

УДК 631.6:606:63

DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-77-88

М. Е. Кузнецова, А. Е. Хаджиди, Е. В. Кузнецов, Я. А. Полторак

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

КОМПЛЕКСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКОЙ ФРАКЦИИ НАВОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ДОЖДЕВАНИЕМ

Целью исследования явилось создание технологии полной и круглогодичной утилизации отходов животноводства для более эффективного и рационального развития отрасли животноводства за счет комплексного подхода к управлению отходами животноводства в сельском хозяйстве. Методом исследования является системный анализ таких технологических операций, как транспортировка навоза, гидравлический смыв, обеззараживание, карантин, гомогенизация, фильтрация гомогенизированной смеси, подача к разделению отходов сепарацией и отделение жидкой фракции от твердых отходов. Предметом исследования явились режимы подготовки отходов к утилизации в пределах территории животноводческих комплексов. Материал исследования – жидкая фракция навоза, подготовленная к транспортировке из накопителя насосной станцией на поля орошения. В результате исследований разработана комплексная схема подготовки жидкой фракции навоза крупного рогатого скота к утилизации дождеванием, при которой жидкая фракция отделяется от твердой сепарацией, накапливается в биореакторах и подается насосной станцией на поля орошения. Разработанная технология полной и круглогодичной утилизации отходов животноводства позволяет полностью ликвидировать лагуны для утилизации навоза, сократить срок накопления жидкой фракции до трех месяцев. Применение технологии утилизации обеспечивает внесение питательных веществ и растворенной органики в почву равномерно по площади дождевальной машиной без дополнительных затрат, которые включают затраты на очистку и подготовку лагун к следующему сезону для накопления навоза, транспортировку навоза на поля, разравнивание и заделку навоза в почву. При этом снижаются нормы внесения минеральных удобрений на поля: азота на 20 %, калия на 80–100 %. При орошении очищенными и разбавленными сточными водами животноводческих комплексов повышается урожайность сельскохозяйственных культур на 10–20 %.

Ключевые слова: животноводческий комплекс, крупный рогатый скот, навоз, комплексная технология, утилизация, орошение, минеральные удобрения.

M. E. Kuznetsova, A. E. Khadzhidi, E. V. Kuznetsov, Ya. A. Poltorak

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

INTEGRATED UTILIZATION OF LIQUID CATTLE MANURE WITH DRIP IRRIGATION

The aim of the research was to create a technology for a complete and year-round utilization of animal waste for more efficient and sustainable development of the livestock industry through an integrated approach to animal waste management in agriculture. The method of research is a system analysis of such technological operations as manure transportation, hydraulic wash off, disinfection, quarantine, homogenization, filtration of a homogenized mixture, supply to waste division by separation and separation of solids and liquids fractions.

The subject of research was the regimes of waste preparation for disposal within the territory of livestock farms. The study material is a liquid fraction of manure prepared for transportation from a storage tank of a pumping station to irrigation fields. As a result of research a complex scheme for preparing the cattle manure liquid fraction for disposal by sprinkling, in which the liquid fraction is separated from solids by separation, accumulated in bioreactors and supplied to irrigation fields by the pump station, has been developed. The developed technology of complete and year-round utilization of animal waste allows eliminating completely the lagoon for manure disposal, reducing the period of liquid fraction accumulation to three months. The utilization technology application ensures the introduction of nutrients and dissolved organics into soil over the area evenly by a sprinkler machine evenly without additional costs, which include the cost for cleaning and preparing the lagoons for the next season to accumulate manure, transport it to the fields, leveling and introduction into the soil. At the same time, the rates of application of mineral fertilizers to the fields are reduced: nitrogen by 20 %, potassium by 80–100 %. In irrigation with purified and diluted wastewater from livestock farms, crop yields increase by 10–20 %.

Key words: livestock breeding complex, cattle, manure, integrated technology, utilization, irrigation, mineral fertilizers.

Введение. Проблема утилизации отходов животноводства создает предпосылки для разработки новых технологий использования навоза в качестве органического удобрения для сельскохозяйственных культур. Утилизация отходов животноводства должна быть эффективной, принести дополнительный доход в виде прибавочной стоимости урожая сельскохозяйственной продукции [1, 2]. Для этого должны разрабатываться технологии утилизации навоза на полях орошения, в которых создаются предпосылки для управления подачей жидких отходов круглогодично, в т. ч. в вегетационный период сельскохозяйственных культур [3, 4].

