



К вопросу о долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области

© 2020. О. В. Балун ✉

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье рассматривается вопрос стабильной работы различных конструкций осушительных систем на тяжелых почвах в природно-климатических условиях Новгородской области в первые годы после строительства и через 30 лет эксплуатации. В опыте исследуется эффективность осушения с помощью конструкций мелкого дренажа глубиной заложения 70 см и двух вариантов среднезаглубленного дренажа (110 см) с засыпкой дренажной траншеи песчано-гравийной смесью (ПГС) и щепой до пахотного горизонта. Анализ динамики грунтовых вод показал, что скорость снижения грунтовых вод в ранневесенний период в первые годы эксплуатации во всех опытных вариантах была примерно одинаковой: 2,0-2,4 см/сут, а в последние годы в варианте мелкого дренажа снижение уровней грунтовых вод происходило более медленно (2,3 см/сут) по сравнению с вариантами стандартного дренажа (3,8-3,9 см/сут). Влажность корнеобитаемого слоя почвы в среднем за вегетационный период на опытных системах закрытого дренажа через 30 лет не возросла. Средние запасы влаги за вегетационный период на опытных системах составили: в варианте мелкого дренажа в 1991 году 177 мм, в 2018 году – 168 мм; на стандартном дренаже с засыпкой дренажной щепой – 165 и 154 мм соответственно; в варианте с засыпкой ПГС – 164 и 123 мм соответственно. Наибольшей надежностью и долговечностью обладали собиратели с засыпкой дренажной траншеи ПГС, сохранившие в течение тридцатилетнего периода стабильно высокую эффективность работы; в период засухи системы мелкого дренажа обеспечили более благоприятные условия по степени увлажнения в корнеобитаемом слое: в 2018 году самый короткий период недостатка влаги в корнеобитаемом слое почвы (10 суток) наблюдался на системах мелкого дренажа, наиболее длительный (1 месяц) – на системах с засыпкой дренажной траншеи ПГС.

Ключевые слова: уровень грунтовых вод, влажность почвы, долговечность, мелкий дренаж, среднезаглубленный дренаж

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (тема № 0681-2019-0001, рег. № НИОКТР АААА-А19-119082290041-7).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Балун О. В. К вопросу о долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(5):589-596.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.589-596>

Поступила: 17.06.2020

Принята к публикации: 22.09.2020

Опубликована онлайн: 22.10.2020

On the problem of durability of underground drainage in the natural and climatic conditions of the Novgorod region

© 2020. Olga V. Balun ✉

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Saint Petersburg, Russian Federation

The article deals with the problem of stable operation of various structures of drainage systems on heavy soils in the natural and climatic conditions of the Novgorod region during the first years after construction and after 30 years of operation. The experiment examines the effectiveness of drainage using shallow drainage structures with the depth of 70 cm and two variants of medium-deep drainage (110 cm) with filling the drainage trench with sand-gravel mixture (PGS) and wood chips to the arable horizon. Analysis of groundwater dynamics showed that the rate of groundwater decline in the early spring period in the first years of operation on all experimental variants was approximately the same: 2.0-2.4 cm/day. In recent years in the shallow drainage variant, the decrease in ground water levels occurred more slowly (2.3 cm/day) compared to the standard drainage variants (3.8-3.9 cm/day). The average humidity of the root layer of the soil during the growing season in experimental closed drainage systems has not increased for 30 years. The average moisture reserves for the growing season in the experimental systems were: 177 mm in the shallow drainage variant in 1991, 168 mm in 2018; 165 and 154 mm for the standard drainage with drainage chips backfill, respectively; 164 and 123 mm in the PGS backfill variant, respectively. The highest reliability and durability were shown by collectors with PGS backfill of the drainage trench, which have maintained a consistently high efficiency over a thirty-year period. During the drought period, shallow drainage systems provided more favorable conditions according to the degree of moisture in the root layer: in 2018, the shortest period of moisture lack in the root layer of the soil (10 days) was observed in shallow drainage systems, and the longest (1 month) - in systems with backfill of the drainage trench with PGS.

Keywords: groundwater level, soil moisture, durability, shallow drainage, medium-depth drainage

Acknowledgment: the work was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal State Budgetary Institution St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Science, Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture (theme No. 0681-2019-0001, reg. No. NIOKTR AAAA-A19-119082290041-7).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the author stated no conflict of interest.

