О. А. Суржко, К. О. Оковитая

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА ОТ ЯИЦ ГЕЛЬМИНТОВ

Цель: разработка и усовершенствование способов обеззараживания объектов окружающей среды, в частности осадков бесподстилочного навоза, и изучение влияния температуры среды на яйца аскарид. **Материалы и методы.** Обработку осадков бесподстилочного навоза, получаемого после реагентного фракционирования 10% раствором известкового молока до pH 11 с последующим снижением pH до 7 суспензией двойного суперфосфата и гравитационным отстаиванием в течение 20 мин, проводили при температурах минус 5; 0; +5; +15 °C с экспозицией 5 сут. **Результаты.** Установлен эффект дегельминтизации осадков при использовании препаратов «Б» и «Т» (получены из проростков картофеля и тыквы), получаемый при температурах 20–25 °C. После воздействия препарата на осадок при плюсовых температурах развитие яиц, помещенных в благоприятные условия, происходит быстрее: при +15 °C до стадии личинки, в контроле – морулы. При температурах минус 5 и 0 °C через 20 сут экспозиции яиц в благоприятных условиях процент погибших яиц составляет 70–71 %, при температурах +5 и +15 °C – 87–97 %. **Выводы:** анализ экспериментальных результатов позволяет сделать вывод, что увеличение температуры, при которой проводили обработку растительными препаратами осадков бесподстилочного навоза, получаемого после реагентного его фракционирования, приводит к увеличению процента погибших яиц аскариды. Доказано, что выявленные растительные препараты оказывают овицидное действие независимо от температуры окружающей среды. Разработана технологическая схема дегельминтизации осадка (45 м³/сут), полученного после реагентного фракционирования бесподстилочного навоза, препаратами «Б» и «Т», дана оценка ее по критериям наилучших доступных технологий.

Ключевые слова: обеззараживание; бесподстилочный навоз; яйца гельминтов; препараты растительного происхождения; схема дегельминтизации.

О. А. Surzhko, K. O. Okovitaya

Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

RESEARCH OF DESINFECTION OF LIQUID MANURE SLUDGE FROM HELMINTH EGGS

Aim: development and improvement of disinfection methods of environmental objects, in particular liquid manure sediment and the study of environmental temperature impact on roundworm eggs. **Materials and methods.** The treatment of sediment of liquid manure obtained after reagent fractionation with a 10% solution of lime milk to pH 11, with further decrease of pH to 7 with a suspension of double superphosphate and gravity settling for 20 min, was carried out at temperatures minus 5; 0; +5; +15 °C with an exposure of 5 days. **Results.** The effect of sludge deworming obtained at temperatures of 20–25 °C using preparations “B” and “T” (obtained from potato and pumpkin sprouts) was determined. An analysis of the ex-

perimental results allows to conclude that an increase of temperature at which the treatment of liquid manure sludge by plant preparations was performed after its reagent fractionation, leads to an increase in the percentage of dead roundworm eggs. After the preparation exposure on sludge at the above-zero-temperatures, the eggs placed into favorable conditions develop faster: at +15 °C to the larval stage, under control – morula. At temperatures minus 5 and 0 °C, after 20 days of egg exposure under favorable conditions the percentage of dead eggs is 70–71 %, at temperatures +5 and +15 °C it is 87–97 %. **Conclusions:** an analysis of the experimental results allows to conclude that the temperature rise at which the treatment of sediments of liquid manure obtained after its reagent fractionation with plant preparations is done leads to an increase in dead roundworm eggs percentage. It is proved that the identified plant preparations have an ovicidal effect regardless of the ambient temperature. A technological scheme for the sludge deworming (45 m³/day) obtained after reagent fractionation of liquid manure with B and T preparations was developed, its assessment by the criteria of the best available technologies was made.

Key words: disinfection; liquid manure; worm eggs; plant preparations; dehelminthisation scheme.

Введение. Биологическая очистка высококонцентрированных по патогенным микроорганизмам и яйцам гельминтов сточных вод является недостаточно эффективной даже для последующего использования очищенных вод на сельскохозяйственных полях орошения. Из таких сточных вод целесообразно выделять ценные для сельскохозяйственных угодий элементы, такие как азот, фосфор, калий, а очищенную воду использовать для удобрительных поливов.

