

вания сельскохозяйственных культур и, в конечном итоге, – возможность реализовать наиболее перспективные машинные технологии.

### Литература

1. Методические рекомендации по повышению эффективности основных отраслей сельского хозяйства на 2011-2015 годы / А.В. Горбатовский [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011. – 88 с.

2. Новейшие решения по интенсификации сельского хозяйства / А. В. Горбатовский, А. П. Святогор [и др.]. // Проблемы устойчивости продовольственной сферы. Вопросы теории и методологии / сост. В. Г. Крестовский; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – С. 116-128.

3. Сравнительная эффективность сельскохозяйственного производства в разрезе районов Республики Беларусь: аналит. обзор / В.И. Бельский [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 106 с.

#### **Abstract**

*The article discusses the factors affecting the formation of a system of machines agricultural producers. Identified typical classes of producers, characterized by the size of the area of production of crop, the level of technical equipment and financial capacity.*

УДК 621.762

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ РЫБ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**А.Ф. Ильюшенко<sup>1</sup>, д.т.н., профессор., член-корр. НАН Беларуси,  
В.В. Тимошин<sup>2</sup>, Р.А. Кусин<sup>3</sup>, канд. техн. наук, И.Н. Черняк<sup>1</sup>,  
Д.И. Жегздринь<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> ГНУ «Институт порошковой металлургии», <sup>2</sup> ООО «Фирма «Ремона»,

<sup>3</sup> УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Приведены сведения о эффективном использовании отечественных диспергаторов на основе порошковых фильтрующих элементов для обеззараживания среды обитания рыб в установках замкнутого водоснабжения, свойствах и перспективных двухслойных структурах пористых материалов на основе порошков титана для их изготовления.*

### Введение

В настоящее время почти половина потребляемого человечеством объема рыбопродуктов приходится на продукцию, выращенную в искусственных условиях (аквакультура) [1]. Если в 1980 г. за счет развития аквакультуры удовлетворялось только 9 % всей потребляемой в мире рыбы, то на начало 2013 г. – 47 %. Основной объем производства рыбы в республике приходится на выращивание в аквакультуре. Аквакультура включает следующие виды: прудовое рыбоводство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ) [1].

Из перечисленных наиболее динамично развивающимися в мировой практике является метод выращивания рыбы в УЗВ. Это объясняется тем, что применение метода в рамках традиционного рыбоводства имеет следующие преимущества:

- а) возможность создания условий выращивания, в которых обеспечивается максимальный рост и темпы накопления продукции;
- б) обеспечение полного контроля и управления производственным процессом независимо от внешних условий при сохранении ихтиопаталогической и экологической чистоты производства посредством выращивания рыбы в одном и том же объеме воды с применением системы полной очистки и регенерации ее качества до исходного уровня.

Выращивание рыбы в рециркуляционных системах происходит при многократном использовании одного и того же объема воды, подвергаемого очистке и вновь возвращаемого в рыбоводные емкости. В таком виде система обеспечивает надежный контроль за процессами выращивания и позволяет осуществлять соответствующие мероприятия по оптимизации водной среды [1-3].

Одной из основных задач УЗВ является поддержание оптимального качества воды, при этом важное место в цепочке, как первичной подготовки воды, так и при ее регенерации в процессе рециркуляции играет операция обеззараживания. К числу наиболее распространенных методов обеззараживания относится озонирование. Озон обладает высоким окислительным потенциалом и легкостью диффузии через клеточные оболочки микробов. Он окисляет органическое вещество микробной клетки, приводя ее к гибели. Водоросли гибнут при концентрации озона 0,5-1,0 мг/л, моллюски – при 3,0 мг/л. Для полной гибели циклопов, олигохет, дафний и коловраток достаточно 2 мг/л. Для обеззараживания воды достаточно 0,5-4 мг/л (чем более мутная вода, тем больше нужно расходовать озона). Озон улучшает вкус воды, снижает ее цветность и уничтожает запах. Подача озона после биологического фильтра обеспечивает окисление аммония и нитратов. Озон при концентрации 15 мг/л полностью уничтожает за 15 секунд бактерии и вирусы и окисляет значительное количество органических веществ, а также снижает концентрацию железа [4, 5].

Основным конструктивным элементом при озонировании является диспергатор, обеспечивающий равномерное распределение пузырьков озоносодержащей смеси в объеме обрабатываемой воды. Однако, несмотря на положительный опыт применения отечественных пористых порошковых диспергаторов в процессах очистки сточных вод и обеззараживания питьевой воды [6], в УЗК эксплуатируются пористые изделия импортного производства или менее эффективные перфорированные диспергаторы.

