

К сожалению, сравнить полученные результаты с экспериментальными данными сложно, так как в силу ряда причин весьма сложно провести эксперимент, данные которого можно было бы признать достаточно достоверными. Но сравнивая результаты расчетов можно отметить, что методы Крея и Флорина-Терцаги дают близкие значения. Но метод Крея несколько запутанный и при компьютерном счете часто дает сбои, причину которых бывает сложно найти.

Литература

1. Плотины из грунтовых материалов. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.04-150-2009. – Введ. 16.11.2009 ; отмен. 13.07.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 116 с.
2. Чугаев, Р. Р. Расчет устойчивости земляных откосов и бетонных плотин на нескальном основании по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения / Р. Р. Чугаев. – М.–Л. : Государственное энергетическое издание, 1963. – 144 с.
3. Ничипорович, А. А. Плотины из местных материалов / А. А. Ничипорович. – М. : Стройиздат, 1973. – 320 с.
4. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / под ред. В. П. Недриги. – М. : Стройиздат, 1983. – 544 с.
5. Богославчик, П. М. Оценка методов расчета устойчивости откосов грунтовых плотин / П. М. Богославчик // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте : материалы III Республиканской научно-технической конференции, Минск, 27–28 апр. 2023 г. – Минск, 2023. – С. 276 – 281.

УДК 631.862

Технические средства утилизации животноводческих стоков

Курчевский С. М.¹, Голубенко М. И.²

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

²Заслуженный изобретатель России

Владимир, Российская Федерация

Приведено описание пруда-накопителя животноводческих стоков для утилизации на полях орошения за счет предварительного аккумуляирования, основанного на технологии почвенной очистки в процессе внесения стоков и в качестве удобрительного орошения. Это позволит включить в биологический круговорот биогенные элементы стоков и снизить экологическое состояние окружающей среды вокруг крупных животноводческих комплексов.

Навозные стоки животноводческих комплексов являются экологически опасными отходами. В связи с этим животноводческие стоки (например, свиноводческие) вначале необходимо подвергать биологической очистке на промышленных очистных сооружениях (аэротенках), а после, в естественных условиях, – на ирригационных полях утилизации (ИПУ). Сброс сточных вод в водные объекты загрязняет их, и приводит к нарушению процессов самоочищения. Подобная проблематика и пути решения исследователями рассматривались и ранее [1].

Нагрузка на ИПУ зависит от многих факторов: климатических условий региона, структуры почвы и ее фильтрационной способности, уровня залегания грунтовых вод, характера загрязнения сточных вод и их концентрации. Поэтому основными определяющими показателями загрязнений являются требования к качеству сточной жидкости, направляемой на поля орошения, и допустимая нагрузка на единицу орошаемой площади.

В связи с этим Экспертный центр при Государственном научном центре РФ «НИИ ВОДГЕО» в 2023 г. дал заключение по безопасности прудов-накопителей (№ 6 и 7) сточных вод для свиноводческого комплекса ЗАО «Владимирское» (г. Владимир). На землях комплекса, а именно на площади 1143 га, была запроектирована и построена оросительная система для утилизации навозных стоков до 600 тыс. м³/год с применением дождевальной техники ДКН-80 и ДКН-100. Проект разработан в 1981 г. специалистами ПИО ЗАО «Владимирагроводстрой».

Для оценки безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) на прудах-накопителях № 6 и 7 использовались исходные материалы и данные натурных наблюдений, а также показатели фактического состояния ГТС и соответствие их нормативным параметрам. Нами было проведено моделирование возможных аварий, предполагающее сценарии развития гидродинамической аварии, анализ опасностей и риска чрезвычайных ситуаций (имеются в виду определение границ возможного затопления в случае гидродинамической аварии, оценка безопасности ГТС).

Обследования безопасности эксплуатации прудов-накопителей показали, что объекты № 6 и 7 являются связующим звеном между комплексом очистных сооружений и системой подачи стоков на поля. Они аккумулируют сток не только в зимний, но и в летний период, когда сточные воды одновременно подаются на ИПУ.

Схема расположения гидротехнических сооружений на прудах-накопителях № 6 и 7 состоит из двух прудов, двух водовыпусков, одной накопительной камеры, двух перепускных трубопровода и водоотводящей канавы.

