

УДК 504.064.47

UDC 504.064.47

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПО ПОДГОТОВКЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ  
СТОКОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF  
LIVESTOCK WASTEWATER FOR IRRIGA-  
TION OF AGRICULTURAL CROPS**

Домашенко Юлия Евгеньевна  
к. т. н. РИНЦ Author ID=645024

Domashenko Yulia Evgenyevna  
Candidate of Technical Sciences, RSCI Author  
ID=645024

Васильев Сергей Михайлович  
д. т. н., доцент, РИНЦ Author ID=285849

Vasilyev Sergey Mikhaylovich  
Doctor of Technical Sciences, associate professor  
Author ID=285849

*Российский научно-исследовательский институт  
проблем мелиорации, Новочеркасск, Россия*

*Russian Research Institute of Land Improvement Prob-  
lems, Novocherkassk, Russia*

В статье автором предложены различные технологии по подготовке животноводческих стоков для сельскохозяйственного использования, в частности для орошения. Рассмотрена ресурсосберегающая экологически безопасная технология обработки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств, основывающаяся на использовании в процессе реагентной подготовки фосфогипса – отхода производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений. Технология была апробирована на действующем предприятии ООО «Аксайская Нива» Ростовской области. Также на основе данной технологии предложено следующее техническое решение: животноводческие стоки подвергаются воздействию вихревого поля с подвижными ферромагнитными частицами, что способствует более полному обеззараживающему эффекту. Дальнейшее усовершенствование технологической схемы подготовки животноводческих стоков позволило получить более современное техническое решение, включающее обработку стоков подкисляющим реагентом – суспензией фосфогипса и низкоосновным оксихлоридом алюминия марки Аква-Аурат<sup>TM14</sup>. С целью снижения стоимости и упрощения технологии подготовки предложено взамен низкоосновного оксихлорида алюминия марки Аква-Аурат<sup>TM14</sup> использовать реагент, полученный из природного сырья, – алюмосиликатный коагулянт на основе нефелина. Алюмосиликатный коагулянт на основе нефелина возможно использовать при высоких значениях ХПК до 2000 мг О/л и БПК<sub>полн</sub> до 1500 мг О/л, что является ограничением для использования подобных коагулянтов в подготовке жидких отходов свиноводческих хозяйств. Все предложенные автором технологии базируются на позициях ресурсо- и энергосбережения и экологической безопасности

Ключевые слова: ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ

In the article the authors propose various techniques for the preparation of livestock waste for agricultural use, particularly for irrigation. We have considered resource-saving environmentally safe technology for processing livestock waste pig farms based on the use of the reagent preparation phosphogypsum – residuals of phosphoric acid and fertilizers. The technology was tested and endorsed at the operating company LLC "Aksai field" of the Rostov region. Also based on this technology, we have offered the following technical solution: livestock wastewater is exposed to the vortex field with movable ferromagnetic particles, which contributes to more complete disinfecting effect. Further improvement of the technological scheme of training for livestock waste allowed to get more modern technical solution, including sewage treatment acidifying reagent is a suspension of phosphogypsum and slightly basic by oxychloride brand Aqua-Aurat. With the aim of reducing the cost and simplifying the technology of training we offered using a reagent, obtained from natural raw materials - silica-coagulant on the basis of nepheline instead of the low-base oxychloride brand Aqua-Aura<sup>TM</sup>. Aluminosilicate coagulant on the basis of nepheline may be used at high values of COD up to 2000 mg O/l and TBOD to 1500 mg O/l, which is a limitation for the use of such coagulants in the preparation of livestock wastewater pig farms. All the proposed technologies are based on the positions of resource and energy efficiency and environmental safety

Keywords: LIVESTOCK WASTE, LOW BASE,

СТОКИ, НИЗКООСНОВНЫЙ ОКСИХЛОРИД  
АЛЮМИНИЯ, НЕФЕЛИН, ОРОШЕНИЕ,  
РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, ФОСФОГИПС,  
ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ЧАСТИЦЫ

