

УДК 628.3

СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Сайтов В.Е., Котюков А.Б.

ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Одной из основных задач развития агропромышленного комплекса России на сегодняшний день является совершенствование животноводческой отрасли. Развитие данной отрасли сельского хозяйства во многом зависит от использования качественной питьевой воды. Употребление животными загрязненной питьевой воды грозит накоплением вредных веществ в мясе, молоке, яйцах, а употребление их людьми ухудшает здоровье, ведет к болезням и сокращению жизни. Поэтому разработка новых технологий и устройств очистки воды, обеспечивающих соблюдение санитарно-гигиенических условий питьевой воды для сельскохозяйственных животных, в настоящее время является актуальной задачей. В соответствии с этим в статье приводятся способы модернизации технических средств очистки воды в животноводческих комплексах. Установлено, что в животноводческих комплексах наиболее распространены фильтры с нижним подводом и отводом среды, которые имеют центральную приемную трубу с щелевыми отверстиями. Площадь указанных отверстий не изменяется по высоте фильтра. Выдвинута гипотеза о существовании неравномерности распределения расхода воды в данной конструкции фильтра по высоте загрузки, которая приводит к снижению эффективности фильтра. На основании выдвинутой гипотезы предложены способы устранения данной неравномерности с помощью неравномерной перфорации центральной отводящей трубы, вертикального металлического цилиндра, с помощью создания неравномерной плотности загрузки фильтрующего элемента. В результате предложенных способов устранения неравномерности распределения расхода жидкости по высоте загрузки фильтров разработаны схемы фильтров для очистки воды с центральной перфорированной трубой, с верхним распределением фильтруемой жидкости, перфорированного с двойной загрузкой, с созданием плотности загрузки нитью или материалом АУТ.

Ключевые слова: питьевая вода, водоемкости, качество воды, сельское хозяйство, животноводство, фильтры для очистки воды, модернизация фильтров очистки воды

THE WAYS OF MODERNIZATION OF TECHNICAL MEANS OF WATER TREATMENT IN CATTLE-BREEDING COMPLEXES

Saitov V.E., Kotyukov A.B.

Agricultural Research Institute of the North-East, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

One of the main problems of development of agriculture of Russia today is the improvement of the livestock industry. The development of the agricultural sector is largely dependent on the use of high-quality drinking water. The use of animals contaminated drinking water threatens the accumulation of harmful substances in meat, milk, eggs, and the use of people's health worsens, leading to disease and shorten life. Therefore, the development of new technologies and water treatment devices to ensure compliance with sanitation of drinking water for farm animals, now is an urgent task. According to this article provides a hardware modernization methods of water purification in cattle-breeding complexes. It is found that in the most common breeding complexes with the lower filter inlet and outlet of the medium, which have a central receiving pipe slotted holes. The area of said openings is not changed by the filter height. Hypothesized the existence of uneven distribution of water flow in the filter design height loading, which reduces the efficiency of the filter. Based on this hypothesis provides methods for removing this unevenness by using nonuniform perforation central outlet pipe, the vertical metal cylinder, by creating a non-uniform loading density of the filter element. As a result of the proposed ways to eliminate the uneven distribution of the filter loading height of the liquid flow filter circuits designed to purify water from a central perforated pipe, the upper distribution of filtered fluid, perforated dual-boot, with the creation of load density filament material or OUT.

Keywords: drinking water, water sources, water quality, agriculture, livestock, water purification filters, modernization of water purification filters

Вода является главным источником жизни на Земле и играет большую роль в жизнедеятельности человека. Одним из наиболее крупных потребителей воды является сельское хозяйство, и в частности животноводство. Потребности животноводства в воде в десятки раз превышают потребности населения. Животноводческие предприятия и населенные пункты, как правило, стремятся снабжать водой из одного источника. В соответствии с этим качество воды должно удовлетворять всем требованиям, которые предъявляются к воде, пред-

назначенной для хозяйственно-питьевых нужд [1, 9, 13].

