

УДК 621.31: 631.6

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

П.Ф. Тиво, доктор сельскохозяйственных наук

Л.А. Саскевич, старший научный сотрудник

С.М. Крутько, научный сотрудник

Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Ключевые слова: экология, животноводческие стоки, утилизация, биоинженерные сооружения

Введение

С принятием свыше 30 лет назад программы перевода животноводства на промышленную основу начался новый этап развития отрасли, характеризующийся более высоким организационным и техническим уровнем производства. Так, в общественном секторе экономики республики свыше 80% свинины производят свинокомплексы. Вместе с тем, это создало и серьезную экологическую проблему вследствие накопления огромного количества бесподстилочного навоза. Только на одном предприятии, где содержится 54 тыс. голов, ежегодный выход стоков влажностью свыше 97% превышает 0,4 млн. м³, что во многом обусловлено гидросмывом экскрементов животных. Чтобы произвести 1 т свинины, в данном случае затрачивается не менее 80 м³ чистой воды.

Из-за высоких энергозатрат мобильный транспорт применяется для вывозки жидких органических удобрений лишь на фермах и комплексах небольшой мощности. На крупных животноводческих предприятиях промышленного типа осветленная фракция стоков утилизируется на земледельческих полях орошения (ЗПО), где преимущественно возделываются многолетние травы и другие кормовые культуры. В Беларуси, как правило, такие специализированные системы расположены на мелиорированных землях. Наличие осушительной сети позволяет осуществить аккумуляцию дренажного (и поверхностного) стока в пруде-накопителе с целью его повторного использования для поливов. К сожалению, на практике ввиду климатических условий в ежегодном орошении нет необходимости. Вследствие этого дренажный и поверхностный сток из пруда-накопителя нередко сбрасывается в водоприемник во время весеннего паводка, что может ухудшить экологическую ситуацию.

Исследования по данной проблеме проводились нами в зоне действия свинокомплекса на 54 тыс. голов (КУСХП «Северный» Городокского района). Природные условия в хозяйстве типичные для Белорусского Поозерья. На ЗПО преобладают дерново-подзолистые связно-супесчаные (31%) и дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы, подстилаемые с глубины 0,5 м моренными суглинками (63%). В отрицательных элементах рельефа сформировались дерновые, дерново-подзолистые глеевые и глееватые почвы (6%). В пределах ЗПО грунтовые воды находились на глубине около 1 м от поверхности

почвы. Из многолетних злаковых трав там возделываются тимофеевка луговая и овсяница тростниковая, а на отдельных участках – двукосточник тростниковый в чистом виде.

Для полива использовались стоки, содержащие в 1 м³ общего азота 600 г (90% которого представлено аммиачной формой), фосфора (P₂O₅) – 150-200 и калия – около 300 г. Ежегодно на 1 га ЗПО приходилось почти по 800 м³ стоков. С ними поступало в почву азота 480 кг, P₂O₅ – 150 и K₂O – 240 кг. Выносилось же первых двух элементов урожаем значительно меньше. Для исключения негативных последствий необходимо расширить площадь утилизации этих удобрений. По такому пути уже идут многие хозяйства Республики Беларусь, имеющие крупные свиноккомплексы.

Что касается микроэлементов, то в 1 л осветленных стоков содержалось цинка – 270 мкг, меди – 59, никеля – 43, хрома – 7, молибдена – 0,8, кобальта – 5, марганца – 248 мкг. Концентрация же кадмия составила 0,1, свинца – около 8 мкг. Хотя в почве и растениях не выявлено пока превышения ПДК по тяжелым металлам, мониторинг за их содержанием должен быть постоянным.

Сточные воды на ЗПО очищаются благодаря совокупному действию физико-химических и микробиологических процессов. Минеральные и органические компоненты при фильтрации через почвенную толщу поглощаются прежде всего ее дисперсно-коллоидной системой. Причем одни вещества вступают в химическое взаимодействие с почвой, другие, оставаясь в растворе, заполняют поровое пространство.

Известно, что содержащийся в сточных водах фосфат-ион обладает весьма высокими сорбционными свойствами. В свою очередь, хлориды и нитраты почвой практически не поглощаются. При движении сточных вод через почву количество находящихся в жидкой фазе взвешенных и органических веществ существенно снижается. Так, в наших лизиметрических опытах почвенный слой в 1 м при оросительной норме N₂₄₀ поглощал почти 99% аммиачного азота и столько же органического вещества. Однако при увеличении нагрузки жидких органических удобрений в два раза этот показатель несколько ухудшался, что согласуется с литературными данными [1]. Особенно усиливается загрязнение грунтовых вод на почвах легкого гранулометрического состава при высоких нагрузках стоков [2].

