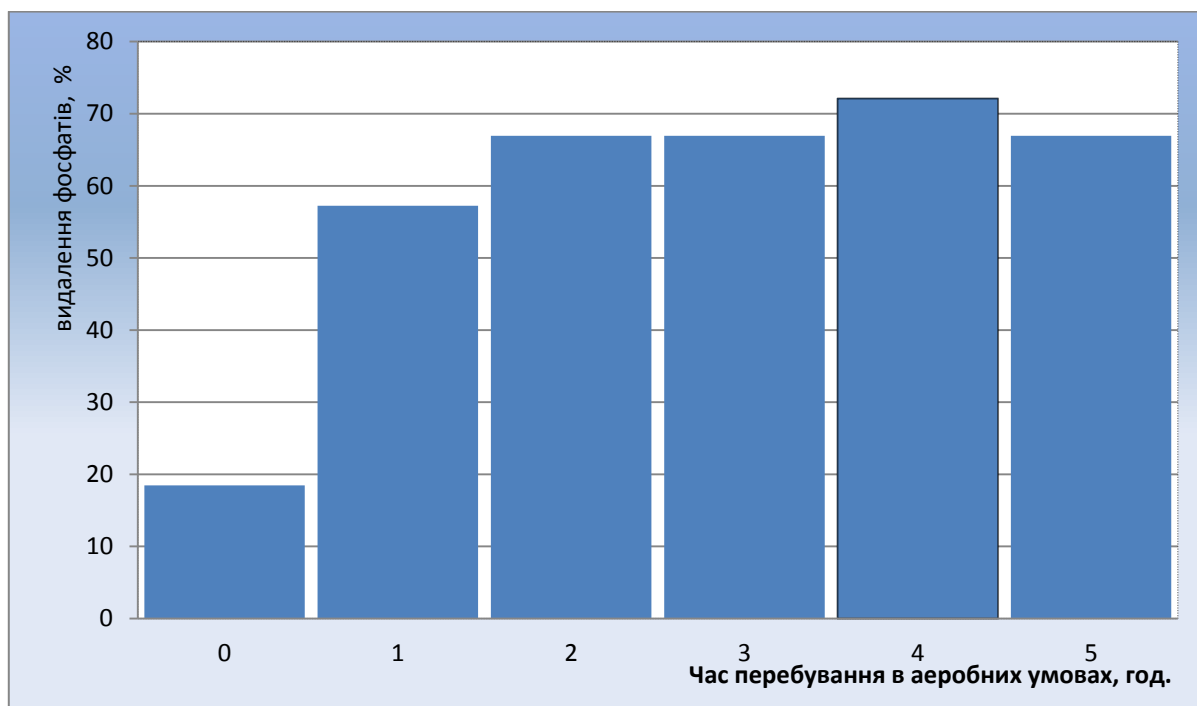


Рис.3 Ефективність видалення фосфатів із стічних вод після перебування упродовж 3 годин в анаеробних умовах.

Четвертий дослід полягав у наступному. Суміш активного мулу та модельного розчину стічної води перебувала протягом 4 годин в анаеробних умовах перед зміною кисневих умов на аеробні. Значення зміни вмісту фосфатів фіксувались через кожну годину (рис. 4).

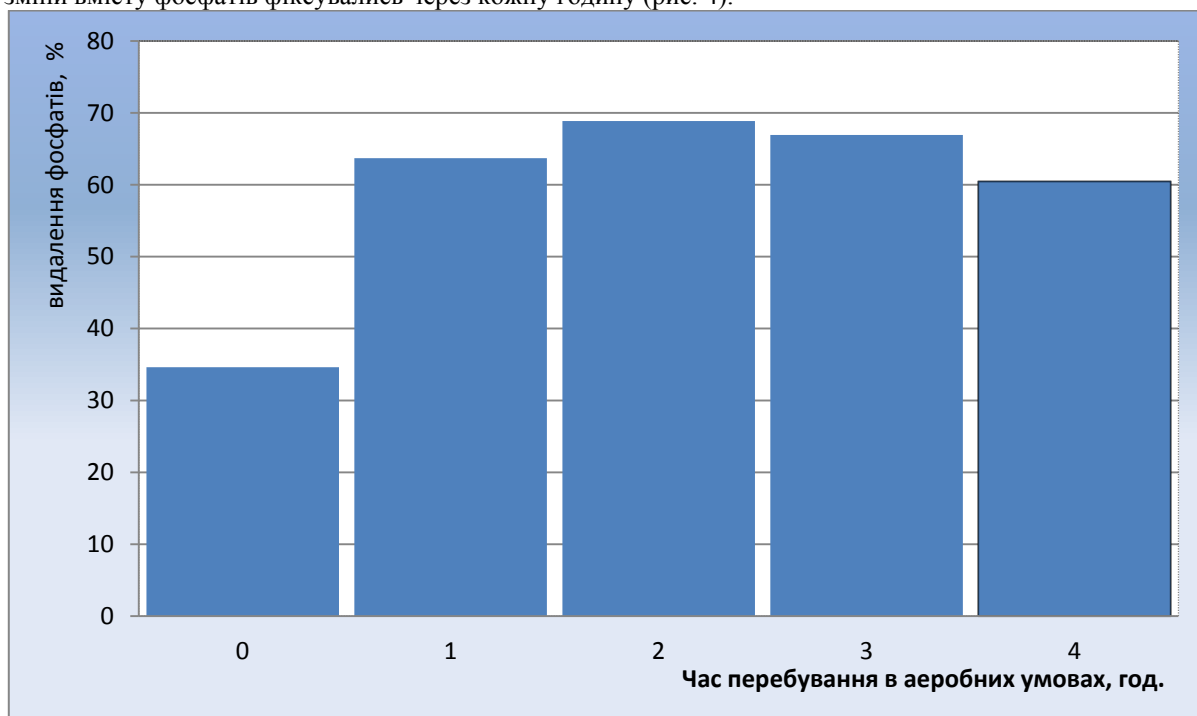


Рис.4 Ефективність видалення фосфатів із стічних вод після перебування упродовж 4 годин в анаеробних умовах.

