

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.435-443>  
УДК 631.62



## Экологические режимы мелиорированных земель в Новгородской области

© 2024. О. В. Балун ✉

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

Исследования экологических режимов грунтовых вод и запасов влаги проводили в Новгородской области в 2014–2023 гг. в условиях засушливых (ГТК = 0,9...1,1) и влажных вегетационных периодов (ГТК = 1,69...2,46) на дерново-подзолистых глееватых суглинистых почвах, осушаемых конструкциями закрытого дренажа: мелкого с глубиной заложения дрен 70 см; двух вариантов среднезаглубленного с глубиной заложения дрен 110 см с засыпкой дренажной траншеи древесной щепой и песчано-гравийной смесью (ПГС); двухъярусного, состоящего из нижнего яруса трубчатых дрен глубиной 110 см и перпендикулярного ему верхнего яруса бесполостных дрен, расположенного на глубине 60 см. Анализ характера изменения уровня грунтовых вод (УГВ) показал, что минимальная глубина грунтовых вод как во влажные, так и в сухие годы наблюдалась в начале вегетационного периода, второй пик подъема грунтовых вод во влажные годы отмечался в августе, в сухие годы – отсутствовал. Самый высокий среднесезонный УГВ наблюдали в избыточно влажном 2017 году (ГТК = 2,46) в вариантах среднезаглубленного дренажа с засыпкой щепой (30 см) и мелкого дренажа (33 см), самый низкий – в варианте двухъярусного дренажа (58 см). Анализ режимов влажности на опытных системах показал, что при мелком дренаже во влажный год более трети, а в избыточно влажный – более 2/3 продолжительности вегетационного периода верхний 30-сантиметровый горизонт находился в переувлажненном состоянии, а при двухъярусном дренаже периоды избыточного увлажнения отсутствовали. В то же время во влажные годы вероятность периодов с недостаточной влажностью почвы составляла от 8 % (при среднезаглубленном с ПГС дренаже) до 25 % (при двухъярусном дренаже). В засушливые годы в верхнем почвенном горизонте в варианте двухъярусного дренажа около 70 % ощущался недостаток влаги, в остальных вариантах это значение было немного ниже (62–65 %). Сформировавшиеся под влиянием двухъярусного дренажа в современных климатических условиях экологические режимы почвы оказали существенное влияние на урожайность сена многолетних трав (70 % злаковых), что позволило получить прибавку урожая в среднем 0,9 т/га относительно варианта с мелким дренажем как во влажные, так и в сухие периоды вегетации.

**Ключевые слова:** уровень грунтовых вод, влажность почвы, закрытый дренаж, метеорологические условия, урожайность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (тема № FFZF-2022-0010, рег. № НИОКР 122041100104-6).

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

**Конфликт интересов:** автор заявила об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Балун О. В. Экологические режимы мелиорированных земель в Новгородской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(3):435–443. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.435-443>

Поступила: 05.04.2024 Принята к публикации: 27.05.2024 Опубликовано онлайн: 26.06.2024

## Ecological regimes of reclaimed lands in the Novgorod region

© 2024. Olga V. Balun ✉

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

Studies of the ecological regimes of groundwater and moisture reserves were carried out in the Novgorod Region in 2014–2023 in conditions of arid (HTC 0.9...1.1) and wet vegetation periods (HTC 1.69...2.46) on sod-podzolic loamy soils drained by closed drainage structures: shallow with a depth of 70 cm; two variants of a medium-deep drainage with a depth of 110 cm with filling of the drainage trench with wood chips and sand-gravel mixture; two-tiered, consisting of a lower tier of tubular drains with a depth of 110 cm and an upper tier of tubeless drains perpendicular to it, located at a depth of 60 cm. Analysis of the nature of changes in the groundwater level showed that the minimum depth of groundwater in both wet and dry years was observed at the beginning of the growing season, the second peak of groundwater rise in wet years was observed in August, in dry years it was absent. The highest average seasonal groundwater level was observed in excessively humid 2017 (HTC = 2.46) in the variants of medium-deep drainage with backfilling of chips (30 cm) and shallow drainage (33 cm), the lowest – in the variant of two-tier drainage (58 cm). Analysis of humidity regimes on experimental systems showed that with shallow drainage in a humid year, more than a third, and in an excessively humid year, more than 2/3 of the duration of the growing season, the upper 30-centimeter horizon was in a waterlogged state, and with two-tier drainage, there were no periods of excessive moisture. At the same time, in wet years, the probability of periods with insufficient soil moisture ranged from 8 % (with medium-deep drainage with sand-gravel mixture) to 25 % (with two-tier drainage) In dry years, there was a lack of moisture in the upper soil horizon in the two-tier drainage variant of about 70 %, in other variants this value was slightly lower (62–65 %). The ecological soil regimes formed under the influence of two-tier drainage in modern climatic conditions had

*a significant impact on the hay yield of perennial grasses (70 % of fodder cereals), which allowed for an average yield increase of 0.9 t/ha relative to the variant with shallow drainage during both wet and dry growing seasons.*

**Keywords:** groundwater level, soil moisture, closed drainage, meteorological conditions, productivity

**Acknowledgements:** 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 St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (theme No. FFZF-2022-0010).

The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the author stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Balun O. V. Ecological regimes of reclaimed lands in the Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(3):435–443. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.435-443>

Received: 05.04.2024

Accepted for publication: 27.05.2024

Published online: 26.06.2024

Новгородская область, как и вся территория Северо-Запада России, относится к зоне избыточного увлажнения с большим количеством болот и заболоченных территорий. Главной причиной переувлажненности земель являются особенности рельефа и наличие тяжелых слабоводопроницаемых почв. Основным мероприятием по ликвидации избыточной увлажненности и созданию благоприятных экологических режимов таких почв является осушение [1, 2, 3]. В середине XIX столетия в России для осушения земель начали использовать закрытый дренаж [4].

Под влиянием дренажа происходит изменение экологических режимов грунтовых вод, водно-воздушного и, как следствие, питательного режима [5, 6, 7]. На режим влажности почв оказывает влияние как степень увлажненности года (сухой, нормальный, влажный), так и вид дренажа. В работе И. В. Ковалева отмечено, что при осушении глееватых почв пластмассовый бестраншейный дренаж обеспечивает более интенсивный отвод гравитационной влаги из почвенного профиля по сравнению с траншейным гончарным дренажем, особенно в критические периоды весной и осенью [8]. Проведенные в Мичуринском аграрном университете исследования показали, что влажность почвы является основополагающим фактором в обеспеченности растений питательными веществами [9]. Изучение влажности осушаемых земель в Калининградской области подтвердило связь гидроморфизма почв с урожайностью выращиваемых сельскохозяйственных культур [10]. На экологические режимы осушаемых земель большое влияние оказывают климатические условия, которые претерпевают значительные перемены в последние десятилетия. Изменения климата на Северо-Западе России привели к увеличению количества осадков, поэтому существующие дренажные системы не справляются с отводом избыточной влаги из почвы [11]. В отдельные

периоды, когда испарение с поверхности почвы превышает количество выпавших осадков, в почве может ощущаться недостаток влаги. Данную проблему в Калининградской области предлагается решать за счет использования шлюзов-регуляторов на каналах и различных специальных устройств на устьях закрытых осушительных систем [12]. В Западной Сибири изменения климата привели к оптимизации влажности почвы и уменьшению амплитуды колебаний влагозапасов от года к году [13].

Анализ метеорологической информации показал, что в Новгородской области гидротермический коэффициент за последние 60 лет в среднем составил 1,39, что свидетельствует об оптимальной степени увлажненности. Однако из рассматриваемого временного периода 25 лет (40 %) были засушливыми, 19 лет (31 %) – оптимально влажными и 18 лет (29 %) – избыточно влажными [14, 15].

**Цель исследований** – получение новых знаний по формированию экологических режимов земель в условиях засушливых и влажных вегетационных периодов, осушаемых различными конструкциями закрытого дренажа.

**Научная новизна** – получение новых данных о работе закрытых осушительных систем в годы с различной влагообеспеченностью.

**Материал и методы.** Исследования проводили в Новгородском районе Новгородской области в 2014–2023 гг. на опытно-производственном участке, занятом старосеяным сенокосом из злаковых трав (овсяница луговая, лисохвост луговой, тимофеевка луговая – 70 %) и разнотравья (30 %). Оценка экологических режимов велась в условиях экстенсивного режима использования посева многолетних трав при ежегодном одноукосном скашивании. Подкормки минеральными удобрениями не проводились.

Агрометеорологические условия периода наблюдений представлены в таблице 1.

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

Год / Year	Средне-годовая температура, °С / Average annual temperature, °С	Годовая сумма осадков, мм / Annual precipitation, mm	Сумма температур / Sum of temperatures		Сумма осадков / Amount of precipitation		ГТК <sup>1</sup> / HTC hydrothermal coefficient
			выше 5 °С / greater than 5 °С	выше 10 °С / greater than 10 °С	за вегетационный период с t>5 °С / during the growing season t>5 °С	за период с t>10 °С / for a period with temperatures above 10 degrees	
2014	7,2	807	2988	2422	512	398	1,64
2015	7,3	569	2600	2311	307	206	0,89
2016	6,4	416	2737	2408	568	416	1,73
2017	5,8	885	2340	2073	671	510	2,46
2018	6,1	543	2861	2501	375	274	1,10
2019	6,8	821	2636	2231	489	392	1,76
2020	7,7	587	2692	2305	370	253	1,02
2021	5,8	817	2795	2441	563	468	1,92
2022	6,2	525	2665	2320	322	232	1,00
2023	6,5	701	2801	2427	357	241	0,99
Средне-голетнее / Average long-term	5,7	605	2683	2357	432	339	1,44

Среднегодовые температуры превышали норму на 0,1–2,0 °С, и в среднем за десятилетие годовая температура была выше нормы на 0,9 °С. Годовое количество осадков в 2016 году выпало на 189 мм ниже нормы, в 2017 году – на 280 мм выше нормы и в среднем за период исследований превысило норму на 62 мм. В целом климатические условия последнего десятилетия (2014–2023 гг.) отличались большой экстремальностью: 5 лет сухих (ГТК = 0,9...1,1) и 5 лет избыточно влажных (ГТК = 1,64...2,46). Экстремально влажным за последний 60-летний период наблюдений выделился 2017 г. (ГТК = 2,46).

Участок расположен на типичных дерново-подзолистых глееватых суглинистых почвах, слабоводопроницаемых с коэффици-

ентом фильтрации 0,01–0,002 м/сут (по ГОСТ 23278-2014<sup>2</sup>), плотностью пахотного горизонта 1,3 г/см<sup>3</sup>, подпахотного – 1,61 г/см<sup>3</sup>, плотностью твердой фазы – 2,6 и 2,7 г/см<sup>3</sup>, полной влагоемкостью 35 и 25 %, капиллярной влагоемкостью 29 и 20 %, коэффициентом пористости – 0,5 и 0,4 соответственно (выполнены методами, изложенными в методических указаниях<sup>3</sup>). Почвы кислые – рН<sub>KCl</sub> = 5,2, содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91<sup>4</sup>) – среднее (4,7 %), подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011<sup>5</sup>) – среднее (56 и 85 мг/кг почвы соответственно). Тип водного питания – атмосферный, переувлажнение участка происходит за счет сезонных почвенных вод.

Схема опыта по изучаемым конструкциям закрытого дренажа представлена в таблице 2.

<sup>1</sup>Агрометеорология: учебник. СПб.: ООО «КВАДРО», 2012. 368 с.

<sup>2</sup>ГОСТ 23278-2014. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости. М.: Стандартинформ, 2015. 35 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116024?ysclid=lwotb994co236049839>

<sup>3</sup>Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 2. (Программа и методы исследования почв). Под общ. ред. акад. ВАСХНИЛ В. Д. Панникова. М., 1983. С. 13–19.

<sup>4</sup>ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: изд-во стандартов, 1992. 8 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023481?ysclid=lwot93dtpq202384090>

<sup>5</sup>ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 11 с.

URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361?ysclid=lwotfbj7u220347596>

Таблица 2 – Схема опыта /  
Table 2 – The scheme of the experiment

Вариант / Variant	Описание конструкции закрытого дренажа / Description of the closed drainage structure
1	Мелкий дренаж с глубиной заложения дрен 70 см / Shallow drainage with depth of 70 cm
2	Среднезаглубленный дренаж (глубина заложения дрен 110 см) с засыпкой дренажной траншеи древесной щепой / Medium-deep drainage (drainage depth 110 cm) with filling of the drainage trench with wood chips
3	Среднезаглубленный дренаж (глубина заложения дрен 110 см) с засыпкой песчано-гравийной смесью (ПГС) / Medium-deep drainage (drainage depth 110 cm) with backfilling with sand-gravel mixture (PGS)
4	Двухъярусный дренаж, состоящий из нижнего яруса дрен на глубине 110 см и верхнего яруса бесполостных дрен с глубиной заложения 60 см, перпендикулярного нижнему, с колонками из ПГС в местах пересечения ярусов / Two-tier drainage consisting of a lower tier of drains at a depth of 110 cm and an upper tier without drainage pipes with a depth of 60 cm, perpendicular to the lower one, with columns made of PGS at the intersection of the tiers

Режим влажности почвы и уровня грунтовых вод определяли по методике Северного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (Сев НИИГиМ)<sup>6</sup>.

Для определения уровня грунтовых вод (УГВ) в каждом варианте опыта в середине между дренами были установлены по 2 скважины. Наблюдения проводили 1 раз в 5 дней. Влажность почвы определяли послойно через 10 см термостатно-весовым методом 1 раз в декаду.

**Результаты и их обсуждение.** Осушительная система направлена на отвод избыточных вод из корнеобитаемого слоя почвы с целью снижения УГВ. Режим грунтовых вод в вариантах закрытого дренажа в среднем по избыточно-влажным годам последнего десятилетия (влажный период), которыми были

2014, 2016, 2017, 2019, 2021 гг., представлен на рисунке 1.

Во влажные годы УГВ находился на минимальном расстоянии от поверхности земли в начале мае и конце августа и на максимальном – в конце июня. Самый высокий УГВ наблюдали в варианте мелкого дренажа (№1), самый низкий – двухъярусного дренажа (№4). Разница УГВ в данных вариантах в отдельные периоды составила более 30 см.

Наиболее показательной работа осушительных систем отмечена в экстремально влажный 2017 год (рис. 2). В течение всего вегетационного периода в двух вариантах осушительных систем – мелком дренаже и стандартном с засыпкой дренажной траншеи щепой – УГВ находился на достаточно высоком уровне: 20–40 см от поверхности земли.

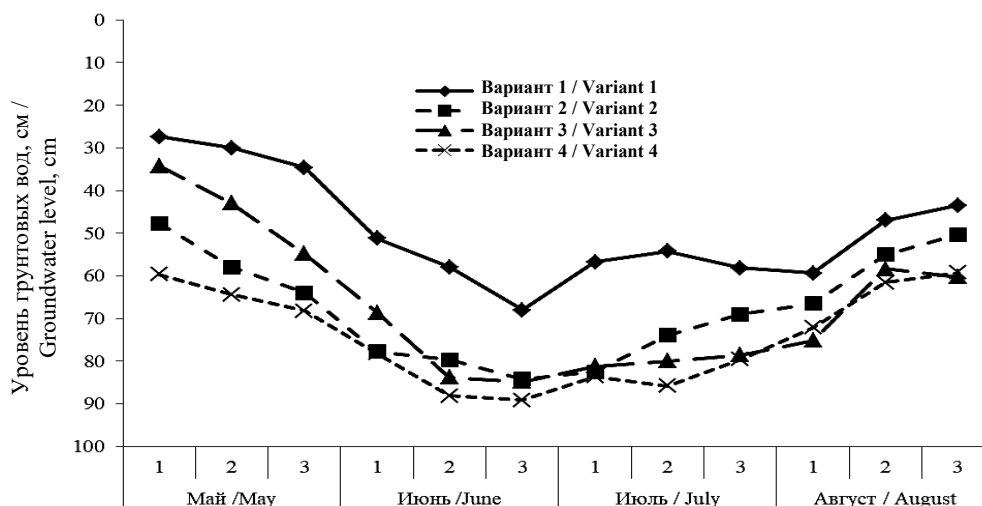


Рис. 1. Уровни грунтовых вод на осушительных системах закрытого дренажа во влажный период, среднее за 5 лет (обозначение вариантов в табл. 2) /

Fig. 1. Groundwater levels on drainage systems of closed drainage in the wet period, average for 5 years (designation of variants in Table 2)

<sup>6</sup>Методические указания по постановке и проведению опытов на осушительных системах. Л., 1983. С. 54–69, 84–103.

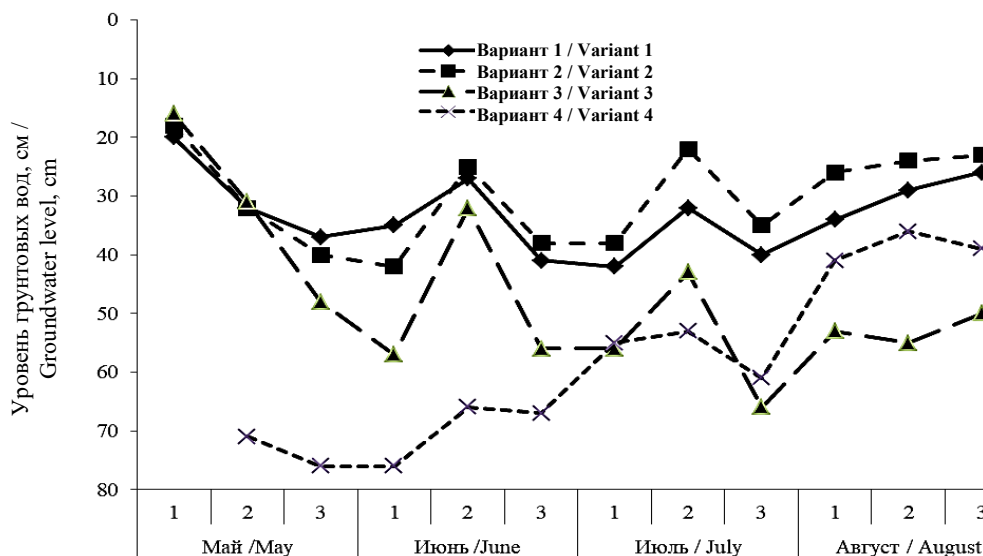


Рис. 2. Уровни грунтовых вод на осушительных системах закрытого дренажа в экстремально влажном 2017 г. (обозначение вариантов в табл. 2) /

Fig. 2. Groundwater levels on drainage systems of closed drainage in extremely humid 2017 (designation of variants in Table 2)

В течение вегетационного периода 2017 года отмечено три пика подъема грунтовых вод: в середине июня, во второй декаде июля и в августе после выпадения интенсивных дождей. Самый значительный пик подъема грунтовых вод наблюдали в середине июня на системах мелкого и стандартного дренажа с засыпкой ПГС (№3), в середине июля – стандартного дренажа со щепой (№2) и в середине августа – двухъярусного дренажа (№4). За сезон 2017 года среднее значение УГВ было самым высоким в вариантах мелкого (№1) и стандартного дренажа со щепой (№2) – 33 и 30 см соответственно. В варианте дренажа с засыпкой ПГС

(№3) его значение составило 47 см, двухъярусного (№4) – 58 см. Максимальная скорость сработки грунтовых вод (2,3 см/сут) отмечена в варианте осушителей с засыпкой дренажной траншеи ПГС (№3), минимальная (0,8 см/сут) – в варианте мелкого дренажа (№1).

В засушливые годы 2015, 2018, 2020, 2022, 2023 гг. (сухой период) самый высокий УГВ на начало мая (35 см) наблюдали в вариантах мелкого дренажа (№1), самый низкий (62 см) – с засыпкой щепой (№2), в вариантах двухъярусного дренажа (№4) и с засыпкой ПГС (№3) в среднем за пять лет составил 52 см (рис. 3).

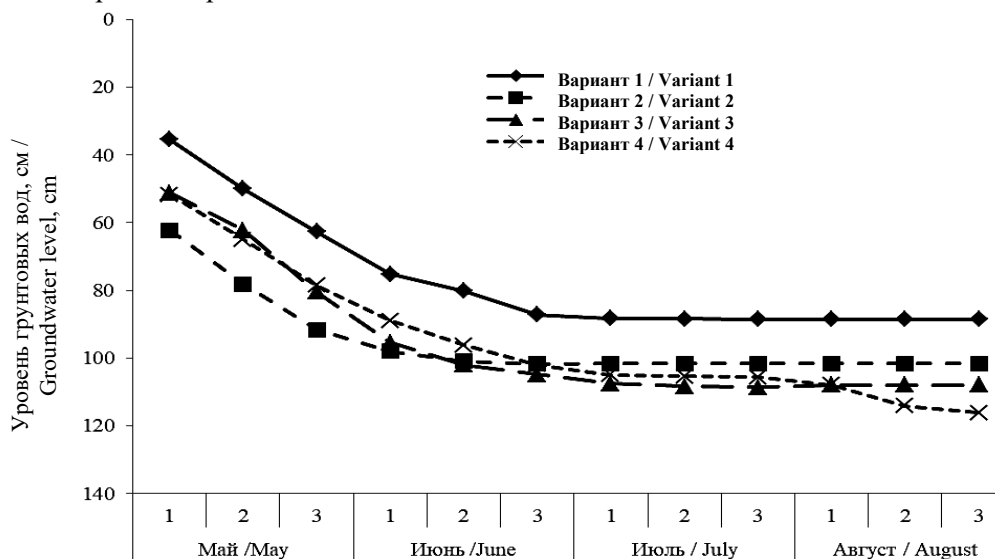


Рис. 3. Уровни грунтовых вод на осушительных системах закрытого дренажа в сухой период, среднее за 5 лет (обозначение вариантов в табл. 2) /

Fig. 3. Groundwater levels on drainage systems of closed drainage in the dry period, average for 5 years (designation of variants in Table 2)

В течение сухого вегетационного периода на осушительных системах происходит быстрое снижение уровня грунтовых вод до критических значений, при которых они перестают участвовать в обеспечении пахотного горизонта влагой, что при отсутствии осадков приводит к засухе. Оптимальное значение УГВ на сенокосах составляет 60–80 см. Наиболее интенсивно грунтовые воды снижались в мае: в этот период скорость сработки УГВ составила от 1,4 см/сут (вариант мелкого дренажа №1) до 1,5 см/сут (варианты среднезаглубленного дренажа №2 и №3). На оптимальной глубине 60 см грунтовые воды находились: с начала вегетации в варианте стандартного дренажа со щепой (№2), со 2-й декады мая – в вариантах двухъярусного (№4) и стандартного дренажа с ПГС (№3), с 3-й декады мая – в варианте мелкого дренажа (№1).

Эффективность работы осушительной системы принято оценивать по норме осушения – минимальному расстоянию от дневной поверхности до уровня грунтовых вод, обеспечивающему в корнеобитаемом слое благоприятный для растений водно-воздушный режим. Одной из важнейших характеристик водно-воздушного режима является влажность почвы. Основная масса корней растений на дерново-подзолистой почве расположена в верхнем гумусовом горизонте. Поэтому режим влажности в верхнем 30-сантиметровом горизонте является наиболее значимым. На опытных участках в данном слое почвы оптимальный запас влаги находится в пределах 85–120 мм. В среднем за 5 влажных лет запас влаги был избыточным в течение первых двух декад мая в варианте мелкого дренажа (№1), в первой декаде мая – в варианте стандартного дренажа с засыпкой древесной щепой (№2) (табл. 3). В целом в данных вариантах в течение вегетационного периода запас влаги уменьшался в июне-июле, а в августе при увеличении осадков на фоне понижения температур – увеличивался.

Таблица 3 – Запас влаги в слое почвы 0–30 см, мм /  
Table 3 – Moisture reserve in the soil layer 0–30 cm, mm

Период / Period	Вариант / Variant	Месяц / Month												Среднее / Average	
		май / may			июнь / june			июль / july			август / august				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Влажный / Wet	1	154	127	119	102	107	98	101	101	101	92	107	118	109	111
	2	126	112	110	99	102	87	98	101	101	93	100	107	109	104
	3	113	103	102	90	86	86	90	92	92	80	88	104	98	94
	4	106	86	98	84	92	95	88	83	83	81	89	99	94	91
Избыточно влажный – 2017 г. / Excessively humid – 2017	1	162	148	134	121	142	128	148	116	116	96	119	152	137	134
	2	162	139	134	128	154	108	123	127	119	119	124	123	157	133
	3	134	126	109	92	108	113	106	113	100	100	124	111	108	112
	4	114	78	87	96	105	93	104	101	101	86	88	94	104	96
Сухой / Dry	1	131	123	101	94	66	66	62	57	61	61	54	55	56	77
	2	122	104	95	73	73	67	69	63	69	69	65	70	64	78
	3	115	101	79	65	64	50	58	53	64	64	56	51	51	67
	4	104	96	80	69	67	56	66	59	66	66	63	59	59	70

Примечание. Описание вариантов закрытого дренажа дано в табл. 2. / Note. A description of the variants for closed drainage is given in Table 2.

Анализ запасов влаги по вариантам показал, что вероятность нахождения верхнего слоя почвы в переувлажненном состоянии составила: от 0 % – на системах двухъярусного дренажа (№4) до 37 % – мелкого дренажа (№1). В то же время во влажные годы вероятность периодов с недостаточной влажностью почвы составила от 8 % (вариант среднезаглубленного с ПГС дренажа, №3) до 25 % (варианты двухъярусного дренажа, №4).

Важную роль при анализе эффективности осушительных систем в создании благоприятных экологических режимов влажности на мелиорированных землях играет их работа в экстремально влажный год, каким был 2017, когда за вегетационный период выпало 448 мм осадков при норме 258 мм. Динамика влажности показала, что благоприятный водно-воздушный режим обеспечили системы двухъярусного (№4) и среднезаглубленного с засыпкой ПГС (№3) дренажа. На землях, осушаемых мелким (№1) и среднезаглубленным дренажем с засыпкой щепой (№2), примерно в течение

105 суток (или 85 % длительности вегетационного периода) наблюдали избыток влаги.

В засушливые годы в верхнем почвенном горизонте в варианте двухъярусного дренажа (№4) около 70 % времени наблюдался недостаток влаги, на остальных вариантах это значение было незначительно ниже (62–65 %). Но во всех вариантах в засушливые годы в первой декаде мая наблюдали избыток влаги: на мелком дренаже (№1) – в течение 4 лет, в остальных вариантах – по одному году, во второй декаде – в варианте мелкого дренажа (№1) – в течение 2 лет, двухъярусного (№4) и среднезаглубленного со щепой (№2) – по 1 году.

Режим влажности почвы оказывает влияние на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур. На опытных участках в течение последнего десятилетия выращивались многолетние травы на сено. Учет урожая проводили в третьей декаде июня. Максимальная урожайность сена в среднем как в сухой, так и во влажный период получена в варианте двухъярусного дренажа (№4) (3,1 и 2,9 т/га соответственно), минимальная (2,2 и 2,0 т/га) – в варианте мелкого дренажа (№1) (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность сена многолетних трав, т/га / Table 4 – Hay yield of perennial grasses, t/ha

Период (A) / Period (A)	Вариант (B) / Variant (B)	2014 г.	2016 г.	2017 г.	2019 г.	2021 г.	Среднее / Average
Влажный / Wet	1	2,3	1,6	2,5	1,9	1,8	2,0
	2	2,4	1,6	2,5	2,8	3,2	2,5
	3	2,3	1,3	2,0	2,1	2,4	2,0
	4	4,1	1,7	3,9	1,8	2,9	2,9
Сухой / Dry	Вариант (B) / Variant (B)	2015 г.	2018 г.	2020 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее / Average
	1	1,5	2,1	3,3	2,1	1,9	2,2
	2	2,2	3,2	3,3	3,0	3,2	3,0
	3	1,1	1,9	4,2	2,3	3,6	2,6
	4	2,6	3,2	3,9	2,7	2,9	3,1
НСР <sub>05</sub> (B) / LSD <sub>05</sub> (B)							0,85

Отмечено, что урожайность сена многолетних трав в сухой период была несколько выше, чем во влажный, но существенного влияния степени увлажнения периода (фактор А) на продуктивность мелиорированных земель выявлено не было.

Средние запасы влаги в верхнем 30-сантиметровом горизонте почвы в период от начала вегетации до уборки урожая многолетних трав варьировали от 83 мм в варианте двухъярусного дренажа в сухой период до 122 мм

– в варианте мелкого дренажа во влажный период, т. е. находились примерно в оптимальных пределах. Зависимость средней за пятилетний период урожайности сена (У, т/га) от среднего запаса влаги в данный период (х, мм) имеет вид:

$$У = -0,024х + 4,93; \quad r^2 = 0,51$$

и показывает, что урожайность сена многолетних трав на опытных участках с увеличением влажности – от нижнего предела оптимальной влажности почвы до верхнего – уменьшается.

**Выводы:**

- в последнее десятилетие XXI века в Новгородской области в связи с изменением климата увеличилась экстремальность степени увлажненности вегетационного периода: 5 лет – сухие и 5 лет – избыточно влажные;

- характер изменения УГВ во влажный период отличается наличием двух минимумов: в мае и августе, в сухой период – только в мае;

- более благоприятный режим грунтовых вод во влажные годы и самый низкий среднесезонный уровень грунтовых вод (74 см), в том числе и в экстремально-влажный год (58 см), наблюдали в варианте двухъярусного дренажа;

- системы двухъярусного дренажа во влажный период обеспечили своевременный сброс

избыточной влаги и, как следствие – отсутствие переувлажнения в пахотном горизонте почвы и наиболее благоприятный режим влажности, в том числе в экстремально-влажный год;

- в сухие годы режим влажности отличался продолжительным периодом с недостатком влаги в верхнем почвенном горизонте, который продолжался 75–85 суток в зависимости от конструкции дренажа;

- сформировавшиеся под влиянием двухъярусного дренажа в современных климатических условиях экологические режимы почвы оказали существенное влияние на урожайность сена многолетних трав, что позволило получить прибавку урожая в среднем 0,9 т/га относительно варианта с мелким дренажем.

**Список литературы**

1. Иванов А. И., Янко Ю. Г. Мелиорация как необходимое средство развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны России. *Агрофизика*. 2019;(1):67–78. DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2019.01.09> EDN: VWIUQU
2. Чесноков Ю. В., Янко Ю. Г. Проблемы осушения земель Ленинградской области. Мелиорация и водное хозяйство. 2019;(3):18–21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39172657> EDN: UQJKMY
3. 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>
4. 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.
5. Sofia G., Ragazzi F., Giandon P., Dalla Fontana G., Tarolli P. 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>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevičienė S., Miseckaitė O., Gužys S., Baigys G., Grybauskienė W., Balevičius G. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Science*. 2015;65(sup1):14–29. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Овчинникова М. Ф. Свойства и продуктивность дерново-подзолистых почв при длительном осушении в разных агроусловиях. *Плодородие*. 2019;(5(110)):34–37. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.10> EDN: VEWQHD
8. Ковалев И. В. Осушенные почвы как аналог лизиметра большой площади. *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2021;(3):52–61. Режим доступа: <https://msu-soil-journal.ru/articles/article/4478/>
9. Ряскова О. М., Зайцева Г. А. Влажность почвы как основной фактор, влияющий на свойства почв различных типов. *Наука и Образование*. 2021;4(3):59. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47197229> EDN: SJJPMI
10. Анциферова О. А. Изученность водного режима почв Калининградской области. *Известия КГТУ*. 2019;(53):11–24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38212735> EDN: KCPSEB
11. Усков И. Б., Моисеев К. Г., Николаев М. В., Кононенко О. В., Усков А. О. Анализ системы «осадки-почва-дренаж» в условиях изменения климата на Северо-Западе России. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2020;(4(40)):205–226. DOI: <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-4-205-226> EDN: IHDJOP
12. Пунтусов В. Г., Ерин А. А. Совершенствование реконструкции осушительных систем Калининградской области. *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2022;8(1):25–29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48407302> EDN: CDHUUQ
13. Тарасова Л. Л. Режим влажности почвы в земледельческих районах Западной Сибири как результат региональных проявлений изменения климата. *Труды Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института*. 2021;(107):122–125. DOI: [https://doi.org/10.55235/0320359X\\_2021\\_107\\_122](https://doi.org/10.55235/0320359X_2021_107_122) EDN: TRZOSF
14. Балун О. В., Шкодина Е. П. Эффективность осушения в условиях изменения климата в Новгородской области. *Аграрный научный журнал*. 2023;(11):4–11. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i11pp4-11> EDN: AFUXBX
15. Gornyy V. I., Balun O. V., Kiselev A. V., Kritsuk S. G., Latypov I. Sh., Tronin A. A. Multiyear variations of soil moisture availability in the East European Plain. *Geography, Environment, Sustainability*. 2023;16(4):120–124. DOI: <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2023-2811>

**References**

1. Ivanov A. I., Yanko Yu. G. Melioration as an essential means for agriculture development in non-chernozem zone of Russia. *Agrofizika = Agrophysica*. 2019;(1):67–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2019.01.09>
2. Chesnokov Yu. V., Yanko Yu. G. Problems of land reclamation of the Leningrad region. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo = Melioration and Water Management*. 2019;(3):18–21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39172657>



3. Valipour M., Krasilnikof J., Yannopoulos S., Kumar R., Deng J., Roccaro P., Mays L., Grismer M. E., Angelakis A. N. The Evolution of Agrucultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*. 2020;12(1):416. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010416>
4. Avdeev E. A., Balun O. V. From the history of the first Russian pottery 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.).
5. Sofia G., Ragazzi F., Giandon P., Dalla Fontana G., Tarolli P. 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>
6. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevičienė S., Miseckaitė O., Gužys S., Baigys G., Grybauskienė W., Balevičius G. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Science*. 2015;65(sup1):14–29. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09064710.2014.971050>
7. Ovchinnikova M. F. Properties and productivity of soddy-podzolic soils under the impact of long-term drainage in different agrogenic conditions. *Plodородие*. 2019;(5(110)):34–37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.10>
8. Kovalev I. V. Drained soils as an analogue of a large area lysimeter. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie = Lomonosov Soil Science Journal*. 2021;(3):52–61. (In Russ.). URL: <https://msu-soil-journal.ru/articles/article/4478/>
9. Ryaskova O. M., Zaytseva G. A. Dependence of food elements content in different types of soils on productive moisture reserves. *Nauka i Obrazovanie*. 2021;4(3):59. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47197229>
10. Antsiferova O. A. Study of the water regime of soil in the Kaliningrad region. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2019;(53):11–24. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38212735>
11. Uskov I. B., Moiseev K. G., Nikolaev M. V., Kononenko O. V., Uskov A. O. Analysis of the “precipitation - soil - drainage” system under the conditions of climate change in the North-West of Russia. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2020;(4(40)):205–226. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2020-4-205-226>
12. Puntusov V. G., Erin A. A. Improving the reconstruction of drainage systems in the Kaliningrad region. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2022;8(1):25–29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48407302>
13. Tarasova L. L. Soil moisture regime in agricultural areas of western siberia as a result of regional climate change. *Trudy Sibirskogo regional'nogo nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta*. 2021;(107):122–125. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.55235/0320359X\\_2021\\_107\\_122](https://doi.org/10.55235/0320359X_2021_107_122)
14. Balun O. V., Shkodina E. P. Dehumidification efficiency in the conditions of climate change in the Novgorod region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(11):4–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i11pp4-11>
15. Gornyy V. I., Balun O. V., Kiselev A. V., Kritsuk S. G., Latypov I. Sh., Tronin A. A. Multiyear variations of soil moisture availability in the East European Plain. *Geography, Environment, Sustainability*. 2023;16(4):120–124. DOI: <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2023-2811>

#### **Сведения об авторе**

✉ **Балун Ольга Васильевна**, кандидат техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, 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](mailto:info@spcras.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: [bov0001@mail.ru](mailto:bov0001@mail.ru)

#### **Information about the author**

✉ **Olga V. Balun**, PhD in Engineering, associate professor, senior researcher, Novgorod Research Agriculture Institute – Branch of St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2, str. Parkovaya, etc. Borkey, Novgorod district, Novgorod region, Russian Federation, 173516, e-mail: [info@spcras.ru](mailto:info@spcras.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: [bov0001@mail.ru](mailto:bov0001@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author