К питьевой воде для сельскохозяйственных животных предъявляются такие же высокие санитарно-гигиенические требования, как и для человека. Питьевая вода в системе водоснабжения животноводческих ферм должна быть чистой, прозрачной, иметь приятный вкус, температуру 280...287 К, оптимальный химический состав примесей, не содержать патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Одним из путей выполнения данных требований

является создание и совершенствование систем очистки воды животноводческих комплексов, как одного из основных вероятных источников попадания различных загрязнений (с мясо-молочной продукцией) человеку. Одним из основных способов осуществления указанных мероприятий является установка фильтров. При этом в животноводческих комплексах для очистки воды наиболее распространены щелевые фильтры с нижним подводом и отводом жидкости. Данные фильтры имеют центральную приемную трубу с продольными щелевыми отверстиями. Площадь указанных отверстий не изменяется по высоте фильтра. Вследствие этого может наблюдаться неравномерность расхода очищаемой воды по высоте фильтрующего пакета ввиду разности гидравлического сопротивления его нижней и верхней частей. Поэтому больший расход воды пойдет по пути меньшего гидравлического сопротивления, то есть через нижнюю часть фильтрующего пакета. Соответственно, нижняя часть фильтрующего пакета будет больше загрязняться различными примесями. Это ведет к снижению эффективности очистки воды фильтром. Данное обстоятельство обуславливает поиск путей совершенствования эффективности работы щелевого фильтра [5, 7, 12].

Цель исследования

Целью исследований является изыскание способов модернизации технических средств для очистки воды в животноводческих комплексах.

Материалы и методы исследования

В результате выполненного литературно-патентного анализа отечественных и зарубежных конструкций фильтров очистки воды с углеродным волокнистым сорбентом (УВС), волокнистым ионообменным материалом (ВИОН) и активированной углеродной тканью (АУТ), применяемых в животноводстве, установлено, что наиболее распространены фильтры с нижним подводом и отводом среды, которые имеют центральную приемную трубу с щелевыми отверстиями. Площадь указанных отверстий не изменяется по высоте фильтра. Фильтрующая загрузка состоит из колец УВС, уложенных друг на друга. Фильтрация загрязненной воды осуществляется снаружи внутрь загрузки. Выдвинута гипотеза о существовании неравномерности распределения расхода воды в данной конструкции фильтра с УВС по высоте загрузки. Поэтому данная неравномерность расхода воды приводит к снижению эффективности фильтра [2, 6, 8, 10, 14].

Для проведения исследований по изысканию способов модернизации технических средств для очистки воды в животноводческих комплексах был использован метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА), как наиболее экономичный в данном случае. Исследовательская установка с плоской моделью фильтра представлена на рис. 1.



Рис. 1. Исследовательская установка с плоской моделью фильтра: 1 – реохорд – полоска УВС; 2 – блок питания постоянного тока Б5-49, 3 – ручка-цип металлический, 4 – гальванометр, 5 – модель, 6 – медный провод

Модели фильтров выполнялись из материала УВС. В установке использовался милливольтметр с максимальной измеряемой величиной напряжения 1,5 В и ценой деления 0,01 В. В качестве шагового реохорда была применена полоска материала УВС. Источником питания являлся блок питания постоянного тока с диапазонами установки: напряжение от 0 до 127 В, силы тока от 0 до 999 мА. Точность установки напряжения 0,1 В, силы тока 1 мА. Соединительные провода в установке медные.

Результаты исследования и их обсуждение

Для исследований щелевой фильтр был выполнен диаметром 0,3 м с высотой загрузки 0,6 м при плотности $\rho = 0,083 \text{ г/см}^3$. В результате проведенных практических экспериментов с использованием метода ЭГДА установлено, что расход в верхней части фильтра составляет $0,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, а в нижней части – $0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, то есть расход в верхней части фильтра меньше, чем в нижней. Это обстоятельство обуславливает поиск путей совершенствования работы щелевого фильтра с целью равномерного расхода жидкости по высоте фильтрующего элемента.

