

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.360-368>

УДК 631.62

Экологические режимы почв Новгородской области, осушаемых открытым дренажем© 2022. О. В. Балун✉, Е. П. Шкодина, В. А. Яковлева, С. Ю. Жукова
ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В природно-климатических условиях Новгородской области были исследованы экологические режимы земель, осушаемых различными конструкциями открытого дренажа: каналы через 70 м (контроль), ложбины стока в сочетании с полосами возделывания, рекультивации, закрытым дренажем. В процессе эксплуатации (1992-2021 гг.) конструкций открытого дренажа произошли изменения агрохимического состояния почв: обменная кислотность снизилась; содержание гумуса увеличилось на 2-3 %, за исключением варианта сочетания ложбин с полосой рекультивации (уменьшение на 1,5 %); содержание подвижного фосфора и калия уменьшилось. Формирование режимов грунтовых вод и запасов влаги на осушительных системах зависит от метеорологических условий, которые в последние 5 лет отличались большим разнообразием: от слабо засушливых (2020 г., ГТК = 1,1) до избыточно увлажненных (2017 г., ГТК = 2,65). Системы ложбин стока в сочетании с полосой рекультивации обеспечили самый низкий уровень грунтовых вод, при этом в экстремально влажный год они не поднимались в пахотный горизонт. Наиболее благоприятный режим влажности корнеобитаемого слоя почвы в избыточно влажном 2017 г. и последующие годы отмечен на системах ложбин стока с закрытым дренажем в сочетании с полосами рекультивации. В засушливые периоды, которыми обычно являются июнь-июль, на опытных системах ложбин стока в сочетании с полосами возделывания и рекультивации наблюдали недостаток влаги в корнеобитаемом слое почвы. Наиболее острый дефицит влаги в эти периоды (0,45ПВ) отмечали на системах сочетания ложбин стока с полосами возделывания. Наиболее благоприятный режим влажности почвы (0,65-0,85ПВ) был в варианте сочетания ложбин с закрытым дренажем и полосой рекультивации. Сформировавшиеся новые экологические режимы осушаемых ложбинно-полосовым способом почв оказали существенное влияние на урожайность сена многолетних злаковых трав (тимофеевка луговая, овсяница луговая). Прибавка урожая по сравнению с контролем в среднем за 5 лет составила 0,3-0,6 т/га.

Ключевые слова: уровень грунтовых вод, влажность почвы, каналы, ложбины стока, полосование**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).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Балун О. В., Шкодина Е. П., Яковлева В. А., Жукова С. Ю. Экологические режимы почв Новгородской области, осушаемых открытым дренажем. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(3):360-368. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.360-368>

Поступила: 21.03.2022

Принята к публикации: 25.05.2022

Опубликована онлайн: 23.06.2022

Ecological regimes of soils of the Novgorod region drained by open drainage

© 2022. Olga V. Balun✉, Elena P. Shkodina, Valentina A. Yakovleva, Svetlana Yu. Zhukova

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

In the natural and climatic conditions of the Novgorod region, the ecological regimes of lands drained by various open drainage structures were studied: channels through 70 m (control), runoff hollows in combination with the strips of cultivation, reclamation, and closed drainage. During the operation (1992-2021) of open drainage structures, the agrochemical state of soils changed: the exchange acidity decreased; the humus content increased by 2-3 %, with the exception of a combination of hollows with a reclamation strip (a decrease of 1.5 %); the content of mobile phosphorus and potassium decreased. The formation of groundwater regimes and moisture reserves on drainage systems depends on meteorological conditions, which in the last 5 years have been very diverse: from slightly arid (2020, HTC = 1.1) to excessively moist (2017, HTC = 2.65). The systems of runoff hollows in combination with the reclamation strip provided the lowest groundwater level, while in an extremely wet year they did not rise into the arable horizon. The most favorable moisture regime of the root-inhabited soil layer in excessively humid 2017 and subsequent years was noted on systems of runoff hollows with closed

