

◆ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ◆

УДК 631.862.2:502

СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА

П.Ф. Тиво, доктор сельскохозяйственных наук,

А.С. Анженков, кандидат технических наук

Л.А. Саскевич, старший научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации»

г. Минск, Беларусь

Ключевые слова: животноводческий комплекс, качество урожая, загрязнение вод, биоинженерные сооружения

Введение

В настоящее время на существующих в Беларуси функционирующих комплексах ежегодно накапливается свыше 20 млн. м³ жидкого навоза и навозных стоков. В ближайшей перспективе объем бесподстилочного навоза еще больше возрастет, так как интенсивно развивается не только свиноводство, но и молочное животноводство и откорм крупного рогатого скота. При бесконтрольном использовании жидкого навоза и стоков почва, грунтовые воды, воздух, растения могут загрязняться токсическими веществами, возбудителями инфекций и инвазий [1-2]. Не являются исключением и другие страны, где осуществлен перевод животноводства на промышленную основу.

Годовой объем производства животноводческих стоков и жидкого навоза любым сельхозпредприятием определяется поголовьем и видом выращиваемого скота, способом содержания и удаления навоза. Ориентировочные значения годового выхода экскрементов W_f могут быть получены по зависимости:

$$W_z = \sum (W_{вид} \cdot n_{вид}) \cdot d_c, \quad (1)$$

где $W_{вид}$ – среднее значение суточного выхода экскрементов конкретного вида и возраста животных, кг/сут;

$n_{вид}$ – количество конкретного вида и возраста животных, шт.;

d_c – количество дней стойлового содержания в году, дней.

Годовой выход твердых и жидких выделений при круглогодовом стойловом содержании можно определить по эмпирической формуле [3]:

$$W_z = k \cdot G, \quad (2)$$

где G – масса всего поголовья скота, кг;

k – опытный коэффициент, для молочных коров $k=34$, для свиноматок и хряков $k=20$.

Среднесуточный выход экскрементов животных, приведен в табл. 1 [3].

**Таблица 1 - Выход экскрементов животных, их объемная масса и влажность
(без добавления воды и подстилки)**

Вид животных и их возраст	Средние данные, кг/сутки		Нормальные колебания, кг/сут	Смесь мочи и кала	
	кал	моча		плотность, т/м ³	Относительная влажность, %
Молочные коровы	30	15	30–60	0,99	87
Молодняк КРС на выращивании (бычки от 20 дней до 4 мес. и ремонтные телки от 20 дней до 6 мес.)	5,1	4,9	5-15	0,96	86
Молодняк КРС на дорастивании (бычки от 4 до 9 мес. и телки от 6 до 18 мес.)	9,7	6,3	10–25	0,97	88
Молодняк КРС (бычки на заключительном откорме от 9 до 16 мес. и нетели от 18 до 26 мес.)	16,2	11,8	15–35	0,97	89
Супоросные свиноматки и хряки	4,3	5,7	6–18	0,99	87
Подсосные свиноматки со шлейфом	7,8	10,2	10–25	0,99	87
Поросята-отъемыши на дорастивании от 1 до 4 мес.	1,5	2,5	2–6	0,99	88
Поросята на откорме от 4 до 9 мес.	2,4	3,6	4–10	0,99	90

Для получения стоков, пригодных для орошения, жидкий навоз смешивают с водой в объемной пропорции 1 к 3–5 (навоз/вода), обычно получая влажность не менее 98%.

Содержание питательных веществ зависит от вида животных (табл. 2) [4], рационов кормления, принятой системы удаления навоза из помещения, обработки и хранения. Кроме основных питательных веществ для растений, в навозе содержатся многие микроэлементы, так что его можно считать комплексными удобрениями. При разделении навоза на фракции питательные вещества переходят как в твердую, так и в жидкую фракции.

Таблица 2 - Среднее содержание (%) питательных веществ растений в жидком навозе

Вид животных	Азот	Фосфор	Калий
Коровы	0,43	0,28	0,50
Молодняк КРС	0,77	0,44	0,76
Свиньи	0,72	0,47	0,21

При хранении жидкой фракции в открытых накопителях происходят потери азота, которые через 35 суток достигают 11%, а через 125 – 29 % [4].