Животноводческие комплексы (ЖК) надо рассматривать как элемент природообустройства, направленный на получение животноводческой продукции при непрерывном повышении ее качества, обеспечивающий круглогодичную и полную утилизацию отходов на полях орошения. При данном подходе ЖК могут выступать как предприятия с полным круглогодичным замкнутым циклом: продукция животноводства → переработка и утилизация отходов → урожай → продукция животноводства. Схема позволяет выполнять комплекс мероприятий по охране земель от деградации и защите поверхностных и подземных вод от загрязнений, при этом основным загрязнителем является навоз, который в огромных ко-

личествах образуется в ЖК [5]. Отходы в виде навоза, как правило, используются недостаточно эффективно: хранятся в лагунах, на открытых площадках, загрязняют окружающую среду и теряют ценные свойства органики как удобрительного вещества для восполнения почвенного плодородия [6]. Поэтому создание технологий полной и круглогодичной утилизации отходов животноводства является актуальной проблемой, решение которой позволит более эффективно и рационально развивать данную отрасль за счет комплексного подхода к управлению отходами животноводства в сельском хозяйстве [7].

Материалы и методы. Разработана комплексная схема подготовки жидких отходов в виде навоза крупного рогатого скота (КРС) к утилизации дождеванием, при которой жидкая фракция (ЖФ) отделяется от твердой фракции (ТФ) отходов сепарацией, накапливается в биореакторах и подается насосной станцией на поля орошения. Методом исследования является системный анализ таких технологических операций процесса утилизации навоза КРС, как транспортировка навоза, гидравлический смыв, обеззараживание, карантин, гомогенизация, фильтрация гомогенизированной смеси, подача к разделению отходов сепарацией и отделение ЖФ от твердых отходов. Предметом исследования являются режимы подготовки отходов к утилизации в пределах территории ЖК. Материал исследования – жидкая фракция навоза, подготовленная к транспортировке из накопителя насосной станцией на поля орошения. В схеме рассматриваются процессы: поступление навоза в навозоприемник и дегельминтизация, подача навоза на пресс сепаратора, процесс отжима (разделения отходов), транспортировка ЖФ самотеком в накопитель-реактор и подача ТФ навоза на площадки для дальнейшего ее использования. Обработка результатов испытаний ТФ и ЖФ навоза после сепарации в аттестованной лаборатории ООО «РусИнтеКО» (г. Краснодар) проводилась по стандартным методикам.

Результаты и обсуждение. Технология подготовки ЖФ навоза

к утилизации внедрена в ООО «Союз-Агро» в Гулькевичском районе Краснодарского края. Комплексная схема утилизации отходов используется при откорме 10 тыс. телят, содержание животных в теплый период происходит на открытых площадках с навесами, а зимой в помещениях, обеспечивающих снижение негативного влияния изменения климатических факторов [8].

Площадки для содержания животных имеют твердое покрытие, которое обеспечивает накопление навоза в базах. Навоз перемещают бульдозером в сторону накопителя (навозоприемника), который обеспечивает прием навоза по всей ширине площадок, и далее он перемещается с расходом 110–130 м³/сут в сторону карантинной емкости из железобетона прямоугольной формы. Объем накопителя рассчитывается при хранении навоза не более 1–3 сут. Накопитель оборудован фильтром в виде металлической сетки, которая задерживает твердые включения. Из накопителя подготовленный навоз попадает в усреднитель объемом 60 м³, где выполняется процесс гомогенизации. Гомогенизированный навоз подается погружными насосами производительностью 50–60 м³/ч в сепаратор. Сепарация – непрерывный процесс. В схеме подготовки ЖФ к утилизации сепарирование является одной из основных технологических операций [9].

В схеме применяется шнековой сепаратор. Разделение и отжим ТФ производится при помощи шнека и сита, это позволяет удалять всю свободную жидкость из ТФ навоза. Производительность и эффективность работы сепаратора зависит от его модели, влажности навоза и размера ячеек сита. Принят размер ячеек сит 0,75–1,0 мм. Количество взвешенных веществ в ЖФ навоза КРС составляет 3,2–6,5 г/дм³ и не превышает 70 %. Потребляемая мощность сепаратора составляет 7,2 кВт при удельном показателе потребления электроэнергии до 0,075 кВт·ч/м³ и полной автоматизации процесса.

