

УДК 628.316.13:631.67.03

**А. О. Матвиенко, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕФЕЛИНОВОГО КОАГУЛЯНТА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Целью работы является усовершенствование технологии подготовки животноводческих сточных вод с применением нефелинового коагулянта для сельскохозяйственного использования. В настоящее время в рамках национального проекта «Развитие АПК» в области сельского хозяйства приоритетом выступает создание замкнутых технологических схем, включающих животноводство, производство кормов и утилизацию сточных вод животноводческих хозяйств, в целях более полного и эффективного использования органических и минеральных компонентов животноводческих стоков и решения экологических и энергетических проблем. В качестве коагулянтов рекомендован к применению нефелиновый коагулянт, широко распространенный в практике подготовки природных и сточных вод, и фосфогипс – отход производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений. Фосфогипс используется для предварительного подкисления животноводческих сточных вод с целью увеличения скорости протекания процесса коагуляции. В усовершенствованной технологии подготовки животноводческих сточных вод свиноводческих комплексов и ферм для сельскохозяйственного использования их предварительно подкисляют раствором фосфогипса с дозой 10–15 мг/дм<sup>3</sup>, затем обрабатывают нефелиновым коагулянтом с дозой 5–20 мг/дм<sup>3</sup> по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и обеззараживают жидкую и твердую фазы путем обработки препаратом «Микрозим<sup>TM</sup>». Двухстадийная реагентная обработка способствует более эффективному разделению стоков на фракции – жидкую и твердую. Усовершенствование технологии подготовки животноводческих сточных вод свиноводческих хозяйств, основанной на применении в качестве реагента нефелинового коагулянта, способствует упрощению очистки, сокращению дефицита поливной воды и решению проблемы утилизации отходов III класса опасности – животноводческих сточных вод свиноводческих хозяйств. Результаты исследований физико-химических показателей животноводческих сточных вод позволили рекомендовать жидкую фракцию для орошения, а твердую – в качестве органоминерального удобрения.

Ключевые слова: нефелиновый коагулянт, реагентная обработка, свиноводческие хозяйства, сточная вода.

**A. O. Matvienko, Y. E. Domashenko, S. M. Vasilyev**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

## **ADVANCED TECHNOLOGY OF LIVESTOCK WASTE WATER PREPARATION FOR AGRICULTURAL USE WITH NEPHELINE COAGULANT**

The aim of the work is to improve the technology of preparation of livestock wastewater with the use of a nepheline coagulant for agricultural use. Currently, within the framework of the national project “Development of Agribusiness” in the field of agriculture

the creation of closed technological schemes, including livestock breeding, feed production and livestock wastewater for a more complete and efficient use of organic and mineral components of livestock wastewaters and solutions of environmental and energy problems is the priority. A nepheline coagulant – a widespread practice in natural and waste waters preparation, and phosphogypsum – a waste product of ortho-phosphoric acid and fertilizers are recommended for use as coagulants. Phosphogypsum is used for livestock wastewater pre-acidification to increase the velocity of coagulation process. By advanced technology the livestock wastewater for agricultural use from pig feeding complexes and farms is preliminary acidified by 10–15 mg/cubic dm phosphogypsum, then it is treated with nepheline coagulant of 5–20 mg/cubic dm on aluminium oxide and both liquid and solid phases are disinfected with “Mikrozim<sup>TM</sup>”. A two-stage chemical treatment contributes to more efficient wastewater separation into liquid and solid fractions. Preparation technology improvement of livestock wastewater from pig feeding farms based on the application of nepheline coagulant as a reagent helps simplify purification, reduce irrigation water deficit and solve the problem of waste disposal of the third class of hazard – livestock wastewater from pig farms. The research results of physical and chemical indicators of livestock wastewater allowed to recommend liquid fraction for irrigation, and solid fraction as an organomineral fertilizer.

Keywords: nepheline coagulant, reactant treatment, pig-feeding farms, waste water.

**Введение.** Сегодня остро стоит проблема экологически безопасной технологии утилизации животноводческих сточных вод. На территории России только 4 % животноводческих хозяйств имеют очистные сооружения, которые не позволяют достигнуть нормативных требований СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» [1, 2].