Как один из способов устранения неравномерности распределения расхода жидкости по высоте загрузки щелевого фильтра авторами предложено применение неравномерной перфорации его центральной трубы, использование дополнительного вертикального металлического цилиндра для изменения направления подвода очищаемой жидкости к центральной трубе, а также создание неравномерной плотности загрузки фильтрующего элемента (рис. 2) [11].

На основании представленной блок-схемы модернизации фильтров очистки воды в животноводческих комплексах разработана конструкция фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой (рис. 3) [3].

Данный фильтр с высотой загрузки 0,6 м отличается от конструкции щелевого фильтра тем, что центральная труба с щелевыми отверстиями заменена центральной трубой

с круглыми отверстиями. Количество указанных отверстий различно по высоте данной трубы – в нижней части их меньше, чем в расположенных выше. Центральная труба разделена на четыре условные зоны (по высоте) с различным суммарным количеством отверстий (отверстия одинакового диаметра) в каждой, то есть каждая зона имеет свое отличное по величине живое сечение потока. Количество отверстий в нижней высотной зоне 1 составляет 47 шт., высотной зоне 2 – 47 шт., высотной зоне 3 – 48 шт., а в верхней высотной зоне 4 – 48 шт. В ходе экспериментов методом ЭГДА установлено, что величина пьезометрического напора в каждой зоне (по высоте) одинакова. Это обуславливает равномерность распределения расхода по высоте загрузки фильтра с центральной перфорированной трубой.

Увеличение производительности фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой практически в 2 раза возможно применением двойной загрузки (рис. 4). В предложенной конструкции фильтра имеются две емкости (загрузки) из одного вида материала каждая, высо-

та загрузки соответственно составляет 1,2 м, а диаметр ее 0,5 м. Центральная труба в отличие от щелевого фильтра выполнена с круглыми отверстиями, их количество в каждой загрузке различно по высоте. Причем в каждой загрузке их количество увеличивается от низа кверху трубы. При этом каждая загрузка фильтра разделена на четыре условные высотные зоны (снизу вверх) с различным суммарным количеством отверстий (отверстия одинакового диаметра) в каждой. Установлено, что в каждой загрузке фильтра количество отверстий в высотной зоне 1 составляет 47 шт., высотной зоне 2 – 47 шт., высотной зоне 3 – 48 шт., а высотной зоне 4 – 48 шт.

В процессе проведенных экспериментов методом ЭГДА установлено, что по линиям равного напора, построенным по полученным экспериментальным данным при плотности загрузки $\rho = 0,083 \text{ г/см}^3$, величина пьезометрического напора (в долях H) в разных точках по высоте загрузки составляет 0,992 H , что свидетельствует о равномерности распределения расхода по высоте загрузки фильтра.



Рис. 2. Блок-схема модернизации фильтров очистки воды в животноводческих комплексах

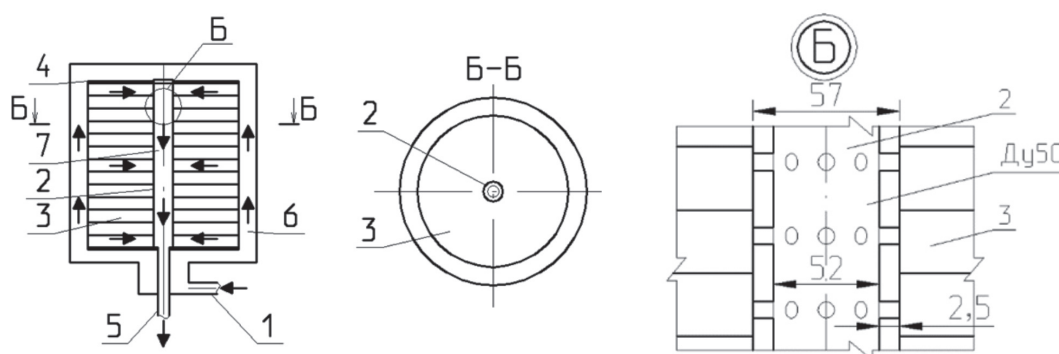


Рис. 3. Схема фильтра для очистки воды с центральной перфорированной трубой:
 1 – патрубков подачи очищаемой жидкости; 2 – центральная отводящая труба с перфорацией; 3 – слой (в виде кольца) из материала УВС; 4 – прижимное устройство; 5 – патрубков отвода очищенной жидкости; 6 – входное отделение; 7 – выходное отделение; → – направление движения жидкости

