УДК 631.67

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ПРИ УДОБРИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Ю. А. Мажайский[1], *доктор сельскохозяйственных наук*
М. И. Голубенко[2], *заслуженный изобретатель Российской Федерации*
С. М. Курчевский[3], *кандидат сельскохозяйственных наук*
А. В. Стрелюхин[3], *кандидат технических наук*

[1]*Мещерский филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А. И. Костякова», г. Рязань, Россия*
[2]*ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия*
[3]*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Приведено описание пруда-накопителя животноводческих стоков для утилизации на полях орошения за счет предварительного аккумулирования, 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. Однако для реализации данной технологии требуется строительство дренажной сети.

Ключевые слова: *животноводческие стоки, пруд-накопитель, орошение, увлажнение, регулирование водного режима, плодородие почвы.*

Abstract

Yu. A. Mazhayskiy, M. I. Golubenko, S. M. Kurchevskiy, A. V. Streliukhin

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF LIVESTOCK WASTE WATER STORAGE PONDS WITH FERTILIZER IRRIGATION

The article describes a pond-storage for livestock stocks for utilization in irrigation fields due to preliminary accumulation, based on the stock technology of soil cleaning in the process of additional irrigation and as fertilizing irrigation. This will allow to include biogenic elements in the biological cycle and worsen the ecological state of the environment around large livestock complexes. However, the implementation of this technology requires the construction of a drainage network.

Keywords: *livestock wastewater, storage pond, irrigation, humidification, water regime regulation, soil fertility.*

Введение

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), что представляет собой сложный химико-биологический процесс.

Загрязнение жидкими органическими удобрениями полей утилизации (удобрительное орошение) и нагрузка на их состав в прудах-накопителях негативно сказываются на экологической безопасности свинокомплекса ЗАО «Владимирское», где проходило исследование.

Следует отметить, что экологическая безопасность также связана с технологией дождевания и использованием закрытого дренажа,

поэтому изучение воздействия свиноводческих стоков на окружающую среду – весьма актуальная задача. Сброс сточных вод в водные объекты загрязняет их, а в ряде случаев приводит к нарушению процессов самоочищения. Подобная проблематика и пути решения исследователями рассматривались и ранее [1, 2].

Основная часть

Объектом исследований являются пруды-накопители свиноводческих стоков.

Метод исследования – анализ способов эксплуатации прудов-накопителей животноводческих стоков и их экологической безопасности.

Подготовка жидкой фракции навоза (стоков) для орошения проводится на очистных сооружениях свинокомплекса.

Нагрузка на поля фильтрации 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. м^3/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.

Т*ехнические характеристики прудов-накопителей следующие*: полный объем двух прудов – 600 тыс. м^3; площадь зеркала при нормальном подпорном уровне (далее – НПУ) каждого сооружения – 9,52 га; средняя длина при НПУ – 494, 5 м; средняя ширина при НПУ – 192,5 м.

Дамбы прудов-накопителей: конструкция – земляная, насыпная, однородная, с экраном из полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм; длина по гребню насыпной дамбы – 230 м; ширина по гребню насыпной дамбы – 6 м; максимальная высота дамбы – 4,5 м; заложение откосов дамбы – 3,0; крепление откосов – железобетонные плиты толщиной 0,1 м; отводящая труба пруда-накопителя диаметром – 820 мм (стальная), с задвижкой диаметром 800 мм.

З*ащита пруда-накопителя от переполнения* с выпавшим осадком ила представляет собой одну из разновидностей метода решения более общей задачи – поддержание горизонта стоков в прудах-накопителях при заданной отметке в течение всего года, удлинение срока службы и осуществление санитарных попусков расходов в сторону перекачивающей насосной станции.