Производственные сточные воды животноводческих комплексов относятся к категории высококонцентрированных по содержанию органических загрязнений, что не только не позволяет сбрасывать их в водные объекты, но и передавать на коммунальные и даже собственные сооружения биологической очистки без предварительной обработки [3]. Поэтому по-прежнему являются актуальными исследования в области переработки и утилизации животноводческих стоков для их дальнейшего сброса в водные объекты или использования на сельскохозяйственных полях орошения. В настоящее время в рамках национального проекта «Развитие АПК» в области сельского хозяйства приоритетом выступает создание замкнутых технологических схем, включающих животноводство, производство кормов и утилизацию сточных вод животноводческих хозяйств, в целях более

полного и эффективного применения органических и минеральных компонентов животноводческих стоков и решения экологических и энергетических проблем.

Принципиально новым подходом к развитию всего промышленного и сельскохозяйственного производства является создание ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий. Огромное значение для снижения уровня загрязнения окружающей среды, экономии сырья и энергии имеет вторичное использование отходов и применение современных реагентов [4].

Цель работы заключается в усовершенствовании технологии подготовки животноводческих сточных вод с применением нефелинового коагулянта для сельскохозяйственного использования.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования явился реагент, используемый при фракционировании животноводческих стоков. В частности, рассмотрен нефелиновый коагулянт.

Количество взвешенных веществ определяли гравиметрическим методом по ПНДФ 14.1:2.110-97. Величину рН устанавливали потенциометрическим методом при помощи ионоселективных электродов на анализаторе жидкости «Экотест-2000». Метод заключается в измерении разности потенциала (ЭДС) измерительного электрода и электрода сравнения в исследуемой сточной воде. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности определения показателя рН составляет для вторичного измерительного преобразователя  $\Delta_{\text{п}} = \pm 20 \%$  и для анализатора  $\Delta_{\text{п}} = \pm 50 \%$  (в диапазоне значений рН от 1 до 14).

Содержание фосфора (по  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) определяли колориметрическим методом по Фоглеру, основанным на реакции взаимодействия фосфатов с молибдатом аммония в среде серной кислоты, в трехкратной повторности. В качестве восстановителя фосфорно-молибденового комплекса использовали аскорбиновую кислоту в присутствии ионов трехвалентной 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 альфа-нафтиламином с образованием красно-фиолетового или розового азокрасителя.

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

**Результаты и обсуждение.** Существующие технологии очистки животноводческих стоков представляют значительную угрозу окружающей среде. К примеру, если рассматривать сооружения биологической очистки, которыми оборудована большая часть животноводческих комплексов с количеством голов свыше ста тысяч, то очищенные таким образом стоки не отвечают требованиям к сбросу в водоемы. После двух ступеней очистки они характеризуются следующими составными показателями: бихроматная окисляемость (ХПК) – от 140–160 до 200–300 мг/л; биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) – от 20–40 до 80–100 мг/л; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – от 30–50 до 100–150 мг/л; азот аммонийный (NH<sub>4</sub>) – от 100–150 до 200–250 мг/л. В наиболее благоприятных условиях эффективность очистки сточных вод составляет: по ХПК – 95 %, по БПК<sub>5</sub> – 98 %, по (NH<sub>4</sub>) – 57 %, по фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 72 % [5-6].

Анализ существующих способов и технологий обработки животноводческих стоков показал, что наиболее приемлемым является реагентное фракционирование сточных вод [7–8]. В качестве подкисляющего реагента

рекомендовано использовать фосфогипс – отход производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений. Применение отхода позволит решить проблему его накопления и загрязнения окружающей среды, а также снизить потребление основного реагента – нефелинового коагулянта в процессе фракционирования сточных вод, тем самым способствовать ресурсосбережению и экологической безопасности.

Проведенные в последние годы научные исследования показали, что нефелиновый коагулянт, приготовленный на серной или соляной кислоте, может быть использован для очистки промышленных сточных вод различных производств [9].

Этими работами подтверждено, что именно кремниевая кислота, присутствующая в растворенной форме, придает ему особые свойства. Отличительной особенностью нефелинового коагулянта по сравнению с другими промышленными алюминиевыми коагулянтами (сульфат алюминия, оксихлорид алюминия и др.) является сочетание свойств коагулянта – сернокислого алюминия и флокулянта – кремниевой кислоты, что значительно увеличивает диапазон действия сернокислого алюминия как по температуре, так и по pH. При использовании раствора нефелинового коагулянта отпадает необходимость в флокулянтах (полиакриламид и др.), часто добавляемых при применении сульфата алюминия.