ALUMINUM OXYCHLORIDE, NEPHELINE,  
IRRIGATION, REACTANT TREATMENT,  
PHOSPHOGYPSUM, FERROMAGNETIC  
PARTICLE

Сельскохозяйственное производство является одним из крупнейших водопотребителей. Количество стоков всех животноводческих комплексов в стране составляет от 250 до 3000 тонн в сутки (от 90 тыс. до 1 млн тонн в год). На одну голову в сутки в среднем на свиномкомплексе с законченным циклом воспроизводства образуется 4,5 кг навоза влажностью 88,1 %. При сбросе неочищенных сточных вод (отхода III класса опасности, ФККО, код 1310040203013) от таких животноводческих комплексов наносится значительный экономический и экологический ущерб [1].

Тем не менее установлено, что орошение животноводческими стоками повышает урожайность сельскохозяйственных культур, сокращает потребление природной воды, позволяет снизить объем вносимых минеральных удобрений. Бесконтрольное же их использование может привести к ухудшению свойств почв, качества растительной продукции и вызвать загрязнение окружающей среды. Фактором, ограничивающим широкое сельскохозяйственного использование животноводческих стоков, обычно оказываются азотосодержащие вещества, которые всегда в достаточно больших количествах присутствуют в этих отходах. Азот является необходимым элементом для жизнедеятельности растений, но внесение избыточных количеств азота может привести к накоплению в растениях нитратов выше допустимого уровня. Корма с высоким содержанием нитратов (более 0,11% в сухом веществе) не только снижают продуктивность, но и могут вызвать отравление животных, а при содержании нитратного азота 0,2% и более возможна гибель особей [2].

Подготовка животноводческих сточных вод к дальнейшему использованию в сельскохозяйственном производстве сопровождается большими

трудностями, так как основной задачей при этом является сохранение биогенных элементов. Действующее законодательство Российской Федерации обязывает отделять все промышленные объекты санитарно-защитными зонами и проектировать очистные сооружения, позволяющие исключить загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, поверхности водосборов водоемов и атмосферного воздуха [3].

Автором предложен ряд технологических решений, позволяющих осуществлять утилизацию животноводческих стоков на сельскохозяйственных полях орошения.

Рассмотрим ресурсосберегающую экологически безопасную технологию обработки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств, основывающуюся на использовании в процессе реагентной подготовки фосфогипса – отхода производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений.

