

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.862:632.15

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-1-17

Исследования влияния реагентной обработки животноводческих стоков на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Анастасия Витальевна Редина¹, Юлия Евгеньевна Домашенко²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
Новочеркасск, Российская Федерация

¹stasya23bag@mail.ru

²domachenko_u@list.ru

Аннотация. Цель: исследование влияния реагентной обработки животноводческих стоков на концентрацию и состав газовых выбросов, рассеивание их в атмосфере и установление расчетной санитарно-защитной зоны. **Материалы и методы.** Эксперимент проводился в лабораторных условиях. Изучались три колбы: животноводческие стоки (стадия А), животноводческие стоки, предварительно обработанные известковым молоком дозой 1,5 г/дм³ и смесью суспензии фосфогипса и ортофосфорной кислоты дозой 9,8 г/дм³ (стадия В), и животноводческие стоки, обработанные обожженным дефекатом дозой 0,1 г/дм³ (стадия С). **Результаты и обсуждения.** На основе полученных результатов эксперимента можно сделать вывод, что после обработки обожженным дефекатом наблюдается эффект дезодорации, в частности уменьшаются концентрации загрязняющих веществ. Например, концентрация аммиака и сероводорода снизилась в среднем на 75–80 %, а метилмеркаптанов и диоксида серы на 80–90 %, что позволило сократить расчетную санитарно-защитную зону свиноводческого хозяйства в 2 раза. **Выводы.** Физико-химическая подготовка животноводческих стоков (обработка известковым молоком и суспензией фосфогипса, обожженным дефекатом) и установка бортовых отсосов на очистных сооружениях позволили уменьшить санитарно-защитную зону свиноводческого хозяйства с 3350 до 1600 м.

Ключевые слова: животноводческие стоки, свиноводческие хозяйства, санитарно-защитная зона, фосфогипс, реагентная обработка

ECOLOGY

Original article

Studies of the influence of livestock waste reactant treatment on pollutant emissions into the air

Anastasiya V. Redina¹, Yuliya Ye. Domashenko²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹stasya23bag@mail.ru

²domachenko_u@list.ru

Abstract. Purpose: to study the effect of reactant treatment of livestock wastewater on the concentration and composition of gas emissions, their dispersion in atmosphere and the formation of a calculated sanitary protection zone. **Materials and Methods.** The experiment was carried out under laboratory conditions. Three flasks were studied: livestock waste-



water (stage A), livestock wastewater pretreated with lime milk at a dose of 1.5 g/dm³ and a mixture of a suspension of phosphogypsum and orthophosphoric acid at a dose of 9.8 g/dm³ (stage B), and livestock effluents treated with burnt defecate with a dose of 0.1 g/dm³ (stage C). **Results and Discussions.** On the basis of the experimental results obtained, it can be concluded that after treatment with a fired defecate, a deodorization effect is observed, in particular, the concentration of pollutants decreases. For example, the concentration of ammonia and hydrogen sulfide decreased by an average of 75–80 %, and that of methyl mercaptans and sulfur dioxide by 80–90 %, which made it possible to reduce the estimated sanitary protection zone of the pig breeding farm by 2 times. **Conclusions.** Physicochemical preparation of livestock effluents (treatment with lime milk and a suspension of phosphogypsum, burnt defecate) and the installation of lateral exhausts at treatment facilities made it possible to reduce the sanitary protection zone of the pig-breeding farm from 3350 to 1600 m.

Keywords: livestock wastes, hog farms, sanitary protection zone, phosphogypsum, reactant treatment

Введение. В результате деятельности свиноводческих хозяйств в атмосферу поступают несколько типов газообразных соединений (метилмерcaptан, сероводород, диоксид серы, диоксид азота и др.), которые имеют специфический запах и концентрируются над очистными сооружениями и накопителем. Происходит загрязнение не только атмосферного воздуха, но и всей окружающей среды, в т. ч. поверхностных и подземных вод, почвы [1–4].

Среди загрязнителей воздуха животноводческих комплексов, специализирующихся на выращивании свиней, можно выделить газы, взвешенные частицы, токсические продукты микробиологической активности, патогенные микроорганизмы, переносимые воздухом. Формируется неприятный запах из-за навоза и помета, останков животных (гниение), корма (из-за различных составляющих, особенно рыбной муки). В комплексах образуется пыль за счет животных и птиц (ворсинки, пух, десквамация), подстилки, корма и др. В помещениях, где содержатся животные, в воздухе находятся взвешенные пылевые частицы, служащие местом размножения патогенных микроорганизмов [5–7].

Целью работы являлось изучение воздействия реагентной обработки животноводческих стоков на состав и концентрации газовых выбросов с уточнением санитарно-защитной зоны.