Известные способы обеззараживания пены из электрофлотокоагуляционной установки и осадков бесподстилочного навоза – физические, механические – являются малорентабельными и недостаточно эффективными, а химические средства дезинвазии имеют негативные экологические последствия для природных ассоциаций, и некоторые из них запрещены в РФ. Внесение таких осадков в качестве удобрений в почву представляет угрозу загрязнения ее химическими соединениями, что, в свою очередь, может ухудшить качество подземных вод и биогеоценозы почв.

В связи с этим становится очевидна актуальность и своевременность изыскания новых средств и разработки способов дегельминтизации осадков бесподстилочного навоза с помощью экологически безопасных препаратов растительного происхождения [1, 2]. Известен новый препарат «Бингсти», изготовленный из сухих проростков картофеля, применяемый

в микродозах, но он обеспечивает дегельминтизацию только хозяйственно-бытовых сточных вод и их осадков [3].

О влиянии температуры на сроки развития и жизнеспособность яиц гельминтов, находящихся в различных средах, имеются многочисленные литературные данные. Определена температурная ниша в интервале от 17 до 30 °С, в которой скорость развития яиц гельминтов прямо пропорциональна температуре нагрева среды. Температуры выше 30 °С яйцами гельминтов переносятся хуже, чем температуры ниже 17 °С, а при 55–60 °С яйца гибнут. К действию низких температур яйца аскарид более устойчивы, чем яйца других гельминтов. Замораживание несегментированных и зрелых яиц при температуре от минус 1 до минус 5 °С в течение 3 месяцев несколько задерживает темпы последующего превращения яиц. Яйца, находящиеся на более поздних стадиях развития, почти все погибают, а оставшиеся живыми очень медленно завершают переход к личиночной стадии. При снижении температуры до минус 25 °С яйца аскарид гибнут через 27 сут, незрелые же яйца выживают в течение 40 сут. Температурные условия отражаются на скорости потребления жира развивающимися и сформированными личинками внутри яиц. С уменьшением запасов жира снижается инвазионная способность аскарид. Именно жировые запасы в теле личинок аскарид могут служить показателем сроков пребывания их во внешней среде.

Методика. Обработку осадков бесподстильного навоза, получаемого после реагентного фракционирования 10% раствором известкового молока до рН 11 с последующим снижением рН до 7 суспензией двойного суперфосфата и гравитационным отстаиванием в течение 20 мин, проводили при температурах минус 5; 0; +5; +15 °С с экспозицией 5 сут. Осадок с концентрацией (кг/м³) по сухому остатку 52, влажностью 95,1 % обладал удельным сопротивлением $49,5 \cdot 10^{10}$ см/г. По истечении 5 сут яйца аскарид, которые вводились в осадок в количестве 600–800 экз. в каждом опыте, находились на стадии бластомера. Они подверглись действию исследуемых

препаратов, для чего их помещали в благоприятные условия развития. Яйца отмывали, помещали на мембранные фильтры, в чашках Петри ставили в термостат при температуре 35–37 °С. На фильтрах яйца периодически увлажняли. Контроль за последующим развитием и жизнеспособностью яиц осуществляли каждые 10 сут в течение 40 дней. Контролем служили яйца аскариды, находившиеся в осадке 5 сут при температурах опыта (минус 5 – плюс 15 °С) и также помещенные в благоприятные условия.

Результаты исследования. Анализ экспериментальных результатов позволяет сделать вывод, что увеличение температуры, при которой проводили обработку растительными препаратами осадков бесподстилочного навоза, получаемого после реагентного его фракционирования, приводит к увеличению процента погибших яиц аскариды. После воздействия препарата на осадок при плюсовых температурах развитие яиц, помещенных в благоприятные условия, происходит быстрее: при +15 °С до стадии личинки, в контроле – морулы. При температурах минус 5 и 0 °С через 20 сут экспозиции яиц в благоприятных условиях процент погибших яиц составляет 70–71 %, при температурах +5 и +15 °С – 87–97 %. При сроках наблюдения 30–40 сут отмечаем видимую гибель яиц после воздействия препаратов на осадок при всех температурах, причем определить стадии, на которых наступила гибель яиц, затруднительно, так как основная масса яиц была деформирована. Результаты, полученные при сроках наблюдения 20–40 сут, позволяют сделать предположение о том, что гибель яиц началась на клеточном уровне в ранние сроки, в течение которых яйца гибнут на стадии морулы. При температуре +15 °С наблюдаем стимулирующий эффект действия препаратов и яйца гибнут на стадии личинки (таблица 1). Процесс дегельминтизации осадков бесподстилочного навоза мало подвержен влиянию температурного фактора, что облегчает технологическую эксплуатацию при внедрении этого способа дезинвазии в практику.