For citations: Balun O. V. On the problem of durability of underground drainage in the natural and climatic conditions of the Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(5): 589-596. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.589-596>

Received: 17.06.2020

Accepted for publication: 22.09.2020

Published online: 22.10.2020

Повышение почвенного плодородия на территории Новгородской области невозможно без мелиорации. Мелиорация – одна из древнейших областей человеческой деятельности зародилась в Египте, Индии, Месопотамии в V-III тысячелетии до нашей эры. В Восточном Средиземноморье древними цивилизациями были разработаны технологии осушения сельскохозяйственных земель, которые относят ко II тысячелетию до нашей эры. После распада Эгейской цивилизации вновь построенные общества для сельскохозяйственного производства успешно эксплуатировали осушительные дренажные системы и ирригационные сооружения, которые датируются 800-300 гг. до н. э. Кроме того, Китай и государства, расположенные на американском континенте, имеют многолетнюю историю дренажа [1].

На территории Новгородской области имеются древние дренажные осушительные системы. Сам Великий Новгород еще в средние века был осушен деревянным дренажем, изготовленным из цельных стволов деревьев. Первый гончарный дренаж в России был применен на территории Новгородской области Н. И. Железновым в 1854 году, который работает и по настоящее время [2, 3].

Строительство осушительных систем высокими темпами в нашей стране началось в 70-х годах прошлого столетия. Мелиоративные работы охватили огромные территории и даже проводились в зоне вечной мерзлоты, что позволило увеличить площадь обрабатываемых земель, но вызвало массу негативных явлений [4].

Закрытый дренаж в прошлом столетии был основным способом осушения не только в России, но и в других европейских странах. В настоящее время ведутся мониторинговые исследования их состояния.

Исследование современного состояния дренажа в Чехии показало, что в настоящее

время осушительные системы, построенные в середине прошлого столетия, не всегда отвечают современным требованиям сельхозтоваропроизводителей, экологов и государства в целом. Строительство дренажных систем привело к нарушению естественной среды обитания животных, в том числе и водных. Поэтому принятие решения о дальнейшей эксплуатации мелиоративных систем предлагается принимать после обследования их состояния в каждом конкретном случае индивидуально [5].

Исследования дренажа, построенного в 70-х годах прошлого века в Литве и Латвии, показали его положительное влияние на водно-воздушный режим осушаемой территории и окружающую среду [6, 7].

Построенные в Финляндии в 50-х годах прошлого века дренажные системы недостаточно эффективно справлялись с осушением глинистых грунтов. Основной причиной этого было большое междреннее расстояние. Строительство дополнительных дрен привело к уменьшению расстояния между осушителями в 3 раза, что положительно повлияло на эффективность осушения и позволило на 8 дней сократить сроки просыхания почвы [8].

Происходящие в настоящее время изменения климата в сторону повышения температуры и влажности увеличивают нагрузку на существующие дренажные системы и стимулируют внедрение мелиоративных систем на все новые территории [9, 10].

В Ленинградской области осушительным системам, построенным в прошлом столетии, в настоящее время приходится работать в иных условиях в связи с изменениями климата, которые негативно отражаются на работе дренажных систем. В современных условиях для поддержания эффективной работы системы возникла необходимость внедрения дополнительных технологических и организационных мероприятий [11, 12].

Новгородская область расположена в зоне избыточного увлажнения, что ведет на отдельных территориях к заболачиванию или затоплению в критические по количеству выпадающих осадков годы¹. Основная масса мелиоративных систем была построена в 70-80 годах прошлого столетия и находится в эксплуатации без проведения ремонтных работ 30-45 лет [13]. Поэтому вопросы долговечности мелиоративных систем являются актуальным в настоящее время.

Цель исследований – определение долговечности закрытого дренажа в природно-климатических условиях Новгородской области.

Новизна исследований. Впервые определены характеристики обеспеченности оптимального водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы после длительной эксплуатации осушительных систем с различными конструкциями дренажа: с засыпкой дренажной траншеи песчано-гравийной смесью, древесной щепой и мелкого дренажа с глубиной закладки 0,7 м.