Материалы и методы. Исследования проводились в три этапа. Пер-

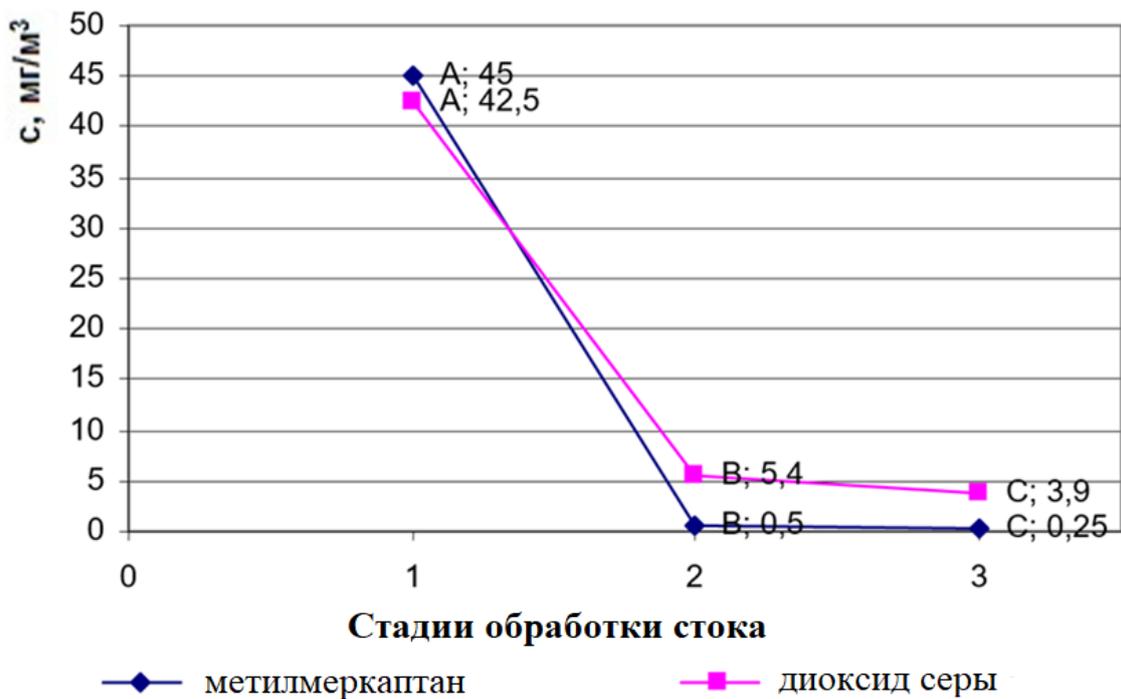
вый опыт (стадия А) заключался в изучении животноводческих стоков, поступающих непосредственно с комплексов, без предварительной обработки. Во втором опыте (стадия В) животноводческие стоки обрабатывались 10% известковым молоком и смесью фосфогипса и ортофосфорной кислоты в соотношении 500:1 [8]. В третьем опыте (стадия С) в животноводческие стоки вносился раствор 10% обожженного дефекаата.

Первый цилиндр объемом 1000 мл содержал необработанные животноводческие стоки (стадия А). Во втором цилиндре животноводческие стоки объемом 1000 мл обрабатывались растворами реагентов: известковым молоком дозой 1,5 г/дм³ (по СаО) и смесью суспензии фосфогипса и ортофосфорной кислоты дозой 9,8 г/дм³ (по Р₂О₅) (стадия В). В третий цилиндр помещались животноводческие стоки с добавлением обожженного дефекаата дозой 0,1 г/дм³ (по СаО) (стадия С). Растворы реагентов в указанных выше концентрациях вносились в цилиндры с животноводческими стоками. Замеры выбросов замерялись над цилиндрами на высоте 2 см над жидкостью с помощью прямых измерений с применением индикаторных трубок для определения метилмеркаптана, сероводорода, аммиака, диоксида серы, диоксида азота¹.

Результаты и обсуждения. Изменение концентраций метилмеркаптана, сероводорода, аммиака, диоксида серы, диоксида азота на различных стадиях обработки с учетом выборочной совокупности представлено на рисунке 1.

По результатам проведенных лабораторных исследований установлено, что снижение концентрации аммиака и сероводорода происходит на стадии В и достигает значений 75–80 %, а для метилмеркаптана и диоксида серы – 80–90 %. Снижение концентрации сероводорода происходит на стадии С с эффективностью 100 %.

¹ГОСТ Р 51712-2001. Трубки индикаторные. Общие технические условия [Электронный ресурс]. Введ. 2002-01-01. М.: Стандартинформ, 2006. 15 с. URL: <http://www.oooimpuls.spb.ru/gost/gost51712-2001.pdf> (дата обращения: 20.08.2021).



a



б

a – метилмеркаптан и диоксид серы; *б* – аммиак и сероводород

Рисунок 1 – Изменение содержания газов (с, мг/дм³) на различных стадиях обработки

Описанное явление в виде сокращения выбросов загрязняющих веществ можно объяснить гибелью бактерий, которые аммонифицируют белок (*V. disulfuricans*), бактерий, которые аммонифицируют мочевины (*V. desulfuricans*), восстанавливают сульфаты до H_2S (*Tn. denitrificans*), превращают нитраты в аммиак и азот, и *Cl. pasterianum*, которые вызывают масляно-кислое брожение.

На стадии С оставшееся незначительное количество соединений аммиака, сероводорода и иных веществ химически связывается обожженным дефекатом при отсеивании смеси в течение 1,0–1,5 ч.

Технические решения позволят сократить выбросы в атмосферу с поверхности отстойника. Установка бортовых отсосов позволяет улавливать загрязняющие соединения над поверхностью накопителя с дальнейшей очисткой их в зернистых фильтрах-адсорберах [9].

Для расчета рассеивания газовых выбросов от отстойника свиноводческих хозяйств была использована универсальная программа «Эколог-4.5». Программа реализует положение Приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». В зависимости от выбранного расчетного модуля можно по данным об источниках выброса веществ и условиях местности рассчитать максимально возможные разовые (осредненные за 20–30-минутный интервал) концентрации веществ в приземном слое, осредненные за длительный период концентрации веществ, вычислить риск по проведенным расчетам рассеивания.

Одновременно были определены размеры санитарно-защитной зоны при испарении с поверхности необработанных и предварительно прошедших реагентную обработку животноводческих стоков (рисунки 2–9).