Пруды-накопители № 6 и 7 расположены на слаборасчлененной плоской флювиогляци-

альной равнине поздней стадии московского оледенения с остатками моренного рельефа (Нерльско-Клязменная низина). На поверхности залегают четвертичные отложения мощностью до 20 м (пески, супеси), подстилаемые пермскими глинами. В песках развит верхнечетвертичный водоносный горизонт; глубина залегания грунтовых вод – от 1,5 до 3,0 м.

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 может предотвращать от затопления близлежащие объекты свиноводческого комплекса, 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. м^3). 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.

Материалы исследования

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. м^3). На этом основании было установлено: общая емкость прудов-накопителей уменьшилась на 150 тыс. м^3, что 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 м^3/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 урожаем многолетних трав выносится 160 кг/га азота; 80 кг/га фосфора; 160 кг/га калия.

Оросительная норма и площадь орошения жидкими стоками рассчитываются по выносу питательных элементов из урожая.

Основная часть

Владимирская область Российской Федерации относится к зоне умеренного, но неустойчивого увлажнения. Выпадение осадков за вегетационный период в среднем составляет 304 мм, что вполне достаточно для выращивания сельскохозяйственных культур. 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 послед-

ний (с целью опорожнения прудов-накопителей на зимний период) – в сентябре. Удобрительное орошение проводят с оросительной нормой 600 м^3/га в 3 полива (по 200 м^3/га). При широком применении дождевания для орошения стоками сельскохозяйственных культур необходимо принимать во внимание специфику этого вида орошения, используя его в балансе с природными условиями орошаемых участков.

При поливе дождевальной техникой (параметры которой должны соответствовать почвенным условиям орошаемых участков) возникают ирригационная эрозия, лужи, поверхностный сток. Эти факторы негативно влияют на физические свойства почв, снижают их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Установлено, что качественный состав вод в прудах-накопителях оказывает существенное влияние на дренажно-сбросные воды ИПУ. В связи с этим необходимо предпринять ряд мер для достижения таких характеристик мелиоративного объекта, которые бы удовлетворяли требованиям, нормам и правилам рациональной охраны окружающей среды.

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. Жидкие стоки содержат около 30 газовых соединений, принадлежащих к группе аминов, амидов, спиртов, дисульфидов, меркаптанов, помимо классических газов CH_4, NH_3, H_2, CO_2. Газы определяют запах навоза и оказывают физическое воздействие на человека, а также на животных.

По данным сертификата соответствия и результатам проверки на соответствие требованиям СанПиН 2.3.2.560-96, на свинокомплексе для определения экологически безопасной площади утилизации в прудах-накопителях жидкая фракция может содержать по показателям предельно допустимой концентрации: водородный показатель (pH) – 6,6–8,5 мг/л; азот аммонийный – 0,39 мг/л; азот нитратов – 9,1 мг/л; азот нитритов – 0,02 мг/л; сухой остаток – 100 мг/л; сульфиды – 100 мг/л; хлориды– 300 мг/л; фосфор – 0,2 мг/л.

Таким образом, указанная техническая задача и технический результат обеспечивают необходимость повышения гумусообразования и плодородие почвы.

Анализ работы прудов-накопителей и мероприятия по снижению техногенной нагрузки на ИПУ позволили создать ряд новых технических решений на уровне патентов [3–13].

Принципиальная схема конструкции прудов-накопителей подробно описана исследователями [3, 12]. 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 изменению аэрационных свойств путем подачи сжатого теплого воздуха в толщу заполняемого стоками пруда.

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

Ил, накопленный в зимний период эксплуатации пруда-накопителя *8* (рис. 1), приводится во взвешенное состояние с использованием компрессора *19* (рис. 2), подающего сжатый воздух воздухонагнетательными устройствами *14* и *15* через перфорированные отверстия трубопроводов *16*, уложенных на дно пруда-накопителя *8*.