Таблица 1 – Результаты опытов по изучению влияния температуры на овицидный эффект с учетом особенностей развития и гибели яиц гельминтов

Срок наблю- дения	Процент погибших яиц и стадия гибели при температуре											
	–5 °С			0 °С			+5 °С			+15 °С		
	$M \pm m$	стадия развития	контроль	$M \pm m$	стадия развития	контроль	$M \pm m$	стадия развития	контроль	$M \pm m$	стадия развития	контроль
10 сут	18,1 ± 1,2	Б	7,6 ± 0,8 – Б*	36,9 ± 1,4	5,1 % – Б 31,8 % – М	6,9 ± 0,8 – М	62,5 ± 1,0	М	7,1 ± 0,9 – М	82,3 ± 1,1	14 % – М 68,3 % – Л	7,3 ± 0,7 – М
20 сут	69,9 ± 1,1	19,1 % – Б 47,6 % – М 3,2 % – Л	7,8 ± 0,9 – Б*	72,1 ± 0,9	6,1 % – Б 48,3 % – М 17,7 % – Л	7,5 ± 0,7 – М*	86,7 ± 0,9	70,2 % – М 16,5 % – Л	7,3 ± 0,9 – М*	97,3 ± 0,5	15 % – М 82,3 % – Л	7,6 ± 0,9 – М*
30 сут	96,8 ± 0,7	20,5 % – Б 52,2 % – М 14,1 % – Л	7,9 ± 0,6 – Б*	98,8 ± 0,5	6,5 % – Б 63 % – М 29,3 % – Л	7,9 ± 0,7 – М*	98,9 ± 0,5	77,4 % – М 21,5 % – Л	6,8 ± 0,6 – М*	99,5 ± 0,6	16,3 % – М 82,3 % – Л	7,4 ± 0,9 – М*
40 сут	99,2 ± 0,5	20,5 % – Б 55,1 % – М 13,6 % – Л*	7,4 ± 0,6 – Б*	99,3 ± 0,5	6,9 % – Б 64,2 % – М 28,2 % – Л*	7,1 ± 0,6 – М*	99,3 ± 0,6	79,1 % – М 21,2 % – Л*	7,3 ± 0,7 – М*	99,8 ± 0,4	16,3 % – М 83,5 % – Л*	7,5 ± 0,6 – М*
Примечание – Б – blastomeres; Б* – blastomeres деформированный; М – morula; М* – morula деформированная; Л – личинка; Л* – личинка деформированная.												

Необходимо отметить, что с января 2020 г. не допускается выдача разрешения на ввод в эксплуатацию объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, если на нем применяются технологические процессы с технологическими показателями, превышающими технологические показатели наилучших доступных технологий [4]. Однако мероприятия по обеспечению перехода различных министерств и ведомств на принципы наилучших доступных технологий до сих пор не носят системного характера, они представляют собой компромисс между возможностями промышленности и требованиями в области природопользования.

Разработана схема обеззараживания от яиц гельминтов для свинокомплекса на 4 тыс. голов с суточным расходом бесподстильного навоза 45 м^3 (рисунок 1). Карантинные емкости рассчитаны из условия, что объем осадка равен 56 % от расхода, поступающего на реагентное фракционирование жидкого навоза. Технология дегельминтизации предусматривает время экспозиции препарата «Б» 3 сут, препарата «Т» – 2 сут. Количество карантинных емкостей первой ступени 3 для удобства эксплуатации соответствует времени экспозиции препарата «Б».

1 – промежуточная накопительная емкость; 2 – дозатор препарата «Б»; 3 – карантинные емкости $V = 60 \text{ м}^3$; 4 – дозатор препарата «Т»; 5 – карантинные емкости $V = 90 \text{ м}^3$

Рисунок 1 – Схема дегельминтизации осадков сточных вод свинокомплексов

Объем емкостей второй ступени 5 обеспечивает необходимое время контакта с препаратом «Т». С учетом вязкости обрабатываемого осадка днища емкостей должны устраиваться с уклоном не менее 60°. Осадок, обработанный растительными препаратами «Б» и «Т», удовлетворяет требованиям к паразитологическим показателям качества (менее 1 в 1 дм³) и рекомендуется для удобрения сельхозугодий.