Пруды располагаются на водоразделе, однако часть примыкает к истоку р. Денисовка. В случае аварии сточные воды попадут в реку, а затем в торфяное болото Лаптевское площадью 502 га (оно разработано в 1936 г.;

с 2003 г. торф на нем не добывается). Из болота вода вытекает на север р. Суйма. Данное болото является буфером безопасности в ходе эксплуатации прудов-накопителей. Оно предотвращает от затопления близлежащие объекты свиноводческого комплекса, и может задерживать сточные воды в случае возникновения непредвиденных опасных ситуаций.

Для наблюдения за качеством грунтовых вод были предусмотрены наблюдательные скважины.

Пруды-накопители сточных вод запроектированы из расчета на 108 тыс. голов свиней, они являются связующим звеном между очистными сооружениями комплекса и системой подачи стоков на поля орошения для их доочистки. Накопление стоков в этих прудах начинается в осенне-зимний период, когда прекращается орошение полей стоками. Концентрация аммиака в них достигает 498 мг/л (наполнение одного пруда – 300 тыс. м³). Степень риска надежности прудов-накопителей $R_a = 0,206$.

Функционирование таких прудов-накопителей обусловлено климатическими условиями и необходимостью длительного выдерживания в них сточных вод. После их опорожнения в летне-осенний период и накануне нового заполнения на зиму проводится общий осмотр сооружений, дамб, оценивается состояние временно неработающего сооружения (при его наличии); водовыпускные трубы очищаются от посторонних предметов, препятствующих свободному пропуску стоков и т. д. Данное правило обязательно для персонала, занимающегося эксплуатацией сооружений прудов-накопителей и обеспечивающего выполнение задач по технической безопасности подобных сооружений.

Стоки заполняют сначала пруд № 6, затем через перепускную трубу – пруд № 7. На дне каждого пруда на момент проведения обследования (2003 г.) находилось отложение ила (100 тыс. м³). На основании чего было установлено, что общая емкость прудов-накопителей уменьшилась на 150 тыс. м³ и создало дополнительное напряжение при эксплуатации.

Животноводческие стоки по железобетонному трубопроводу диаметром 800 мм поступали в накопительный пруд, далее подачу осуществляли забором насосной станции на поля удобрительного орошения. Орошаемые поля в основном состояли из многолетних трав площадью 1140 га; на них включались дождевальные машины ДКН-80 и ДКН-100. Протяженность трассы распределительных трубопроводов – 51 км.

Анализ подготовленной фракции стоков на орошение и норм внесения проводился по наличию калия 800 м³/га для заданной расчетной площади. Соотношение азота, фосфора и калия при годовой норме внесения составило: азот – 76,6 кг/га; фосфор – 57,5 кг/га; калий – 159,9 кг/га. С урожаям многолетних трав выносятся 160 кг/га азота; 80 кг/га фосфора; 160 кг/га ка-

лия. Оросительная норма и площадь орошения жидкими стоками рассчитываются по выносу питательных элементов из урожая. При этом на полях орошения имеется закрытый дренаж.

С учетом требования об обязательной утилизации подготовленной жидкой фракции стоков первый полив осуществляется в апреле перед вегетацией многолетних трав, а последний (с целью опорожнения прудов-накопителей на зимний период) – в сентябре. Удобрительное орошение проводят с оросительной нормой 600 м³/га в 3 полива (по 200 м³/га).

Сточные воды попадают на ИПУ в соответствии с разработанным графиком полива из регулирующих прудов-накопителей и распределяются с помощью отрегулированных поливных трубопроводов в поливной сети, подключенных через гидранты-стояки к дождевальным машинам.

Принципиальная схема конструкции прудов-накопителей подробно описана исследователями [2; 3]. Глубина прудов не превышает 4 м; объем заранее рассчитывают по проекту от количества животных на комплексе. Стоки, поступающие в зимний период в пруд-накопитель, заполняют его, и их хранение производится при помощи подачи теплого воздуха, что позволяет в этот период интенсивно насыщать воздух кислородом, активно воздействующим на жизнедеятельность микроорганизмов для разложения ила, поступающего со сточной водой. Благодаря этому пруд-накопитель круглосуточно подвергается процессу аэрации в районе подачи. Затем он эксплуатируется на полях орошения в летний период, что сохраняет устойчивость экологической обстановки и безопасность сооружения, независимо от климатических и других условий его использования, с последующим применением органических удобрений при поливе на животноводческих комплексах.