В ходе исследований последних лет выявлено, что растворы нефелина в минеральных кислотах являются не просто смесью сульфатных или хлоридных солей и ортокремниевой кислоты, а имеют сложную структуру.

Растворы нефелина в течение 3–5 месяцев ведут себя как истинные растворы, а затем медленно полимеризуются и переходят в гелеобразное состояние. До перехода в гель они обладают свойствами коагулянта и флокулянта и могут быть использованы для осаждения взвешенных веществ и тонких неоседающих шламов, разрушения коллоидно-эмульсионных систем и органо-минеральных коллоидов, удаления ионов тяжелых и цветных

металлов и других вредных примесей, присутствующих в природных и сточных водах [10, 11].

В качестве коагулянтов рекомендован к применению нефелиновый коагулянт, широко распространенный в практике подготовки природных и сточных вод [12, 13], и фосфогипс – отход производства ортофосфорной кислоты и минеральных удобрений. Фосфогипс используется для предварительного подкисления животноводческих сточных вод с целью увеличения скорости протекания процесса коагуляции.

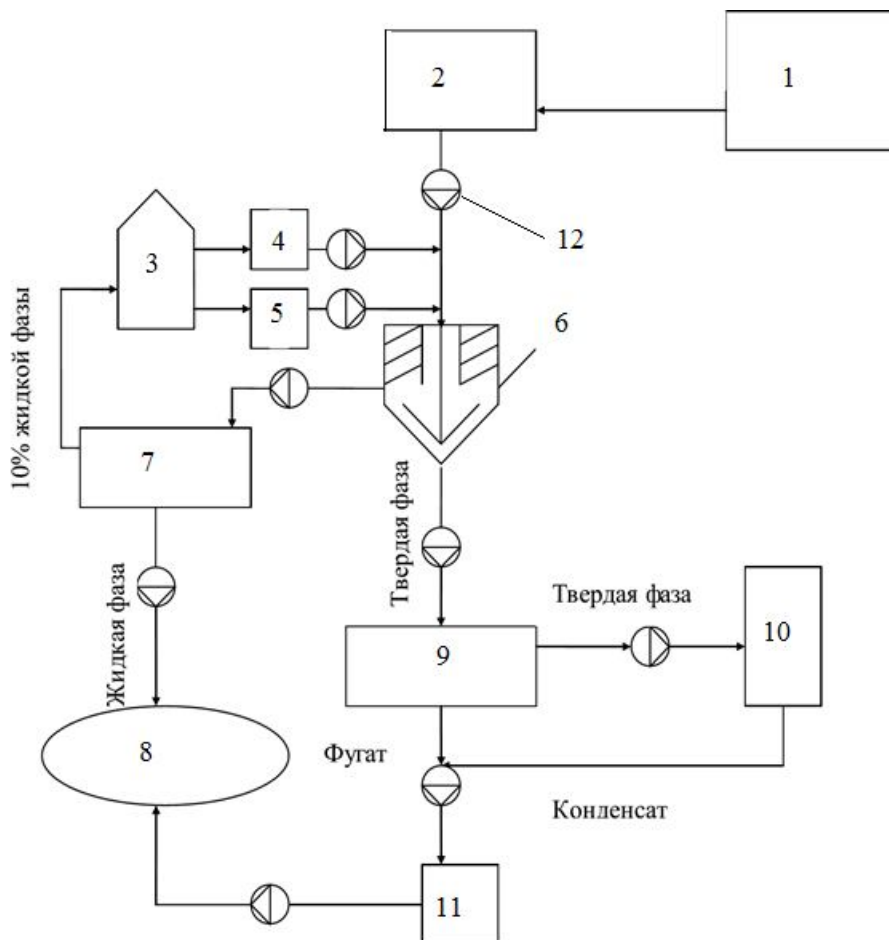
Обработка продуктов стоков включает в себя подкисление 10%-ной суспензией фосфогипса до уровня pH 6,8–7,8 с последующим коагулированием 20%-ным раствором нефелинового коагулянта с концентрацией активного  $Al_2O_3$  15 мг/дм<sup>3</sup> до величины pH 6,5–7,5.