### Основная часть

Для решения задачи диспергации потока озонозоооздушной смеси были разработаны диспергаторы на основе фильтрующих элементов, изготовленных из порошков титана (рис. 1, а). Данные диспергаторы были установлены взамен импортных производства компании Aqua-Sander (Германия), на УЗВ, принадлежащей ООО «Фирма «Ремона» (Могилев, РБ) (рис. 1, б), и показали хорошие результаты в процессе работы. Так, при концентрации озона 3 мг/л в озонозоооздушной смеси, подаваемой во флотатор, показатель ОВП (окислительно-восстановительный потенциал) составляет 250-350 мV, что говорит о хорошей работе флотатора. Благодаря мелкодисперсному распылению смеси в воде повышается эффективность работы флотатора, пиковые значения БПК, ТАН и нитритов смягчаются. При этом стоит отметить качество отечественных диспергаторов. По истечении двух лет эксплуатации в УЗВ ООО «Фирма «Ремона» показатели диспергаторов не изменились, тогда как аналогичные изделия импортного производства пришли в негодность в результате саморазрушения по истечении полутора лет эксплуатации (рис. 1, в). По рекомендации производителя, компании Aqua-Sander (Германия), для эффективной работы флотатора необходима замена диспергаторов через 12 месяцев эксплуатации.



а)



б)



в)

Рисунок 1 - Внешний вид (а) и процесс эксплуатации (б) диспергатора на основе пористых порошковых титановых элементов и внешний вид импортного диспергатора после 1,5 лет эксплуатации (в)

Следует отметить, что пористые порошковые материалы (ППМ), из которых были изготовлены диспергаторы, по коррозионной стойкости, прочности, регенерируемости и эффективности превосходят другие виды мате-

риалов [7]. Регулируя структуру ППМ путем изменения размеров частиц исходного порошка и режимов изготовления, можно в широком диапазоне изменять характеристики получаемых изделий, обеспечивающие эффективность их применения; в данном случае это диаметр пузырьков газа и пропускная способность. На рисунке 2 приведены расчеты зависимости размера пузырька от размеров частиц порошка для различных ППМ [6].

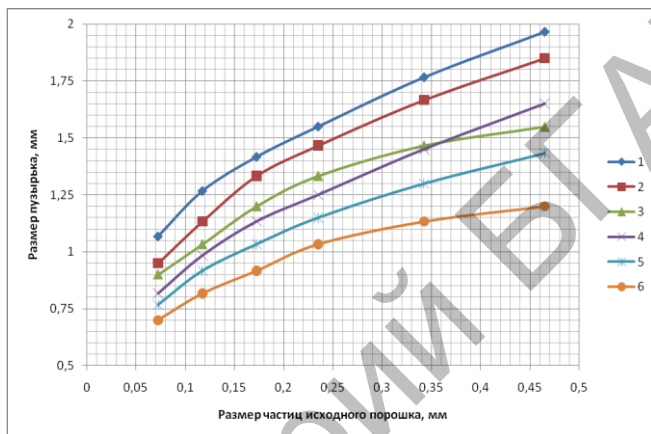


Рисунок. 2 - Расчетные зависимости диаметра пузырька от размеров частиц порошка

Пропускная способность диспергаторов из ППМ определяется из выражения Дарси [7] через коэффициент проницаемости:

$$Q = K \frac{\Delta p S}{\mu h},$$

где  $Q$  – объем пропускаемой через ППМ среды (жидкости или газа), прошедшего через ППФ за единицу времени;

$\mu$  - коэффициент динамической вязкости среды;

$\Delta p$  - перепад давления на ППМ;

$h$  – толщина ППМ;

$S$  – площадь фильтрации.

На рисунке 3 приведены зависимости коэффициента проницаемости от технологических режимов изготовления (давления прессования) для трех фракций титанового порошка (на графике указаны средние размеры вычисленных по формуле Андерсона частиц следующих гранулометрических составов: (минус 400+315), (минус 630+400) и (минус 1000+630) мкм), анализ которых свидетельствует о возможности регулировать пропускную способность в широких пределах.

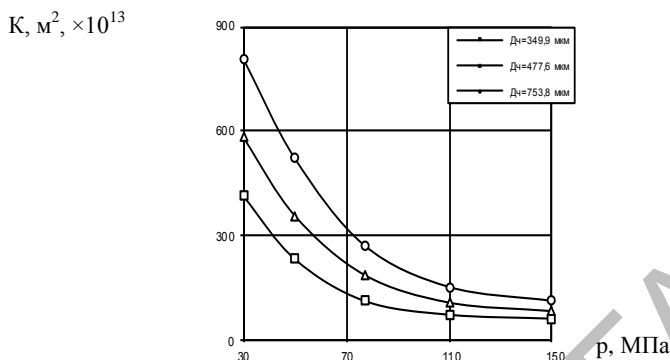


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента проницаемости ППМ от давления прессования

Эффективность использования диспергаторов на основе ППМ может быть повышена за счет применения современных методов создания двухслойных пористых структур [11.12], представленных на рисунке 4. Размеры пор (определяют тонкость очистки при фильтрации или размер пузырьков при диспергации) у таких материалов равны или близки к размерам пор однослойного материала, изготовленного из порошка мелкой фракции, а коэффициент проницаемости (определяет пропускную способность) является величиной интегральной и обуславливает повышение эффективности использования всего материала. При этом уменьшение толщины мелкодисперсного слоя (рис. 4б) приводит к повышению эффективности, при некотором усложнении технологии изготовления и незначительном ухудшении равномерности распределения свойств по рабочей поверхности.