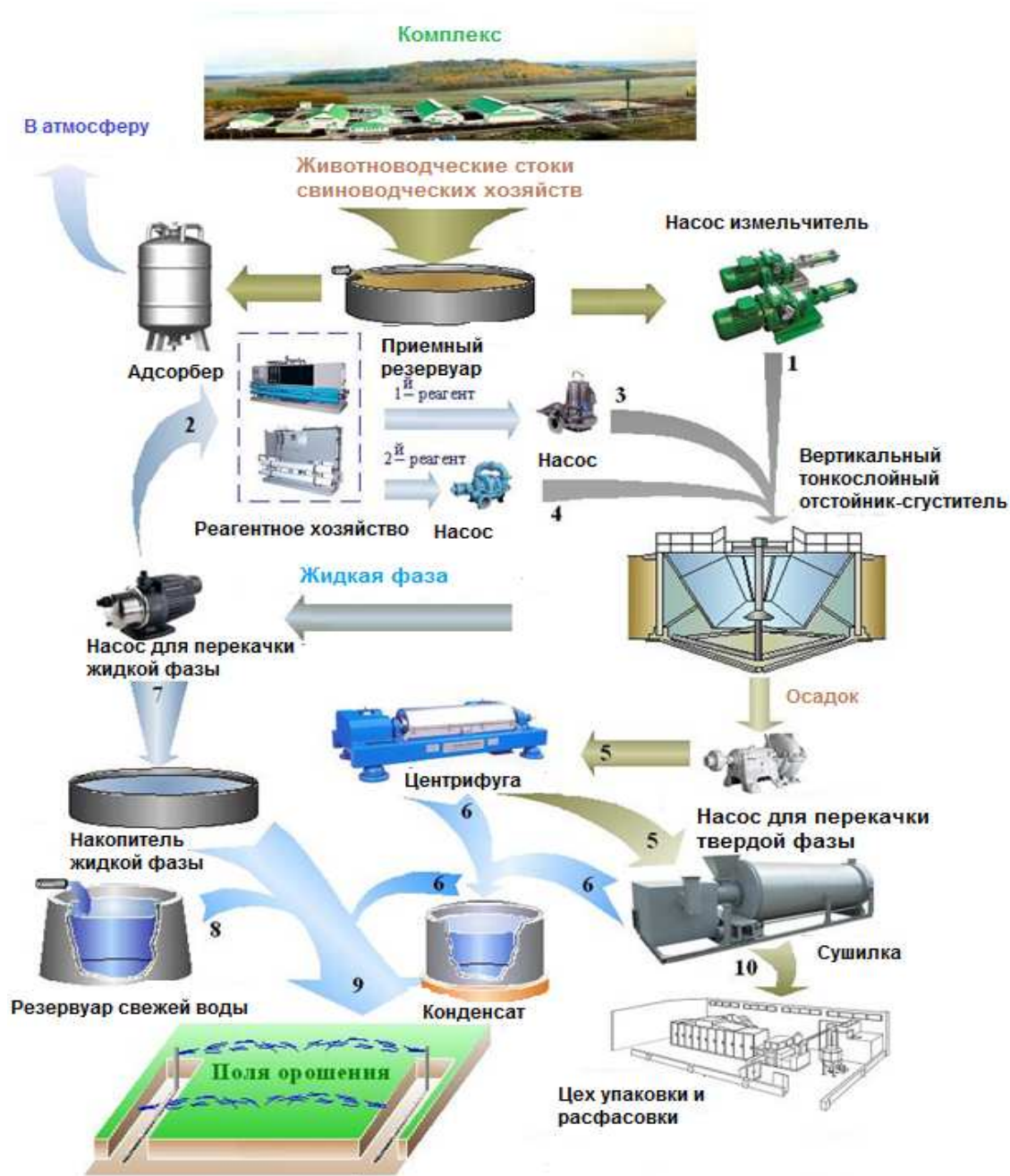
Данное решение позволит решить проблему утилизации не только отходов III класса опасности – животноводческих стоков свиноводческих хозяйств (СП 2.1.7.1386-03), но и фосфогипса – отхода IV класса опасности (ФККО, код 1310040203013).

Технология утилизации животноводческих стоков актуальна для свиноводческих хозяйств как с малой, от 1,5 тыс. голов, так и высокой производительностью, от 15 тыс. голов и более (рисунок 1) [4]. Технология была апробирована на действующем предприятии ООО «Аксайская Нива» Ростовской области.

Для улучшения гидравлических и технических характеристик схемы предлагается использовать вертикальный тонкослойный отстойник-сгуститель.

По предложенной технологии животноводческие стоки, образующиеся на территории свиноводческого хозяйства, самотеком поступают в приемный резервуар, состоящий из двух камер. После чего с помощью

насоса-измельчителя жидкие отходы поступают на смесители, где происходит поэтапное смешивание с реагентами.



- 1 – измельченные животноводческие стоки; 2 – жидкая фаза (10 %);  
 3 – животноводческие стоки, смешанные с первым реагентом;  
 4 – животноводческие стоки, смешанные со вторым реагентом; 5 – твердая фаза; 6 – конденсат; 7 – жидкая фаза; 8 – свежая вода; 9 – жидкая фаза после разбавления; 10 – обеззараженная жидкая фаза

Рисунок 1 – Технологическая схема обработки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств

В качестве первого реагента используется известковое молоко, второго реагента – смесь суспензии фосфогипса и ортофосфорной кислоты. Получаемая смесь подается на отстойник, включающий блок тонкослойного отстаивания и сгущения осадка. Жидкая и твердая фаза – осадок фракционированных стоков – поступают на накопители. Осадок перекачивается на лопастную сушилку и далее в цех фасовки и упаковки. Осадок по химико-физическим показателям является ценным органоминеральным удобрением – товарным продуктом [5]. Жидкая фаза в количестве 10 % от общего расхода возвращается на смесители в целях экономии свежей воды и реагентов. Остальная часть после разбавления свежей водой поступает на поля орошения.