Что касается нитратов, то основной путь сокращения потерь – биологическая их аккумуляция растениями и микроорганизмами. В этой связи вневегетационное орошение животноводческими стоками должно быть исключено из сельскохозяйственной практики. В противном случае неизбежно загрязнение природных вод нитратами и другими соединениями. Кроме того, полив должен осуществляться после соответствующей подготовки и обеззараживания стоков, которая заключается в разделении их на твердую и жидкую фракции с дегельминтизацией последней путем длительного отстаивания. Этому должно предшествовать карантинирование бесподстилочного навоза в течение не менее 6 суток [3, 4].

В результате полива происходит кольматация порового пространства. При этом одновременно снижается коэффициент фильтрации почвы. На полях свиноккомплекса в

дернине, а также в слоях почвы 5-15 и 16-35 см он составлял соответственно 2,3, 0,26 и 0,13 м/сут. Такие земли, безусловно, нуждаются в разуплотнении, иначе усилится поверхностный сток, особенно при нарушении поливного режима.

Как известно, параллельно с минерализацией органического вещества в почве протекает и процесс гумификации. Нужно, однако, иметь в виду узкое соотношение между углеродом и азотом в животноводческих стоках, что не лучшим образом сказывается на образовании гумуса. Тем не менее, за счет накопления пожнивных и корневых остатков многолетних трав наблюдается некоторое повышение его содержания в пахотном слое при длительном применении жидких органических удобрений.

Утилизация отходов животных усложнилась из-за возделывания на ЗПО зерновых культур. Они, как известно, практически не нуждаются в дополнительном увлажнении и потребляют относительно меньше питательных веществ, чем другие кормовые культуры. В итоге на оставшуюся площадь многолетних трав попадает избыточный объем животноводческих стоков. Поскольку некоторые оросительные системы вообще не функционируют из-за выхода из строя дождевальных машин, становится понятной далеко не простая экологическая ситуация на некоторых животноводческих комплексах. Поэтому при реконструкции комплексов целесообразно переходить на менее водоемкие системы навозоудаления (например, самотечные, а не гидросмывные). Именно такую технологию успешно внедряет ОАО «Беловежский» Каменецкого района.

Избыточное внесение жидкой органики привело к повышению нагрузки на почву и, следовательно, к увеличению поступления биогенных элементов в пруд-накопитель дренажного и поверхностного стока (табл. 1). Сброс его в открытые водоемы недопустим с позиции экологии. В этой связи возникла настоятельная необходимость в доочистке сточных вод, например, с помощью биоинженерных сооружений (БИС). Она осуществляется на основе седиментации, фильтрации, аэрации и поглощения элементов загрязнителей (биогенов) высшей водной растительностью (ВВР) при последовательном прохождении загрязненного стока через эти сооружения [5]. Освоена данная водоохранная технология на земледельческих полях орошения КУСХП «Северный» Городокского района.

В состав БИС входит отстойник, пруды первой и второй ступени очистки и биоканал. Общая площадь отвода земель 12,58 га, в том числе – прудов 5,86 га. Они располагаются на склоне первой надпойменной террасы реки Кабищанка (бассейн Западной Двины). Работа сооружений осуществляется в теплый период года в самотечном режиме.

В ложе пруда I устроен дренаж и произведена посадка рогоза широколистного (*Typha latifolia*), тростника обыкновенного (*Phragmites communis*). Конструктивные особенности его обеспечивают движение очищаемых вод в горизонтальной плоскости (через заросли макрофитов) и в вертикальный – через корневищный слой, насыщенный микрофлорой. Для регулирования уровня воды используются резино-тканевые рукава.

Таблица 1. Химический состав возвратных вод ЗПО, мг/л (КУСХП «Северный» Городокского района)