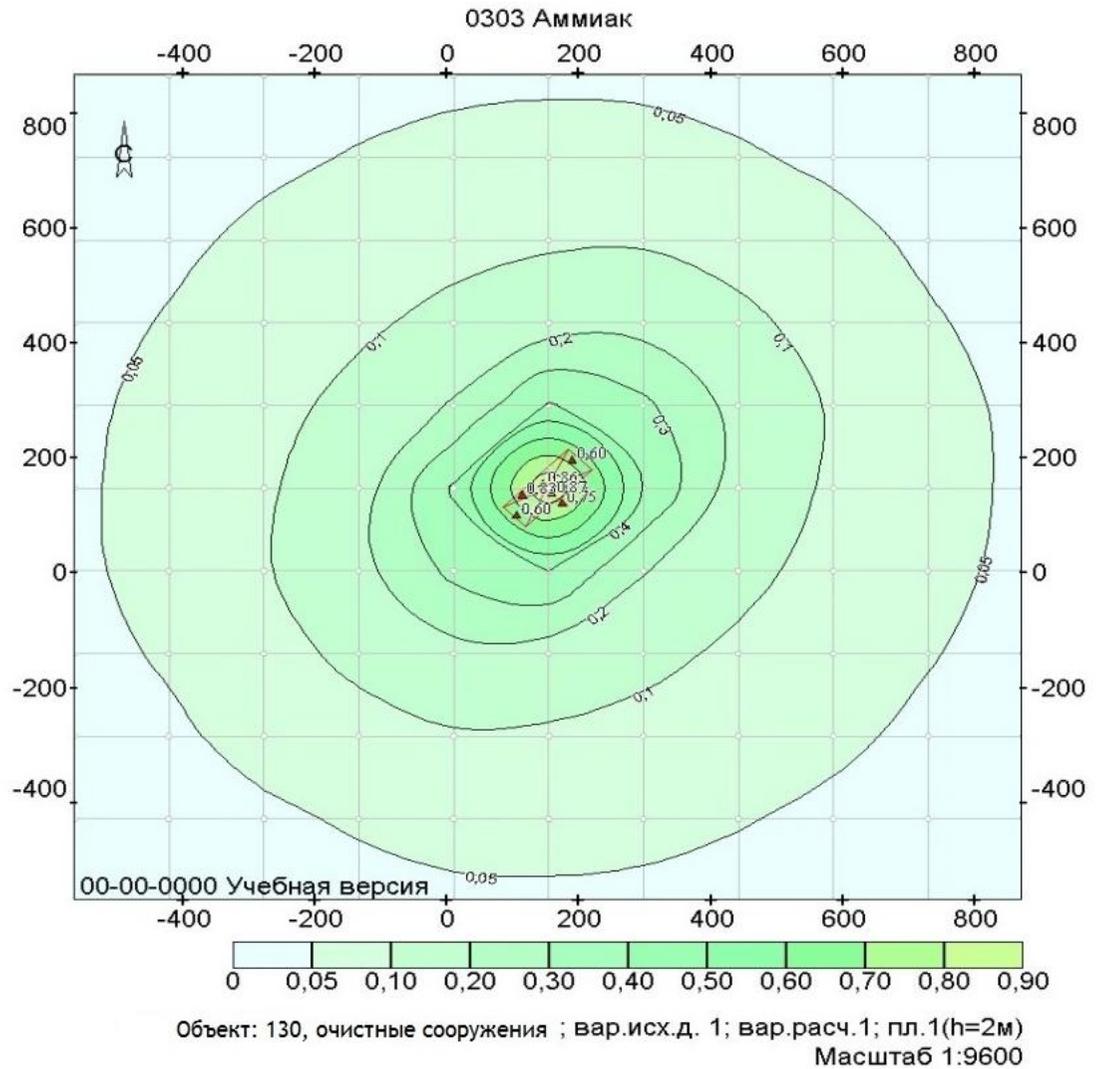
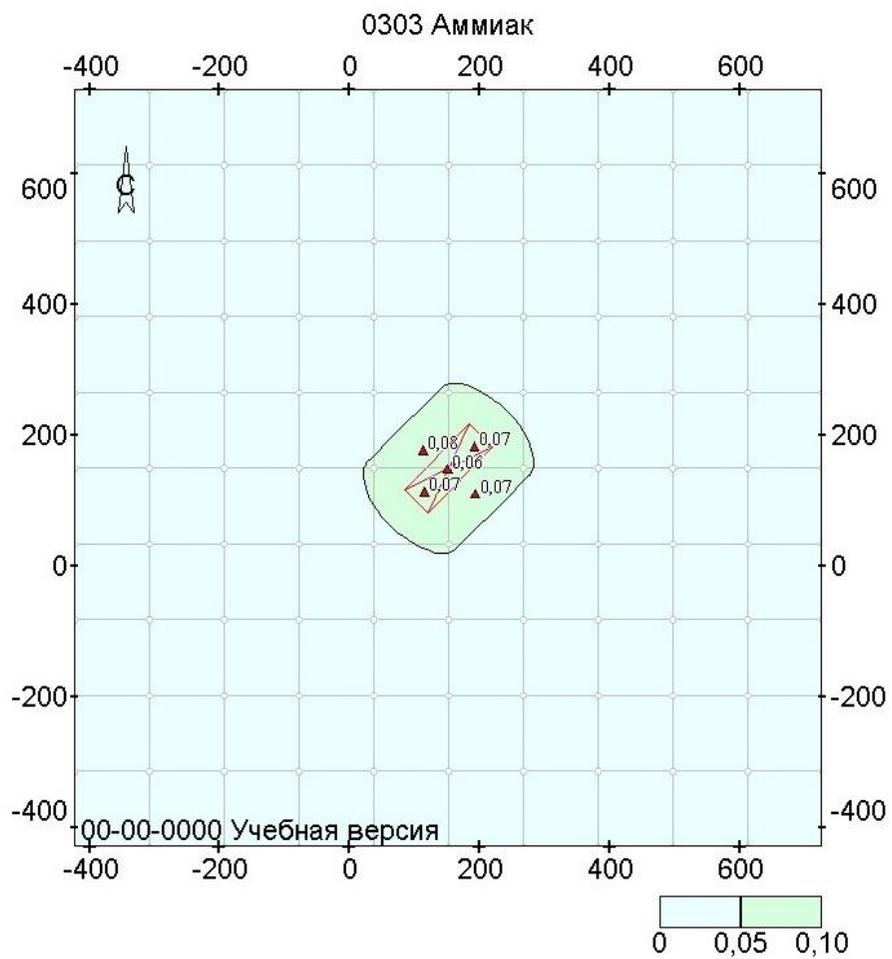