На основе описанной выше технологии предложено следующее техническое решение: животноводческие стоки подвергаются воздействию вихревого поля с подвижными ферромагнитными частицами. В первый аппарат 1 (при величине магнитной индукции 0,1-0,13 Тл) водится один из щелочных коагулянтов (шлам карбида кальция или известковое молоко в количестве по действующему веществу СаО, г/дм<sup>3</sup>: соответственно 0,5-2,0 или 0,1-1,0), время обработки составляет 30-120 с, при этом рН достигает значений 10,0-11,5. На этом этапе происходит первичное обеззараживание. После чего стоки с коагулянтом подаются на второй аппарат вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами (при величине магнитной индукции 0,17-0,25 Тл), куда одновременно вводится подкисляющий реагент (смесь суспензии дигидрата сульфата кальция с ортофосфорной кислотой в соотношении по объему 500:1 в количестве (по действующему веществу Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>) 6,0-15,0 г/дм<sup>3</sup>) с достижением рН 6,5-8,5, время обработки составляет 30-120 с. Здесь происходит окончательное полное обеззараживание сточных вод животноводческих хозяйств. Создаваемая индукция вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами позволяет ускорить процессы фракционирования и отстаивания, при сокраще-

нии потребления реагентов, с достижением обеззараживающего эффекта сточных вод животноводческих хозяйств (рисунок 2) [6].

Также автором предложен способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, который включает в себя двухэтапную реагентную обработку [6]. На первом этапе жидкие отходы свиноводческих хозяйств обрабатывают подкисляющим реагентом – суспензией фосфогипса с дозой 9-35 г/дм<sup>3</sup> до pH 6,5-7,5, а на втором вводят низкоосновный оксихлорид алюминия марки Аква-Аурат<sup>TM</sup>14 в виде 5-10 % раствора с дозой 3-30 мг/дм<sup>3</sup> по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В процессе реагентной обработки формируются коллоидные частицы, которые под воздействием гравитационных сил выпадают в осадок. В качестве отстойного сооружения выбран метод тонкослойного отстаивания, что значительно сокращает время отстаивания.

