

УДК 502/504:631.67.03

Ю. Е. ДОМАШЕНКО, С. М. ВАСИЛЬЕВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОКСИХЛОРИДНОГО КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

Целью исследований являлось выявления эффективных реагентов для осветления животноводческих стоков с помощью индивидуальных алюмосодержащих коагулянтов. В статье представлены исследования влияния коагуляционной обработки на фракционирование животноводческих стоков. Проанализированы основные виды коагулянтов и флокулянтов, используемых для обработки сточных вод. В качестве тест-объекта выбраны животноводческие стоки ООО «Аксайская Нива». Эксперимент предусматривал введение рабочего раствора коагулянта в животноводческие стоки, перемешивание в течение 3–5 минут с последующим отстаиванием в течение 1 часа. Эксперименты проводили в стандартных цилиндрах объемом 100 мл. Как показали результаты экспериментальных исследований, при одинаковой дозе полиоксихлорид алюминия с различной основностью наиболее высокая эффективность разделения животноводческих стоков на жидкую и твердую фракции наблюдалась при обработке низкоосновным полиоксихлоридом алюминия с торговой маркой АКВА-АУРАТ™14. На основании полученных результатов разработан способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, который включает в себя двухэтапную реагентную обработку. На первом этапе жидкие отходы свиноводческих хозяйств обрабатывают подкисляющим реагентом – суспензией фосфогипса с дозой 9...35 г/дм³ до pH 6,5...7,5, а на втором вводят низкоосновный оксихлорид алюминия марки Аква-Аурат™14 в виде 5...10 % раствора с дозой 3...30 мг/дм³ по Al₂O₃. 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.

Коагулянты, твердая фракция, полиоксихлорид алюминия, орошение, животноводческие стоки, жидкая фракция, фракционирование.

Введение. В настоящее время возросла проблема негативного влияния на окружающую среду скоплений жидких навозных стоков вблизи животноводческих комплексов, а также вторичное загрязнение нитратами и патогенными микроорганизмами почвогрунтов, поверхностных и грунтовых вод. Загрязнение вод местного стока способствует изменению показателей качества кормовых культур на сельскохозяйственных угодьях, которые выращиваются на территориях непосредственно примыкающих к животноводческим фермам. Животноводство оказывает значительное влияние на загрязнение вод вследствие того, что фермы и комплексы располагаются преимущественно в непосредственной близости от рек и озер. Так как продолжительность миграционного пути биогенов от их источников до водных объектов несет не

продолжительный характер, они не находятся в почве в подвижном состоянии и их концентрация остается высокой.

На территории животноводческих предприятий ежегодно образуется более 1240 млн тонн навоза, которые в своем технологическом цикле применяют следующие схемы утилизации жидких животноводческих соков: очистка с разделением на твердую и жидкую фракции, то есть обработка сточных вод обычно производят в две стадии, называемые первичной и вторичной обработкой. Приблизительно 10 % сточных вод вообще не получают обработки, около 30 % получают только первичную обработку и около 60 % подвергаются также вторичной обработке [1].

Как показывают исследования ряда авторов О. Е. Ясониди, О. А. Суржко, М. А. Федорченко [2, 3] и ряда других

наиболее эффективным способом подготовки жидких животноводческих стоков является реагентное разделение с применение современных коагулянтов.

Учитывая свойства и особенности вероятных примесей, которые могут присутствовать в сточных водах и животноводческих стоках, рядом авторов описан механизм коагулирования коллоидно-дисперсных примесей воды. Теоретические основы процесса коагуляции гидролизующими коагулянтами примесей природных и сточных вод изложены в работах Е. Д. Бабенко, Л. А. Кульского, П. П. Строкач, Д. М. Минца, С. Н. Линевица [4–7].

Для коагуляционной обработки сточной воды используют в качестве основных реагентов – коагулянты и вспомогательных – флокулянты. В отечественной практике водообработки к коагулянтам принято относить низкомолекулярные органические или органические высокомолекулярные соединения, интенсифицирующие процесс образования более крупных агрегатов за счет объединения частично с коагулированных и еще не скоагулированных частиц примесей воды.