Рисунок 2 – Динамика концентрации аммиака до реагентной обработки



130, очистные сооружения; вар.исх.д. 1; вар.расч.2; пл.1(h=2м)
Масштаб 1:10000

**Рисунок 3 – Динамика концентрации аммиака
после реагентной обработки**

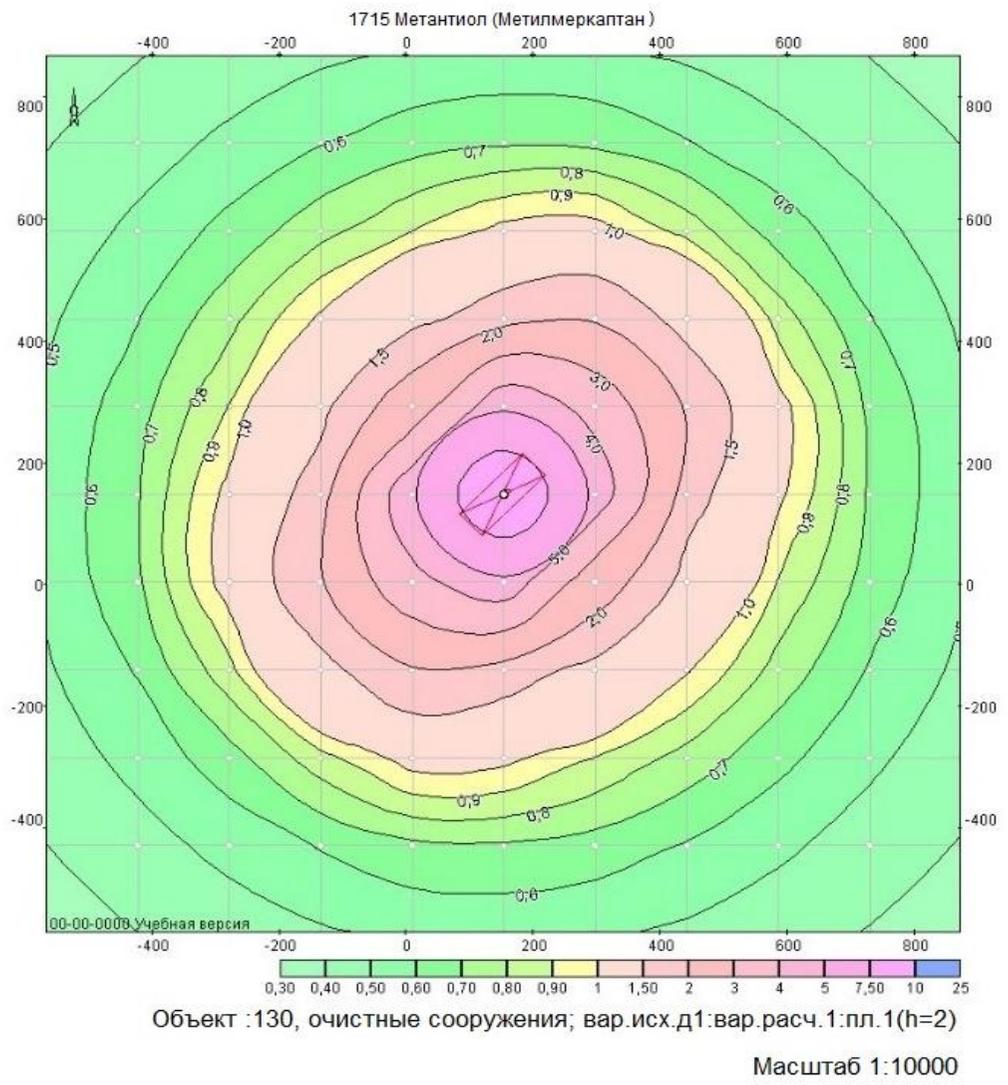
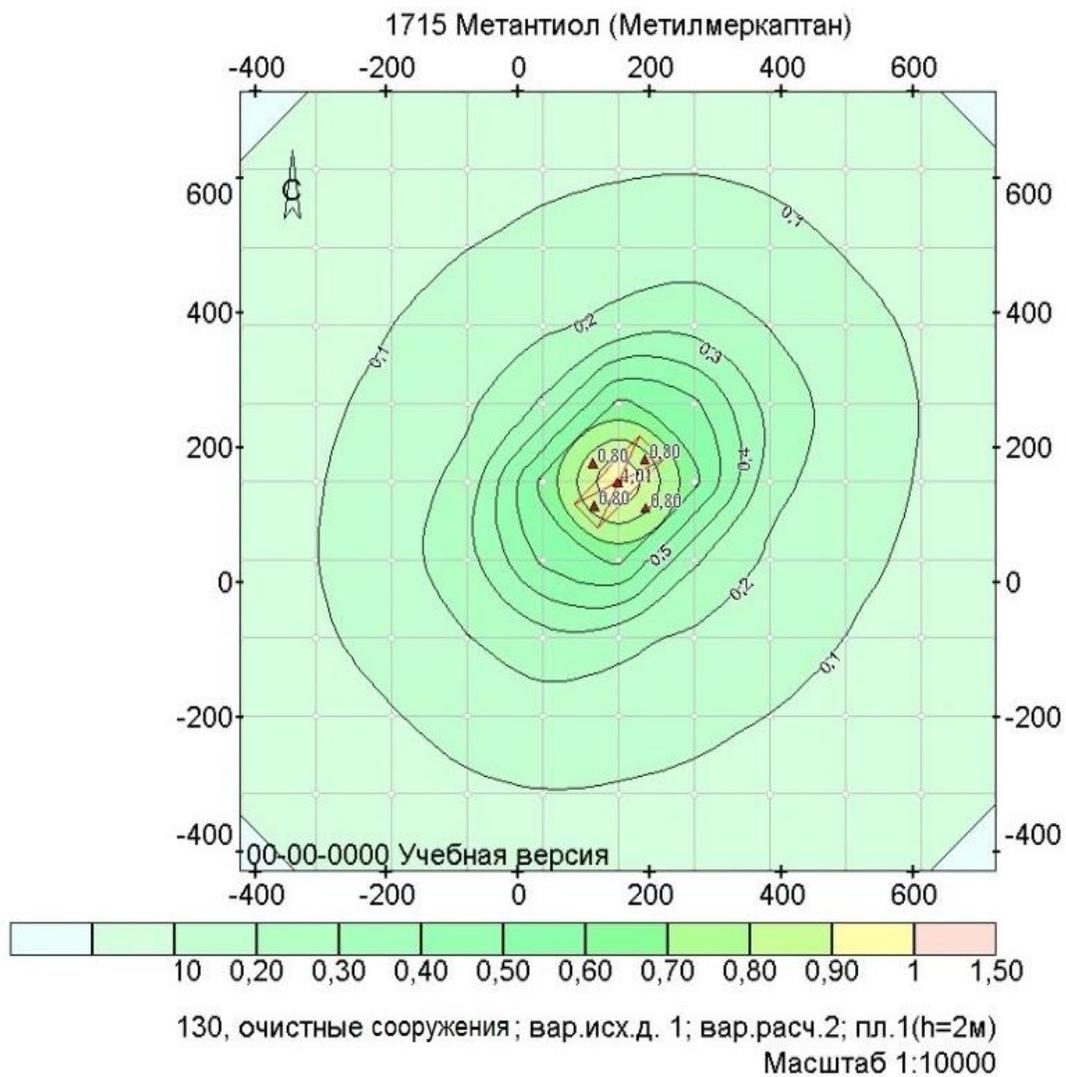