Время перемешивания после внесения реагентов составит от 3 до 5 мин. Процесс рекомендуется осуществлять в диапазоне температур 10–40 °С, но для исследований выбрана оптимальная температура  $t = 20$  °С. В качестве объектов исследований выступили животноводческие сточные воды с максимальным содержанием взвешенных веществ 30 % (при котором происходит полное разделение), средним – 25 % и минимальным – 20 %.

Предлагаемый способ реализован в технологической схеме подготовки животноводческих сточных вод, актуальной для свиноводческих хозяйств как с малой (от 1,5 тыс. голов), так и высокой (от 15 тыс. голов и более) производительностью (рисунок 1).

В усовершенствованной технологии подготовки животноводческих сточных вод свиноводческих комплексов и ферм для сельскохозяйственного использования их предварительно подкисляют раствором фосфогипса с дозой 10–15 мг/дм<sup>3</sup>, затем обрабатывают нефелиновым коагулянтом с дозой 5–20 мг/дм<sup>3</sup> по  $Al_2O_3$  и обеззараживают жидкую и твердую фазы путем обработки препаратом «Микрозим<sup>TM</sup>». Двухстадийная реагентная обработ-

ка способствует более эффективному разделению стоков на фракции – жидкую и твердую.



1 – свиноводческий комплекс; 2 – накопитель животноводческих стоков; 3 – реагентное хозяйство; 4 – смеситель для фосфогипса (1-го реагента); 5 – смеситель для нефелинового коагулянта (2-го реагента); 6 – вертикальный тонкослойный отстойник-сгуститель; 7 – накопитель жидкой фазы; 8 – сельскохозяйственные поля орошения; 9 – осадительная центрифуга; 10 – лопастная сушилка; 11 – накопитель конденсата и фугата; 12 – насосы для перекачки жидкостей

**Рисунок 1 – Технологическая схема подготовки животноводческих сточных вод для сельскохозяйственного использования**

Особый интерес для оценки экологической безопасности предлагаемого технологического решения представляет исследование физико-химических свойств получаемых фракций при разделении сточных вод (таблица 1).

Влажность твердой фазы в процессе реагентной обработки животноводческих сточных вод свиноводческих хозяйств снизилась с 93,5 до 86,4 %.

Исходная зольность твердой фракции, составлявшая 32,5 %, после обработки суспензией фосфогипса и нефелиновым коагулянтом увеличилась до 50,2 %. Содержание органического вещества и углерода до обработки – 65,6 и 33,1 % и после обработки – 59,5 и 25,4 % соответственно.

**Таблица 1 – Результаты исследований физико-химических показателей и содержания биогенных элементов в исходных стоках и после их двухстадийной обработки реагентами**

Показатель	Животноводческий сток до обработки	Животноводческий сток после обработки подкисляющим реагентом и нефелиновым коагулянтом	
		жидкая фракция	твердая фракция
рН	7,3	6,5	6,6
Влажность, %	93,5	100,0	86,4
Зольность, %	32,5	-	50,2
Органическое вещество, %	65,6	-	59,5
Углерод, %	33,1	-	25,4
Азот, мг/дм <sup>3</sup>			
общий	652	215	325
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	154	154	232
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	20	16
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19	11	57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	854	410	525
K <sub>2</sub> O, мг/дм <sup>3</sup>	520	146	389

Результаты исследований показали высокое содержание аммиачного и общего азота в исходной пробе животноводческих сточных вод. После обработки наблюдалось снижение в жидкой фракции доли общего азота до 215 мг/дм<sup>3</sup>, а аммиачного – до 154 мг/дм<sup>3</sup>. В твердой фазе содержание азота увеличилось: общего – до 325 мг/дм<sup>3</sup>, аммиачного – до 232 мг/дм<sup>3</sup>. Снижение доли аммиачного азота в жидкой фракции на 47 % позволило рекомендовать использовать ее на полях орошения с меньшим разбавлением свежей водой по азоту.