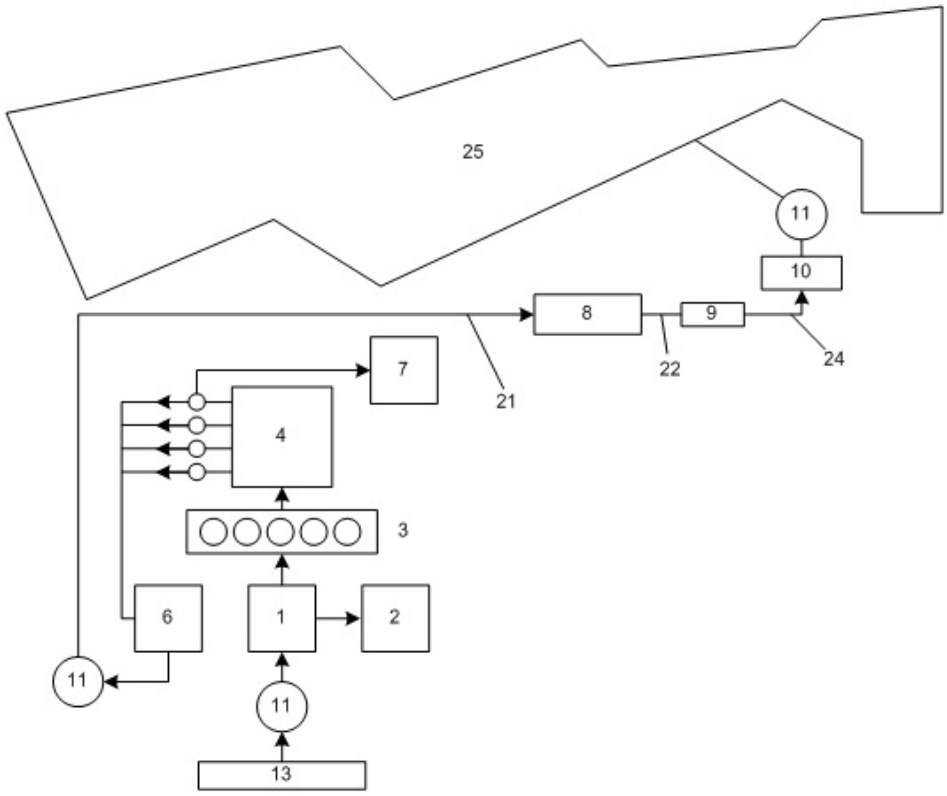

Рис. 1. Ситуационная схема промывки пруда-накопителя свиноводческого комплекса:
1 – цех отделения твердой фракции; *2* – бетонированная площадка хранения твердой фракции; *3* – вертикальные отстойники; *4* – аэротенк; *5* – вторичный отстойник; *6* – карантинная емкость; *7* – иловые карты; *8* – пруды-накопители 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