Рисунок 4 – Динамика концентрации метилмеркаптана до реагентной обработки



**Рисунок 5 – Динамика концентрации метилмеркаптана
после реагентной обработки**

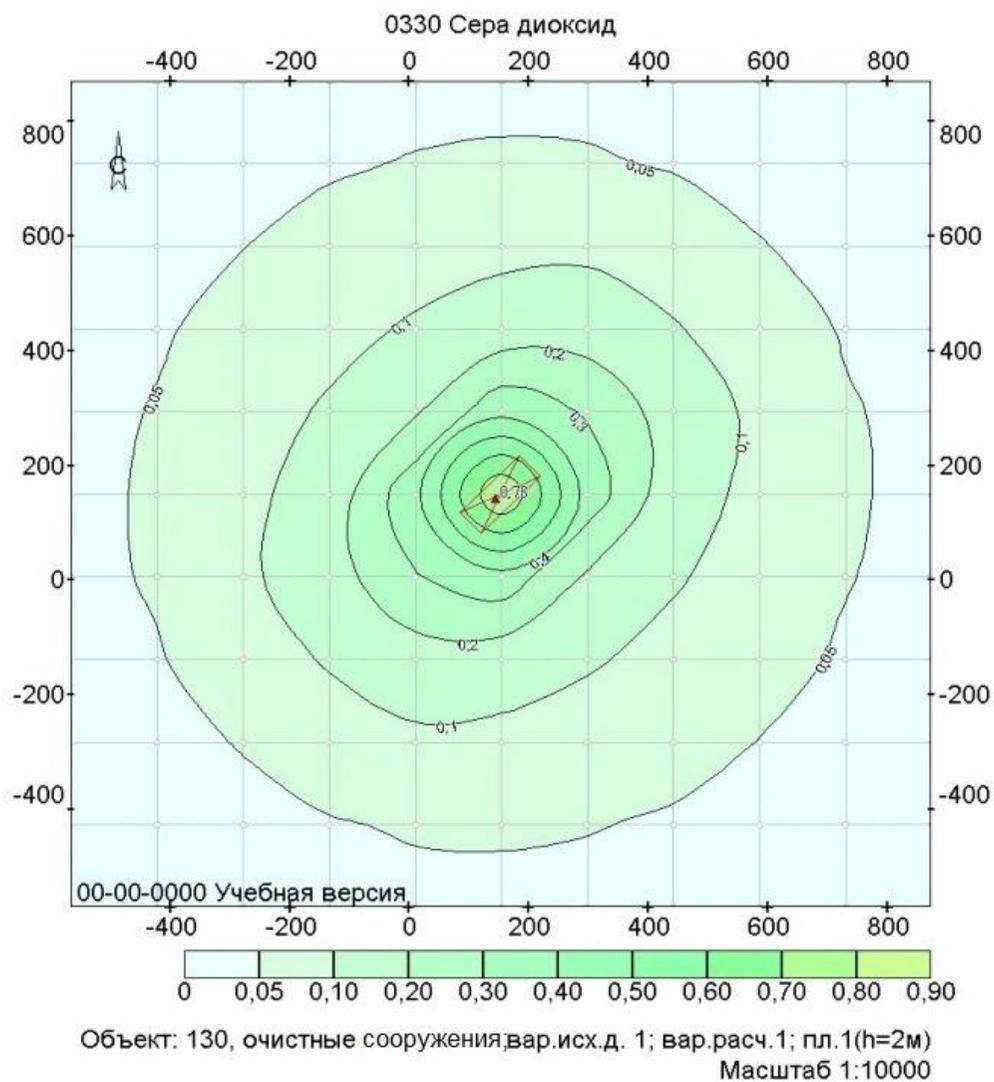
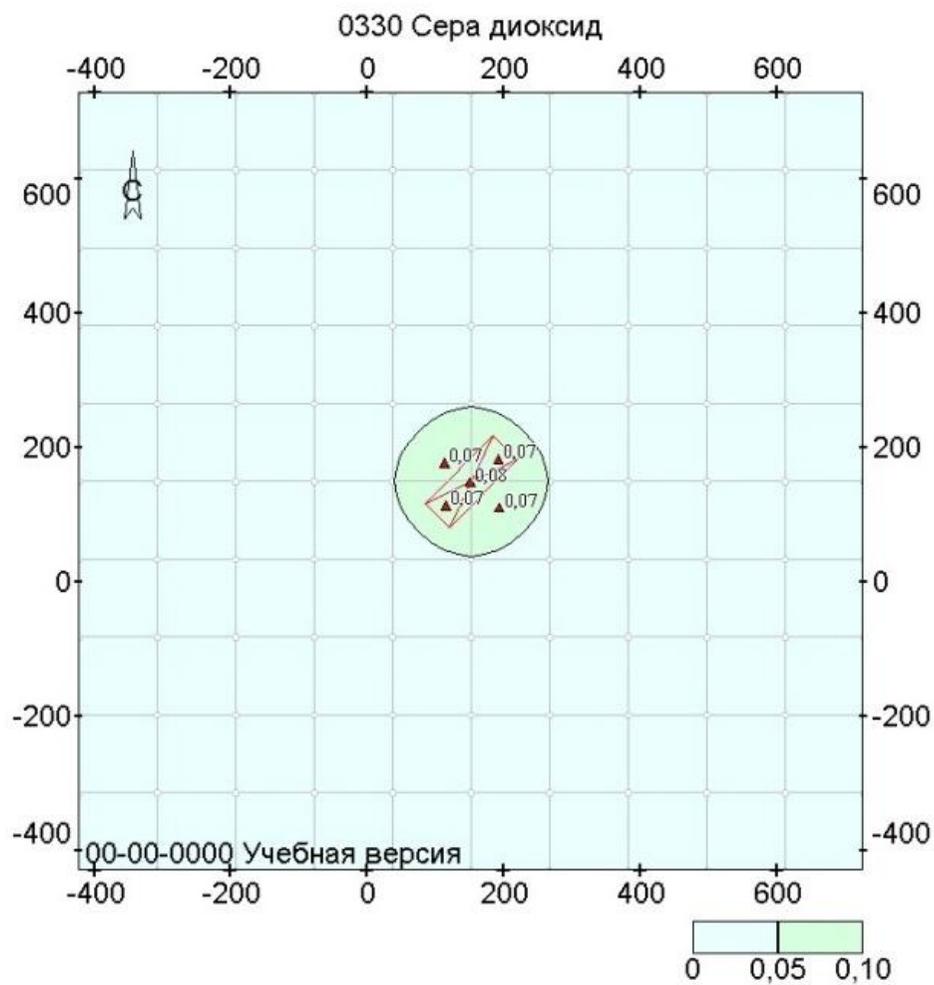