Материал и методы. Опытно-производственный участок закрытого дренажа «Кшентицы», расположенный вблизи Великого Новгорода, был сдан в эксплуатацию в 1989 году. Участок сложен моренными суглинками с коэффициентом фильтрации 0,01-0,002 м/сут. Почвы кислые ($pH_{KCl} = 5,2$), среднегумусные (гумус 4,7 %), среднеобеспеченные фосфором ($P_2O_5 = 56$ мг/кг почвы) и слабо обеспеченные калием ($K_2O = 85$ мг/кг почвы).

Переувлажнение участка происходит за счет сезонных почвенных вод. С момента сдачи участка в эксплуатацию по настоящее время на опытных системах ведутся регулярные наблюдения за водным режимом осушаемых земель. На опытном участке в 3-кратной повторности заложены следующие варианты конструкций закрытого дренажа:

1. Мелкий дренаж.
2. Стандартный дренаж с засыпкой дренажа песчано-гравийной смесью.
3. Стандартный дренаж с засыпкой дренажа древесной щепой.

Глубина заложения стандартного дренажа 1,1 м, мелкого – 0,7 м.

Режим грунтовых вод и влажности почвы определяли по методике СевНИИГиМ². Статистическую обработку данных проводили с использованием корреляционного и регрессионного анализов³.

Результаты и их обсуждение. За более чем 30-летний период мелиоративные системы работали в различных метеорологических условиях: от острозасушливого 1999 года, когда за вегетационный период выпало менее половины нормы осадков, а ГТК составил 0,6, до аномально влажного 2017 года, когда за вегетационный период выпала двойная норма осадков и ГТК составил 2,6.

Сравним метеорологические условия периода наблюдений в среднем по десятилетиям (табл. 1) Начальный период эксплуатации осушительных систем по метеорологическим условиям характеризовался как засушливый (ГТК = 1,12) с суммой осадков ниже нормы.

Все параметры тепло- и влагообеспеченности имели устойчивый тренд к росту. Годовая сумма осадков к третьему десятилетью возросла на 134 мм, при этом, что основной рост осадков (100 мм) приходился на вегетационный период, а среднегодовая температура выросла за этот же период на 0,9 °С. Сумма активных температур (выше 10 °С) увеличилась на 138 °С и в настоящее время превышает климатическую норму на 208 °С.

Таким образом, можно сделать вывод, что осушительные системы с течением времени работают все в более напряженных по степени увлажнения условиях.

Сравним эффективность работы различных конструкций закрытых осушительных систем в первые годы и через 30 лет эксплуатации. Для этого были выбраны годы, близкие по условиям увлажнения вегетационных периодов (примерно среднемноголетний): 1991 г. (с годовой суммой осадков 569 мм и суммой осадков за вегетационный период 268 мм) и 2018 г. (543 и 236 мм соответственно).

¹Государственная программа Новгородской области «Развитие агропромышленного комплекса в Новгородской области на 2014-2021 годы». URL: <https://apk.novreg.ru/documents/499.html> (дата обращения: 04.07.2019г.).

²Методические указания по постановке и проведению опытов на осушительных системах. Л., 1983. С. 54-69, 84-103.

³Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении, Л., 1977. С. 166-222.

Таблица 1 – Метеорологические условия периода наблюдений /
Table 1 – Meteorological conditions of the observation period

Период / Period	Метеопараметр / Weather parameter					
	годовая сумма осадков, мм / annual precipitation, mm	среднегодовая температура, °C / average annual temperature, °C	сумма осадков за вегетационный период (t>5°C), мм / amount of precipitation during the growing season (t>5°C), mm	сумма температур выше 5 °C / the sum of temperatures greater than 5 degrees	сумма осадков за вегетационный период (t>10 °C), мм / the amount of precipitation for a period with temperatures above 10 degrees, mm	сумма температур выше 10 °C / the sum of temperatures greater than 10 degrees
1990-1999 гг.	550	5,3	358	2610	274	2445
2000-2009 гг.	611	5,5	405	2735	317	2553
2010-2019 гг.	684	6,2	458	2757	346	2583
Норма* / Norm	550	4,4	385	2501	301	2375
Уравнение связи метеопараметра с периодом, коэффициент детерминации / Equation of the relationship between the weather parameter and the period, coefficient of determination	$y = 67x + 481$, $R^2 = 0,9973$	$y = 0,45x + 4,7667$, $R^2 = 0,9067$	$y = 50x + 307$, $R^2 = 0,9988$	$y = 73,104x + 2554,3$, $R^2 = 0,8594$	$y = 36x + 240,33$, $R^2 = 0,9876$	$y = 69,157x + 2388,8$, $R^2 = 0,9024$
						$y = 0,11x + 1,0133$, $R^2 = 0,9973$