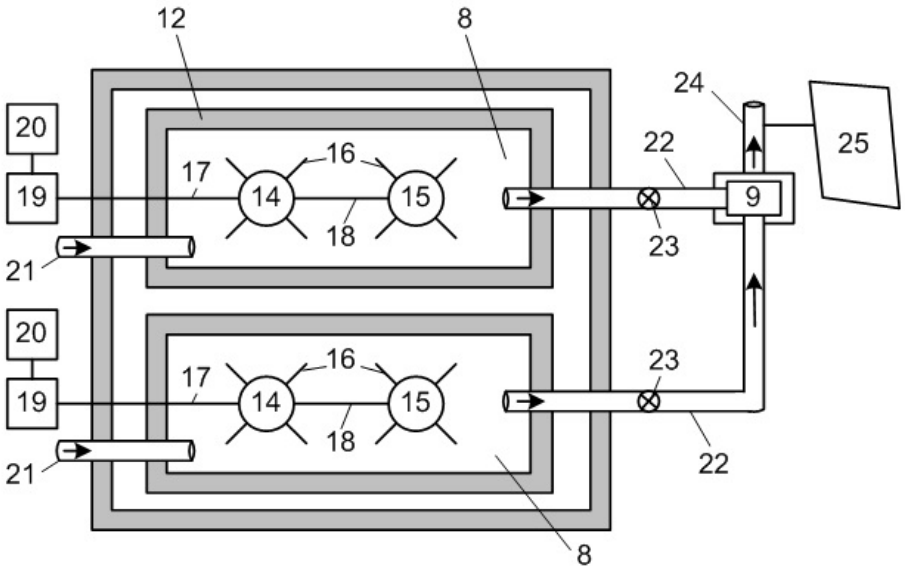

Рис. 2. Схема промывки пруда-накопителя с устройствами на орошаемом поле [3]:
8 – пруды-накопители стоков; *9* – водоприемник стоков; *12* – ограждающая дамба; *14*, *15* – воздухонагнетательные устройства; *16* – перфорированный трубопровод; *17*, *18* – подводящие трубопроводы; *19* – компрессор; *20* – реле времени; *21* – трубопровод подачи стоков; *22* – водозаборный трубопровод; *23* – задвижка; *24* – самотечный трубопровод; *25* – поля утилизации

Благодаря этому отложения ила размываются и приходят во взвешенное состояние по всей площади объема стоков пруда-накопителя *8*. В результате забора стоков в отводящий водозаборный трубопровод *22* ил 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).

Формирование, разработка и транспортировка такого стока (потока) с илом осуществляются 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 [3]. В результате сохраняется устойчивость экологической обстановки и безопасность сооружения.

Известен также иной вариант выполнения промывки прудов-накопителей с применением плавучей платформы [3]. 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 [3]). Разрыхление и взмучивание осадка ила осуществляется струей воздуха через перфорированные отверстия наса́дка, соединенного с металлическим стволом путем подсоединения его к напорному шланговому воздуховоду. Давление воздуха может создаваться в пределах 0,3–0,5 МПа (то есть 3–5 кг/см^2).

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-накопителя и его загрязнения (наличия осадочного ила). В данном случае ил периодически взмучивается, и его можно утилизировать на удобрительных 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, бесперебойную работу дождевальной техники на подготовленных земледельческих полях орошения с целью выращивания безопасных сельскохозяйственных культур, а также эффективность функционирования комплекса сооружений для утилизации сточных вод.

Заключение

Состав вод в прудах-накопителях для снижения негативного воздействия на удобрительные поля орошения должен соответствовать требованиям нормам технологического проектирования систем удаления свиноводческих стоков и подготовки к их использованию.

В результате исследований выявлено, что для почвенной доочистки жидкой фракции стоков требуется подготовить удобрительные поля орошения. Для предупреждения загрязнения подземных вод и улучшения водно-воздушного режима почв строится закрытый дренаж. Весь дренажный сток сначала отводится в открытые коллекторы, далее он аккумулируется в специально построенные пруды-накопители дренажных вод обслуживаемого поля.

Сброс дренажных вод производят весной, во время паводка и интенсивного таяния снега, что контролируется органами, ответственными за экологическую обстановку. В небла-

гоприятные маловодные годы или в летний период дренажные стоки могут быть поданы повторно на увлажнительные поливы для выращивания многолетних трав и других сельскохозяйственных культур. Так соблюдаются экологические требования к качеству воды, сбрасываемой через дрены в открытые коллекторы и водотоки. Описанные процессы почвообразования ведут к соблюдению научно обоснованных норм внесения на поля илового остатка и жидкой фракции, что согласуется с выводами ранее проведенных исследований.

Разработанные новые технические решения, защищенные патентами, обеспечивают реализацию основных направлений исследований, связанных с вопросами экологической безопасности прудов-накопителей животноводческих стоков и их эксплуатации при удобрительном орошении.

Библиографический список

1. Агроэкология техногенно загрязненных агроладшафтов / Ю. А. Мажайский [и др.]. – Смоленск : Маджента, 2003. – 382 с.