Соответственно, потребная площадь земледельческого поля орошения животноводческими стоками, исходя из нормы внесения азота для хозяйства, определится:

$$S_n = \frac{W_z \cdot \omega_N}{100 \cdot N_{дон}} k_n \quad (3)$$

где $N_{дон}$ – допустимая годовая норма внесения азота, кг;
 ω_N – среднее содержание азота в жидком навозе животных, %
 k_n – коэффициент потерь азота в процессе транспортировки и подготовки стоков к внесению.

В случае превышения потребной площади над реально существующей в хозяйстве утилизация полного годового объема стоков потребует дополнительных мероприятий, например, вывоз их мобильным транспортом на уголья других предприятий.

Не исключается и использование очистных сооружений с целью удаления излишков азота и других элементов, хотя это очень затратное мероприятие. Пока же в мировой практике получило наибольшее распространение использование жидкого навоза в качестве удобрений, что при строгом соблюдении научных рекомендаций обеспечивает повышение плодородия почв. При этом норма стоков по азоту за вегетационный период на орошаемых землях не должна превышать 240 кг/га, хотя, по другим данным, ее можно увеличить до 300 кг/га % [5].

Результаты исследований и их обсуждение

В зоне действия животноводческих комплексов в первую очередь обращают внимание на азот. Особую тревогу вызывает эмиссия в атмосферный воздух аммиака, который в ряде стран включен в список приоритетных загрязняющих веществ. Кстати, по данным Американской ассоциации охраны здоровья населения, этот газ вызывает различные респираторные заболевания, от которых страдает не менее 25% специалистов, работающих на крупных фермах [6].

Интенсивность же загрязнения воздуха зависит от численности поголовья, системы сбора и хранения навозных стоков. Так, по выполненным наблюдениям, на свинокомплекс-

се «Боровица» Ивановского района Брестской области содержание NH_3 хотя и не превышала ПДК для животных, но было значительным (табл. 3) [7]. При этом ежегодный выброс NH_3 только из животноводческих помещений в отдельные годы достигал здесь не менее 40-50 т. А если учесть потери аммиака в процессе хранения и внесения навозных стоков в качестве удобрений, то эту цифру нужно удвоить. Поступает в атмосферу и различная условно патогенная микрофлора. Не лучшая ситуация и в других странах. Установлено, что глобальный выброс аммиака антропогенными источниками в начале 80-х годов прошлого века составлял 6,4 млн. т в год, в том числе на долю сельского хозяйства приходилось 95%. Только от одного свиноплекарского комплекса на 108 тыс.голов ежесуточно поступает в атмосферу 1,3 т аммиака и $7,7 \cdot 10^{10}$ микробов [8]. При внесении стоков на сельскохозяйственные угодья почва становится промежуточным звеном в загрязнении сопредельных природных сред: поверхностных и грунтовых вод, растительности, а также атмосферного воздуха. Вместе с тем почвенный покров является одним из главных компонентов урбо-экологической системы. Он играет роль буфера и детоксиканта, принимая на себя воздействие различных отходов.

Таблица 3 – Загрязненность атмосферного воздуха в животноводческих помещениях свиноплекарского комплекса «Боровица»

Место исследований	Содержание в воздухе, мг/м ³		Микробная обсеменность, тыс. микробных тел/м ³	
	пыль	NH_3	Общее микробное число	коли-индекс бактерий группы кишечных палочек
Свинарник для холостых и супоросных свиноматок	4,0	4,0	177,8	2,3
Свинарник- маточник	5,2	4,0	132,6	1,4
Свинарник для поросят отъемышей	9,1	5,2	418,6	7,6
Откормочник	7,2	4,1	287,2	3,1
Граница территории комплекса (наветренная сторона)	0,6	-	3,3	0,6
Тоже, подветренная сторона	2,8	-	24,8	11,3