*Данные предоставлены Новгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Уровень грунтовых вод является показателем эколого-мелиоративного состояния осушаемой почвы. Отклонение его параметров от оптимального значения может привести к созданию в почвенной толще неблагоприятных процессов, которые могут привести к нарушению экологической ситуации [14, 15].

Одной из основных задач осушительной системы является снижение уровня грунтовых вод (УГВ) до значений, обеспечивающих оптимальный водно-воздушный режим в корнеобитаемом слое почвы. Зависимость запаса влажности в верхнем слое почвы 0-30 см, где сосредоточена основная масса корней, от УГВ получена на основании многолетних наблюдений за указанными параметрами на исследуемых конструкциях осушительных систем. Наиболее тесная связь описывается уравнением логарифмической зависимости, графическая интерпретация которой представлена на рисунке 1.

Результаты исследований показали, что оптимальная влажность на тяжелых почвах опытных систем обеспечивается при нахождении грунтовых вод на глубине 40-85 см.

Анализ динамики УГВ показал, что в 1991 году грунтовые воды находились на глубине выше 40 см в варианте 3 в течение первой декады мая и второй декады июня. В вариантах 1 и 2 грунтовые воды находились в течение всего вегетационного периода ниже верхнего предела нормы. В 2018 году грунтовые воды находились выше нормы в варианте 1 в течение первой половины мая. Снижение грунтовых вод в ранневесенний период в варианте мелкого дренажа происходило более медленно: 2,3 см/сут по сравнению с вариантами стандартного дренажа: 3,8-3,9 см/сут (рис. 2).

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что по истечении 30-летнего срока эксплуатации закрытых осушительных систем их эффективность работы, выражающаяся в скорости снижения уровня грунтовых вод вследствие отвода избыточной влаги, осталась на первоначальном уровне.

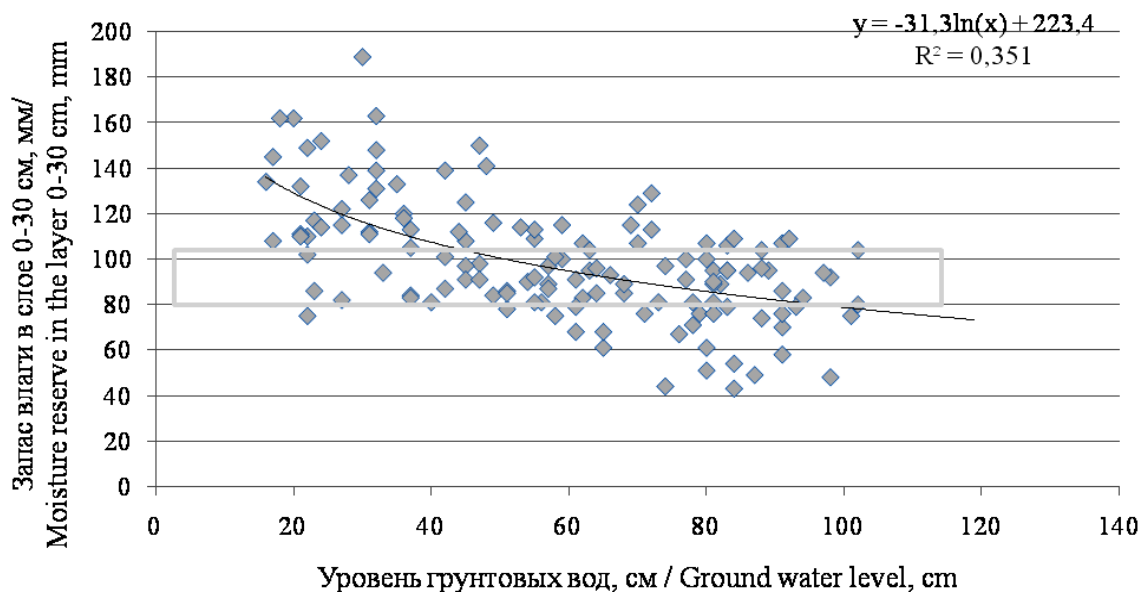


Рис. 1. Зависимость запаса влажности в слое почвы 0-30 см от УГВ /

Fig. 1. Dependence of the moisture reserve in the soil layer 0-30 cm layer on the Ground Water Level