2. Использование бесподстилочного навоза на мелиорированных агроландшафтах Нечерноземья / В. И. Желязко [и др.]. – Рязань : Мещерский ф-л Всеросс. НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2006. – 304 с.

3. 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) : № 2 552 358(13)C1 : заявлено 14.01.2014 : опубл. 10.06.2015 / Голубенко М. И. – URL: https://patents.google.com/patent/RU2552358C1/ru (дата обращения: 17.08.2020).

4. Патент RU № 2555813, A 01 G 25/00, E 02 B 8/02. Биологический стабилизационный пруд-накопитель (варианты) : № 2 555 813(13)C1 : заявлено 17.03.2014 : опубл. 10.07.2015 / Голубенко М. И. – URL: https://patentdb.ru/patent/2555813 (дата обращения: 10.02.2024).

5. Патент RU № 2542246, МПК B08B9/027, A01G25/02. Способ защиты поливного трубопровода от заиления при внесении жидких удобрений на оросительной системе : № 2013150731/05 : заявлено 15.11.2013 : опубл. 20.02.2015 / Голубенко М. И. – URL: https://patentdb.ru/patent/2542246 (дата обращения: 11.05.2023).

6. Патент RU № 2547406, МПК E02B11/00, E03F9/00. Дренажная система : № 2013159309/13 : заявлено 30.12.2013 : опубл. 10.04.2015 / Голубенко М. И. – URL: https://patentdb.ru/patent/2547406 (дата обращения: 12.06.2024).

7. Патент RU № 2496306, МПК A01G25/16. Устройство для регулирования внесения жидких удобрений на оросительной системе : № 2012106052/13 : заявлено 20.02.2012 : опубл. 27.10.2013 / Голубенко В. М., Голубенко М. И., Биленко В. А. – URL: https://i.moscow/patents/ru2496306c1_20131027 (дата обращения: 12.06.2024).

8. Патент RU № 2556893, МПК A01G25/00, A01C21/00, A01C23/04, A01B 79/02, C05F 7/00. Способ полива при вспашке на дерново-подзолистых супесчаных почвах Центрального Нечерноземья : № 2014133327/13 ; заявлено 12.08.2014 : опубл. 20.07.2015 / Голубенко М. И. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2556893C1_20150720 (дата обращения: 12.06.2024).

9. Патент RU № 2637654, МПК E02B11/00, B09C1/00, A01B79/02. Способ контроля за состоянием грунтовых вод при поливе животноводческими стоками : № 2 637 654(13) C1 ; заявлено 20.03.2017 : опубл. 06.12.2017 / Голубенко М. И. – URL: https://patenton.ru/patent/RU2637654C1 (дата обращения 14.09.2024).

10. Патент RU № 2622244, МПК E02B11/00. Способ контроля работы закрытой осушительно-увлажнительной системы с использованием животноводческих стоков : № 2016108385 ; заявлено 09.03.2016 : опубл. 13.06.2017 / Голубенко М. И. – URL: https://patentdb.ru/patent/2622244 (дата обращения 14.09.2024).

11. Патент RU № 2608218, МПК E03F5/00. Устройство для выпуска и аэрации очищенных животноводческих стоков в стокоприемную камеру: № 2016101976 ; заявлено 21.01.2016 :

опубл. 17.01.2017 / Голубенко М. И. – URL: https://patenton.ru/patent/RU2608218C1 (дата обращения 14.09.2024).

12. 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 / Голубенко М. И. – URL: https://patenton.ru/patent/RU2621751C1 (дата обращения 14.09.2024)

13. Патент RU № 2609382. Устройство для выпуска очищенных животноводческих стоков в русловые водотоки : № 2016100969 ; заявлено 13.01.2016 : опубл. 01.02.2017 / Голубенко М. И. – URL: https://patenton.ru/patent/RU2609382C1 (дата обращения 18.07.2024).

Поступила 11 февраля 2025 г.