Использовать стоки в качестве удобрений можно лишь после соответствующей подготовки и обеззараживания, поскольку из-за высокой влажности и отсутствия в них биотермических процессов увеличивается срок выживания болезнетворной микрофлоры. Способы обеззараживания стоков классифицируются как физические, химические и биологические. Последние используются более широко и основаны на разрушении и минерализации органического вещества микроорганизмами. Этот процесс в той или иной степени может протекать как в естественных (в почве, биологических прудах, компостах), так и в искусственных условиях (в аэротенках, метантенках и др.). Безусловно, более перспективно сбраживание бесподстилочного навоза в метантенках, которое обеспечивает не только получение биогаза, но и относительно экологически чистых органических удобрений без зловонных запахов, жизнеспособных гельминтов и всхожих семян сорных растений. Наибольших успехов здесь добилась Дания, где уже 20% потребляемой энергии покрывается за счет возобновляемых источников. К 2020 г. там ставят задачу увеличить этот показатель в 1,5 раза и переработать в метантенках до 50% навоза с местных ферм [9]. В нашей республике такая технология внедрена пока на нескольких предприятиях аграрного профиля, хотя в ближайшие годы планируется ввести в эксплуатацию 32 биогазовых установок суммарной мощностью 34,7 МВт.

Для орошения обычно используется жидкая фракция стоков. В процессе механического разделения (в случае отсутствия искусственной биологической очистки) основное количество гельминтов попадает в твердую фракцию, хотя частично они остаются и в жидкой. Поэтому первую из них рекомендуется компостировать, со второй поступают согласно ветеринарным требованиям. Причем, если жидкой фракцией свиных стоков заполняется полевой накопитель осенью, она должна там выдерживаться 9 месяцев с целью дегельминтизации. Для обеззараживания же жидкого свиного навоза (без разделения на фракции) этот срок увеличивается до одного года [10]. Недостатком этого способа являются значительные потери элементов питания растений при хранении стоков. Не дает полной гарантии экологической безопасности и анаэробное сбраживание отходов животных [11]. В данном случае недопустимы избыточные дозы внесения таких удобрений, особенно если учесть, что после обработки в биогазовых установках, в жидком навозе возрастает рН и содержание аммонийного азота, а, следовательно, и улетучивание NH_3 в атмосферный воздух. Последнее еще более выражено при его хранении в открытых накопителях, по сравнению с навозом без такой обработки [12]. Практически не снижается и масса удобрений, подлежащих внесению. Да и само обеззараживание достигается только при длительном выдерживании жидкого навоза в метантенках без добавления свежих его порций [13]. Так что основное предназначение этой технологии заключается в производстве биогаза и сокращении эмиссии углекислого газа и метана, хотя при этом улучшается и качество органических удобрений [14].

Влияние на грунтовые воды, почву и качество урожая

Практика показала, что утилизация жидких стоков на животноводческих комплексах является серьезной экологической проблемой. В последние годы площади сельскохозяйственных полей орошения значительно сократились. Нарушается технология использования навозных стоков как по дозам и срокам внесения, так и по возделываемым сельскохозяйственным культурам. В республике мониторинг экологического состояния почв, используемых предприятиями интенсивного животноводства, проводится в очень ограниченном объеме. Фрагментарные исследования земель некоторых животноводческих комплексов показали, что при ежегодном использовании огромных доз жидких навозных стоков на ограниченных площадях не обеспечивается экологически безопасное состояние почвенного покрова.

Геохимическое обследование почв, используемых свинокомплексом «Южное» Брестской области, показали, что неравномерное распределение навозных стоков по территории обусловило загрязнение сельскохозяйственных земель нитратами и в меньшей степени тяжелыми металлами. Причем, в зависимости от дозы внесения эти показатели сильно дифференцируются.

При внесении дозы стоков с содержанием азота 480 кг отмечается заметное повышение содержания подвижных соединений цинка и кадмия в пахотном слое, что позволяет такие почвы рассматривать как ближайший резерв формирования земель, загрязненных тяжелыми металлами (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов (экстрагент 1М HCl) в пахотном горизонте почвы при различном уровне использования животноводческих стоков, мг/кг

Доза азота в стоках, кг/га	Cu	Zn	Cd	Pb
Торфяно-глеевая почва				
0	1,2	4,5	0,35	15,2
160	1,1	4,7	0,35	15,7
300	1,8	5,2	0,40	15,9
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва*				
0	1,0	5,4	0,05	4,0
300	1,5	6,3	0,07	5,3
480	2,4	10,4	0,10	5,7
Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК)* [15]	12	18,0	0,40	25,0

Установлено, что с увеличением норм используемых животноводческих стоков, в почвах, особенно суглинистых, в большей степени накапливаются подвижные формы тяжелых металлов. Эти данные также свидетельствуют о том, что суглинистые почвы более надежно защищают подземные воды от загрязнения, что нельзя сказать о песках и рыхлых супесях Белорусского Полесья.