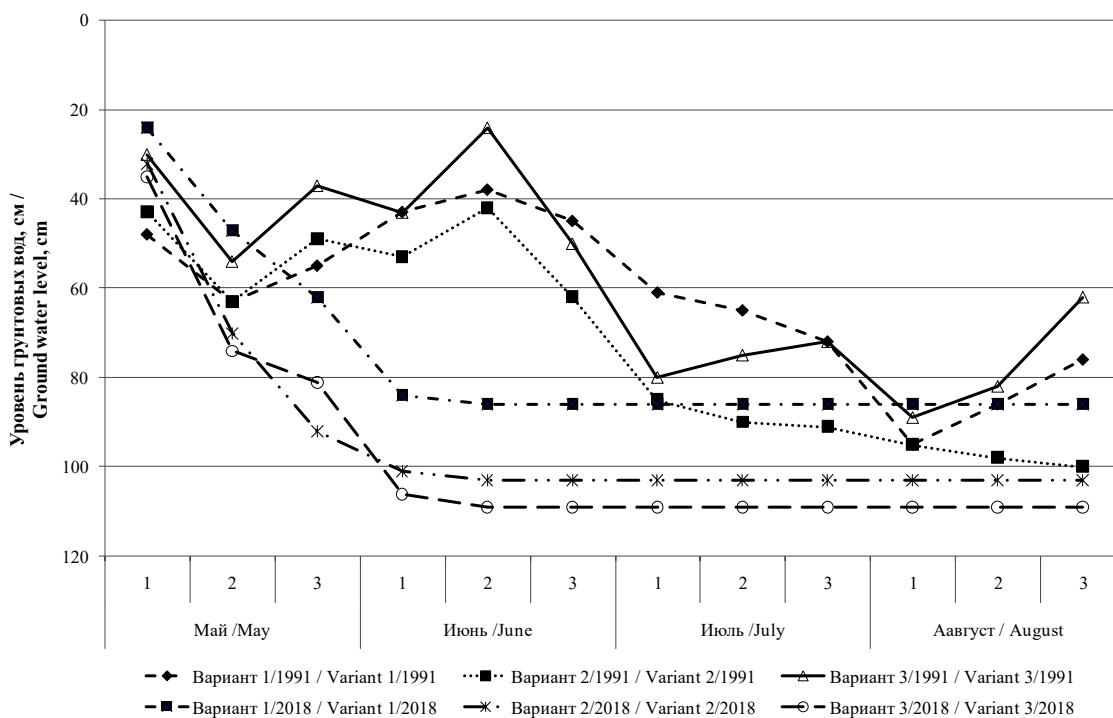


Рис. 2. Динамика УГВ на опытных системах /

Fig. 2. Dynamics of Ground Water Levels in experimental systems

Снижение уровня грунтовых вод способствует оптимизации влажности почвы, которая является одним из важных показателей эффективности работы осушительной системы. Анализ динамики запасов влаги корнеобитаемого слоя на опытных системах показал, что в 1991 году избыточная влажность (более 200 мм) наблюдалась в начале вегетационного периода на системах мелко-

го дренажа в третьей декаде мая и второй декаде июня и в варианте стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи щепой в третьей декаде августа. На системе с засыпкой дренажной траншеи ПГС запасы влаги в течение вегетационного периода не превысили верхней границы оптимума. В среднем, в течение вегетационного периода 1991 года на опытных мелиоративных си-

стемах влажность корнеобитаемого слоя была благоприятной для сельскохозяйственных культур. Незначительное ее снижение до

пределов, характеризующихся как засуха (менее 150 мм), наблюдалось достаточно короткий период (рис. 3).