На территории России широкое распространение получили неорганические коагулянты, представляющие собой соли алюминия, железа или их смесей. Органические коагулянты представляют собой катионные полиэлектролиты. Их отличие от флокулянтов заключается в том, что они являются низкомолекулярными водорастворимыми полимерами с молекулярной массой 10000...300000 [7].

Достаточно подробно приведен анализ и дана систематизация торговых марок неорганических коагулянтов, выпускаемых в промышленных объемах, в работах В. Л. Драгинского, Л. П. Алексеевой и С. В. Гетманцева [8].

Целью исследований являлось выявление эффективных реагентов для осветления животноводческих стоков с помощью индивидуальных алюмосодержащих коагулянтов.

Методы и материалы исследований. Материалом для исследования являлись реагенты, используемые при фракционировании животноводческих стоков. В частности, рассмотрены различные группы оксихлоридных коагулянтов.

Для приготовления водного 10 % раствора 41,6 г необходимо было 40,1 г АКВА-АУРАТ™30 растворить в 81,6 см³ воды.

Аква-Аурат™10, Аква-Аурат™14, Аква-Аурат™18 выпускается в виде готового раствора, рекомендуемая доза для очистки поверхностных вод 2...10 мг/дм³ по Al₂O₃ в зависимости от качества исходной воды.

Содержание фосфора (по P₂O₅) определяли колориметрическим методом по Фоглеру в трехкратной повторности, основанного на реакции взаимодействия фосфатов с молибдатом аммония в среде серной кислоты. В качестве восстановителя фосфорно-молибдатного комплекса используют аскорбиновую кислоту в присутствии ионов трех валентной сурьмы.

Содержание азота аммонийного определяли колориметрическим методом с реактивом Несслера. Метод основан на взаимодействии иона аммония с реактивом Несслера, в результате чего образуется йодистый меркураммоний желтого цвета.

Содержание нитритов определяли колориметрическим методом с реактивом Грисса. Метод основан на диазотировании сульфаниловой кислоты присутствующими в пробе нитратами и реакции полученной соли с альфанафтиламином с образованием красно-фиолетового или розового азокрасителя.

Содержание нитратов определяли колориметрическим методом с салицилатом натрия. Определение основано на реакции нитратов с салицилатом натрия в среде серной кислоты, в результате которой образуются окрашенные в желтый цвет соли нитросалициловой кислоты.

Результаты исследований и их обсуждения. На сегодняшний день в практике подготовки и очистки различных категорий вод, включая и сточные, нашли применения оксихлоридные коагулянты, которые выпускаются в двух товарных формах виде раствора и в виде кристаллического порошка. В международной классификации разновидности этого коагулянта получили название «polyaluminium chlorides» сокращенно PAC. На территории Российской Федерации данная категория коагулянтов получила названия: оксихлорид (ОХА) и полиоксихлорид алюминия (ПОХА) с торговой маркой.

В виде раствора выпускаются коагулянты ПОХА с торговыми марками АКВА-АУРАТ™10, АКВА-АУРАТ™14 и АКВА-АУРАТ™18, а в виде кристаллического порошка – АКВА-АУРАТ™30.

Физико-химическая характеристика коагулянтов (ОХА, ПОХА) представлена в таблице 1 [7].

С целью выявления эффективных реагентов для осветления животноводческих стоков с помощью индивидуальных алюмосодержащих коагулянтов, представленных в таблице 1, необходимо провести ряд экспериментов. В качестве тест-объекта выбраны животноводческие стоки ООО «Аксайская Нива» с характеристиками, представленными в таблице 2.