Негативно сказывается и наличие микропонижений на полях утилизации жидких органических удобрений, что согласуется с результатами зарубежных исследователей [16]. По нашим данным, пестрота микрорельефа приводит к перераспределению питательных веществ по площади, что, в свою очередь, влияет на качество грунтовых вод. Коэффициент варьирования содержания в них кальция и нитратов возросло на таких участках в 5 раз по сравнению с ровной поверхностью [17]. Кроме того, с поверхностным стоком может теряться 1/3 азота и 17% фосфора, содержащихся в жидких органических удобрениях. Одним из путей сокращения потерь является выравнивание поверхности почв и соблюдение научно обоснованного режима орошения, исключая превышение поливных норм. Не соблюдение этого в отдельных случаях привело к тому, что содержание нитратов в грунтовых водах превышало предельно допустимую концентрацию (ПДК). Наряду с ними вымывался также аммоний (табл.5).

**Таблица 5 - Загрязнение грунтовых вод на полях орошения
КУСХП «Боровица», Брестской области**

Количество анализируемых проб	Количество проб воды с превышением ПДК, %			
	NH ₄ ⁺	Fe общ.	NO ₃ ⁻	Окисляемость перманганатная
Весеннее половодье				
29	34,5	34,5	13,8	20,7
Летняя межень				
51	15,7	74,5	15,7	43,1
Осенний паводок				
51	19,6	82,4	9,8	27,5

Примечание. ПДК аммония – 2 мг, железа – 0,3, нитратов – 45, окисляемость перманганатная – 5 мг/л, [19].

Еще более устрашающие последствия наблюдались в условиях Украины после многолетнего внесения отходов свиного комплекса ("Агрокомбинат Калита" Броварского района Киевской области). Там уровень нитратного загрязнения питьевой воды за 1978-1988 гг. составил в поселке 412 мг/л, за 1991-1995 гг. – 684 мг/л. В период преостановки функционирования свиного комплекса этот показатель находился на уровне предельно допусти-

мой концентрации. При возобновлении работы предприятия содержание нитратов достигло в 2006-2008 гг. 170 мг/л [18], при ПДК 45 мг.

Однако проблема загрязнения почвенного покрова в результате функционирования предприятий интенсивного животноводства связана не только с химическим загрязнением почв, но и с их санитарно-гигиеническим состоянием. Установлено, что на орошаемых участках стоками даже к концу вегетационного периода отмечалось повышенное количество бактерий группы кишечных палочек [20].

Серьезное осложнение экологической обстановки создает микрорельеф на тяжелых почвах, а также на полях, прилегающих к навозохранилищам. В микрозападинах накапливается, прежде всего, фосфор, где в слое почвы 0-20 см содержание его подвижных форм достигает 740 мг/кг [7]. Что касается нитратного азота, то в слое супесчаной почвы 0-6 м на фоне высоких доз отходов свинокомплекса его количество превысило 2 т/га [18].

При внесении навозных стоков значительно изменяются водно-физические свойства почв. Так, подпахотный слой почв тяжелого гранулометрического состава обычно имеет коэффициент фильтрации 0,06 м/сут. При необходимом значении не менее 0,3 м/сут. В данном случае он нуждается в разуплотнении, что исключит поверхностный сток.

Загрязненные животноводческими стоками почвы являются источниками формирования некачественной и экологически опасной растительной продукции. Исследованиями установлено, что при использовании высоких доз навозных стоков, получаемые корма отличались низким сахаропротеиновым отношением – от 0,4 до 0,7 при оптимальном 0,8-1,2, высоким содержанием нитратов (рис.1).