| Место отбора проб | pH | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | C _{орг} |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Пруд-накопитель, шахтный водосброс | $\frac{7,9}{6,4 - 8,9}$ | $\frac{36,4}{8,2 - 100}$ | $\frac{29,3}{6,6 - 59,7}$ | $\frac{65,7}{28,1 - 94,6}$ | $\frac{19,5}{7,5 - 25,5}$ | $\frac{30,2}{2,2 - 147}$ | $\frac{7,2}{0,3 - 30,9}$ | $\frac{369,1}{120 - 732}$ | $\frac{14,6}{4,4 - 26,9}$ | $\frac{11,8}{2 - 21,5}$ | $\frac{33,5}{11,7 - 67,9}$ |
| Пруд-накопитель, донный водовыпуск | $\frac{7,7}{7,2 - 8,28}$ | $\frac{127,4}{25,9 - 358}$ | $\frac{65,0}{25,2 - 157}$ | $\frac{78,0}{54,1 - 115}$ | $\frac{26,8}{14 - 45}$ | $\frac{235,8}{17,9 - 725}$ | $\frac{5,7}{0,2 - 34,1}$ | $\frac{1158,0}{40,8 - 2260}$ | $\frac{14,8}{5,5 - 30}$ | $\frac{56,6}{14,8 - 172}$ | $\frac{85,7}{28,5 - 226}$ |
| р. Кабищанка, выше ЗПО | $\frac{7,5}{6,9 - 8,35}$ | $\frac{3,0}{1,6 - 5,6}$ | $\frac{5,1}{3,7 - 6,5}$ | $\frac{49,6}{35,1 - 62,9}$ | $\frac{12,2}{7,4 - 18,5}$ | $\frac{0,4}{сл. - 0,6}$ | $\frac{5,5}{1,8 - 20}$ | $\frac{11,4}{6,5 - 14,3}$ | $\frac{7,0}{3,4 - 11,8}$ | $\frac{0,5}{0,21 - 1,1}$ | $\frac{82,0}{11 - 291}$ |
| То же, ниже ЗПО | $\frac{7,7}{6,9 - 8,28}$ | $\frac{5,2}{2,5 - 9,7}$ | $\frac{7,0}{4,4 - 9}$ | $\frac{52,2}{33,2 - 65,3}$ | $\frac{13,3}{8 - 19}$ | $\frac{1,3}{сл. - 4,3}$ | $\frac{3,3}{0,7 - 8,3}$ | $\frac{13,4}{7,5 - 17,3}$ | $\frac{8,0}{3,5 - 11,5}$ | $\frac{1,5}{0,46 - 3}$ | $\frac{52,6}{7,2 - 324}$ |
| ПДК | 6,5-8,5 | 40 | 200 | 180 | 50 | 0,5 | 40 | 300 | 100 | 0,2 | - |

Примечание. В числителе – средние значения, в знаменателе – пределы колебаний (1990-2004).

Вторая ступень очистки представляет собой два мелководных пруда, разделенных затопляемыми дамбами (перемычками). В первом из них высшая водная растительность высажена по всему ложу, а во втором – только на дамбах. Вода из этих прудов может сбрасываться в водоприемник или направляться в биоканал длиной 300 м и шириной 5 м с высшей водной растительностью по его берегам. Конструкция БИС позволяет осуществлять сброс после любой ступени очистки сосредоточенно через проводящую сеть или рассредоточенно путем полива по склону, засеянному влаголюбивыми злаковыми травами.

Установлена значительная роль высшей водной растительности в доочистке возвратных вод. Причем объем очищенных вод во многом зависит от исходной концентрации биогенов. Наиболее эффективно функционируют БИС при содержании в сточных водах аммония до 80 мг и фосфатов – менее 50 мг/л.

Улучшается качество возвратных вод также за счет фильтрации через дренажную засыпку в пруду первой ступени очистки. В целом же на выходе из БИС в этих водах уменьшается содержание азота на 77-89 и фосфора на 67-90%. До такой же степени снижается БПК₅ (биохимическое потребление кислорода). Еще эффективнее функционировали БИС в первые 2-3 года, когда степень доочистки по азоту и фосфору достигала соответственно 95-97 и 90-93%.

Кстати, эвтрофикация водоемов во многом обусловлена наличием фосфатов. Как следствие этого – дефицит кислорода в воде, гибель рыбы и многое другое. Происходит также смена фитопланктона: появляются сине-зеленые водоросли, которые с позиции экологии особенно опасны. Дело в том, что на их поверхности кишечные палочки, вирусы и сальмонеллы сохраняются жизнеспособными. При употреблении воды или купании в таких водоемах не исключаются очень опасные заболевания людей (холера, полиомиелит и т.д.) [6]. Между тем только 1 кг фосфора способствует образованию 100 кг сине-зеленых водорослей [7]. Наоборот, макрофиты, затеняя поверхность водоема и поглощая биогенные элементы, являются мощным антагонистом водорослей, тем самым подавляя их развитие и устраняется «цветение» воды.

Уместно отметить, что в ряде стран Запада строго контролируется баланс фосфора на животноводческих фермах и комплексах. Лица, допустившие его перепроизводство, облагаются налогом. Кроме того, с целью уменьшения поступления этого элемента в экскременты животных, в рацион свиней вводят фермент фитазу [8].