Биологический способ обеззараживания с высоким содержанием *Ascaris suum*, разработанный авторами, можно отнести к зеленой технологии. Для обеззараживания применяют растительные препараты в гомеопатических дозах, не влияющих на биоценозы окружающей среды. При пересчете на промышленные объемы первый препарат возможно применять в дозировке 1,0–0,1 г/м³ с последующим добавлением через 3 сут препарата, изготовленного из проростков тыквы, при норме его расхода 0,1 г/м³. Полученные дозы соответствуют рекомендациям СанПиН 3.2.3215-14 «Профилактика паразитарных болезней на территории РФ» по применению овицидного препарата «Пуролат Бингсти». В течение 2 сут их совместного действия происходит дегельминтизация животноводческих стоков. Препараты растительного происхождения, производство которых не влияет на окружающую среду, оказывают обеззараживающее действие на *Ascaris suum* в сточных водах свиноводческих комплексов. Работа авторов защищена патентами РФ [5, 6]. Выполненное экспериментальное исследование соответствует направлению ресурсосбережения, так как обеззараженный осадок может использоваться в качестве органического удобрения [7]. Необходимо отметить, что применяемое до сих пор безреагентное обеззараживание осадков сточных вод трудно отнести к наилучшим доступным технологиям применительно к осадкам бесподстильного навоза [8]. Для глубокой санитарно-паразитологической и экономической оценки разработанного метода обеззараживания необходимо использовать современные российские и зарубежные методики [9, 10]. В данной статье

не рассматривались экономические показатели производства изученного овицидного препарата.

Выводы. Экспериментально исследована эффективность обеззараживания осадков бесподстилочного навоза от яиц гельминтов препаратами, изготовленными из проростков картофеля и тыквы. Исследование влияния температуры на эффективность действия биопрепаратов показало, что процесс дегельминтизации мало подвержен влиянию температурного фактора. Предложена технологическая схема биологического обеззараживания осадков бесподстилочного навоза свинокомплексов от *Ascaris suum*. Обеззараживание не требует энергетических затрат и по большинству критериев наилучших доступных технологий удовлетворяет природоохранным требованиям.

Список использованных источников

1 Оковитая, К. О. Биологический способ обеззараживания сточных вод свиноводческих комплексов / К. О. Оковитая, О. А. Суржко // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5115>.

2 Суржко, О. А. Эффективность очистки сточных вод свинокомплексов от патогенных энтеробактерий и биогенных элементов на сооружениях биологической очистки / О. А. Суржко, С. В. Головина; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск, 1999. – 7 с.

3 Грибова, О. А. Овицидный препарат «БИНГСТИ» для дегельминтизации сточных вод и осадка / О. А. Грибова, М. Ю. Серегин, Н. С. Серпокрылов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 62–66.

4 О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/, 2018.

5 Пат. 2338693 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/48, С 02 F 103/20. Способ дегельминтизации осадков животноводческих стоков / Суржко О. А., Оковитая О. О.; патентообладатели Суржко О. А., Оковитая О. О. – № 2006141406/15; заявл. 23.11.06; опубл. 20.11.08, Бюл. № 32. – 5 с.

6 Пат. 2338694 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/48, С 02 F 103/20. Способ дегельминтизации животноводческих стоков / Суржко О. А., Оковитая О. О.; патентообладатели Суржко О. А., Оковитая О. О. – № 2006141407/15; заявл. 23.11.06; опубл. 20.11.08, Бюл. № 32. – 5 с.

7 Домашенко, Ю. Е. Ресурсосберегающие технологии по подготовке животноводческих стоков для орошения сельскохозяйственных культур / Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского

государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2015. – № 106. – С. 568–579. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/35.pdf>.

8 Игнатенко, А. В. Безреагентное обеззараживание и контроль биобезопасности осадков сточных вод / А. В. Игнатенко // Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 1. – С. 102–105.

9 Сафиуллин, Р. Т. Санитарно-паразитологическая и экономическая оценка методов обеззараживания стоков и навоза на свиноподкомплексных / Р. Т. Сафиуллин, П. В. Новиков // Российский паразитологический журнал. – 2016. – № 3. – С. 385–402.