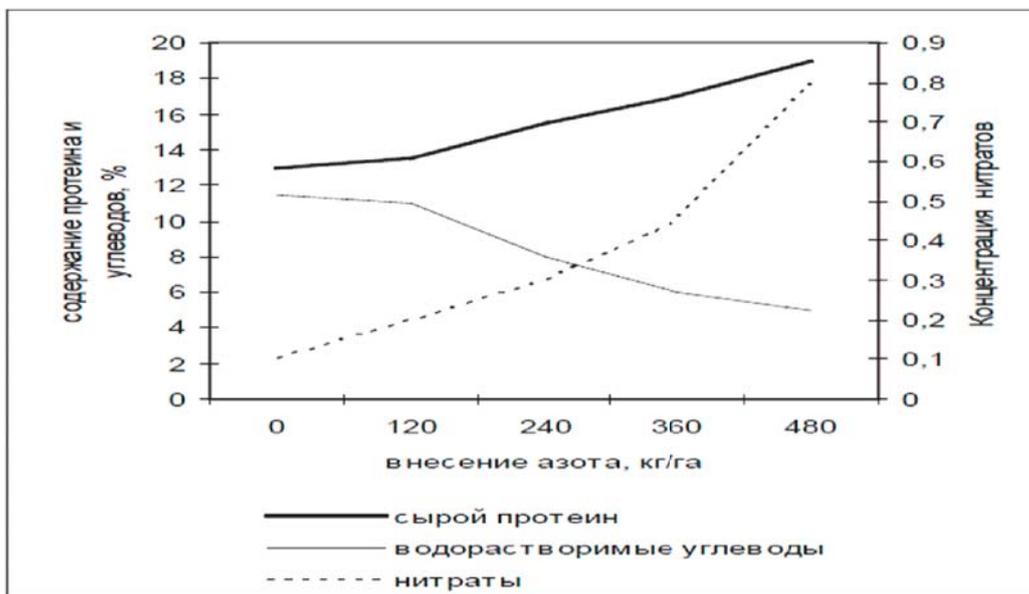


Рисунок 1 - Качество урожая многолетних трав на орошаемых животноводческими стоками почвах [17]

При этом на фоне 480 кг/га азота в стоках количество NO₃ в сухой массе трав достигло 0,8% при допустимой норме (принятой в Беларуси), для сена 0,1 и травяной муке 0,2% [21]. Ухудшается также минеральный состав кормов и нарушается соотношение в них между одно- и двухвалентными катионами (табл.6). Особенно это наблюдалось на фоне жидкого навоза крупного рогатого скота, когда содержание K₂O достигало в траве 5,8% [22], при допустимой концентрации 3,0-3,6 %.

Таблица 6 – Содержание элементов питания в урожае многолетних трав, (среднее за 3 года), % на сухое вещество

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Контроль	1,50	0,62	1,4	0,70
При внесении стоков с содержанием в них азота, кг/га :				
120	1,96	0,71	2,1	0,61
240	2,12	0,82	2,7	0,65
360	2,40	0,87	2,9	0,64
480	2,65	0,92	3,7	0,60

Химический состав дренажного стока с орошаемых площадей свинокомплекса свидетельствует о степени утилизации навозных стоков на ЗПО и экологическом состоянии агроландшафта. Сток характеризуется нейтральной реакцией, низким содержанием калия, натрия и особенно фосфатов. Однако гораздо больше загрязнен поверхностный сток с орошаемых площадей КУСХП «Северный», поскольку снизилась впитывающая способность среднесуглинистой почвы в результате переуплотнения.

Наблюдения за гидрохимическим и гидротехническим режимами пруда- накопителя дренажного стока, являющегося замыкающим объектом перед сбросом вод в водоприемник, показали, что гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный состав анионов имеет здесь следующий ряд катионов: NH₄>K>Na>Ca>Mg. Это считается аномальным для природных вод и позволяет сделать вывод о том, что солевой состав пруда-накопителя формируется в результате интенсивного загрязнения навозными стоками.

Об этом же свидетельствует и состав солей из донных вод, где содержание калия также более высокое, чем натрия. В пруде-накопителе в поливной период концентрация аммония существенно превышала ПДК [23].

Биоинженерные сооружения

С целью предотвращения загрязнения природных вод разработаны биоинженерные сооружения (БИС), которые представляют собой каскад сооружений, где очистка сточных вод происходит за счет фильтрации, седиментации, аэрации, поглощения биогенных элементов высшей водной растительностью и микробоценозом, а также за счет влаголюбивых растений, произрастающих на склоновой площадке (рис. 2) [24-25].