Таблица 1

Физико-химические показатели качества АКВА-АУРАТ

Наименование показателей	Норма для марки			
	АКВА-АУРАТ™10	АКВА-АУРАТ™14	АКВА-АУРАТ™18	АКВА-АУРАТ™30
Массовая доля оксида алюминия (Al ₂ O ₃), %	10,0±0,6	13,6±0,5	17,0±0,5	30,0±3,0
Массовая доля хлора (Cl), %	13,0±2,0	22,0±2,0	21,0±2,0	35,0±5,0
Плотность при 20°C, г/см ³	1,24±0,02	1,33±0,03	1,36±0,02	–
pH	2,5±0,5	0,7±0,3	1,0±0,5	–
Массовая доля примесей, % не более				
Железо (Fe)	0,01	0,01	0,01	0,03
Свинец (Pb)	0,001	0,001	0,001	0,003
Кадмий (Cd)	0,001	0,001	0,001	0,001
Мышьяк (As)	0,001	0,001	0,001	0,003
Массовая доля нерастворимого в воде осадка, %, не более	0,1	0,1	0,1	0,3
Класс опасности	3	3	3	3
ПДК, г/дм ³	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблица 2

Характеристика животноводческих стоков

Показатели	Животноводческие стоки до обработки	
	Проба 1	Проба 2
pH	7,2	7,5
Влажность, %	94,5	95,3
Зольность, %	30,7	31,5
Органическое вещество, %	68,2	68,5
Азот, мг/дм ³		
общий	578	612
NH ₄ ⁺	467	486
NO ₂ ⁻	0	0
NO ₃ ⁻	23	15
P ₂ O ₅ , мг/дм ³	680	665
K ₂ O, мг/дм ³	600	598

Эксперимент предусматривал введение рабочего раствора коагулянта в животноводческие стоки, перемешивание в течение 3–5 минут с последующим отстаиванием в течение 1 часа. Эксперимент проводили в стандартных цилиндрах объемом 100 мл.

Как показали результаты экспериментальных исследований (таблица 3), при одинаковой дозе ПОАХ с различной основностью наиболее высокая эффективность разделения животноводческих

стоков на жидкую и твердую фракции наблюдалась в первом опыте, а именно при обработке низкоосновным ПОХА. Общий процесс отстаивания во всех трех опытах составил 60 мин. Как показали исследования физических параметров осадка (твердой фракции) наиболее низкое значение удельного сопротивления наблюдалось в первом опыте и составило $3,5 \cdot 10^5$ см/г, тогда как в опыте 2 и опыте 3 удельное сопротивление составило $13,7 \cdot 10^5$ см/г, и, соответственно, $16,8 \cdot 10^5$

см/г. Что позволяет сделать вывод, что в наиболее предпочтительно при обработке животноводческих стоков использовать низкоосновные ПОХА, так как чем ниже значение удельного сопротивления осадка, тем легче происходит процесс обез-

воживания осадка в естественных условиях. Характеристики жидкой фракции также имели лучшие показатели в опыте 1, она прозрачна с зеленоватым оттенком и с отсутствием плавающих твердых включений.

Таблица 3

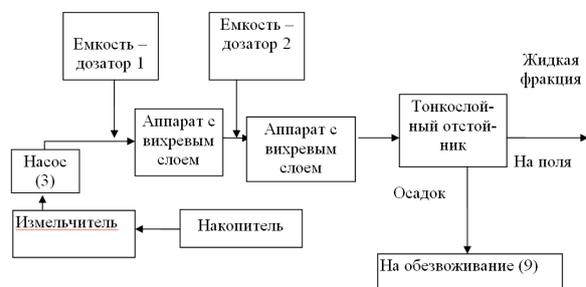
Результаты исследований эффективности применения ПОАХ различной основности

Низкоосновный ПОХА Аква-Аурат™14 Опыт 1	Среднеосновный ПОХА АКВА-АУРАТ™18 Опыт 2	Высокоосновный ПОХА АКВА-АУРАТ™30 Опыт 3
Доза 3 мг/дм ³		
Объем осадка после 5 минут отстаивания		
80	Объем осадка распределился по объему жидкости не равномерно	80
Объем осадка после 30 минут отстаивания		
50	70	45
Объем осадка после 60 минут отстаивания		
30	60	30
Описание процесса седиментации		
Разделение фракций активное Хлопья крупные Осадок рыхлый Жидкая фракция была прозрачной с зеленоватым оттенком	Интенсивность оседания хлопьев имела медленный характер Хлопья всплывали на поверхность Жидкая фракция была мутной с зеленоватым оттенком	Разделение фракций равномерное Осадок плотный Жидкая фракция была мутной с темно-зеленым оттенком
Влажность осадка, %		
96	99	97
Удельное сопротивление осадка, см/г		
$3,5 \cdot 10^5$	$13,7 \cdot 10^5$	$16,8 \cdot 10^5$