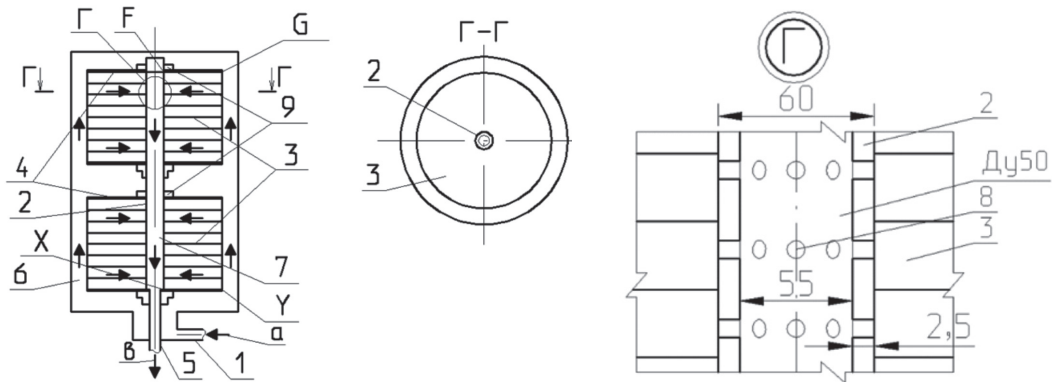


Рис. 4. Схема фильтра перфорированного с двойной загрузкой для очистки воды:
 1 – патрубок подачи очищаемой жидкости; 2 – центральная отводящая труба с перфорацией в виде круглых отверстий; 3 – слой (в виде кольца) из материала УВС или ВИОН; 4 – прижимной фланец; 5 – патрубок отвода очищенной жидкости; 6 – входное отделение; 7 – выходное отделение; 8 – отверстие; 9 – гайка; а, б – направление движения жидкости через фильтр;
 → – направление движения жидкости

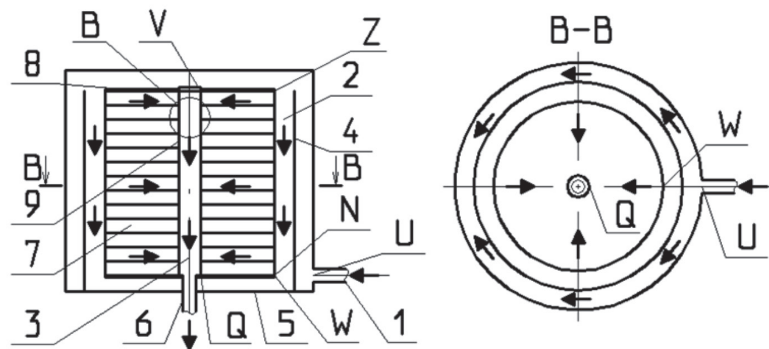


Рис. 5. Схема фильтра для очистки воды с верхним распределением фильтруемой жидкости
 1 – патрубок подачи очищаемой жидкости; 2 – входное отделение; 3 – выходное отделение;
 4 – вертикальный цилиндр; 5 – основание; 6 – патрубок отвода очищенной жидкости;
 7 – слой (в виде кольца) из материала УВС; 8 – прижимное устройство;
 9 – центральная отводящая труба; → – направление движения жидкости

Использование дополнительного вертикального металлического цилиндра для изменения направления подвода очищаемой жидкости к центральной отводящей трубе обуславливает создание фильтра для очистки воды с верхним распределением фильтруемой жидкости (рис. 5).