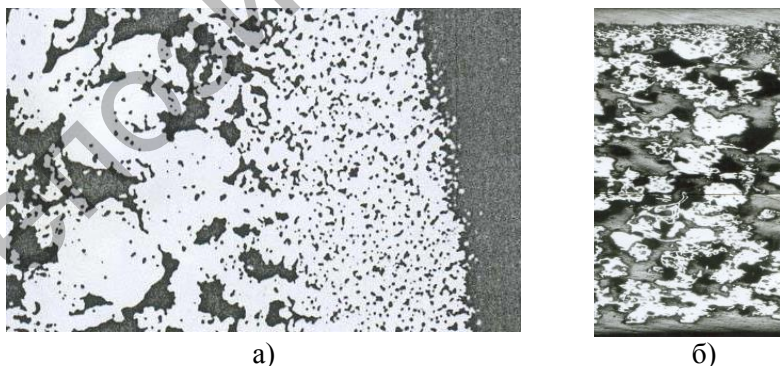


Рисунок 4 - Двухслойные ППМ, полученные совместным прессованием порошков разных фракций путем послойной засыпки (а) и нанесения на один из формообразующих элементов слоя из мелкодисперсного порошка (б)

### Заключение

В производственных условиях ООО «Фирма «Ремона» (г. Могилев) подтверждена высокая эффективность использования отечественных диспергаторов на основе пористых порошков титановых материалов при обеззараживании среды обитания рыб в условиях замкнутого водоснабжения. Обоснована возможность регулирования эксплуатационных характеристик диспергатора в широком диапазоне. Приведены перспективные двухслойные структуры пористых порошковых материалов, обеспечивающие повышение эффективности использования изготовленных на их основе диспергаторов.

### Литература

- 1 Агеец В.Ю. Перспективы развития рыбоводства в Беларуси // Весті нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2013. - № 2. – С. 102-109.
- 2 Брайнбалл Якоб. Практические примеры УЗВ // Тезисы докладов семинара AQUAREDPOT по рециркуляционной аквакультуре, Вильнюс, Литва, 13-14 мая, 2013 г. / Сарваш: Институт рыбоводства, аквакультуры ирригации. – 2013. – С. 37-38.
- 3 Козлов, А.И. Искусственное воспроизводство и выращивание осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения Республики Беларусь [Текст] / А.И. Козлов, Н.В. Барулин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. / УО БГСХА. – Горки: БГСХА, 2006. – Вып. 9, Ч. 1. – 152-159.
- 4 Козлов, А.И. Влияние озонирования на улучшение качества водной среды в установках замкнутого водоснабжения [Текст] / А.И. Козлов, Н.В. Барулин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. / УО БГСХА. – Горки: БГСХА, 2006. – Вып. 8, Ч. 1. – 214-215.
- 5 Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство в 2-х ч. Ч 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения / С.С. Григорьев, Н.А. Седова. – Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ, 2008. – 186 с.
- 6 Жерноклев А.К. Аэрация и озонирование в процессах очистки воды / А.К. Жерноклев, Л.П. Пилинович, В.В. Савич. - Мн.: Тонпик, 2002.
- 7 Капцевич В.М., Фильтрующие материалы: перспективные области применения в агропромышленном комплексе и современные технологии получения/ В.М. Капцевич, Л.С. Богинский, Р.А. Кусин, О.П. Реут. – Мн.: БГАУ, 2006. – 189 с.

8 Федосеев К.Г., Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности. – М.: Медицина, 1969. – 200 с.

9 Пикков Л.М., Анализ факторов, влияющих на энергетическую эффективность барботажной аэрации сточных вод // Химия и технология воды. – 1984 – т.6. - №2. – с. 11-113.

10 Пикков Л.М., Анализ пневматической аэрации воды // Химия и технология воды. – 1985. – т7. - №3. – с. 3-6.

11 Ильющенко А.Ф., Современные материалы в сельскохозяйственном машиностроении / А.Ф. Ильющенко, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.М. Яркович, А.Р. Кусин. – Мн: БГАТУ, 2009. – 256 с.

12 Патент №9898 от 23.07.2007 г. Республика Беларусь, Способ получения двухслойных пористых порошковых фильтров. Ильющенко А.Ф., Капцевич В.М., Кусин Р.А., Черняк И.Н., Жегздринь Д.И.

### **Abstract**

*The information has been provided on effective use of local dispersants based on powder filter elements for disinfection of fish habitat in closed water supply facilities, properties and promising bilayer structures of porous materials based on titanium powders for their manufacture.*

УДК 631.3.012:631.4

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИГОЛЬЧАТОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ПОСЕВАХ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

**Н.Д. Янцов., к.т.н., доцент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Представлен один из путей снижения уплотняющего воздействия ходовых систем машин на посевах многолетних трав при выполнении технологических операций.*

### **Введение**

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают многократные проходы тракторов и сельскохозяйственных машин по полю. Происходящие при этом процессы взаимодействия движителей с почвой оказывают влияние не только на эксплуатационные свойства машинно-тракторного агрегата (производительность, расход топлива, тяговый КПД и др.), но и на состояние почвы, которая выступает как