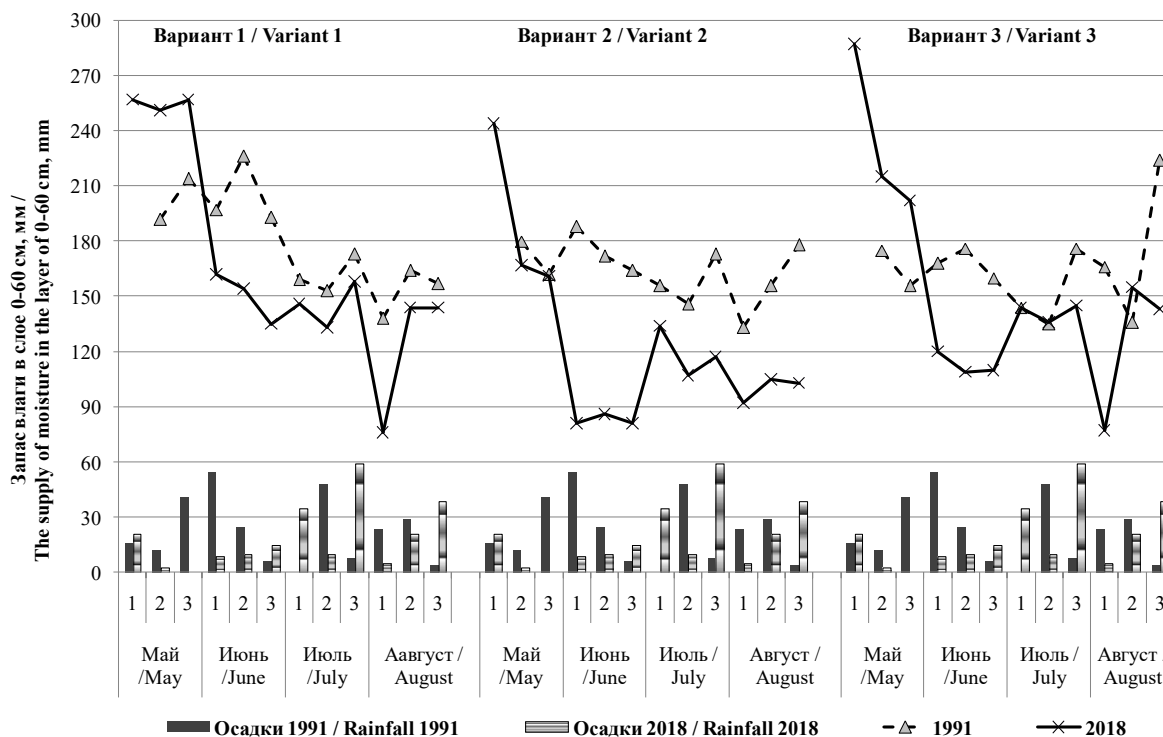


Рис. 3. Запас влаги в слое почвы 0-60 см на опытных системах / Fig. 3. Moisture supply in the soil layer 0-60 cm layer in experimental systems

Через 30 лет эксплуатации опытных мелиоративных систем в 2018 году наблюдался длительный период переувлажнения в начале вегетационного периода в течение месяца в вариантах мелкого дренажа и стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи древесной щепой. Это было связано с выпадением двойной нормы осадков в апреле. Системы стандартного дренажа с засыпкой дренажной траншеи ПГС сработали более эффективно: период переувлажнения составил 1 декаду. Сравнение запасов влаги в засушливые периоды вегетации показали, что наиболее длительный период недостатка влаги в корнеобитаемом слое почвы наблюдался в 2018 году на системах с засыпкой дренажной траншеи ПГС, который длился месяц, самый короткий период (1 декада) наблюдался на системах мелкого дренажа.

Средние запасы влаги корнеобитаемого слоя за вегетационный период на опытных системах составили: в варианте мелкого дренажа в 1991 году 177 мм, в 2018 году – 168 мм; на стандартном дренаже с засыпкой дренажной щепой 165 и 154 мм соответственно; в ва-

рианте с засыпкой ПГС – 164 и 123 мм соответственно. Таким образом, во всех опытных вариантах запасы влаги не увеличились. В вариантах мелкого дренажа и стандартного с засыпкой древесной щепой они уменьшились на 9 мм. Древесная засыпка с течением времени подверглась разложению и сработке, при этом сохранила высокую эффективность отвода избыточной влаги из почвы. В варианте стандартного дренажа с засыпкой ПГС уменьшение запасов влаги в среднемноголетний год с течением времени эксплуатации было более значительное по сравнению с другими вариантами. Это может быть связано с увеличением водопроницаемости дренажной засыпки из ПГС.