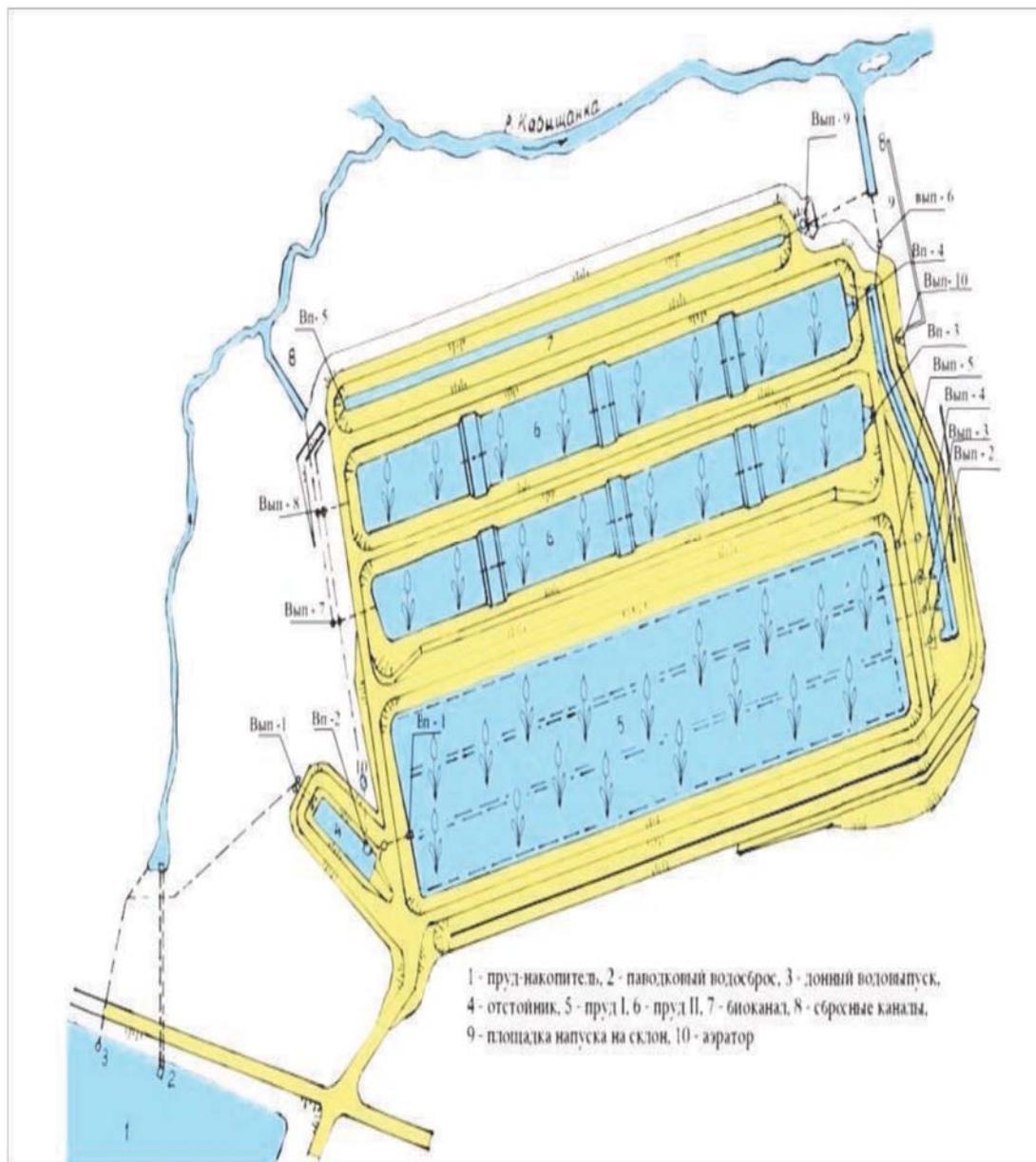


Рисунок 2. Схема биоинженерных сооружений (БИС)

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 вертикальной – через корневищный слой, насыщенный микрофлорой.

Вторая ступень очистки представляет собой два мелководных пруда, разделенных дамбами (перемычками). В первом из них высшая водная растительность высажена по всему ложу, а во втором – только на дамбах. Замыкает систему биоканал длиной 300 м и шириной 5 м с высшей водной растительностью по его берегам. Разработана комплексная технология эксплуатации биоинженерных сооружений, основанная на регулировании поступления очищаемых вод в зависимости от концентрации веществ, которую определяют в полевых условиях при помощи электропроводности.