10 Игнатенко, А. В. Деконтаминация осадков сточных вод и методы ее контроля / А. В. Игнатенко // Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2016. – № 4. – С. 210–213.

References

1 Okovitaya K.O., Surzhko O.A., 2018. *Biologicheskiiy sposob obezzarazhivaniya stochnykh vod svinovodcheskikh kompleksov* [Biological method of decontamination of wastewater of pig-breeding complexes]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], no. 3, available: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5115> [accessed 2019]. (In Russian).

2 Surzhko O.A., Golovina S.V., 1999. *Effektivnost' ochistki stochnykh vod svinokompleksov ot patogennykh enterobakteriy i biogennykh elementov na sooruzheniyakh biologicheskoy ochistki* [Efficiency of wastewater treatment of pig-breeding complexes from pathogenic enterobacteria and biogenic elements at biological treatment facilities]. South-Russian State Technical University, Novocherkassk, 7 p. (In Russian).

3 Gribova O.A., Seregin M.Yu., Serpukrylov N.S., 2009. *Ovitsidnyy preparat "BINGSTI" dlya degel'mintizatsii stochnykh vod i osadka* [Ovicide preparation "BINGSTI" for dehelminthization of wastewaters and sludge]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], no. 2, pp. 62–66. (In Russian).

4 *O vnesenii izmeneniy v Federalnyy zakon Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya* [On Amendments to the Federal Law "On Production and Consumption Wastes"]. Federal Law of the Russian Federation of December 29, 2014 no. 458-FZ, available: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/ [accessed 2018]. (In Russian).

5 Surzhko O.A., Okovitaya O.O., 2008. *Sposob degel'mintizatsii osadkov zhivotnovodcheskikh stokov* [The Method of Dehelminthization of Livestock Sewage Sludge], Patent RF, no. 2338693. (In Russian).

6 Surzhko O.A., Okovitaya O.O., 2008. *Sposob degel'mintizatsii zhivotnovodcheskikh stokov* [The Method of Dehelminthization of Livestock Sewage], Patent RF, no. 2338694. (In Russian).

7 Domashenko Yu.E., Vasil'ev S.M., 2015. *Resursosberegayushchie tekhnologii po podgotovke zhivotnovodcheskikh stokov dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Resource-saving technologies for livestock wastewater preparation for irrigation of agricultural crops]. *Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], no. 106, pp. 568–579, available: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/35.pdf> [accessed 2019]. (In Russian).

8 Ignatenko A.V., 2017. *Bezreagentnoe obezzarazhivanie i kontrol' biobezopasnosti osadkov stochnykh vod* [Reagent-free decontamination and biosafety control of wastewater sludge]. *Trudy BGTU. Seriya 2. Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya* [Proc. of BSTU. Series 2. Chemical Technologies, Biotechnology, Geoecology], no. 1, pp. 102–105. (In Russian).

9 Safiullin R.T., Novikov P.V., 2016. *Sanitarno-parazitologicheskaya i ekonomicheskaya otsenka metodov obezzarazhivaniya stokov i navoza na svinokompleksakh* [Sanitary-

parasitological and economic evaluation of methods for disinfection of wastewater and manure from pig breeding complexes]. *Parazitologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Parasitology], no. 3, pp. 385-402. (In Russian).

10 Ignatenko A.V., 2016. *Dekontaminatsiya osadkov stochnykh vod i metody ee kontrolya* [Sewage sludge decontamination and methods of its control]. *Trudy BGTU. Seriya 2. Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya* [Proc. of BSTU. Series 2. Chemical Technologies, Biotechnology, Geoecology], no. 4, pp. 210-213. (In Russian).

Суржко Олег Арсеньевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»

Адрес организации: ул. Просвещения, 132, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: eng_ecology@bk.ru

Surzhko Oleg Arsenievich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Affiliation address: st. Prosvescheniya, 132, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: eng_ecology@bk.ru

Оковитая Ксения Олеговна

Ученая степень: магистр

Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»

Адрес организации: ул. Просвещения, 132, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: mellootello@gmail.com

Okovitaya Ksenia Olegovna

Degree: Magistrate

Affiliation: Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

Affiliation address: st. Prosvescheniya, 132, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: mellootello@gmail.com