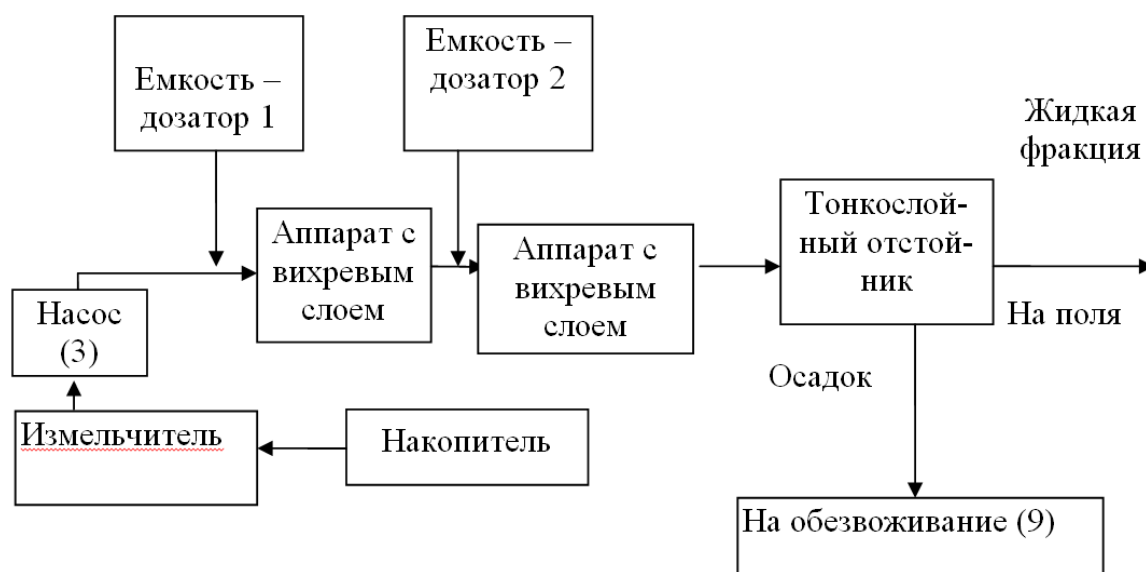


Рисунок 2 – Усовершенствованная технологическая схема подготовки животноводческих стоков для сельскохозяйственного использования

Процесс отстаивания протекает в течение 20-40 минут, в результате чего смесь разделяется на прозрачную жидкую фракцию и осадок – органическое удобрение. Получаемая жидкая фракция не требует дополни-

тельного обеззараживания, так как в результате реагентной обработки микроорганизмы высадятся вместе с коллоидными частицами в осадок.

С целью обеззараживания осадок подают в аппарат вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами, в котором подводимая извне энергия локализуется в отдельных зонах, например в местах соударения ферромагнитных частиц, где удельная мощность достигает чрезвычайно больших значений. В зоне удара создаются условия для протекания таких физических и химических процессов, которые в обычных условиях затруднены или невозможны, т. е. деформируется кристаллическая решетка твердых тел, приводящая к разрушению защитных оболочек микроорганизмов.

Автором предлагается в существующей технологии вместо низкоосновного оксихлорида алюминия марки Аква-Аурат<sup>TM</sup>14 использовать реагент, полученный из природного сырья, – алюмосиликатный коагулянт на основе нефелина – с дозой 10-35 мг/дм<sup>3</sup> по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в зависимости от качественных характеристик жидких отходов.

Раствор алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина производится кислотным вскрытием нефелинсодержащего сырья (сиенит, уртит, нефелин) или хвостов апатит-нефелиновой флотации. Содержание в растворе алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина сульфата алюминия (до 20 г/л по оксиду алюминия) и активной кремнекислоты (до 40 г/л по оксиду кремния) обеспечивает эффективность выделения различных загрязняющих веществ из природных и сточных вод различного происхождения.

В процессе коагуляции с гидроксокомплексами алюминия в основ-

ном удаляются гумусовые вещества, которые обладают отрицательным электрокинетическим потенциалом, а активная кремнекислота выступает в роли флокулянта, способствуя укрупнению и седиментации образовавшихся агрегатов [7].

Так как жидкие отходы свиноводческих хозяйств имеют слабую щелочную среду, то не требуется дополнительное подщелачивание, так как при внесении алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина, имеющего кислую среду, возможно снижение значений рН до 6,5.

Алюмосиликатный коагулянт на основе нефелина возможно использовать при высоких значениях ХПК до 2000 мг О/л и БПК<sub>полн</sub> до 1500 мг О/л, что является ограничением для использования подобных коагулянтов в подготовке жидких отходов свиноводческих хозяйств.

Ранее используемые коагулянты применялись для обработки жидких отходов свиноводческих хозяйств с содержанием взвешенных веществ до 10 мг/дм<sup>3</sup>, т. е. ограничивалась область применения реагентной обработки только комплексами, оборудованными гидросмывом. Применение алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина позволяет увеличить диапазон обработки животноводческих отходов до 20-30 мг/л по взвешенным веществам.

Алюмосиликатный коагулянт на основе нефелина вводят в жидкие отходы непосредственно перед подачей на открытый гидроциклон, где будет происходить их разделение на жидкую фазу и осадок. Жидкую фазу обеззараживают путем обработки мочевиной. Осадок обрабатывают в аппарате вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами.