Рисунок 6 – Динамика концентрации диоксида серы до реагентной обработки



130, очистные сооружения; вар.исх.д. 1; вар.расч.2; пл.1(h=2м)
Масштаб 1:10000

**Рисунок 7 – Динамика концентрации диоксида серы
после реагентной обработки**

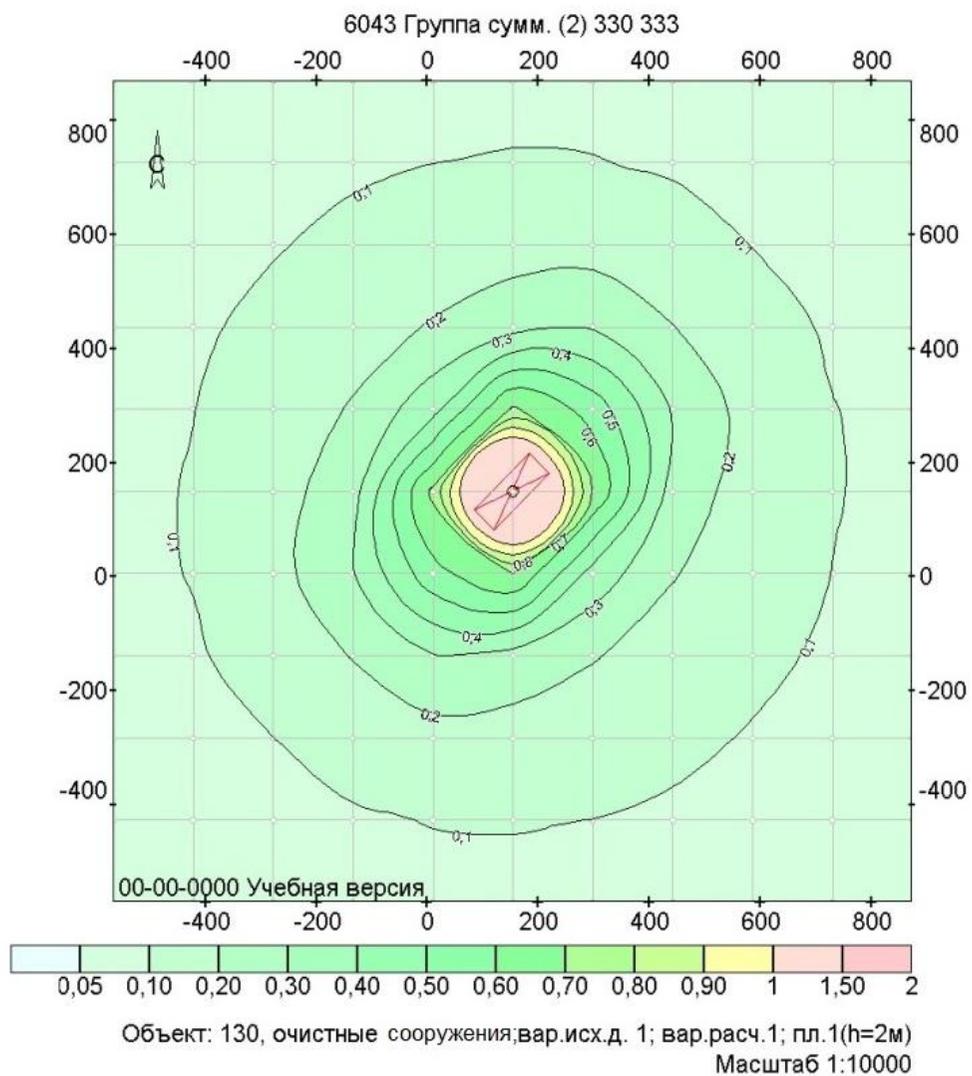
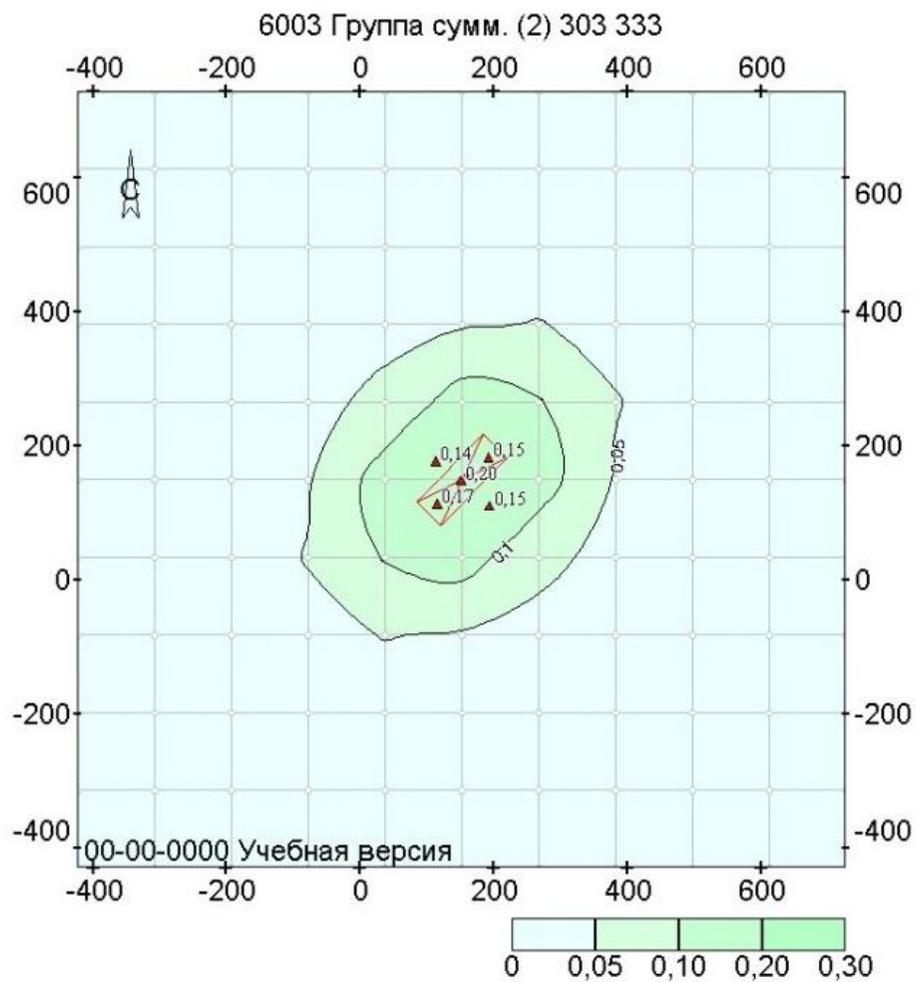