На основании проведенных экспериментальных исследований разработан способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, который включает в себя двухэтапную реагентную обработку [9]. На первом этапе жидкие отходы свиноводческих хозяйств обрабатывают подкисляющим реагентом – суспензией фосфогипса с дозой 9...35 г/дм³ до рН 6,5...7,5, а на втором вводят низкоосновный оксихлорид алюминия марки Аква-Аурат™14 в виде 5...10 % раствора с дозой 3...30 мг/дм³ по Al₂O₃. 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.

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 дополнительного обеззараживания, так как в результате реагентной обработки микроорганизмы высаются вместе с коллоидными частицами в осадок.



Усовершенствованная технологическая схема подготовки животноводческих стоков для сельскохозяйственного использования

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, то есть деформируется кристаллическая решетка твердых тел, приводящая к разрушению защитных оболочек микроорганизмов.

Выводы

Коагуляционная обработка животноводческих стоков по-прежнему остается наиболее ресурсосберегающим видом подготовки животноводческих стоков, позволяющая предотвратить деструкцию биогенных элементов.

Как показали результаты экспериментальных исследований, при одинаковой дозе полиоксихлорид алюминия с различной основностью наиболее высокая эффективность разделения животноводческих стоков на жидкую и твердую фракции наблюдалась при обработке низкоосновным полиоксихлорид алюминием с торгового марки АКВА-АУРАТ™14.

На основании полученных результатов разработан способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, который включает в себя двухэтапную реагентную обработку. На первом этапе вводят суспензию фосфогипса с дозой 9...35 г/дм³ до рН 6,5...7,5, а на втором – низкоосновный оксихлорид алюминия марки АКВА-АУРАТ™14 в виде 5...10 % раствора с дозой 3...30 мг/дм³ по Al₂O₃.

1. Губейдуллин Х. Х., Шигапов И. И., Кадырова А. М. Аэрация сточных вод в животноводческих фермах // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 114–118.

2. Ясониди О. Е. Водоснабжение при орошении: монография. – Новочеркасск.: НГМА, 2004. – 473 с.

3. Экотехнология утилизации сточных вод свинокомплексов с использованием отходов производства // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион.: техн. науки. – 2003. – № 1. – С. 67–73.

4. Бабаенко Е. Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 355 с.

5. Кульский Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод. – Киев: Вища шк., 1981. – С. 150–185.

6. Николадзе Г. И., Сомов М. А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

7. Линевиц С. Н., Гетманцев С. В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. – М.: Наука, 2007. – 230 с.

8. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М.: Науч. изд., 2005. – 576 с.

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

Материал поступил в редакцию 22.10.2015.

Сведения об авторах

Домашенко Юлия Евгеньевна, кандидат технических наук, начальник отдела, ФГБНУ «РосНИИПМ»; 346421, г. Новочеркасск, проспект Бакулановский 190; тел. 8(8635) 26-65-00.; e-mail: domachenko_u@list.ru.

Васильев Сергей Михайлович, доктор технических наук, доцент, заместитель директора по науке ФГБНУ «РосНИИПМ»; 346421, г. Новочеркасск, Бакулановский 190; тел. 8(8635) 26-51-03; e-mail: rosniipm@yandex.ru.