В таблице представлен сравнительный анализ результатов обработки животноводческих стоков различными реагентами. Представленные данные позволяют сделать вывод, что все используемые реагенты позволяют осуществить разделение животноводческих стоков на жидкую и твердую фракцию. Однако в первом случае применяются два реагента, что значительно усложняет процесс обработки. Во втором и в третьем случае задействован только один реагент, но, хотя оксихлорид алюминия и является более распространенным коагулянтом, широко используемый в сфере очистки природных и сточных вод, коагулянт на основе нефелина является натуральным природным сырьем, что значительно повышает его привлекательность с экологической точки зрения. Также коагулянт на основе нефелина позволяет осуществлять обработку животноводческих стоков в более широком диапазоне взвешенных веществ, чем первые два варианта.

Таким образом, предлагаемые технологические решения по подготовке животноводческих стоков свиноводческих хозяйств с применением различных реагентов для орошения сельскохозяйственных угодий позволят расширить диапазон их обработки и увеличить объемы их утилизации, что снизит потребление дефицитной природной воды, а также решит проблему утилизации отходов III класса опасности. Дополнительная обработка животноводческих стоков свиноводческих хозяйств в аппаратах вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами позволит достичь полного обеззараживающего эффекта и улучшить санитарно-гигиеническую обстановку территории животноводческих хозяйств.

Таблица – Сравнительный анализ способов реагентной обработки животноводческих стоков

Способ подготовки животноводческих стоков	Физико-химические параметры процесса обработки животноводческих стоков													
	До обработки							После обработки						
	рН	Влажность, %	Азот общий, мг/дм <sup>3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Зольность, %	K <sub>2</sub> O, мг/дм <sup>3</sup>	Углерод, %	рН	Влажность, %	Азот общий, мг/дм <sup>3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Зольность, %	K <sub>2</sub> O, мг/дм <sup>3</sup>	Углерод, %
Реагентная обработка известковым молоком и фосогипсом	7,2	94,5	638	824	30,7	660	32,7	$\frac{6,5}{6,6}$	$\frac{100}{86,4}$	$\frac{254}{306}$	$\frac{730}{920}$	$\frac{-}{50,2}$	$\frac{180}{420}$	$\frac{-}{25,4}$
Реагентная обработка оксихлоридом алюминия	7,2	99,7	600	720	30,7	330	32,7	$\frac{6,8}{6,9}$	$\frac{100}{86,2}$	$\frac{300}{360}$	$\frac{269}{366}$	$\frac{-}{50,2}$	$\frac{52}{240}$	$\frac{-}{25,4}$
Реагентная обработка коагулянтом на основе нефелина	7,2	89,5	756	752	30,7	650	32,7	$\frac{6,8}{6,9}$	$\frac{100}{82,3}$	$\frac{295}{415}$	$\frac{285}{398}$	$\frac{-}{50,2}$	$\frac{196}{405}$	$\frac{-}{25,4}$
Примечание – в числители приводятся показатели для жидкой фазы, в знаменатели – для твердой фазы														

**Список использованных источников**

1 Суржко, О. А. Экологическая безопасность при переработке и утилизации концентрированных по биогенным элементам жидких отходов промышленных предприятий: монография / О. А. Суржко, М. А. Куликова // Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2011. – 140 с.

2 Гостищев, Д. П. Использование сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур / Д. П. Гостищев, О. Е. Ясониди, С. А. Тарасьянц, О. А. Суржко – Новочеркасск, 1998. – 123 с.

3 Пат. 2321551 Российская Федерация, МПК(51) С 02 F 1/58, С 02 F 1/66. Способ подготовки сточных вод свиноводческих комплексов и ферм для сельскохозяйственного использования / Суржко О. А., Моисеенко Н. Г., Домашенко Ю. Е.; заявитель и патентообладатель Южно-Российский гос. техн. ун-т (НПИ). – № 2006135592/15; заявл. 14.08.06; опубл. 10.04.08, Бюл. № 10. – 7 с.