Установлены также параметры, определяющие эффективность очистки возвратных вод с полей орошения в биоинженерных сооружениях, а именно:

- оптимальный уровень воды для культивирования рогоза широколистного - 0,6-0,8 м;
- содержание в сточных водах аммония не более 80 мг/л и фосфатов - 50 мг/л;
- коэффициент фильтрации дренажной засыпки не менее 0,14-0,35 м/сут.

Функционирование БИС обеспечивает снижение концентрации аммонийного азота в среднем на 85,2% и фосфатов до 79,7%, что позволило только за шесть лет исключить сброс в водоприемник 32,3 т аммония и 10 т фосфатов [23].

Экономическая эффективность биоинженерных сооружений, прежде всего, зависит от количества биогенов, выведенных из геохимического круговорота. За время исследований ежегодно сумма предотвращенного экологического ущерба составляла от 53 до 113 тыс. долларов США.

Выводы и предложения

Наиболее рациональным решением проблемы отходов животноводства является использование их в качестве удобрений. Однако с целью снижения загрязнения окружающей среды в районах расположения животноводческих комплексов целесообразно выполнить следующее:

- разработать экологические паспорта предприятий, а также регламенты по использованию всего объема бесподстилочного навоза, ранжировать животноводческие комплексы по степени загрязнения окружающей среды;
- уменьшить выход стоков за счет использования менее водоемких систем навозоудаления, строго соблюдать технологию подготовки их к поливу, включая обеззараживание и дегельминтизацию. Наиболее перспективным в данном случае является анаэробное брожение отходов животных и получение биогаза, при использовании которого улучшается качество органических удобрений и сокращается поступление парниковых газов в атмосферу;

- не превышать нормы жидких органических удобрений в расчете на азот на дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почвах при орошении даже многолетних злаковых трав более чем на 240 кг/га с внесением их дробными дозами под каждый укос; исключить зимнее внесение стоков мобильным транспортом, особенно на склоновых землях;
- по возможности не применять калийные удобрения на полях орошаемых животноводческими стоками, поскольку ухудшается минеральный состав корма в результате неблагоприятного соотношения между одно – и двухвалентными катионами;
- проводить локальный мониторинг экологического состояния почвенного покрова и качества выращиваемой продукции и кормов;
- снизить выброс аммиака вентиляционными системами из животноводческих помещений за счет установки системы фильтрации.(уменьшатся его потери и при внутрипочвенном внесении животноводческих стоков, а также при их подкислении)[26];
- проводить при строительстве новых крупных ферм глубокую экологическую экспертизу, не допускать дальнейшего сосредоточения промышленного животноводства на ограниченной территории;
- выполнять плановые задания по охране природной среды в зоне действия животноводческих предприятий интенсивного типа.

Библиографический список

1. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г.Е. Мерзлая, М.Н. Новиков, А.И. Еськов [и др.] – Москва: Россельхозакадемия - ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. - 463 с.
2. Окладников, Н.И. Санитария промышленного животноводства / Н.И. Окладников, И.С. Безденежных. – Москва: Росагропромиздат, 1988. – 191 с.
3. Назаров, С.И. Механизация обработки и внесение органических удобрений / С. И Назаров, В.А. Шаршунов. – Минск: Ураджай, 1993. – 296 с.
4. Технология орошения животноводческими стоками/ А. М. Буцыкин, В. Г. Луцкий, А. Г. Пономарев, Л. П. Рева. – М.: Агропромиздат, 1987. - 160 с.
5. Михальченко, Н.Н. Мелиоративная и экологическая оценка некоторых способов и технологий орошения земель северо-восточной зоны республики Беларусь стоками свиноводческих комплексов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Михальченко. – Минск, 1994. – 27 с.
6. Агробизнес – Россия. – 2005. - №8. – С. 95.
7. Krutko, S.M. Reducing environmental pollution by animal manure from big farms / S.M. Krutko, P.F. Tivo // Ammonia workshop 2012 Saint Petersburg. Abating ammonia emissions in the UNECE and EECCA region. – Bilthoven: RVM (The Netherlands), 2014. – P. 123 – 131.
8. Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. - Москва: КолосС, 2005. -352 с.
9. Комалова, И. Инновации в животноводстве по-датски / И. Комалова // Свиноводство. – 2010. - №1. – С. 44-47.
10. Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. НТП 17-99. – Москва: Министерство сельского хозяйства РФ, 2001. – 91 с.
11. Каминский, А.В. Ветеринарно-гигиеническая оценка навоза переработанного в биогазовой установке/ А.В. Каминский, С.С. Липницкий, М.П. Кучинский // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб.науч.тр. УО «Гродненский государственный аграрный университет». - Т.3.-Ч.3.- Гродно,2004.-С.102-104.