*drainage in combination with reclamation strips. During dry periods, which are usually June-July, a lack of moisture in the root layer of the soil was observed on experimental systems of runoff hollows in combination with cultivation and reclamation strips. The most acute moisture deficiency in these periods (0.45 full capacity) was noted on systems combining runoff hollows with cultivation strips. The most favorable soil moisture regime (0.65-0.85 full capacity) was in the combination of hollows with closed drainage and a reclamation strip. The formed new ecological regimes of the soils drained by the hollow-strip method had a significant impact on the hay yield of perennial grasses (*Phleum pratense*, *Festuca pratensis*). The increase in yield compared to the control averaged 0.3-0.6 t/ha over 5 years.*

Keywords: groundwater level, soil moisture, channels, runoff hollows, cultivation strip, recultivation strip

Acknowledgements: the research 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 authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

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

For citation: Balun O. V., Shkodina E. P., Yakovleva V. A., Zhukova S.Y. Ecological Regimes of soils of the Novgorod region drained by open drainage. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(3):360-368. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.360-368>

Received: 21.03.2022

Accepted for publication: 25.05.2023

Published online: 23.06.2022

Новгородская область расположена на северо-западе Русской равнины. Область относится к зоне избыточного увлажнения, что приводит в условиях равнинного рельефа и тяжелых подстилающих грунтов к заболачиванию земель и росту болот [1]. В настоящее время переувлажненные сельхозугодья составляют 44 %, а заболоченные – 15 % [2]. Поэтому без проведения мелиоративных мероприятий невозможно повышение их эффективного плодородия и получение стабильных урожаев [3, 4]. Мелиорация также является радикальным средством снижения агроклиматических рисков в условиях изменения климата в 3,5 и более раз [5]. Мелиорация сельскохозяйственных земель ведет к изменению экологических режимов, которые часто бывают необратимыми. Под воздействием мелиорации начинают формироваться новые экологические режимы: режим грунтовых вод [6, 7], водно-воздушный режим [8], питательный режим [9, 10, 11] и т. п. Проведенные исследования экологических режимов в почвенно-климатических условиях Тюменской области позволили установить решающую роль в повышении урожайности трав питательного режима [12]. Китайские ученые получили положительное влияние долгосрочной мелиорации на качество почвы в сельскохозяйственных мелиорированных прибрежных засоленных почвах Восточного Китая [13]. Исследования деградированных мелиорируемых почв на Юго-Западе Китая показали снижение количества питательных веществ в верхнем 20-сантиметровом слое и увеличение их в слое 40-60 см [14]. Исследователями Белоруссии приводятся данные об уменьшении содержания карбо-

натов кальция и магния в пахотном слое в результате длительного использования осушенных почв легкого гранулометрического состава по сравнению с недренированным участком [15].

Цель исследований – получение новых знаний о формировании экологических режимов почв под влиянием различных конструкций открытого дренажа.

Новизна исследований. Впервые определены экологические режимы земель, осушаемых различными конструкциями открытого дренажа: каналами через 70 м, ложбинами в сочетании с полосами возделывания, рекультивации и закрытым дренажем.

Материал и методы. Исследования по формированию экологических режимов почв проводили на опытно-производственном участке, осушаемом ложбинами стока в сочетании с полосованием. Ложбина стока представляет собой искусственно выполненную выемку треугольной формы глубиной 0,3-0,5 м с пологими откосами, проходимыми для сельхозтехники. Полосование – чередование полос возделывания с увеличенным гумусовым слоем с полосами рекультивации с уменьшенным гумусовым слоем. При этом ширина полос возделывания составляет 57-60 м, полос рекультивации – 20-25 м. Сочетание полос возделывания с полосами рекультивации происходит посредством ложбин стока. Ложбина с дренажем представляет собой ложбину стока, по дну которой устроен бесполостной дренаж, представляющий собой траншею глубиной 70 см, засыпанную хорошо фильтрующей песчано-гравийной смесью. Длина ложбин 100-120 м, заложение откосов – 1:10, уклон 0,001.