4 Пат. 2424985 Российская Федерация, МПК С 02 F 9/12, С 02 F 1/52. Способ подготовки жидких отходов свиноводческих хозяйств для сельскохозяйственного использования / Суржко О. А., Домашенко Ю. Е.; заявитель и патентообладатель О. А. Суржко, Ю. Е. Домашенко. – № 2008122872/15; заявл. 13.04.09; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. – 5 с.

5 Пат. 2379236 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/58. Способ подготовки животноводческих сточных вод для сельскохозяйственного использования / Домашенко Ю. Е., Дорошко В. Н.; заявитель и патентообладатель Ю. Е. Домашенко, В. Н. Дорошко. – № 2009114816/05; заявл. 06.06.08; опубл. 20.01.10, Бюл. № 2. – 8 с.

6 Кручинина, Н. Е. Алюмокремниевые флокулянты-коагулянты в очистке сточных вод молочной промышленности / Н. Е. Кручинина, А. К. Шибеша, И. С. Валигун // Экология и промышленность России. – 2006. – № 10. – С. 19-21.

7 Домашенко, Ю. Е. Аспекты ресурсосбережения при орошении сельскохозяйственных угодий / Ю. Е. Домашенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2013. – Вып. 51. – С. 49-52.

**References**

1 Surzhko, O. A. Jekologicheskaja bezopasnost' pri pererabotke i utilizacii koncentrirovannyh po biogennym jelementam zhidkih othodov promyshlennyh predpriyatij: monografija / O. A. Surzhko, M. A. Kulikova // Juzh.-Ros. gos. tehn. un-t (NPI). – Novocherkassk: JuRGTU (NPI), 2011. – 140 s.

2 Gostishhev, D. P. Ispol'zovanie stochnyh vod dlja oroshenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur / D. P. Gostishhev, O. E. Jasonidi, S. A. Taras#janc, O.A. Surzhko – Novocherkassk, 1998. – 123 s.

3 Pat. 2321551 Rossijskaja Federacija, MPK(51) S 02 F 1/58, S 02 F 1/66. Sposob podgotovki stochnyh vod svinovodcheskih kompleksov i ferm dlja sel'skohozjajstvennogo ispol'zovani-ja / Surzhko O. A., Moiseenko N. G., Domashenko Ju. E.; zajavitel' i patentoobladel' Ju-zhno-Rossijskij gos. tehn. un-t (NPI). – № 2006135592/15; zajavl. 14.08.06; opubl. 10.04.08, Bjul. № 10. – 7 s.

4 Pat. 2424985 Rossijskaja Federacija, MPK S 02 F 9/12, S 02 F 1/52. Sposob podgotovki zhidkih othodov svinovodcheskih hozjajstv dlja sel'skohozjajstvennogo ispol'zovaniya / Surzhko O. A., Domashenko Ju. E.; zajavitel' i patentoobladel' O. A. Surzhko, Ju. E. Domashenko. – № 2008122872/15; zajavl. 13.04.09; opubl. 20.10.10, Bjul. № 29. – 5 s.

5 Pat. 2379236 Rossijskaja Federacija, MPK S 02 F 1/58. Sposob podgotovki zhivotnovod-

cheskih stochnyh vod dlja sel'skhozjajstvennogo ispol'zovanija / Domashenko Ju. E., Doroshko V. N.; zajavitel' i patentoobladatel' Ju. E. Domashenko, V. N. Doroshko. – № 2009114816/05; zajavl. 06.06.08; opubl. 20.01.10, Bjul. № 2. – 8 s.

6 Kruchinina, N. E. Aljumokremnievye flokuljanty-koaguljanty v ochildke stochnyh vod molochnoj promyshlennosti / N. E. Kruchinina, A. K. Shibeshi, I. S. Valigun // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2006. – № 10. – S. 19-21.

7 Domashenko, Ju. E. Aspekty resursosberezenija pri oroshenii sel'skhozjajstvennyh ugodij / Ju. E. Domashenko // Puti povyshenija jeffektivnosti oroshaemogo zemledelija: sb. nauch. tr. / FGBNU «RosNIIPM». – Novoчеркассk: Gelikon, 2013. – Vyp. 51. – S. 49-52.