На системах мелкого дренажа при наступлении сухого периода 2018 года наблюдался самый короткий период, длительностью 1 декада, когда в корнеобитаемом слое ощущался недостаток влаги.

Выводы:

- наибольшей надежностью и долговечностью обладают собиратели с засыпкой

дренажной траншеи ПГС, сохранившие в течение тридцатилетнего периода стабильно высокую эффективность работы;

- дренажная засыпка из щепы после многолетнего разложения органического вещества

сохранила высокую эффективность отвода избыточной влаги из пахотного горизонта;

- в период засухи системы мелкого дренажа обеспечили более благоприятные по степени увлажнения условия корнеобитаемого слоя.

Список литературы

1. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The Evolution of Agricultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*. 2020;12(1):416. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010416>
2. Авдеев Э. А., Балун О. В. Из истории первого российского гончарного дренажа, заложенного на территории Новгородской области. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2011;(25):266-269.
3. Толстой М. П. К истории дренажных работ в России. *Гидротехника и мелиорация*. 1987;(7):73-77.
4. Ухов Н. В., Самохвалов В. Л. Мелиорации земель Магаданской области: основные этапы развития и научного обеспечения. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2018;1(29):170-187. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433013>
5. Tlapakova L. Agricultural drainage systems in the czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European countryside*. 2017;9(1):77-98. DOI: <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0005>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevicienė S., Miseckaitė O. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta agriculturae scandinavica section b-soil and plant science*. 2015;65 (sup 1):14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Kovalenko P., Rokochinskiy A., Mazhayskiy Y., Volk P., Volk L., Chernikova O. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *Engineering for Rural Development*. 2020;19:1009-1017. DOI: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf237>
8. Häggblom O., Salo H., Turunen M., Alakukku N., Mylly M., Koiv H. Impacts of supplementary drainage on the water balance of a poorly drained agricultural field. *Agricultural water management*. 2019;223(20):105568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.039>
9. Castellano M. J., Archontoulis S. V., Helmers M. J., Poffenbarger H. J., Six J. Sustainable intensification of agricultural drainage. *Nature sustainability*. 2019;2:914-921. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0393-0>
10. Янко Ю. Г., Петрушин А. Ф. О некоторых причинах переувлажнения и повторного заболачивания сельскохозяйственных земель в Ленинградской области. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018;(4):36-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35572521>
11. Чесноков Ю. В., Янко Ю. Г. Проблемы мелиорации земель Ленинградской области. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019;(3):18-21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39172657>
12. Иванов А. И., Янко Ю. Г. Мелиорация как необходимое средство развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России. *Агрофизика*. 2019;(1):67-78. Режим доступа: <https://www.agrophys.ru/Agrophysika-1-2019>
13. Балун О. В., Бойцов А. С. Состояние мелиорации в Новгородской области. *Агрофизика*. 2013;(2):28-33. Режим доступа: <http://agrophys.ru/N10-coment>
14. Устинов М. Т., Глистин М. В. Критический уровень грунтовых вод как критерий эколого-мелиоративного состояния почв. *Вестник мелиоративной науки*. 2018;(1):4-9. Режим доступа: <https://yadi.sk/i/gGBG6i3p3WcmjL>
15. Giulia Sofia, Francesca Ragazzi, Paolo Giandon, Giancarlo Dalla Fontana, Paolo Tarolli. On the linkage between runoff generation, land drainage, soil properties, and temporal patterns of precipitation in agricultural floodplains. *Advances in Water Resources*. 2019;124:120-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.12.003>

References

1. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The Evolution of Agricultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*. 2020;12(1):416. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010416>
2. Avdeev E. A., Balun O. V. *Iz istorii pervogo rossiyskogo goncharnogo drenazha, zalozhennogo na territorii Novgorodskoy oblasti*. [From the history of the first Russian tile drainage laid on the territory of the Novgorod region]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2011;(25):266-269. (In Russ.).
3. Tolstoy M. P. *K istorii drenazhnykh rabot v Rossii*. [On the history of drainage work in Russia]. *Gidrotekhnika i melioratsiya*. 1987;(7):73-77. (In Russ.).