В геоморфологическом отношении участок представляет собой пологоволнистую озерно-ледниковую равнину, ограниченную с запада и юго-запада р. Веряжкой. Территория участка сложена с поверхности преимущественно грунтами тяжелого гранулометрического состава (пахотный горизонт – глина легкая, подпахотный – глина тяжелая), почвы – дерново-подзолистые. В гидрогеологическом отношении площадь характеризуется развитием и распространением сезонных почвенных вод. Формирование этих вод происходит в микропонижениях рельефа, в рыхлом почвенном слое за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод. Наибольшее распространение эти воды получают в весенний период и период обильных дождей.

Схема опыта:

Вариант 1. Каналы через 70 м – контроль.

Вариант 2. Ложбины в сочетании с полосой рекультивации.

Вариант 3. Ложбины в сочетании с полосой возделывания.

Вариант 4. Ложбины с дренажем в сочетании с полосой рекультивации.

На участках возделывали многолетние злаковые травы: тимофеевка луговая и овсяница луговая.

Агрохимические показатели почвы определяли следующими методами: значение pH – по ГОСТ 26483-85; массовая доля подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – по ГОСТ 26207-91 и ГОСТ Р 54650-2011; массовая доля органического вещества – по ГОСТ 26213-91 п.1.

Режим грунтовых вод и влажности почвы определяли по методике СевНИИГиМ¹. Статистическую обработку данных проводили с использованием корреляционного и регрессионного анализов².

Результаты и их обсуждение. Строительство мелиоративных объектов ведет к нарушению верхнего корнеобитаемого слоя, что сказывается на уровне потенциального плодородия. В процессе эксплуатации осушительных систем под воздействием нового водно-воздушного режима изменяется питательный режим.

Опытный участок построен в 1992 году. В течение 30 лет его эксплуатации велись наблюдения за агрохимическим составом почв (рис. 1).

В первый год после строительства опытного участка почву можно характеризовать как среднекислую со средним содержанием гумуса, повышенной обеспеченностью подвижным фосфором и высокой обеспеченностью подвижным калием. В процессе эксплуатации осушаемых участков изменения агрохимических показателей почвы носили не только временной характер, но и зависели от конструктивных особенностей осушительной системы.

Обменная кислотность почвы во всех опытных вариантах с течением времени уменьшалась и к 2001 году почва перешла в категорию слабокислых, к 2021 году кислотность почвы в контроле и 3 варианте продолжала снижаться, в вариантах 2, 4 – возросла и почвы приобрели среднекислую реакцию.

Содержание гумуса в варианте сочетания ложбин с полосой рекультивации с течением времени неизменно уменьшалось и в 2021 году перешло в категорию низкой обеспеченности, тогда как на остальных участках обеспеченность почвы гумусом постоянно увеличивалась, и к 2021 году стала повышенной.

Содержание подвижного фосфора к 2001 году резко уменьшилось до средней и низкой категорий обеспеченности. К 2021 году содержание фосфора в почве в вариантах ложбин в сочетании с полосой возделывания и рекультивации увеличилось в 2 раза и перешло из категории низкой обеспеченности в категорию средней. В контроле содержание фосфора превысило первоначальный уровень на 19 %, в варианте ложбин с дренажем в сочетании с полосой рекультивации продолжилось его устойчивое падение до критических значений – 2,6 мг/100 г почвы.

Обеспеченность подвижным калием к 2001 году снизилась во всех вариантах до категории «повышенная». В последующее 20-летие содержание калия осталось на этом же уровне.

Формирование новых режимов грунтовых вод и запасов влаги на осушительных системах зависит от метеорологических условий. За последние 5 лет обеспеченность осадками изменялась от 1 % (2017 г.) до 55 % (2018 г.).

¹Методические указания по постановке и проведению опытов на осушительных системах. Л., 1983. С. 54-69, 84-103.

²Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении. Л., 1977. С. 166-222.

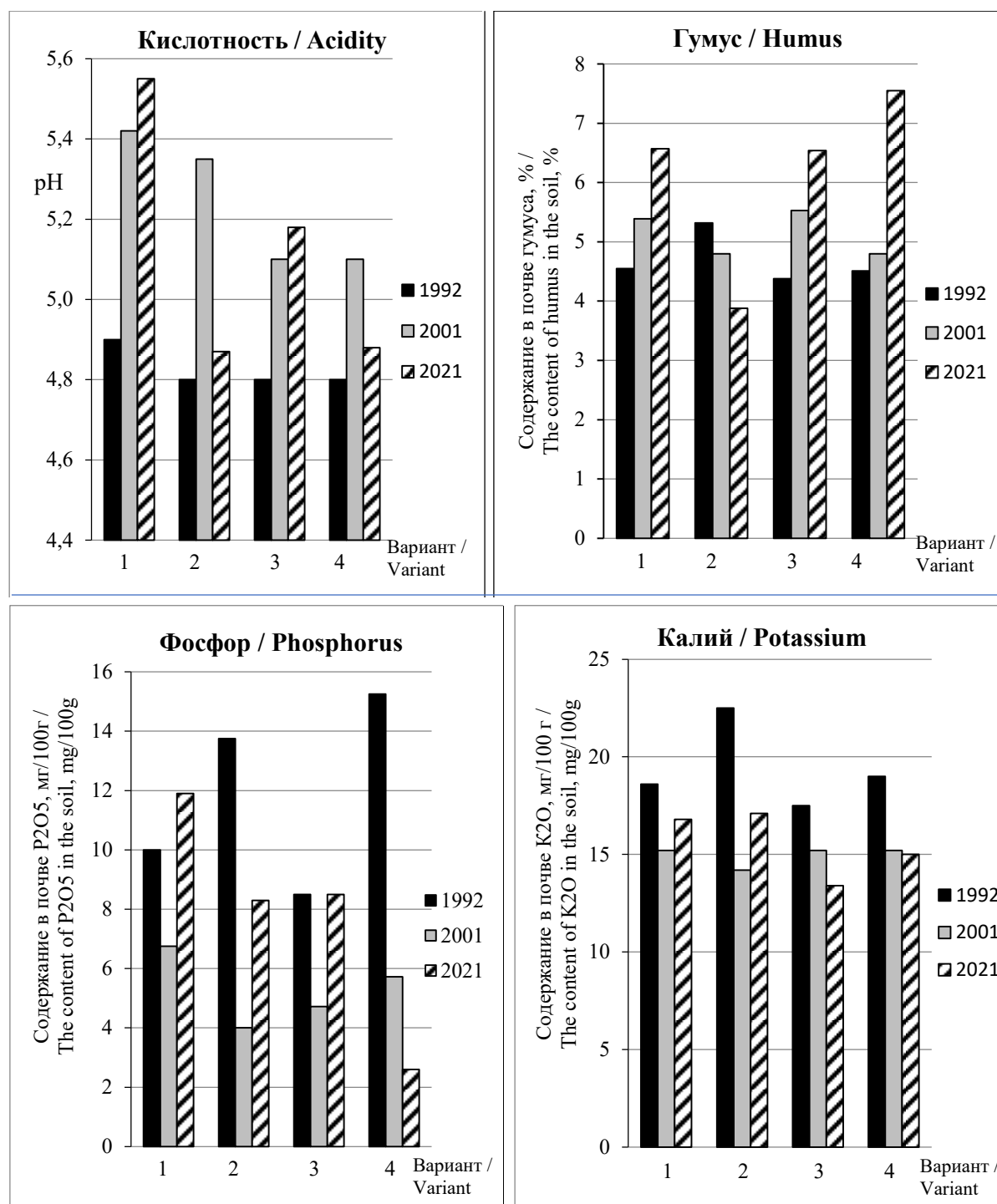


Рис. 1. Изменения агрохимических показателей почвы под воздействием вариантов осушения: 1 – каналы через 70 м (контроль), 2 – ложбины в сочетании с полосой рекультивации, 3 – ложбины в сочетании с полосой возделывания, 4 – ложбины с дренажем в сочетании с полосой рекультивации /

Fig. 1. Changes in agrochemical parameters of the soil under the influence of drainage variants: 1 – channels through 70 m (control), 2 – hollows in combination with a reclamation strip, 3 – hollows in combination with a cultivation strip, 4 – hollows with drainage in combination with a reclamation strip

Годовая температура в среднем на 2 °C превысила норму. При этом сумма температур выше 5 °C превысила норму на 145 °C, а сумма температур выше 10 °C оказалась ниже нормы на 67 °C. Годовая сумма осадков в 2018 и 2020 гг.

была близка к норме, а в остальные годы – значительно ее превышала. Слабо засушливым был 2020 г. (ГТК = 1,1), оптимально влажным – 2018 г. (ГТК = 1,37), остальные три года были избыточно влажными (ГТК = 1,76-2,65) (табл. 1).

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

Год / Year	Метеопараметр / Weather parameter						
	годовая сумма осадков, мм / annual precipitation, mm	среднегодовая температура, °C / average annual temperature, °C	сумма осадков за вегетационный период ($t > 5^{\circ}\text{C}$) / amount of precipitation during the growing season ($t > 5^{\circ}\text{C}$)	сумма температур более 5°C / the sum of temperatures greater than 5°C	сумма осадков за период с $t > 10^{\circ}\text{C}$ / the amount of precipi- tation for a period with temperatures above 10°C	сумма температур более 10°C / the sum of temperatures greater than 10°C	ГТК / Hydrothermal coefficient
2017	885	5,8	625	2265	481	1813	2,65
2018	543	6,1	375	2361	274	2001	1,37
2019	821	6,8	489	2637	392	2232	1,76
2020	587	7,7	333	2572	253	2305	1,10
2021	817	5,8	563	2446	404	2092	1,93
Среднее / Average	731	6,4	477	2456	361	2089	1,76
Норма / Norm	550	4,4	352	2311	301	2156	1,40

Самым влажным за рассматриваемый период наблюдений сложился 2017 год, в котором в течение лета выпала двойная норма осадков. Опытные системы открытого дренажа работали в крайне тяжелых условиях по отводу избыточной влаги с целью снижения уровня грунтовых вод (УГВ). Самый низкий УГВ обеспечили системы ложбин стока в сочетании с полосой рекультивации: в течение всего вегетационного периода грунтовые воды в данном варианте не поднимались в пахотный горизонт. Самый высокий УГВ был отмечен в контроле, где грунтовые воды почти весь сезон находились в пахотном горизонте. В 2018 году, когда количество выпавших осадков соответствовало норме, УГВ наблюдался в пахотном горизонте только в начале вегетационного периода и только в контроле. А в 2019 году во всех опытных вариантах УГВ находился ниже 40 см от поверхности земли. В последние 2 года грунтовые воды в пахотном горизонте в начале сезона были отмечены во всех вариантах, кроме варианта сочетания ложбин стока с закрытым дренажем. Таким образом, за период наблюдений наиболее благоприятный для растений режим грунтовых вод был обеспечен системами ложбин стока с закрытым дренажем (рис. 2).

Режим грунтовых вод определяет динамику запасов влаги корнеобитаемого слоя почвы. Высокий уровень стояния грунтовых вод в 2017 году вызвал переувлажнение корнеобитаемого слоя почвы в течение всего сезона в варианте сочетания ложбин стока с полосой возделывания. Более благоприятный режим влажности обеспечили системы

ложбин стока в сочетании с полосой рекультивации (рис. 3).

Начало сезона 2018 года характеризовалось самой высокой влажностью за весь период наблюдений. Это связано с очень влажным предшествующим годом, обеспечившим высокий уровень грунтовых вод в осенне-зимний период и большим количеством осадков в апреле 2018 года (почти две нормы).

Самая высокая влажность в течение всего периода исследований наблюдалась в контроле. В засушливые периоды, которыми обычно являются июнь-июль, на опытных системах сочетания ложбин с полосами возделывания и рекультивации (варианты 2, 3) наблюдался недостаток влаги в корнеобитаемом слое почвы. Наиболее острый недостаток влаги в эти периоды (0,45 ПВ) был отмечен на системах сочетания ложбин стока с полосами возделывания. Наиболее благоприятный режим влажности почвы (0,65-0,85 ПВ) отмечен в варианте сочетания ложбин с закрытым дренажем и полосой рекультивации.

Важным показателем эффективности функционирования мелиоративной системы является урожайность выращиваемых культур. На опытных системах все годы выращивались многолетние травы. Учет урожая проводили в основном в конце июня. Поэтому особое влияние на урожайность сена многолетних трав оказывали погодные условия мая и июня в совокупности. Во влажный 2017 год, когда за май-июнь выпало 1,4 нормы осадков и ГТК составил 1,95, максимальная урожайность была отмечена на системах сочетания ложбин стока с полосами возделывания (табл. 2).

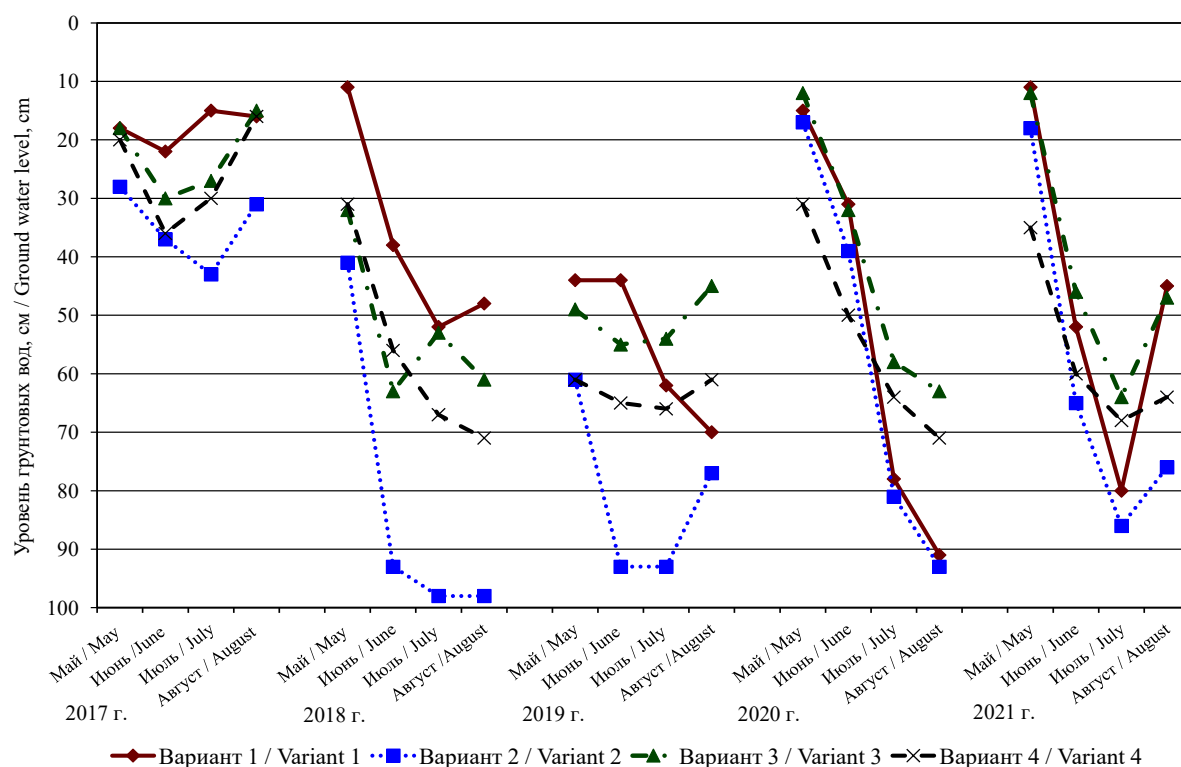


Рис. 2. Режим грунтовых вод на опытных вариантах открытого дренажа /
Fig. 2. Groundwater regime in experimental variants of open drainage

Таблица 2 – Урожайность сена многолетних трав на опытных системах открытого дренажа, т/га
Table 2 – Hay yield of perennial grasses in experimental open drainage systems, t/ha

Вариант / Variant	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее / Average
1	2,6	2,0	2,0	2,6	2,4	2,3
2	2,9	2,0	2,9	2,9	2,2	2,6
3	3,4	3,2	2,4	3,1	2,5	2,9
4	3,1	2,3	2,5	2,8	2,7	2,7
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	-	-	-	0,3

В последующий 2018 год за этот же период выпало всего 0,7 нормы осадков, ГТК составил 0,72 единицы. Наблюдавшееся в мае переувлажнение корнеобитаемого слоя почвы вызвало в июне засуху, что неизбежно сказалось на урожайности многолетних трав. Но и в данный период урожайность в вариантах сочетания ложбин стока с полосами возделывания была выше по сравнению с контролем. В последующие 3 года количество осадков за май-июнь превысило норму на 20-40 %, но высокий температурный фон (выше нормы на 6-13 %) привел к оптимизации влажности, ГТК составил 1,34-1,54. В этот период в среднем за 3 года урожайность в контроле получили 2,4 т/га, в опытных вариантах – 2,7 т/га.

Закключение. Под влиянием осушения формируются новые экологические режимы

грунтовых вод и влажности почвы, которые в свою очередь формируют новые режимы питания растений.

В процессе 30-летней эксплуатации открытых осушительных систем произошли изменения агрохимического состава дерново-подзолистых глинистых почв: обменная кислотность уменьшилась на всех опытных системах; содержание гумуса уменьшилось на 1,5 % в варианте сочетания ложбин с полосой рекультивации, в остальных вариантах увеличилось на 2-3 %; наиболее интенсивное снижение подвижного фосфора в корнеобитаемом слое почвы было отмечено на конструкциях сочетания ложбин с дренажем; содержание подвижного калия уменьшилось равномерно во всех опытных вариантах.