Устройство БИС в значительной степени предохраняет окружающую среду от загрязнения фосфором. Только в пруду I ежегодно поглощается высшей водной растительностью и фильтрующей засыпкой около 1100 кг Р₂О₅. При этом наиболее интенсивно он закреплялся в той части пруда, где глубина закладки дренажа составляет 0,8 м. Лишь за период с 2001 по 2005 гг. благодаря БИС предотвращено поступление в водоприемник (р. Кабищанка) 8,6 т фосфатов и почти в три раза больше аммония (табл. 2).

Таблица 2. Баланс загрязняющих веществ в биоинженерных сооружениях, кг

| Показатель | Поступило на доочистку | Сброшено в водоприемник | Аккумулировано в БИС | Степень очистки, % |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| 2001 г. | | | | |
| K ⁺ | 3760 | 2270 | 1490 | 39,6 |
| NH ₄ ⁺ | 4210 | 640 | 3570 | 84,6 |
| PO ₄ ³⁻ | 2040 | 300 | 1740 | 85,3 |
| 2002 г. | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 4540 | 1040 | 3500 | 77,1 |
| PO ₄ ³⁻ | 1644 | 544 | 1100 | 66,9 |
| 2003 г. | | | | |
| K ⁺ | 5844 | 3451 | 2393 | 40,9 |
| NH ₄ ⁺ | 6905 | 1127 | 5778 | 83,7 |
| PO ₄ ³⁻ | 2251 | 490 | 1761 | 78,2 |
| 2004 г. | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 10305 | 1122 | 9183 | 89,1 |
| PO ₄ ³⁻ | 2676 | 607 | 2069 | 77,3 |
| 2005 г. | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 3004 | 345 | 2659 | 88,5 |
| PO ₄ ³⁻ | 2185 | 224 | 1961 | 89,7 |

Использование биоинженерных сооружений заметно улучшило экологическую ситуацию в зоне действия свиного комплекса. Кроме того, доочистка возвратных вод ЗПО с помощью БИС – выгодное природоохранное мероприятие. Оно обходится многократно дешевле, чем, например, искусственная аэробная биологическая очистка. Важно и то, что их можно применять и для доочистки стоков других отраслей народного хозяйства.

Вывод

Многолетние исследования по использованию биоинженерных сооружений для доочистки возвратных вод сельскохозяйственных полей и орошения показали высокую экологическую эффективность и экономическую целесообразность. При их проектировании необходимо максимально использовать особенности рельефа местности, размещая каждую предыдущую ступень очистки на более высоких топографических отметках, чем последующую. Это позволит сэкономить затраты на перекачку сточных вод.

Литература

1. Михеев В.А. Ресурсосберегающая технология создания устойчивых агроценозов многолетних трав при использовании животноводческих стоков: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – М. – 2003. – 51 с.
2. Хвесик М.А. Проблема охраны природных вод при орошении земельных угодий сточными водами животноводческих комплексов // Водные ресурсы. – 1991. – № 3. – С. 108-112.
3. Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков. ВНТП (взамен ВСН 33-2.2.02-85, ВСН 33-2.2.02-86). – М.: Минсельхозпрод РФ, 1998. – 73 с.
4. Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. НТП 17-99. – М.: Минсельхозпрод РФ, 2001. – 91 с.
5. Технология эксплуатации биоинженерных сооружений по доочистке возвратных вод с полей

- утилизации навозных стоков / Г.П. Щитников, П.Ф. Тиво, В.С. Осипенко и др. – Мн.: РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси», 2005. – 24 с.
6. Окладников Н.И., Безденежных И.С. Санитария промышленного свиноводства. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 191 с.
7. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
8. Лолор Р. Корм для свиней и защита окружающей среды // Сельскохозяйственный вестник. – 2002. – № 2. – С. 15.

Summary

Tivo P., Saskevich L., Krutko S. OF CATTLE-BREEDING DRAINS RECYCLING ECOLOGICAL ASPECTS

The agricultural fields of irrigation (AFI) influence on natural waters quality long-term researches results are presented. Ammonium, phosphates, chlorides and organic substances increased content that is caused by cattle-breeding drains overflow is stated in it. It is shown, that for additional cleaning AFI returnable waters bioengineering constructions can be used. Only for 5 years the bioengineering constructions have prevented the phosphates 8,6 tons and almost three times more ammonium dump into a water intake.

Поступила 6 мая 2006 г.