12. Тарасов, С.И. Эффективность различных способов хранения сброженного навоза/ С.И. Тарасов, Н.Ф. Никитина, Н.А. Кумеркина// *Агрохимия*. - 1995.- №9.- С.88-95.
13. Авылов, Ч.К. Ветеринарно-санитарная оценка отходов свиноводческого комплекса/ Ч.К. Авылов, А. А. Денисов // *Ветеринария*. - 2000.- №2.- С.49-52.
14. Русан, В.И. Возобновляемая энергетика в агропромышленном комплексе / В.И. Русан, Ю.С. Почанин; под ред. В.И. Русана.- Минск: БГАТУ, 2013.- 540 с.
15. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси: методические указания. – Минск: Белорусское издательское тов-во «Хата», 2001. – 60 с.
16. Asmus, F. Therapie für güllebelastete Boden / F. Asmus, M. Bolke // *Neue Landwirtschaft*. – 1993. - №7. – S. 43-44.
17. Желязко, В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорированных агроландшафтах Нечерноземья: монография / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво, Ю.А. Мажайский. – Рязань: Мещерский ф-л Всеросс. НИИ гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2006. – 304 с.
18. Нитратное загрязнение окружающей природной среды животноводческими стоками промышленного свиного комплекса в зоне Полесья / С.Э. Дегодюк [и др.] // *Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця*. – Брэст: Альтэрнатыва, 2012. – Вып. 5. – С. 71-73.
19. СанПиН 2.1.4.12-23-2006 Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения. – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 24 с.
20. Волчек, А.А. Гигиенический аспект орошения сточными водами свиноводческого комплекса / А.А. Волчек, О.Е. Чезлова, А.Н. Лицкевич // *Экологическое состояние природной среды и научно- практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч.тр.- Вып.6; под общ. ред. Ю.А. Мажайского.- Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014.-С.377-384.*
21. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. – Минск: Экоперспектива, 2012. – 864 с.
22. Тиво, П.Ф. Урожай и его качество в зоне действия животноводческих комплексов/ П.Ф. Тиво, Л.А. Саскевич // *Мелиорация и экология: аспекты рационального использования водных и земельных ресурсов: сб. науч. тр. БелНИИМирВХ.- Минск, 1991.-С.106-119.*
23. Крутько, С.М. Совершенствование способов очистки возвратных вод с полей орошения стоками свиного комплекса: автореф. дис канд. с.-х. наук: 06.01.02/ С.М. Крутько: Институт мелиорации. – Минск, 2009. - 24 с.
24. Состояние и концепция использования животноводческих стоков/ П.Ф.Тиво, В.С. Брезгунов, Л.А.Саскевич [и др.] // *Мелиорация переувлажненных земель: сб.науч.работ.-Т.XLVIII .-Минск, 2001.- С.257-269.*
25. Агроэкологические режимы и технологии использования стоков животноводческих комплексов при орошении малопродуктивных земель/ В.И. Желязко, П.Ф.Тиво, С.М.Крутько [и др.] // *Агроэкологическое обоснование ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых длительно используемых, нарушенных и загрязненных землях: монография/ .-Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014.- С.217-297.*
26. Семков, А. Жидкая органика без запаха и с максимальным эффектом / А. Семков// *Белорусское сельское хозяйство*. - 2014.- №3.- С.106-109.

Summary

P. Tivo, A. Anzhenkov, L. Saskevich

REDUCE POLLUTION BY PAYING LIQUID MANURE

Data on the impact of long-term and systematic using of liquid organic fertilizers on air pollution, soil, plants and natural waters are presented. A set of measures to improve ecological situation in the areas affected by big animal farms is proposed.

Поступила 3.03.2015