Конструкция фильтра для очистки воды с верхним распределением жидкости отличается от конструкции щелевого фильтра наличием дополнительного вертикального цилиндра, герметично присоединенного к основанию корпуса, и торцевым подводом фильтруемой жидкости. В результате этого входное отделение фильтра отделено от патрубка подачи очищаемой жидкости.

Благодаря дополнительному вертикальному цилиндру изменяется путь движения жидкости к фильтрующему материалу. Фильтруемая жидкость поступает к фильтрующей загрузке сверху, в результате чего исчезает указанная ранее в щелевом фильтре разность гидравлических сопротивлений ввиду исчезновения прохождения значительной части жидкости через нижнюю часть фильтрующего пакета.

Таким образом решается проблема неравномерности распределения расхода по высоте загрузки фильтра. При этом необходимым условием является равенство потерь напора во входном и выходном отделениях фильтра: $h_{\text{вход.отд.}} = h_{\text{выход.отд.}}$. В рас-

смотренной конструкции эксперименты с использованием метода ЭГДА данное условие подтвердили: эпюра распределения расхода по живому сечению фильтра имеет равномерный вид, то есть величина пьезометрического напора (в долях H) в нижней части фильтра равна величине пьезометрического напора (в долях H) в верхней его части.

Наряду с рассмотренными ранее путями решения проблемы неравномерности расхода жидкости по высоте загрузки фильтра с УВС предложено решение указанного вопроса с помощью различной плотности фильтрующего материала (рис. 6) [4].

В фильтре с созданием плотности загрузки нитью или материалом АУТ предложено создавать загрузку с различной

плотностью в ее нижней и верхней частях. В нижних частях плотность создается больше, чем в верхних, что позволяет уменьшить расход через нижние части загрузки и тем самым исключить указанную неравномерность расхода по высоте загрузки. Для этого предложено при создании загрузки путем намотки слоя УВС или АУТ или ВИОН на трубу одновременно размещать поверх слоя лавсановую нить или сетку из лавсановой нити, или углеродную нить или сетку из углеродной нити. При этом для создания различной плотности загрузки предлагается изменять степень натяжения нити (или сетки) в нижней и верхней частях загрузки. В нижней части загрузки требуется создать большую степень натяжения, чем в верхней.