В результате хранения стоков (в основном в течение 7–8 месяцев, в холодный период времени, когда отсутствует поливной сезон) процесс аэрации пруда достигает наиболее высокого качества перед началом поливного сезона. Кроме того, по акватории пруда известными методами ведется наблюдение за его состоянием. Поэтому предпочтение отдается аэрационным свойствам, при помощи подачи сжатого теплого воздуха в толщу заполняемого стоками пруда.

Схемы реализации способа промывки пруда-накопителя показана на рис. 1 и 2.

Ил, накопленный в зимний период эксплуатации пруда-накопителя 8 (рис. 1) приводится во взвешенное состояние посредством компрессора 19 (рис. 2) сжатым воздухом воздухомангнетательными устройствами 14 и 15 через перфорированные отверстия трубопроводов 16 уложенных на дно пруда-накопителя 8.

Благодаря этому отложения ила размываются и приходят во взвешенное состояние по всей площади объема стоков пруда-накопителя 8 (рис. 2). В результате забора стоков в отводящий водозаборный трубопровод 22 или интенсивно перемещается в него, далее – в водоприемник 9. Необходимая скорость воздушного потока для взмучивания накопленного ила по поперечному сечению пруда-накопителя 8 захватывает область всего поступившего жидкого навоза, приводит его в поступательное движение в отводящем водозаборном трубопроводе 22. Это связано с тем, что существует перепад отметок дна данного трубопровода и дна самотечного трубопровода 25, соединенного по длине в конце со стокоприемной камерой 10, таким образом образуя наполнение камеры 10 жидким навозом перед перекачивающей насосной станцией 11. Далее идет поступление навоза на ИПУ 25 к дождевальным машинам (на рисунках не показано).

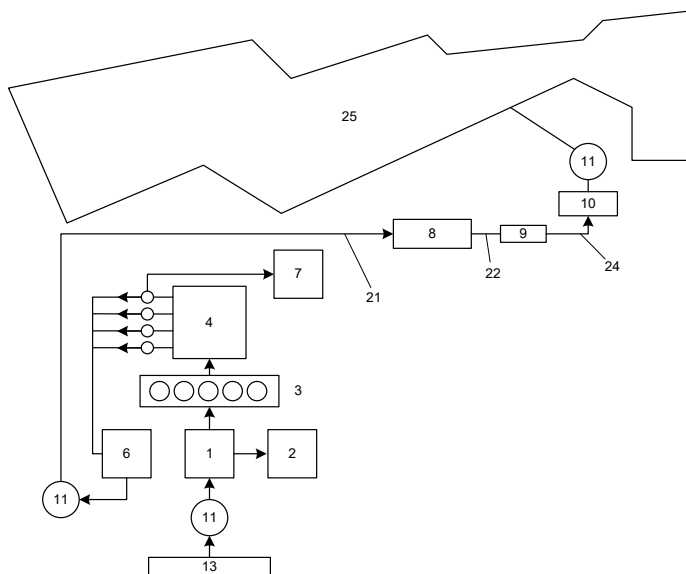


Рис. 1. Ситуационная схема промывки пруда-накопителя свиноводческого комплекса:

1 – цех отделения твердой фракции; 2 – бетонированная площадка хранения твердой фракции; 3 – вертикальные отстойники; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – карантинная емкость; 7 – иловые карты; 8 – пруды-накопители стоков; 9 – водоприемник стоков; 10 – стокоприемная камера; 11 – насосная станция; 12 – ограждающая дамба; 13 – животноводческий комплекс; 21 – трубопровод подачи стоков; 22 – водозаборный трубопровод; 23 – задвижка; 24 – самотечный трубопровод; 25 – поля утилизации.