Рисунок 8 – Динамика концентрации соединений группы суммации до реагентной обработки



130, очистные сооружения; вар.исх.д. 1; вар.расч.2; пл.1(h=2м)
Масштаб 1:10000

Рисунок 9 – Динамика концентрации соединений группы суммации после реагентной обработки

Динамика концентраций показала, что реагентная подготовка с использованием обожженного дефеката и предлагаемые технические решения позволят снизить количество загрязняющих веществ до допустимых значений и соответственно уменьшить расчетную санитарно-защитную зону свиноводческого хозяйства с 3350 до 1600 м. Нормативная санитарно-защитная зона для животноводческих хозяйств, специализирующихся на выращивании свиней, согласно п. 7.1.11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» находится в пределах 1000 м.

На основе полученных расчетных данных были откорректированы размеры санитарно-защитной зоны с учетом концентраций и динамики распределения загрязняющих веществ в атмосфере (рисунок 10) [10].

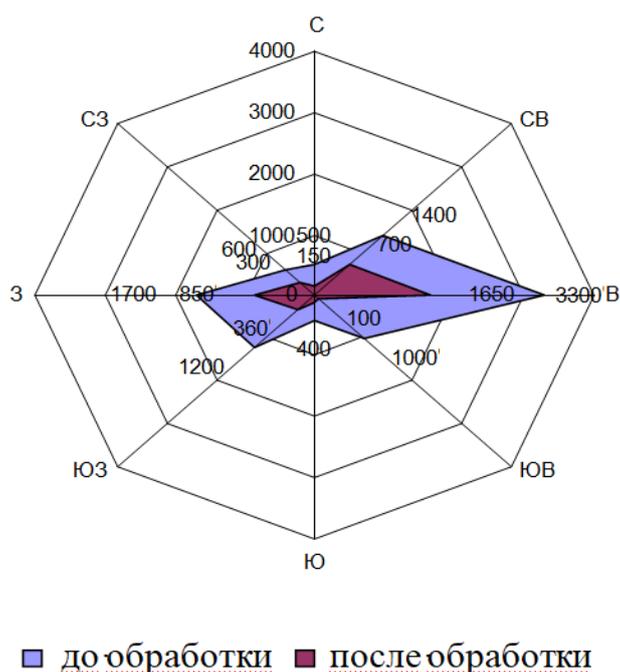


Рисунок 10 – Размеры санитарно-защитной зоны до и после корректировки

Выводы. На основе проведенных лабораторных исследований установлено, что в результате обработки животноводческих стоков обожженным дефекатом наблюдается снижение концентрации в атмосферном воздухе таких веществ, как аммиак и сероводород, на 75–80 %, а метилмер-

каптанов и диоксида серы на 80–90 %. Физико-химическая подготовка животноводческих стоков (обработка известковым молоком и суспензией фосфогипса, обожженным дефекатом) и установка бортовых отсосов на очистных сооружениях позволили уменьшить санитарно-защитную зону свиноводческого хозяйства с 3350 до 1600 м.