4. Ukhov N. V., Samokhvalov V. L. *Melioratsii zemel' Magadanskoy oblasti: osnovnye etapy razvitiya i nauchnogo obespecheniya*. [Land reclamation in Magadan region: main stages of development and scientific support]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2018;1(29):170-187. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433013>
5. Tlapakova L. Agricultural drainage systems in the czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European countryside*. 2017;9(1):77-98. DOI: <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0005>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevicienė S., Miseckaitė O. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta agriculturae scandinavica section b-soil and plant science*. 2015;65 (sup 1):14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Kovalenko P., Rokochinskiy A., Mazhayskiy Y., Volk P., Volk L., Chernikova O. Construction and agricultural drainage parameter optimization considering economic and environmental requirements. *Engineering for Rural Development*. 2020;19:1009-1017. DOI: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf237>
8. Häggblom O., Salo H., Turunen M., Alakukku N., Mylly M., Koiv H. Impacts of supplementary drainage on the water balance of a poorly drained agricultural field. *Agricultural water management*. 2019;223(20):105568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.039>
9. Castellano M. J., Archontoulis S. V., Helmers M. J., Poffenbarger H. J., Six J. Sustainable intensification of agricultural drainage. *Nature sustainability*. 2019;2:914-921. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0393-0>
10. Yanko Yu. G., Petrushin A. F. *O nekotorykh prichinakh perevlazhneniya i povtornogo zabolachivaniya sel'skokhozyaystvennykh zemel' v Leningradskoy oblasti*. [Some causes of waterlogged reclaimed land in the Leningrad region and measures to reduce them]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo = Melioration and Water Management*. 2018;(4):36-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35572521>
11. Chesnokov Yu. V., Yanko Yu. G. *Problemy melioratsii zemel' Leningradskoy oblasti*. [Problems of land reclamation of the Leningrad region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo = Melioration and Water Management*. 2019;(3):18-21. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39172657>
12. Ivanov A. I., Yanko Yu. G. *Melioratsiya kak neobkhodimoe sredstvo razvitiya sel'skogo khozyaystva Nechernozemnoy zony Rossii*. [Melioration as an essential means for agriculture development in Non-chernozem zone of Russia]. *Agrofizika = Agrophysica*. 2019;(1):67-78. (In Russ.). URL: <https://www.agrophys.ru/Agrophysika-1-2019>
13. Balun O. V., Boytsov A. S. *Sostoyanie melioratsii v Novgorodskoy oblasti*. [The state of land reclamation in the Novgorod region]. *Agrofizika = Agrophysica*. 2013;(2):28-33. (In Russ.). URL: <http://agrophys.ru/N10-coment>
14. Ustinov M. T., Glistin M. V. *Kriticheskiy uroven' gruntovykh vod kak kriteriy ekologo-meliorativnogo sostoyaniya pochv*. [Critical ground water level as a criterion of ecological and meliorative state of soils]. *Vestnik meliorativnoy nauki*. 2018;(1):4-9. (In Russ.). URL: <https://yadi.sk/i/gGBG6i3p3WcmjL>
15. Giulia Sofia, Francesca Ragazzi, Paolo Giandon, Giancarlo Dalla Fontana, Paolo Tarolli. On the linkage between runoff generation, land drainage, soil properties, and temporal patterns of precipitation in agricultural floodplains. *Advances in Water Resources*. 2019;124:120-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.12.003>

Сведения об авторе

✉ **Балун Ольга Васильевна**, кандидат техн. наук, доцент, заведующая отделом мелиорации, Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (Новгородский НИИСХ – филиал СПб ФИЦ РАН), д. 2, ул. Парковая, п/о Борки, Новгородский район, Новгородской обл., Российская Федерация, 173516, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: bov0001@mail.ru

Information about the author

✉ **Olga V. Balun**, PhD in Engineering, associate professor, Head of the Department of Land Reclamation, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture, 2, Parkovaya Str., the village of Borki, Novgorod Region, Russian Federation, 173516, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: bov0001@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author