ЖФ из сепараторной станции поступает в карантинный резервуар

с рабочим объемом 35 м³, представляющий собой железобетонную емкость с размерами в плане 3,4 × 3,4 м и глубиной 3,5 м. С помощью погружного фекального насоса производительностью 50 м³/ч ЖФ перекачивается в биореактор, представляющий собой резервуар-накопитель в грунте, покрытый по дну и стенкам специальным усиленным 2-слойным противотранспортирующим материалом (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Биореактор в ООО «Союз-Агро»
(автор фото Е. В. Кузнецов)**

Преимущество разработанной конструкции накопителя заключается в возможности более эффективно перемешивать ЖФ с помощью барботажа, применении усиленного пленочного экрана, что служит мероприятием по защите от загрязнения ЖФ почвы, поверхностных и подземных вод. Пленочное покрытие включает защитный слой – нетканый геотекстиль, выполненный из 100 % полипропилена с прочностью на статический прокол более 4 кН типа Tirptex BS25; изоляционное покрытие – геомембрану, изготовленную из полиэтилена высокой плотности с добавлением сажи, антиокислителей, стабилизаторов высокой температуры. Принята мембрана компании Solmax, которая устойчива к воздействию агрессивных химических веществ и ультрафиолетовому излучению.

Комплексная схема подготовки ЖФ навоза КРС к полной утилизации дождеванием в период вегетации сельскохозяйственных культур представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Комплексная схема подготовки жидкой фракции к утилизации

В схеме подготовки ЖФ к полной и круглогодичной утилизации дождеванием (рисунок 2) обеспечивается замкнутый цикл, в котором выполняется непрерывная утилизация отходов на полях орошения при выращивании сельскохозяйственных культур, при этом обеспечивается кормовая база ЖК.

После выдержки и непрерывного окисления в биореакторе объемом 45,0 тыс. м³ ЖФ поступает в узел смешения с речной водой, откуда насосной станцией подается на поля орошения. Смешение ЖФ с водой устанавливается по химическому составу проб сточной воды и агрохимическому анализу почвы после внесения минеральных удобрений на поля. Установлено, что разбавление ЖФ должно находиться в диапазоне 1:10 – 1:15 в зависимости от качественного состава очищенных сточных вод (ЖФ). Объем механического биореактора открытого типа определяется по М. Хамеру [10]:

$$W_1 = T(Q \cdot a_2 + Q_{oc} \cdot a_3) / a_1 - W_2,$$

где W_1 – объем механического биореактора, м³;

T – время хранения ЖФ, сут;

Q – расход ЖФ, м³/с;

a_2 – концентрация взвешенных веществ после биореактора, г/л;

Q_{oc} – расход осадка, м³/с;

a_3 – концентрация органических веществ по БПК_п, г/л;

W_2 – объем дополнительного биореактора, м³.

Размеры биореактора учитывают не только объем стока ЖФ, но и концентрации взвешенных и органических веществ, образующихся при процессах окисления. Для аэробных процессов разработан способ подачи воздуха, который обеспечивает дыхание микроорганизмов и протекание биохимических реакций в диапазоне подачи 1–4 мг/(л·мин) чистого кислорода. Расход воздуха при подаче компрессором определяется по формуле [11]:

$$Q = k \cdot s \cdot P,$$

где Q – расход воздуха, м³/ч;

k – коэффициент расхода газа, м (60 – для биореакторов с пневматическим перемешиванием);

s – площадь биореактора, м²;

P – давление воздуха, атм.

Давление воздуха P , Па, вычисляется по формуле [11]:

$$P = 1,2 \cdot \rho \cdot g \cdot H + P_{атм},$$

где ρ – плотность ЖФ, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – высота слоя ЖФ, м;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, Па.

Для сравнения выполним анализ известных технологий утилизации навоза [12]. На первый взгляд, наиболее доступной технологией утилизации навоза является применение лагун или хранилищ закрытого типа, где выполняются процессы подготовки отходов к утилизации. После хра-

нения вывоз жидкого навоза из хранилищ предусматривается цистернами (например, HTS 110.27, Германия) емкостью 10 м³, которые агрегируются с мощными тракторами (К-701). Жидкий навоз из цистерн разбрызгивается круглый год. Применение мобильного транспорта для вывоза навоза имеет положительные стороны – небольшие капитальные вложения, возможность вывоза жидкого навоза на поля небольшими порциями при любой конфигурации, менее строгие требования к предварительной подготовке жидкого навоза, «отсутствие санитарно-гигиенических требований». Отрицательные стороны: небольшой радиус транспортирования, наличие густой сети дорог с твердым покрытием, тяжелые условия работы в осенне-зимне-весенний период, небольшие дозы внесения жидкого навоза, зависимость эффекта использования от погодных условий, частое засорение разбрасывающего устройства из-за того, что удаление крупных включений в комплексе практически не проводят. При сезонном вывозе навоза на поля в качестве органических удобрений создаются трудности с внесением его в почву. Для этого требуются дополнительные затраты на его транспортировку, разравнивание по полю специальными машинами, при этом органические вещества в почву поступают неравномерно.

Выводы. Разработанная технология полной и круглогодичной утилизации отходов животноводства позволяет полностью ликвидировать лагуны для утилизации навоза, сократить срок накопления ЖФ до трех месяцев, отделять твердую фракцию навоза от жидкой. Твердая фракция используется для различных целей: компостирования, вермикомпостирования, утилизации на полях в виде органических удобрений – и может реализовываться фермерам. ЖФ может применяться для орошения сельскохозяйственных культур после смешивания с речной водой. Применение технологии утилизации обеспечивает внесение питательных веществ и растворенной органики в почву равномерно по площади дождевальными машинами без дополнительных затрат, которые складываются из затрат на очист-

ку и подготовку лагун к следующему сезону накопления навоза, транспортировку его на поля, разравнивание и заделку навоза в почву, при этом не происходит загрязнения окружающей среды. Внедрение технологии в ООО «Союз-Агро» позволило снизить норму внесения минеральных удобрений на поля: азота на 20 %, калия на 80–100 %; урожайность сельскохозяйственных культур повысилась на 10–20 %.

Эффект для животноводства состоит в заготовке кормов высокого качества, улучшении условий содержания животных, что положительно сказывается на экономических показателях при откорме животных.

Список использованных источников

- 1 Технология орошения животноводческими стоками / А. М. Буцыкин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.
- 2 Hammond, C. Animal waste and the environment [Electronic resource] / C. Hammond. – 1997. – Mode of access: <http://bae.uga.edu/extension/pubs/c827.cd.htm>, 2011.
- 3 Хаджиди, А. Е. Проблема утилизации очищенных сточных вод перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий на земельных полях орошения / А. Е. Хаджиди, М. Е. Кузнецова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Вып. 5(38). – С. 156–163.
- 4 Ильин, Ю. П. Обоснование методологии и рациональных путей решения проблемы утилизации отходов животноводства / Ю. П. Ильин, Н. К. Катаева, Н. Ю. Кузьмина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2. – С. 76–81.
- 5 Kusiluka, L. J. M. Animal Waste Management Practices and Perceptions on Public and Environmental Health Risks / L. J. M. Kusiluka, P. Gallet, A. N. Mtawa // Huria: Journal of the Open University of Tanzania. – 2012. – Vol. 12(1). – P. 57–75.
- 6 Киселева, М. Г. Современные биологические способы утилизации отходов животноводства / М. Г. Киселева, Р. Р. Смирнова // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2011. – № 2(6). – С. 72–74.
- 7 Kiyonori, H. Animal waste problems and their solution from the technological point of view in Japan [Electronic resource] / H. Kiyonori. – 2007. – Mode of access: <http://ss.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/jarg/32-3/haga/haga.htm>, 2011.
- 8 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>.
- 9 Рубина, М. В. Эффективность выращивания телят в разных условиях / М. В. Рубина, С. А. Ткачук // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки, 2014. – Вып. 17, ч. 1. – С. 266–273.
- 10 Матвиенко, А. О. Технологии подготовки животноводческих стоков для целей орошения / А. О. Матвиенко, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – Вып. 54. – С. 93–97.
- 11 Миронов, М. А. Методы расчета оборудования биотехнологических произ-

водств: учеб.-метод. пособие / М. А. Миронов, М. И. Токарева; под науч. ред. М. Н. Иванцова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 47 с.

12 Ковалев, Н. Г. Технологии переработки и использования навозных стоков / Н. Г. Ковалев, И. Н. Барановский // Вестник ВНИИМЖ. – 2012. – № 4(8). – С. 12–20.

References

1 Butsykin A.M. [et al.], 1987. *Tekhnologiya orosheniya zhivotnovodcheskimi stokami* [Technology of Irrigation by Livestock Wastes]. Moscow, Agropromizdat Publ., 160 p. (In Russian).

2 Hammond C., 1997. Animal Waste and the Environment, available: <http://bae.uga.edu/extension/pubs/c827.cd.htm>, 2011. (In English).

3 Khadzhibi A.E., Kuznetsova M.E., 2012. *Problema utilizatsii ochishchennykh stochnykh vod pererabatyvayushchikh sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy na zemledel'cheskikh polyakh orosheniya* [The problem of disposal of treated wastewater from processing agricultural enterprises to agricultural irrigation fields]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceed. of Kuban State Agrarian University], vol. 5(38), pp. 156-163. (In Russian).

4 Il'in Yu.P., Kataeva N.K., Kuz'mina N.Yu., 2006. *Obosnovanie metodologii i ratsional'nykh putey resheniya problemy utilizatsii otkhodov zhivotnovodstva* [Justification of the methodology and rational ways of solving the problem of recycling animal waste]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of St. Petersburg State Agrarian University], no. 2, pp. 76-81. (In Russian).

5 Kusiluka L. J. M., Gallet P., Mtawa A.N., 2012. Animal Waste Management Practices and Perceptions on Public and Environmental Health Risks. *Huria: Journal of the Open University of Tanzania*, vol. 12(1), pp. 57-75. (In English).

6 Kiseleva M.G., Smirnova R.R., 2011. *Sovremennye biologicheskie sposoby utilizatsii otkhodov zhivotnovodstva* [Modern biological methods for utilization of animal waste]. *Rossiyskiy zhurnal «Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii»* [Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"], no. 2(6), pp. 72-74. (In Russian).

7 Kiyonori H., 2007. Animal waste problems and their solution from the technological point of view in Japan, available: <http://ss.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/jarg/32-3/haga/haga.htm>, 2011. (In English).

8 Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2015. *Resursosberegayushchie tekhnologii po podgotovke zhivotnovodcheskikh stokov dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Resource-saving technologies for the preparation of animal waste water for irrigation of crops]. *Politematicheskii 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>. (In Russian).

9 Rubina M.V., Tkachuk S.A., 2014. *Effektivnost' vyrashchivaniya telyat v raznykh usloviyakh* [Efficiency of breeding calves under different conditions]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sb. nauch. tr.* [Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry: Proceed.]. Gorki, vol. 17, part 1, pp. 266-273. (In Russian).

10 Matvienko A.O., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2014. *Tekhnologii podgotovki zhivotnovodcheskikh stokov dlya tseley orosheniya* [Technologies for the preparation of livestock waste for irrigation purposes]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], vol. 54, pp. 93-97. (In Russian).

11 Mironov M.A., Tokareva M.I., 2017. *Metody rascheta oborudovaniya biotekhnologicheskikh proizvodstv: ucheb.-metod. posobie* [Methods for Calculating the Equipment of Biotechnological Productions: Study Guide]. Ekaterinburg, Ural University Publ., 47 p. (In Russian).

12 Kovalev N.G., Baranovskiy I.N., 2012. *Tekhnologii pererabotki i ispol'zovaniya*

Кузнецова Маргарита Евгеньевна

Должность: аспирант кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения
Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044
E-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Kuznetsova Margarita Evgenievna

Position: Graduate Student of the Chair of Hydraulics and Agricultural Water Supply
Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044
E-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Хаджиди Анна Евгеньевна

Ученая степень: кандидат технических наук
Ученое звание: доцент
Должность: доцент кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения
Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044
E-mail: dtn-khanna@yandex.ru

Khadzhidi Anna Evgenievna

Degree: Candidate of Technical Sciences
Title: Associate Professor
Position: Associate Professor of the Chair of Hydraulics and Agricultural Water Supply
Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044
E-mail: dtn-khanna@yandex.ru

Кузнецов Евгений Владимирович

Ученая степень: доктор технических наук
Ученое звание: профессор
Должность: заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения
Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044
E-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Kuznetsov Evgeny Vladimirovich

Degree: Doctor of Technical Sciences
Title: Professor
Position: Head Chair of Hydraulics and Agricultural Water Supply
Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044
E-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Полторак Ян Александрович

Должность: старший преподаватель кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения
Место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4(32), 2018 г., [77–88]

Адрес организации: ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Российская Федерация, 350044

E-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Poltorak Jan Alexandrovich

Position: Senior Lecturer of the Chair of Hydraulics and Agricultural Water Supply

Affiliation: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Affiliation address: st. Kalinina, 13, Krasnodar, Russian Federation, 350044

E-mail: dtn-kuz@rambler.ru