Зміну ефективності видалення фосфатів при перебуванні в різних кисневих умовах можна пояснити потребою мікроорганізмів активного мулу в легко-біодеградуючих речовин, які утворюються на першій стадії очищення за відсутності кисню. В анаеробних умовах у присутності продуктів бродиння, організми активного мулу вивільняють назовні ортофосфат, використовуючи енергію для накопичення простих органічних речовин та накопичування полігидроксіалканати (ПГА) та полі-β-гідроксibuтират (ПГБ). В аеробних умовах організми, що накопичують фосфати, перетворюють ортофосфати та зберігають як поліфосфати, використовуючи при цьому енергію сполук, які були накопичені на попередніх стадіях. Для встановлення оптимальної тривалості стадій було проведено серію експериментів по визначенню впливу часу перебування активного мулу в біологічних реакторах на ефективність видалення сполук фосфору. Важливо визначити час першої стадії коли вже відбулося накопичення простих органічних сполук, але ще не починається їх розщеплення та вивільнення енергії для життєдіяльності організмів та на утворення газоподібних сполук, а також час другої стадії коли вже відбулося накопичення сполук фосфору але ще не починається зворотній процес.

Визначення вмісту фосфатів в стічній воді проводиться фотоколориметричним методом, завдяки тому, що ортофосфати після реакції з молібдатом в середовищі сірчаної кислоти в присутності іонів тривалентної сурми і після відновлення аскорбіновою кислотою дають синє забарвлення, що дозволяє виміряти концентрацію фосфатів.

Розрахований період обробки стічної води (за ХСК) в аеробних умовах склав 2,5 години. Тому, немає сенсу розглядати дані, отримані при тривалості аеробної обробки 5–6 годин, так як подовження часу аерації буде призводити до підвищення витрат та собівартості обробки стічної води.

Слід зазначити, що ефективність видалення залежить від складу стічної води, адже для процесу акумулювання фосфатів необхідна наявність легко-біодеградуючих речовин. Час обробки змінюється в залежності від складу стічної води, і досягти ефекту видалення понад 70% можливо при характеристиці стічної води, що близька до модельного розчину.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що час обробки стічної води в біологічних реакторах становить 4–7 годин. Найефективніше в даному випадку процес відбувається при обробці стічної води в анаеробних умовах протягом 3 годин та перебуванні в аеробних умовах протягом 4 годин.

Для подальшого етапу біологічного видалення сполук фосфору пропонується встановити та дослідити піщано-гравійний фільтр з низхідно-висхідним рухом води, на поверхні якого насадити рослини, що має окрім фільтрації через тіло фільтру ще й додаткову фільтрацію, що здійснюється кореневою системою рослин. В якості насаджень пропонуються рослини, які в більшій мірі потребують сполуки фосфору, тобто ті, які утворюють фосфоліпіди. Для дослідження були обрані такі рослини як ріпак та льон. В подальшому зелену частину рослини можна використовувати для технічних потреб, що дає додаткову вигоду та знижує собівартість даної технології очищення.

## Висновки

Технологія з використанням анаеробно-аеробних реакторів дозволяє досягти ефективності видалення сполук фосфору понад 70% при обробці стічної води протягом 3 годин в анаеробних умовах і 4 годин в аеробних умовах. Для забезпечення глибокого видалення сполук фосфору біологічним методом пропонується встановити доочищення, ефективність якого буде розглянуто в наступних роботах.

## Література

1. Збереження водних ресурсів під загрозою – в Україні досі немає обмежень на використання фосфатовмісних мийних засобів [Електронний ресурс]: за даними ПАТ «АК «Київводоканал». – 29.05.12. – режим доступу до статті: [http://vodokanal.kiev.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=927:2012-05-29-13-35-41&catid=24:-lr&Itemid=66](http://vodokanal.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=927:2012-05-29-13-35-41&catid=24:-lr&Itemid=66).
2. Дмитренко Г. М. Закономірності безкисневого дихання аеробних бактерій / Г. М. Дмитренко // Доповіді НАН України. – 2008. – № 10. – С. 170-177.
3. Strom, P.F. Technologies to Remove Phosphorus from Wastewater. / Strom, P.F // New Jersey Effluents. – 2007.– 40(4).– pp.31-35.
4. Чернышев В.Н. Очистка сточных вод от фосфора (в порядке обсуждения) / В.Н. Чернышев, Н.И. Куликов, А.А.Ракульцев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001.–№ 1.– С. 18–20.
5. Патент України на корисну модель №70203, МПК C02F 3/030. Спосіб біологічного очищення стічних вод з використанням гранульованого активного мулу / Кузьмінський Є.В. Саблій Л.А., Жукова В.С., Козар М.Ю.: заявник та патентоутримувач Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».– № u201115687; заявл. 30.12.11; опубл. 25.05.12, Бюл. 10.