Список источников

1. Водяников В. И., Николаев С. И., Шкаленко В. В. Экологические проблемы животноводческих комплексов // Стратегическое эколого-экономическое развитие регионов и муниципальных образований в условиях глобализации. 2017. С. 212–218.
2. Пискун В. И. Выбросы парниковых газов при подготовке стоков к использованию на комплексах по производству свинины // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2013. № 109-2. С. 131–135.
3. Дубин О. М., Василенко О. В. Экологическая оценка состава атмосферного воздуха в зоне животноводческих комплексов // Сборник научных трудов Уманского национального университета садоводства. 2014. Т. 85. С. 19–25.
4. Андреев Л. Н., Басуматорова Е. А. Мониторинг состояния воздушной среды вблизи крупных животноводческих комплексов Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5. С. 179–181.
5. Федорченко М. А., Суржко О. А. Экотехнология утилизации сточных вод свинокомплексов с использованием отходов производства // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2003. № 1. С. 67–73.
6. Кешева Л. А., Теунова Н. В. Влияние животноводческого комплекса на атмосферный воздух // Доклады Адыгской (Черкесской) международной академии наук. 2020. Т. 20, № 1. С. 73–78.
7. Туева О. В. Правовая охрана атмосферного воздуха от загрязнения в процессе сельскохозяйственного производства // Аграрное и земельное право. 2006. № 4. С. 101–110.
8. Пат. 2379236 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/58. Способ подготовки животноводческих сточных вод для сельскохозяйственного использования / Домашенко Ю. Е., Дорошко В. Н.; заявители и патентообладатели Домашенко Ю. Е., Дорошко В. Н. № 2009114816/05; заявл. 06.06.08; опубл. 20.01.10, Бюл. № 2. 8 с.
9. Расчет бортового отсоса в зависимости от количества вредных веществ испаряющихся с поверхности сточной воды (отсос): пат. 2008614695 / Домашенко Ю. Е., Калинин П. В., Суржко О. А. № 2008613579; заявл. 31.07.08; зарег. в реестре программ для ЭВМ 30.09.08.
10. Пат. 2645573 Российская Федерация, МПК С 09 F 1/58, С 09 F 11/14, В 09 В 3/00, С 05 F 3/00, С 05 F 5/00, С 05 F 103/20. Способ подготовки продуктов гидросмыва свиноводческих комплексов и ферм для сельскохозяйственного использования / Редина А. В., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2017107695; заявл. 07.03.17; опубл. 21.02.18, Бюл. № 6. 6 с.

References

1. Vodyannikov V.I., Nikolaev S.I., Shkalenko V.V., 2017. *Ekologicheskie problemy zhivotnovodcheskikh kompleksov* [Ecological problems of animal husbandry complexes]. *Strategicheskoe ekologo-ekonomicheskoe razvitie regionov i munitsipal'nykh obrazovaniy v*

usloviyakh globalizatsii [Strategic Ecological and Economic Development of Regions and Municipalities under Globalization], pp. 212-218. (In Russian).

2. Piskun V.I., 2013. *Vybrosy parnikovykh gazov pri podgotovke stokov k ispol'zovaniyu na kompleksakh po proizvodstvu svininy* [Greenhouse gas emissions during effluents preparation for utilization at complexes for the pork production]. *Nauchno-tehnicheskii byulleten' Instituta zhivotnovodstva Natsional'noy akademii agrarnykh nauk Ukrainy* [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine], no. 109-2, pp. 131-135. (In Russian).

3. Dubin O.M., Vasilenko O.V., 2014. *Ekologicheskaya otsenka sostava atmosfernogo vozdukha v zone zhivotnovodcheskikh kompleksov* [Environmental assessment of the atmospheric air composition in the zone of livestock complexes]. *Sbornik nauchnykh trudov Umanskogo natsional'nogo universiteta sadovodstva* [Proc. of Uman National University of Horticulture], vol. 85, pp. 19-25. (In Russian).

4. Andreev L.N., Basumatorova E.A., 2020. *Monitoring sostoyaniya vozduшной среды вблизи крупных животноводческих комплексов Тюменской области* [Monitoring of the air environment conditions near large livestock complexes in Tyumen region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 5, pp. 179-181. (In Russian).

5. Fedorchenko M.A., Surzhko O.A., 2003. *Ekotekhnologiya utilizatsii stochnykh vod svinokompleksov s ispol'zovaniem otkhodov proizvodstva* [Ecotechnology of waste water utilization of pig complexes with the use of production waste]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Higher Schools Bull. North Caucasian Region. Technical Sciences], no. 1, pp. 67-73. (In Russian).

6. Kesheva L.A., Teunova N.V., 2020. *Vliyanie zhivotnovodcheskogo kompleksa na atmosfernyy vozdukh* [The influence of the livestock complex on the atmospheric air]. *Doklady AdygsКОЙ (Cherkessкой) mezhdunarodnoy akademii nauk* [Reports of the Adyg (Circassian) International Academy of Sciences], vol. 20, no. 1, pp. 73-78. (In Russian).

7. Tueva O.V., 2006. *Pravovaya okhrana atmosfernogo vozdukha ot zagryazneniya v protsesse sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Legal protection of atmospheric air from pollution in the process of agricultural production]. *Agrarnoye i zemel'noe pravo* [Agrarian and Land Law], no. 4, pp. 101-110. (In Russian).

8. Domashenko Yu.E., Doroshko V.N., 2010. *Sposob podgotovki zhivotnovodcheskikh stochnykh vod dlya sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya* [Method of Livestock Wastewater Preparation for Agricultural Use]. Patent RF, no. 2379236. (In Russian).

9. Domashenko Yu.E., Kalinin P.V., Surzhko O.A., 2008. *Raschet bortovogo otsosa v zavisimosti ot kolichestva vrednykh veshchestv ispariyayushchikhsya s poverkhnosti stochnoy vody (otsos)* [Calculation of Lateral Exhaust Depending on the Amount of Harmful Substances Evaporating from the Surface of Waste Water (Suction)]. Patent RF, no. 2008614695. (In Russian).

10. Redin A.V., Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., 2018. *Sposob podgotovki produktov gidrosmyva svinovodcheskikh kompleksov i ferm dlya sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya* [Method of Preparing Products of Water Washout of Pig-breeding Complexes and Farms for Agricultural Use]. Patent RF, no. 2645573. (In Russian).

Информация об авторах

А. В. Редина – младший научный сотрудник;

Ю. Е. Домашенко – заместитель директора по науке в области мелиорации, доктор технических наук.

Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3, № 3. С. 1–17.
Ecology and water management. 2021. Vol. 3, no. 3. P. 1–17.

Information about the authors

A. V. Redina – Junior Researcher;

Yu. Ye. Domashenko – Deputy Director of Science in the Field of Land Reclamation, Doctor of Technical Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.01.2021; одобрена после рецензирования 09.09.2021; принята к публикации 09.09.2021.

The article was submitted 21.01.2021; approved after reviewing 09.09.2021; accepted for publication 09.09.2021.