По полученным результатам фракционирования животноводческих сточных вод выявлено, что по сравнению с ранее описанными видами обработки при использовании этого метода наблюдается более равномерное



перераспределение основных компонентов между жидкой и твердой фракциями, это свидетельствует о повышении их агрохимической ценности как органоминерального удобрения.

Экономический анализ усовершенствованной технологии показал целесообразность ее внедрения в производство, установлено значительное снижение эксплуатационных затрат, что можно объяснить применением в качестве подкисляющего реагента дешевого отхода производства и эффективного нефелинового коагулянта. При этом экономия на реагентах по ценам 2016 г. составит 35,6 млн руб., и себестоимость подготовки 1 м<sup>3</sup> жидких отходов свиноводческих комплексов снизится до 75,6 руб. Размер предотвращенного ущерба от загрязнения земель и водных объектов при утилизации животноводческих сточных вод (в количестве 150 тыс. м<sup>3</sup> в год) в сельскохозяйственном производстве составит 52,3 млн руб.

**Выводы.** Усовершенствование ресурсосберегающей экологически безопасной технологии подготовки животноводческих сточных вод свиноводческих хозяйств, основанной на применении в процессе реагентной подготовки нефелинового коагулянта, способствует упрощению процесса очистки, сокращению дефицита поливной воды и возможному решению проблемы накопления отходов III класса опасности – животноводческих сточных вод свиноводческих хозяйств. Результаты исследований физико-химических показателей животноводческих сточных вод позволили рекомендовать жидкую фракцию для орошения, а твердую – в качестве органоминерального удобрения.

### **Список использованных источников**

1 СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 31.10.96 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeks://link/d?nd=1200000109>, 2015.

2 Совершенствование технологии и технических средств для очистки животноводческих сточных вод на животноводческих фермах / Х. Х. Губейдулин [и др.] // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Вавилова. – 2012. – № 7. – С. 51–55.

3 Еремина, Т. В. Средства очистки сточных вод на животноводческих комплексах

сах / Т. В. Еремина, О. В. Ижунцов // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 6(51). – С. 79–85.

4 Глотов, И. И. Использование вторичных ресурсов в отраслях АПК / И. И. Глотов. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 87 с.

5 Использование сточных вод животноводческих комплексов на орошение с учетом охраны окружающей среды: обзорная информация / Ю. И. Ворошилов [и др.]. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1984. – 60 с.

6 Kavgarenja, A. N. Ecological state of environment near complexes of animal production / A. N. Kavgarenja, W. Tanaś // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2006. – Vol. 51(1). – P. 60–63.

7 Суржко, О. А. Экотехнология утилизации сточных вод свинокомплексов с использованием отходов производства / О. А. Суржко, М. А. Федорченко // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2003. – № 1. – С. 67–73.

8 Суржко, О. А. Экологическая безопасность при переработке и утилизации концентрированных по биогенным элементам жидких отходов промышленных предприятий: монография / О. А. Суржко, М. А. Куликова. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2011. – 140 с.

9 Современные методы утилизации навозосодержащих и сточных вод / О. П. Неверова, О. Р. Ильясов, Г. В. Зуева, П. В. Шаравьев // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 1. – С. 86–90.

10 Гетманцев, С. В. Использование коагулянтов в водоподготовке Сибири / С. В. Гетманцев // ВСТ. – 2004. – № 10. – С. 6–8.

11 Долина, Л. Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: монография / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск: Континент, 2008. – 254 с.

12 Веляев, Ю. О. Исследования эффективности применения алюмосиликатного коагулянта на основе нефелина / Ю. О. Веляев, Д. В. Майоров, В. А. Матвеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 3. – Ч. 1. – С. 32–37.

13 Новые коагулянты-флокулянты в очистке сточных вод / Н. Е. Кручинина, Н. А. Тимашева, Н. А. Иванцова, М. А. Алексеева // Вода и экология: проблемы и решения. – 2013. – № 4(56). – С. 36–40.

## References

1 SanPin 2.1.7.573-96. *Gigienicheskie trebovaniya k ispolzovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya* [Hygienic Requirements for the Use of Wastewater and its Sludge for Irrigation and Fertilization]. Available: <http://kodeks://link/d?nd=1200000109>, 2015. (In Russian).