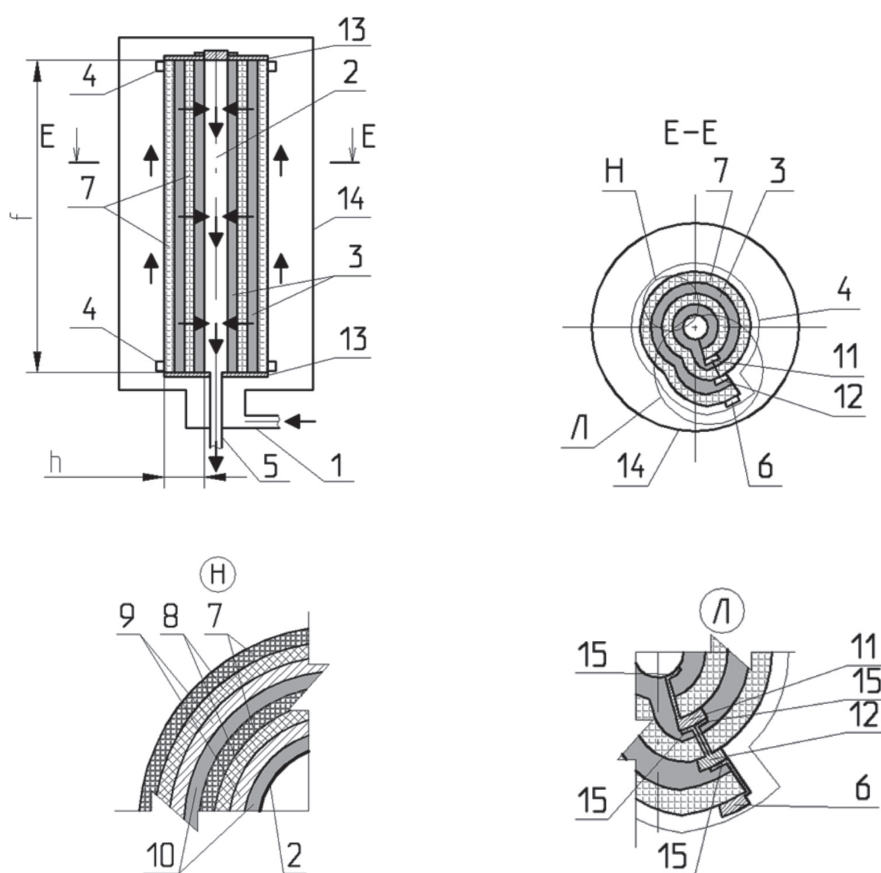


Рис. 6. Фильтр с созданием плотности загрузки нитью или материалом АУТ: 1 – патрубок подачи очищаемой жидкости; 2 – центральная отводящая труба с перфорацией; 3 – слой материала загрузки; 4 – хомут; 5 – патрубок отвода очищенной жидкости; 6 – вертикальное прижимное фиксирующее устройство в конечной точке намотки материала загрузки и нити (материала АУТ); 7 – лавсановая или углеродная нить (материал АУТ); 8 – слой из волокнистого материала механической очистки; 9 – слой из волокнистого ионообменного материала ВИОН; 10 – слой из УВС или АУТ; 11 – вертикальное прижимное фиксирующее устройство в начальной точке намотки материала загрузки и нити (материала АУТ); 12 – вертикальное прижимное фиксирующее устройство в промежуточной точке намотки материала загрузки и нити (материала АУТ); 13 – фланец; 14 – корпус фильтра; 15 – устройство зажима слоя материала загрузки и нити (материала АУТ)

В фильтре с созданием плотности загрузки материалом АУТ предложено в конструкции при создании загрузки путем намотки слоя УВС или ВИОН на трубу одновременно поверх слоя размещать слой из материала АУТ. При этом для создания различной плотности загрузки предлагается изменять степень натяжения материала АУТ в нижней и верхней частях загрузки. В нижней части загрузки требуется создать большую степень натяжения, чем в верхней.

Для создания соответствующих конструкций фильтров требуются данные о величине усилия, требуемого для создания загрузки из материалов УВС и ВИОН с требуемой плотностью упаковки. Для эффективного фильтрования материалы УВС и ВИОН сжимаются в фильтрах до определенной степени сжатия. Степень сжатия определяется по формуле

$$a = \frac{h_1 - h_2}{h_1},$$

где h_1, h_2 – начальная (до сжатия) и конечная (после сжатия) высота загрузки.

Как правило, степень сжатия составляет 0,3...0,5. Требуемая степень сжатия задается степенью очистки, видом задерживаемых загрязнений. Неоправданно большая степень сжатия является экономически нецелесообразной.

Для создания требуемой плотности загрузки фильтров с загрузкой из материалов УВС и ВИОН требуется приложить сверху загрузочного материала равномерное усилие до достижения требуемой степени сжатия. Указанное усилие сверху материала в предложенном фильтре (рис. 6) осуществляется фланцем с последующей фиксацией гайкой на трубе поверх фланца. Как правило, указанное усилие создается вручную, что технически не всегда реализуемо. При этом создание указанного усилия вручную возможно в фильтрах с объемом загрузки до 0,12 м³, которое используется в предложенном фильтре.

В фильтрах с большим объемом создание указанного усилия представляет проблему. Для устранения данного недостатка и частичного решения задачи предложена технология загрузки фильтров, заключающаяся в том, что перед сжатием материал загрузки – УВС или ВИОН – насыщают водой.

Выводы

На основании существования неравномерности распределения расхода воды по высоте загрузки в щелевых фильтрах, наиболее распространенных для очист-

ки воды в животноводческих комплексах и приводящая к снижению эффективности фильтра, предложены способы устранения данной неравномерности с помощью неравномерной перфорации центральной отводящей трубы, вертикального металлического цилиндра, с помощью создания неравномерной плотности загрузки фильтрующего элемента.