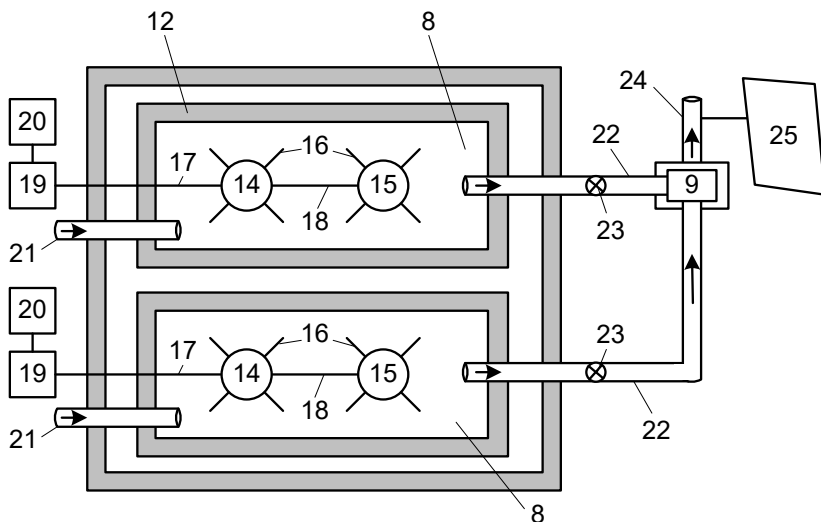


Рис. 2. Схема промывки пруда-накопителя с устройствами на орошаемом поле:
 8 – пруды-накопители стоков; 9 – водоприемник стоков; 12 – ограждающая дамба;
 14, 15 – воздухоматительные устройства; 16 – перфорированный трубопровод;
 17, 18 – подводящие трубопроводы; 19 – компрессор; 20 – реле времени;
 21 – трубопровод подачи стоков; 22 – водозаборный трубопровод;
 23 – задвижка; 24 – самотечный трубопровод; 25 – поля утилизации

Формирование, разработка и транспортировка такого стока (потока) с илом осуществляется активно по всей длине и ширине пруда-накопителя 8, что сокращает время сработки пруда-накопителя 8 в период вегетации ИПУ 25, освобождению и подготовке пруда-накопителя 8 к зимнему периоду эксплуатации в режиме его наполнения животноводческими стоками. В результате чего сохраняется устойчивость экологической обстановки и безопасность сооружения.

Известен также иной вариант выполнения промывки прудов-накопителей с применением плавучей платформы [2]. В данном случае участок акватории разбивают по полосам. Шланг укладывается и перемещается в процессе работы плавучей платформы. Таким образом, при размыве осадка ила в пруду производятся периодические промеры с целью определения размера осадка ила в данной зоне (конструкция устройства описана в [2]). Разрыхление и взмучивание осадка ила осуществляется струей воздуха через перфорированные отверстия насадка, соединенного с металлическим стволом путем подсоединения его к напорному шланговому воздуховоду. Давление воздуха может создаваться в пределах 0,3–0,5 МПа, (т. е. 3–5 кг/см²).

Такой вариант выполнения может быть использован в том случае, если пруд-накопитель уже построен и эксплуатируется без учета особенностей подготовки жидкой фракции навоза на основном комплексе, что не было учтено при проектировании.

Применение прудов-накопителей животноводческих стоков и вышеописанных схем промывки позволит упростить забор стоков, независимо от горизонтов в пруду-накопителе и его загрязнения (наличия осадочного ила). В данном случае ил периодически взмучивается, и его можно утилизировать на удобренных полях орошения с применением дождевальных машин. Это будет препятствовать завалу илом пруда-накопителя.

Таким образом, новые технические решения, защищенные патентами, обеспечивают реализацию основных направлений: надежность и долговечность работы прудов-накопителей животноводческих стоков в естественных условиях для их биологической очистки, бесперебойной работы дождевальной техники на подготовленных сельскохозяйственных полях орошения с целью выращивания безопасных сельскохозяйственных культур, а также эффективность функционирования комплекса сооружений для утилизации сточных вод.

Литература

1. Желязко, В. И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорированных агроландшафтах Нечерноземья / 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.

2. Патент RU № 2552358, МПК E02B 8/02(2006.01), E02B 11/00(2006.01), C02F 1/74(2006.01), C02F 3/02E 02 B 9/04. Способ промывки пруда-накопителя животноводческих стоков (варианты): № 2552358(13)C1: заявлено 14.01.2014 ; опубл. 10.06.2015 / М. И. Голубенко. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2552358C1/ru> (дата обращения: 17.08.2020).

3. Патент RU № 2621751, МПК C02F3/20, C02F103/20, C02F1/74, B01F3/04. Способ аэрации животноводческих стоков пруда-накопителя: № 2016101976 ; заявлено 10.06.2016; опубл. 06.07.2017 / М. И. Голубенко. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2621751C1> (дата обращения: 14.09.2024).