2 Gubeydulin Kh.Kh. 2012. *Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya ochistki zhivotnovodcheskikh stochnykh vod na zhivotnovodcheskikh fermakh* [Improvement of technology and means for livestock wastewater purification at livestock farms]. *Vestnik Saratovskogo Agrarnogo Universiteta im. Vavilova* [Bull. of Saratov State Agrarian University named after Vavilov]. no. 7, pp. 51-55. (In Russian).

3 Eremina T.V., Izhuntsov O.V. 2014. *Sredstva ochistki stochnykh vod na zhivotnovodcheskikh kompleksakh* [Means of wastewater purification in livestock-breeding complexes]. *Vestnik VSGUTU* [Bull. VSGUTU]. no. 6(51), pp. 79-85. (In Russian).

4 Glotov I.I. 1987. *Ispolzovanie vtorichnykh resursov v otraslyakh APK* [Use of Recycled Resources in Agribusiness Industries]. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 87 p. (In Russian).

5 Voroshilov Yu.I. 1984. *Ispolzovanie stochnykh vod zhivotnovodcheskikh kompleksov na oroshenie s uchetom okhrany okruzhayushchey sredy: obzornaya informatsiya* [The Use of Livestock Farms Wastewater for Irrigation with the Environment Protection: an overview]. Moscow, VNIITEISKH Publ., 60 p. (In Russian).

6 Kavgarenja A.N., Tanaš W. 2006. Ecological state of environment near complexes of animal production. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. vol. 51(1), pp. 60–63. (In English).

7 Surzhko O.A., Fedorchenko O.A. 2003. *Ekotekhnologiya utilizatsii stochnykh vod svinokompleksov s ispolzovaniem otkhodov proizvodstva* [Ecotechnology of wastewater utilization from pig breeding farms with effluent treatment]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Proceed. of the universities. North-Caucasian region. Technical sciences]. no. 1, pp. 67-73. (In Russian).

8 Surzhko O.A., Kulikova M.A. 2011. *Ekologicheskaya bezopasnost pri pererabotke i utilizatsii kontsentrirannykh po biogennym elementam zhidkikh otkhodov promyshlennykh predpriyatiy: monografija* [Ecological safety in the processing and recycling of biogenic elements concentrated by biogenic elements of liquid waste of the industrial enterprises: monograph]. Novocherkassk: SRSTU (NPI) Publ., 140 p. (In Russian).

9 Neverova O.P., Ilyasov O.P., Zueva G.V., Sharaviev P.V. 2015. *Sovremennye metody utilizatsii navozosoderzhashchikh i stochnykh vod* [Modern methods of utilization of manure containing drains and sewage]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bull. of the Urals]. no. 1, pp. 86-90. (In Russian).

10 Getmantsev S.V. 2004. *Ispolzovanie koagulyantov v vodopodgotovke Sibiri* [Use of Coagulants in Water Treatment of Siberia]. VST Publ., no. 10, pp. 6-8. (In Russian).

11 Dolina L.F. 2008. *Sovremennaya tekhnika i tekhnologii dlya ochistki stochnykh vod ot soley tyazhelykh metallov* [Modern Techniques and Technologies for Sewage Treatment from Heavy Metal Salts: monograph]. Dnepropetrovsk, Continent Publ., 254 p. (In Russian).

12 Velyaev Yu.O., Mayorov D.V., Matveev V.A. 2013. *Issledovaniya effektivnosti primeneniya alyumosilikatnogo koagulyanta na osnove nefelina* [Investigating the efficiency of using nepheline-based aluminosilicate coagulant]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique]. no. 3, p. 3, pp. 32-37. (In Russian).

13 Kruchinina N.Ye., Timasheva N.A., Ivantsova N.A., Alekseeva M.A. 2013. *Novye koagulyanty flokulyanty v ochistke stochnykh vod* [New coagulants-flocculants in wastewater treatment]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and Ecology: Problems and Solution]. no. 4(56), pp. 36-40. (In Russian).

---

**Матвиенко Анна Олеговна**

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Matvienko Anna Olegovna**

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Домашенко Юлия Евгеньевна**

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: начальник отдела

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

**Domashenko Yuliya Yevgenyevna**

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Head of the Department

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

**Васильев Сергей Михайлович**

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заместитель директора по науке

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)

**Vasilyev Sergey Mikhaylovich**

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Deputy Director of Science

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru)