



Научная статья

УДК 621.643

doi: 10.55186/25876740_2024_67_6_674

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДОПОДОБНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДОЙ

М.А. Бандурин, И.А. Приходько, Т.Н. Фомин

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Россия

Аннотация. В последнее десятилетие наблюдается существенный рост сельскохозяйственной продукции, а вместе с ним и органических отходов. В связи с этим в России все более остро встает вопрос по решению проблемы переработки и утилизации отходов сельскохозяйственных и животноводческих предприятий. Решение данной проблемы должно осуществляться технологиями, минимизирующими воздействие на окружающую среду и человека, то есть через природоподобные технологии. В статье рассмотрен один из вариантов такой технологии по транспортированию отходов сельскохозяйственных предприятий в виде жома по трубопроводам на близко расположенные фермерские хозяйства и базы выращивания и откорма скота. Выявлены основные причины существующих трудностей транспортировки. В статье предлагается способ трубопроводной системы по транспортированию жома с сахарного завода на откормбазы. Кроме того, авторами анализируются положительные эффекты от внедрения трубопроводного транспорта, такие как снижение времени доставки жома, уменьшение затрат на логистику и сокращение экологических рисков. Обсуждаются вопросы, касающиеся технического обслуживания трубопроводной системы. В статье рассмотрены режимы движения и удельные потери напора жомовых гидросмесей различной консистенции. Проведены экспериментальные исследования на стендах с трубопроводами диаметром 104 и 149 мм при высоких насыщениях гидросмеси кислым жомом. Предложены технологические схемы подачи жома на откормбазы. Проведенные наблюдения и анализ движения гидросмесей различной консистенции позволили определить основы для расчетов и проектирования трубопроводной гидротранспортирующей установки. В ходе экспериментов также были выявлены оптимальные консистенции жомовых гидросмесей, обеспечивающие наименьшие потери напора и наиболее стабильное движение по трубопроводам. Авторами предлагается внедрение гидротранспорта для отходов сельскохозяйственных предприятий, которые могут использоваться в качестве корма для скота, способного значительно сократить издержки в двух ключевых отраслях сельского хозяйства: растениеводстве и скотоводстве. В частности, это позволит более эффективно использовать ресурсы и оптимизировать процессы, что приведет к снижению затрат на транспортировку и хранение кормов. Кроме того, внедрение современных технологий трубопроводного транспорта для доставки жома на откормбазы представляется весьма целесообразным решением. Такой подход не только ускорит процесс доставки, но и уменьшит потенциальные потери кормов в ходе транспортировки. В конечном итоге подобные реформы могут значительно повысить общую эффективность аграрного сектора, улучшая конкурентоспособность как отдельных хозяйств, так и всей отрасли в целом. Это приведет к более устойчивому и прибыльному сельскому хозяйству, которое сможет ответить на вызовы современного рынка.

Ключевые слова: природоподобные технологии, растениеводство, животноводство, транспортирование жома, гидросмесь

Благодарности: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20003.

Original article

OPTIMIZATION OF NATURE-LIKE TECHNOLOGY FOR APPLYING FERTILIZERS FROM ORGANIC WASTE WITH IRRIGATION WATER

M.A. Bandurin, I.A. Prikhodko, T.N. Fomin

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

Abstract. In the last decade, there has been a significant increase in agricultural production, and with it, organic waste. In this regard, in Russia, the issue of solving the problem of processing and recycling waste from agricultural and livestock enterprises is becoming increasingly acute. The solution to this problem should be solved by technologies that minimize the impact on the environment and humans, that is, through nature-like technologies. The article considers one of the options for such a technology for transporting agricultural waste in the form of pulp through pipelines to nearby farms and cattle breeding and fattening bases. The main reasons for the existing transportation difficulties are identified. The article proposes a pipeline system for transporting pulp from a sugar factory to fattening bases. In addition, the authors analyze the positive effects of the introduction of pipeline transport, such as reduced pulp delivery time, reduced logistics costs and reduced environmental risks. Issues related to the technical maintenance of the pipeline system are discussed. The article studied the movement modes and specific pressure losses of pulp hydraulic mixtures of various consistencies. Experimental studies were conducted on stands with pipelines of 104 and 149 mm diameters at high saturation of the pulp with acidic pulp. Technological schemes for feeding pulp to fattening plants were proposed. The observations and analysis of the movement of pulp of various consistencies made it possible to determine the basis for calculations and design for a pipeline hydrotransport unit. During the experiments, optimal consistencies of pulp mixtures were also identified, providing the lowest pressure losses and the most stable movement along pipelines. The authors propose the introduction of hydraulic transport for agricultural waste, which can be used as livestock feed, which can significantly reduce costs in two key sectors of agriculture: crop production and livestock breeding. In particular, this will allow more efficient use of resources and optimization of processes, which will lead to a decrease in the costs of transportation and storage of feed. In addition, the introduction of modern pipeline transport technologies for the delivery of pulp to fattening plants seems to be a very reasonable solution. Such an approach will not only speed up the



delivery process, but also reduce potential feed losses during transportation. Ultimately, such reforms can significantly increase the overall efficiency of the agricultural sector, improving the competitiveness of both individual farms and the entire industry as a whole. This will lead to a more sustainable and profitable agriculture that will be able to respond to the challenges of the modern market.

Keywords: nature-like technologies, plant growing, animal husbandry, transportation of pulp, hydraulic mixture

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation № 24-26-20003.

Введение. Важнейшей задачей аграрного сектора является не только повышение продуктивности сельского хозяйства и животноводства, но и снижение антропогенного воздействия [1]. Суммарное количество органических отходов ежегодно превышает 600 млн т, из них 36% приходится на Южный федеральный округ [2]. Чтобы решить эту проблему требуется обратиться к современным технологиям переработки органических удобрений. Так, например, одним из способов переработки отходов свеклосахарной промышленности является свекловичный жом [3, 4], использование которого в сельском хозяйстве позволяет восстановить мелиоративное состояние почв; снизить дозы внесения минеральных удобрений; улучшить микробиологическое состояние почв; повысить урожайность сельскохозяйственных культур, а в животноводстве использовать его на корм скоту в свежем, сушеном (брикеты и россыпью) и силосованном состоянии [5].

Также актуальной задачей сельского хозяйства является дальнейшее значительное увеличение среднегодового производства мяса [6]. Для достижения данной цели необходимо максимально ускорить решение задачи по переводу процессов производства говядины, молока и других продуктов животноводства на промышленную основу [7, 8].

Под этим подразумевается создание специализированных крупных межхозяйственных скотооткормочных комплексов, в которых будут использоваться самые прогрессивные виды механизации трудоемких процессов. Сначала следует обеспечить производство в достаточном количестве дешевых кормов и экономичную транспортировку их на места потребления.

Однако вопрос о значительном увеличении производства мяса может быть успешно решен только при снижении себестоимости кормов [9]. Для решения этой проблемы необходимо увеличить сбор зеленой массы с единицы посевной площади и сократить транспортные расходы на доставку кормов.

Таким образом, необходимо сформировать оптимальные условия для дальнейшего увеличения производства мяса в Краснодарском крае.

Материалы и методы. Как решить задачу имеющихся в хозяйстве ресурсов? Несмотря на то, что ежегодно в Краснодарском крае увеличивается среднегодовое производство мяса, которое на 2023 г. составило 600 тыс. т мяса в живом весе, наиболее актуальной задачей сельского хозяйства является дальнейшее значительное увеличение производства мяса до 840 тыс. т [10]. Для достижения этой цели необходимо максимально ускорить решение задачи по переводу процессов производства говядины, молока и других продуктов животноводства на промышленную основу. Имеется в виду создание специализированных крупных межхозяйственных скотооткормочных комплексов, где нашли бы применение наиболее прогрессивные виды механизации трудоемких процессов,

начиная с производства в достаточном количестве дешевых кормов и экономичной транспортировки их на места потребления и кончая уборкой и доставкой навоза с ферм на поля.

Вопрос о значительном увеличении производства мяса может быть успешно решен только при снижении себестоимости кормов за счет увеличения сбора зеленой массы с единицы посевной площади и уменьшения транспортных расходов на доставку кормов [11], так как себестоимость кормов составляет около 50% от себестоимости единицы продукции (говядины), а транспортные расходы доходят 30-40% от себестоимости кормов [12].

Отмеченные обстоятельства привели к тому, что в различных зонах страны около сахарных заводов, где промышленные отходы в виде жома, являющегося хорошим и дешевым кормом для животных, составляют около 90% от веса свеклы, созданы и еще будут построены крупные специализированные хозяйства по откорму крупного рогатого скота [13]. Эти хозяйства располагаются от сахарных заводов на расстоянии от 200 м до 5 км и расходуют в сутки от 500 до 2000 т жома [14]. Такие значительные грузопотоки корма в осенне-зимний период трудно обеспечить автотранспортом по следующим причинам:

- значительные простои автомашин в очереди;
- несоблюдение элементарных правил гигиены, так как скопление заезжающих под погрузку машин из разных хозяйств является источником инфекционных заболеваний животных;
- загрязнение жома от колес машин, заезжающих в жомохранилище;
- значительные потери жома (15-20% от общего объема) при погрузке, транспортировке и разгрузке;
- загрязнение проезжей части дорог выделяющейся из жома влагой, которая вытекает через неплотности кузовов автотранспорта;
- трудности в создании определенного запаса жома на откормбазах.

Эти недостатки можно значительно уменьшить, используя трубопроводный транспорт вместо автомобильного.

Опыт применения различных видов транспорта жома в хозяйствах Белгородской, Курской и Винницкой областей показывает, что перемещение жома по трубопроводам на расстоянии до 2 км позволило сократить расходы на его перевозку в 3-4 раза [15].

В Краснодарском крае также имеется ряд крупных скотооткормочных комплексов, расположенных вблизи сахарных заводов и имеющих значительные грузожомопотоки, на которых, на наш взгляд, целесообразен трубопроводный транспорт. Создание надежной экономически эффективной трубопроводной системы по транспортированию жома с сахарного завода на откормбазы возможно, однако необходимо определить оптимальные параметры движения

жомовых гидросмесей в трубопроводах различных диаметров.

Нами изучались режимы движения и удельные потери напора жомовых гидросмесей различной консистенции в прозрачном стеклянном трубопроводе диаметром 104 мм (рис. 1), а также в металлических трубопроводах диаметром 149 и 200 мм (рис. 2 и 3).

Увеличение консистенции свыше 20% по весу вызывает определенные изменения качественной характеристики гидросмеси и соответственно режима движения. Гидросмесь движется в виде однородной массы. Практически отсутствует любое расслоение гидросмеси, не наблюдается границы между жидкой и твердой фазами.

Дальнейшее увеличение консистенции приводит к тому, что движение ее осуществляется подобно густой пастообразной массе и напоминает движение твердого тела. Остановка системы с такой гидросмесью на 20-30 часов не вызывает расслоения между твердой и жидкой фазами.

Данные, представленные на рисунке 1, показали следующее.

При малых насыщениях кислым жомом гидросмесь перемещается как нормальная ньютоновская жидкость.

Приращение удельных потерь напора, характеризующееся разностью между удельными потерями при движении гидросмеси и воды, в данном случае незначительно (рис. 1, кривые 2 и 3).

Существенное изменение характеристик потока в значительной мере зависит от реологических и вязкостных свойств гидросмесей из кислого жома, хранящегося в жомохранилищах сахарных заводов в течение 2 суток и более.

Экспериментальные исследования, выполненные на стендах с трубопроводами диаметром 104 и 149 мм при высоких насыщениях гидросмеси кислым жомом, показывают, что увеличение весового насыщения до 50% и выше влечет за собой резкое изменение свойств и параметров гидросмеси. Она приобретает свойства аномальной ньютоновской жидкости. Кривые, характеризующие зависимость $i_{cm}=f(V)$ (рис. 1, кривая 4; рис. 2, кривая 2), не стремятся в начало координат и отличаются режимами течения, присущими вязкопластичным телам.

Гидросмесь, составленная из 50% свежего жома и 50% транспортирующей воды, имеет несколько другой характер движения (рис. 3, кривая 3). Так, при скорости движения гидросмеси 1 м/с имеется минимум зависимости $i_{cm}=f(V)$. Это так называемая критическая скорость, которая показывает начало выпадения частичек жома на дно трубопровода. Поэтому рабочая скорость движения гидросмеси должна на 10-20% превышать критическую, то есть $V_{раб} \geq (1,1 \div 1,2) V_{кр}$.

Свежий жом легко отделяется от несущей воды, которую можно использовать для дальнейшего приготовления гидросмеси из свежего жома.



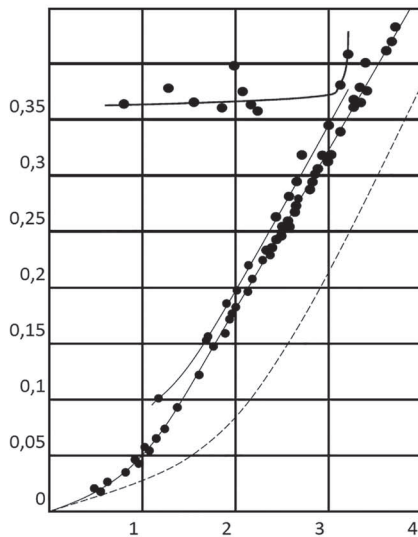


Рисунок 1. Зависимость удельных потерь напора от скорости и консистенции при движении гидросмеси по трубопроводу диаметром 104 мм: 1 — вода (гидравлически гладкий трубопровод); 2 — вода (экспериментальные данные)
Figure 1. Dependence of specific pressure losses on the speed and consistency when moving hydraulic fluid through a diameter of 104 mm pipeline: 1 — water (hydraulic smooth pipeline); 2 — water (experimental data)

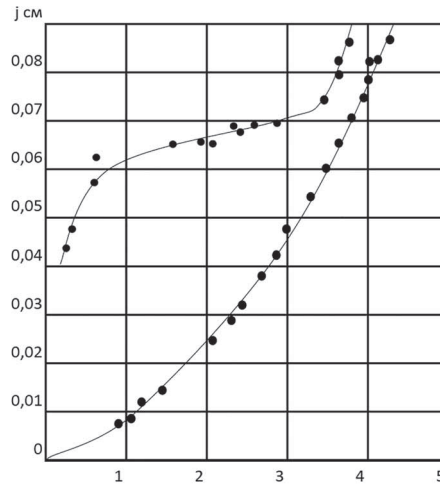


Рисунок 2. Зависимость удельных потерь напора от скорости при движении гидросмеси, составленной из жома и воды в соотношении Т:Ж=1:0,67 по трубопроводу диаметром 149 мм: 1 — вода; 2 — гидросмесь
Figure 2. Dependence of specific pressure losses on the speed of movement of a hydraulic mixture composed of pulp and water in a ratio of T:L=1:0.67 through a pipeline diameter of 149 mm: 1 — water; 2 — hydraulic mixture

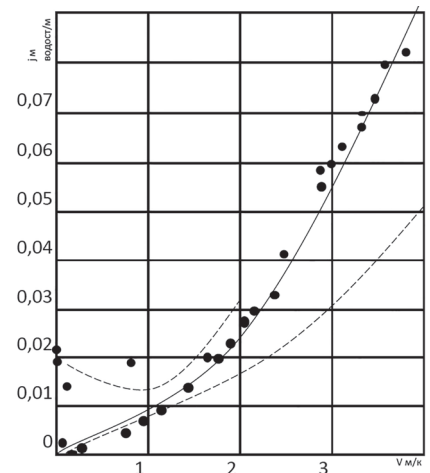


Рисунок 3. Зависимость удельных потерь напора от скорости и консистенции при движении гидросмеси по трубопроводу диаметром 200 мм: 1 — вода (гидравлически гладкий трубопровод); 2 — вода (экспериментальные данные); 3 — гидросмесь, Т:Ж=1:1
Figure 3. Dependence of specific pressure losses on the speed and consistency when moving hydraulic fluid through a diameter of 200 mm pipeline: 1 — water (hydraulic smooth pipeline); 2 — water (experimental data); 3 — hydraulic fluid, T:L=1:1

Выводы. В работе показана реальная возможность использования природоподобных технологий при решении проблем с утилизацией органических отходов. Такие решения могут использоваться в сельскохозяйственном и животноводческом секторах для повышения продуктивности производства.

В работе возможны следующие технологические схемы подачи жома на откормбазы:

1. Кислый жом забирается из жомохранилища сахарного завода, смешивается с водой до влажности $W_p=88-90\%$ и подается по трубопроводам с помощью насосов на откормбазу, где в специальной емкости смешивается с комбикормами, сеной мукой и др. В этом случае целесообразно в качестве носителя использовать водный раствор хлореллы.

2. Свежий жом из диффузии поступает в специальную емкость, где смешивается с водой в определенной экономически выгодной пропорции, затем насосами гидросмесь по трубопроводам подается на откормбазу, здесь вода отделяется от жома и подается обратно на сахарный завод как носитель, а жом складывается в специальных емкостях на откормбазе.

Выполненные исследования показали, что применение трубопроводного транспорта при значительных грузопотоках между сахарными заводами и крупными скотооткормочными комплексами промышленного типа является одним из резервов снижения себестоимости кормов и единицы продукции животноводства.

Гидросмеси из кислого жома при консистенции 0,5 и выше являются аномальными и проявляют реологические свойства, вызванные повышенной вязкостью и наличием начального напряжения сдвига — τ_0 .

Результаты выполненных исследований позволяют произвести расчет и выбор оборудования для трубопроводной гидротранспортирующей установки.

Список источников

1. Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса // *International Agricultural Journal*. 2021. Т. 64. № 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359
2. Крылова Н.Н., Иванов Н.А., Огрызко В.А. Совершенствование способа полива риса // *Академия педагогических идей «Новация»*. Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2 (февраль). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>
3. Владимиров С.А., Коркота Д.К., Хилько А.С., Александров Д.А. Концепция устойчивого экологического рисоводства как основа развития мелиорации // *Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: материалы Национальной научной конференции, Волгоград, 29-30 октября 2020 г.* Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 247-251.
4. Суров А.О., Владимиров С.А. Проблемы рационального использования водных и земельных ресурсов в рисоводстве // *Аспирант*. 2021. № 6 (63). С. 151-153.
5. Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prikhodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 01-05 October 2019*, vol. 698 (2). Kislovodsk: Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015. EDN THNDDL
6. Айдаров И.П., Арент К.П., Баякина В.П. и др. Мелиорация и водное хозяйство: справочник. М.: Росагропромиздат, 1990. 415 с.
7. Приходько И.А., Анненко А.Д. Инновационные технологии возделывания риса в условиях Краснодарского края // *Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам V Международной научной экологической конференции, Краснодар, 30 декабря 2020 г.* Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 139-145.
8. Владимиров С.А., Колесниченко В.В., Войтенко Д.А., Александров Д.А. Ресурсосберегающие и при-

родоохранные технологии для решение экологических проблем на Кубани // *Тенденции развития науки и образования*. 2021. № 73-3. С. 112-115. doi: 10.18411/lj-05-2021-113

9. Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // *Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, Чебоксары, 22 октября 2021 г.* Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 150-152.

10. Демьянов С.И., Владимиров С.А. Основные направления перехода рисоводства Кубани на экологически безопасное устойчивое производство // *Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сборник научных статей по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием, Москва, 15-16 августа 2021 г.* Т. 4. М.: ООО «Конверт», 2021. С. 23-25.

11. Владимиров С.А., Дронов М.В., Александров Д.А. Оценка изменений водных ресурсов в бассейне реки Кубань // *Актуальные вопросы аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции, Ульяновск, 20-21 октября 2021 г.* Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. С. 148-152.

12. Бандурин М.А., Приходько И.А., Бандурина И.П. Современные методы управления поливами на оросительных системах Юга России // *Научная жизнь*. 2021. Т. 16. № 8 (120). С. 986-997. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

13. Владимиров С.А., Прокопенко В.В., Александров Д.А. Ресурсосберегающие мелиорации на Кубани в условиях маловодья // *Тенденции развития науки и образования*. 2021. № 71-2. С. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

14. Приходько И.А., Бандурина М.А., Якуба С.Н. Пути решения совершенствования рационального природопользования в границах мелиоративно-водохозяй-



ственного комплекса Нижней Кубани // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности, Москва, 14-15 апреля 2022 г. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. С. 100-107.

15. Кружилин И.П., Ганиев М.А., Кузнецова Н.В., Родин К.А. Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

16. Килиди А.И., Хатхоху Е.И., Александров Д.А. Аспекты ресурсосбережения в системе водораспределения на рисовые оросительные системы Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71-2. С. 128-130. doi: 10.18411/lj-03-2021-67

References

1. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdeleyanii risa [The task of choosing rational technological operations in rice cultivation]. *International Agricultural Journal*, vol. 64, no. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359

2. Krylova, N.N., Ivanov, N.A., Ogryz'ko, V.A. (2019). Sovershenstvovanie sposoba poliva risa [Improving the method of watering rice]. *Akademiya pedagogicheskikh idei «Novatsiya»*. Seriya: *Studencheskii nauchnyi vestnik* [Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student scientific bulletin], no. 2 (February). URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

3. Vladimirov, S.A., Korkota, D.K., Khil'ko, A.S., Aleksandrov, D.A. (2020). Kontsepsiya ustoichivogo ehkologicheskogo risovodstva kak osnova razvitiya melioratsii [The concept of sustainable ecological rice farming as the basis for the development of land reclamation]. *Lesnaya melioratsiya i ehkologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo basseina: materialy Natsional'noi nauchnoi konferentsii, Volgograd, 29-30 oktyabrya 2020 g.* [Materials of the National scientific conference "Forest Reclamation and ecological and hydrological problems of the Don catchment basin", Volgograd, October, 29-30, 2020]. Volgograd, FSC of Agroecology RAS, pp. 247-251.

4. Surov, A.O., Vladimirov, S.A. (2021). Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh i zemel'nykh resursov v risovodstve [Problems of rational use of water and land resources in rice growing]. *Aspirant*, no. 6 (63), pp. 151-153.

5. Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prikhodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 01-05 October 2019*, vol. 698 (2).

Kislovodsk: Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015. EDN THNDDL

6. Aidarov, I.P., Arent, K.P., Bayakina, V.P. i dr. (1990). *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo: spravochnik* [Reclamation and water management: handbook]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 415 p.

7. Prikhod'ko, I.A., Annenko, A.D. (2021). Innovatsionnye tekhnologii vozdeleyanii risa v usloviyakh Krasnodarskogo kraya [Innovative technologies of rice cultivation in the conditions of the Krasnodar territory]. *Ehkologiya rechnykh landshaftov: sbornik statei po materialam V Mezhdunarodnoi nauchnoi ehkologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 30 dekabr'ya 2020 g.* [Collection of articles based on the materials of the V International Scientific Ecological Conference "Ecology of river landscapes", Krasnodar, December, 30, 2020]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 139-145.

8. Vladimirov, S.A., Kolesnichenko, V.V., Voitenko, D.A., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie i prirodokhrannye tekhnologii dlya resheniya ehkologicheskikh problem na Kubani [Resource-saving and environmental technologies for solving environmental problems in the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 73-3, pp. 112-115. doi: 10.18411/lj-05-2021-113

9. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Ehkologo-meliorativnye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v risovodstve Kubani [Ecological and meliorative aspects of rational nature management in the Kuban rice growing]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo khozyaistva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU, Cheboksary, 22 oktyabrya 2021 g.* [Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University "Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia", Cheboksary, October, 22, 2021]. Cheboksary, Chuvash SAU, pp. 150-152.

10. Dem'yanov, S.I., Vladimirov, S.A. (2021). Osnovnye napravleniya perekhoda risovodstva Kubani na ehkologicheski bezopasnoe ustoichivoe proizvodstvo [The main directions of the transition of Kuban rice farming to environmentally safe sustainable production: Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society]. *Innovatsionnye resheniya sotsial'nykh, ehkonomicheskikh i tekhnologicheskikh problem sovremenogo obshchestva: sbornik nauchnykh statei po itogam kruglogo stola so vsereossiiskim i mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 15-16 avgusta 2021 g.* [Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society: a collection of scientific articles based on the results of

the round table with All-Russian and international participation]. Moscow, vol. 4, pp. 23-25.

11. Vladimirov, S.A., Dronov, M.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Otsenka izmenenii vodnykh resursov v basseine reki Kuban' [Assessment of Changes in Water Resources in the Kuban River Basin]. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ulyanovsk, 20-21 oktyabrya 2021 g.* [Topical issues of agricultural science: proceedings of the National scientific and practical conference, Ulyanovsk, October, 20-21, 2021]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 148-152.

12. Bandurin, M.A., Prikhod'ko, I.A., Bandurina, I.P. (2021). Sovremennye metody upravleniya polivami na orositel'nykh sistemakh Yuga Rossii [Modern methods of irrigation management in irrigation systems of the South of Russia]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], vol. 16, no. 8 (120), pp. 986-987. doi: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-986-997

13. Vladimirov, S.A., Prokopenko, V.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Resursosberegayushchie melioratsii na Kubani v usloviyakh malovod'ya [Resource-saving melioration in the Kuban in conditions of low water]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 125-127. doi: 10.18411/lj-03-2021-66

14. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Yakuba, S.N. (2022). Puti resheniya sovershenstvovaniya ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v granitsakh meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa Nizhnei Kubani [Ways of solving the improvement of rational nature management within the boundaries of the reclamation and water management complex of the Lower Kuban]. *Rol' melioratsii v obespechenii proizvodstvennoi bezopasnosti, Moskva, 14-15 aprelya 2022 g.* [The role of land reclamation in ensuring food security, Moscow, April, 14-15, 2022]. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov, pp. 100-107.

15. Kruzhilin, I.P., Ganiev, M.A., Kuznetsova, N.V., Rodin, K.A. (2018). Vodopotrebleniye risa i udel'nye zatraty na formirovaniye urozhaya zerna pri raznykh sposobakh poliva [Rice water consumption and unit costs for grain yield formation with different irrigation methods]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 1 (49), pp. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

16. Kiliidi, A.I., Khatkhokhu, E.I., Aleksandrov, D.A. (2021). Aspekty resursosberezheniya v sisteme vodoraspredeleeniya na risovye orositel'nye sistemy Kubani [Aspects of resource saving in the water distribution system for rice irrigation systems of the Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], no. 71-2, pp. 128-130. doi: 10.18411/lj-03-2021-67

Информация об авторах:

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-код: 6451-2467, chepura@mail.ru

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-код: 4011-7185, prikhodkoigor2012@yandex.ru

Фомин Тимофей Николаевич, бакалавр 2 курса бакалавриата факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, Researcher ID: KYR-7848-2024, fomintima52@gmail.com

Information about the authors:

Mikhail A. Bandurin, doctor of technical sciences, associate professor, Honored inventor of the Russian Federation, dean of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-code: 6451-2467, chepura@mail.ru

Igor A. Prikhodko, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-code: 4011-7185, prikhodkoigor2012@yandex.ru

Timofey N. Fomin, 2st year bachelor's degree of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8774-7216>, Researcher ID: KYR-7848-2024, fomintima52@gmail.com