YU. E. DOMASHENKO, S.M. VASILJEV

The Federal budget scientific institution

«The Russian research institute of reclamation problems», Novochoerkassk

RESEARCHES ON OPTIMIZATION OF COAGULANT TREATMENT OF LIVESTOCK WASTE WATER USING OXYCHLORIDE COAGULANT FOR IRRIGATION

The purpose of this research was to identify effective reagents for clarification of livestock waste by means of individual aluminum-containing coagulants. The article presents investigations of the influence of coagulation processing on the fractionation of livestock waste. There are analyzed the main types of coagulants and flocculants used for wastewater treatment. As a test-object livestock waste of OOO «Aksai field» were selected. The experiment provided introduction of a working solution of coagulant in livestock wastewater, stirring for 3–5 minutes with subsequent sedimentation for 1 hour. The experiments were performed in standard cylinders of 100 ml volume. As shown by the experimental results, when the same dose of the oxychloride of aluminum with different basicity of the highest separation efficiency for animal waste into liquid and solid fractions were found in the of low-basin treatment of polyoxychloride aluminum with a trademark AQUA-AURAT™14. Based on the obtained results there is developed a method of preparing livestock wastewater of pig breeding farms for irrigation and fertilization of agricultural lands which includes a two-stage reagent treatment. At the first stage liquid wastes from pig breeding farms are treated by acidifying reagent – a suspension of phosphogypsum with a dose of 9...35 g/dm³ to pH 6.5...7.5, while the second is administered by low basicity of aluminum oxychloride of brand AQUA-AURAT™14 in the form of 5...10 % solution with a dose of 3 to 30 mg/dm³ on Al₂O₃. In the process of chemical treatment colloidal particles are formed which under the influence of gravitational forces precipitate. As a sedimentation structure there is chosen a method of thin-layer sedimentation which dramatically reduces the time of sedimentation.

Coagulants, solid fraction, aluminum polyoxychloride, irrigation, livestock waste, liquid fraction, fractionation.

References

1. Gubeidullin Kh. Kh., Shigapov I. I., Kadyrova A. M. Aeratsiya stochnyh vod v zhivotnovodcheskih fermah // Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii – 2012. – № 4. – S. 114–118.
2. Yasonidi O. E. Vodospabzheniye pri oroshenii: monografiya. – Novochoerkassk.: NGMA, 2004. – 473 s.
3. Ecotehnologiya utilizatsii stochnyh vod svinokompleksov s ispol'zovaniem otdodov proizvodstva // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. Region: techn. Nauki. – 2003. – № 1. – S. 67–73.
4. Babaenko E. D. Ochistka vody koagulyantami. – M.: Nauka, 1977. – 355 s.
5. Kuljsky L. A., Strokach P. P. Tehnologiya ochistki prirodnyh vod. – Kiev: Visha shk., 1981. – S. 150–185.
6. Nikoladze G. I., Somov M. A. Vodospabzheniye. M.: Stroyizdat, 1995. – 688 s.
7. Linevich S. N., Getmantsev S. V. Koagulyatsionny metod vodoobrabotki: teoreticheskiye osnovy I prakticheskoye

ispol'zovaniye. – M.: Nauka, 2007. – 230 s.

8. Draginsky V. L., Alexeeva L. P., Getmantsev S. V. Koagulyatsiya v tehnologii ochistki prirodnyh vod. – M.: Nauch. izd., 2005. – 576 s.

9. Sposob podgotovki zhidkih otdodov svinovodcheskih hozyaistv dlya sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya: pat. 2424985 Rossijskaya Federatsiya MPK S 02 F 9/12, S 02 F 1/52 / Surzhko O. A., Domashenko Yu. E. – № 2008122872/15; zayavl. 13.04.09; opubl. 20.10.10, Bul. № 29. – 5 s.

Received on January 22.10.2015.

Information about the authors

Domashenko Yulia Evgenjevna, candidate of technical sciences, head of the department, FSBNI «RosNIIPM»; 346421, Novochoerkassk, prospect Baklanovsky, 190; tel.: 8(8635) 26-65-00.; e-mail: domachenko_u@list.ru.

Vasiljev Cergey Mikhailovich, doctor of technical sciences, associate professor, deputy director on science FSBNI «RosNIIPM»; 346421, Novochoerkassk, prospect Baklanovsky, 190; tel.: 8(8635) 26-51-03; e-mail: rosnii pm@yandex.ru.