В результате предложенных способов устранения неравномерности распределения расхода жидкости по высоте загрузки фильтров разработаны схемы фильтров для очистки воды с центральной перфорированной трубой, с верхним распределением фильтруемой жидкости, перфорированного с двойной загрузкой, с созданием плотности загрузки нитью или материалом АУТ.

Проведенные эксперименты применением метода электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) подтвердили неравномерность распределения расхода жидкости по высоте загрузки разработанных фильтров.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Госстандарт России, 1998. – 21 с.
2. Котюков А.Б. Применение материалов УВС и АУТ для создания моделей метода ЭГДА // Вестник Урал. гос. техн. ун-та – УГТУ. Строительство и образование: Сб. науч. тр. – Вып. 7. – Екатеринбург, 2004. – С. 275–276.
3. Пат. 55635 Российская Федерация, МПК В01Д 25/26. Фильтр / Котюков А.Б., Симонова Р.Н.; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет». – № 2006107586/22; заявл. 10.03.06; опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24. – 8 с.
4. Пат. 2535856 Российская Федерация, МПК В01Д 25/26. Фильтрующий элемент для очистки питьевой воды / Котюков А.Б. Петров Ю.П.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2013151466/05; заявл. 19.11.13; опубл. 20.12.14, Бюл. № 35. – 11 с.
5. Саитов В.Е., Котюков А.Б. Анализ существующих загрязнений в источниках водоснабжения животноводства // Состояние и перспективы развития АПК Центрального Нечерноземья: сб. материалов Международной заочной научно-практической конференции, посвященной 120-летию создания ФГБНУ Смоленской ГОСХОС. – Стодолище: ФГБНУ Смоленская ГОСХОС, 2016. – С. 273–277.
6. Саитов В.Е., Котюков А.Б. Определение электрического сопротивления различных материалов для создания модели фильтра для очистки воды методом электрогидродинамических аналогий // Современные тенденции развития науки и технологий: периодический науч. сб. по материалам XVIII Международной заочной научно-практической конференции. – Белгород, 2016. – № 9–1. – С. 57–59.
7. Саитов В.Е., Котюков А.Б. Санитарно-гигиенические требования к питьевой воде для животноводческих ферм // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 6–5. – С. 830–833.

8. Сaitов В.Е., Котюков А.Б. Способы и применяемые материалы для очистки воды на животноводческих комплексах // Научное обеспечение устойчивого развития АПК в современных условиях: Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию Нижегородского НИИСХ. – Нижний Новгород, 2016. – С. 232–235.

9. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Минздрав России, 2002. – 62 с.

10. Скрипченко Г.Б. Структура углеродных волокон // Хим волокна. – 1991. – № 3. – С. 26.

11. Совершенствование конструкций фильтров для очистки воды в животноводческих комплексах / В.Е. Сaitов, П.А. Савиных, А.Б. Котюков, В. Романюк, М. Лукажук // Проблемы интенсификации животноводства с учетом

охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: Монография под науч. ред. проф. докт. Вацлава Романюка. – Фаленты-Варшава, 2016. – С. 187–194.

12. Хайруллин А.Н. Основные проблемы молочного животноводства России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dairynews.ru/dairyfarm/osnovnye-problemy-molochnogo-zhivotnovodstva-rossi.html> (дата обращения: 14.06.2014).

13. Яблонский П.М. И снова о воде [Электронный ресурс]. – URL: http://web-fermer.ru/publ/veterinarija/ptica/i_snova_o_vode/63-1-0-1312 (дата обращения: 14.06.2014).

14. Saitov V.E., Kotyukov A.B. Requirements for materials to create an effective model filters for cleaning water by electrohydrodynamic analogy // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2016. – № 2. – URL: www.science-sd.com/464-25111 (accessed 06.10.2016).