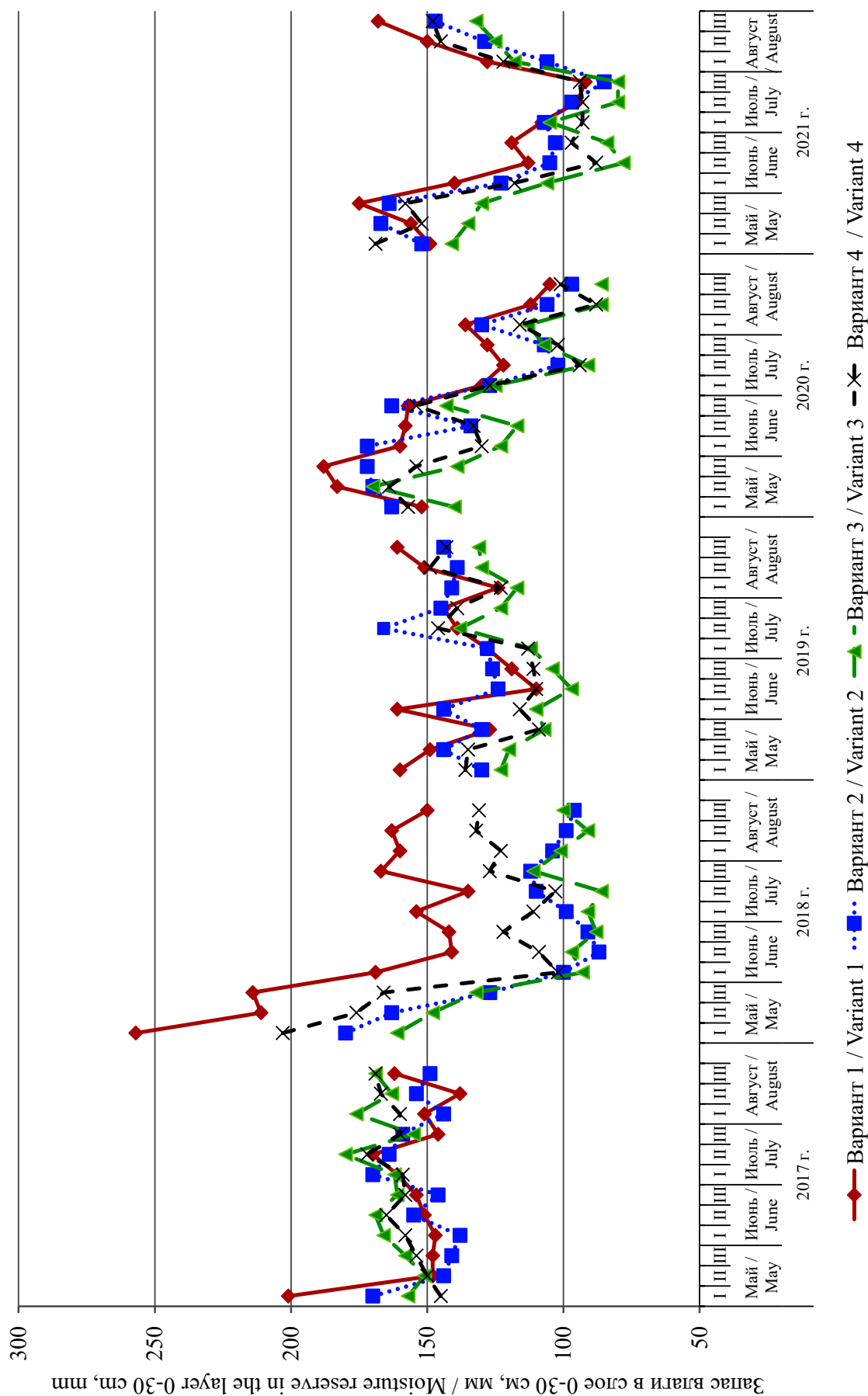


Рис. 3. Запас влаги в корнеобитаемом слое почвы на опытных системах открытого дренажа /
Fig. 3. Moisture reserve in the root layer of the soil in experimental open drainage systems

Применение в конструкциях ложбин стока по её дну закрытого дренажа обеспечило отсутствие грунтовых вод в пахотном горизонте за весь период наблюдения.

Наиболее благоприятный режим влажности корнеобитаемого слоя почвы в избыточно влажный 2017 год и последующие годы был

отмечен на системах ложбин стока в сочетании с полосами рекультивации.

Сформировавшиеся новые экологические режимы осушаемых ложбинно-полосовым способом почв оказали существенное влияние на урожайность сена многолетних трав.

Список литературы

1. Balun O. V. Effectiveness of drainage of agricultural land by closed drainage in climatic conditions of the Novgorod Region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management. 2020;613:012011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012011>
2. Балун О. В., Бойцов А. С. Состояние мелиорации в Новгородской области. Агрофизика. 2013;(2):28-33.
3. Митрахович А. И., Казмирук И. Ч., Кондратьев В. Н., Авраменко Н. М. Повышение эффективности работы дренажа на базе новых конструктивных элементов. Мелиорация. 2018;(2):5-12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36332265>
4. 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>
5. Иванов А. И., Гулюк Г. Г., Янко Ю. Г. Актуальные вопросы развития мелиорации в Нечерноземье. Мелиорация и водное хозяйство. 2020;(3):5-12.
6. Устинов М. Т., Глистин М. В. Критический уровень грунтовых вод как критерий эколого-мелиоративного состояния почв. Мелиорация и водное хозяйство. 2018;(3):14-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35357556>
7. Bou Lahdou G., Bowling L., Frankenberger J., Kladivko E. Hydrologic controls of controlled and free draining subsurface drainage systems. Agricultural Water Management. 2019;213:605-615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.038>
8. Зинковская Т. С., Ковалёв Н. Г., Зинковский В. И. Оптимизация водного режима почвы при возделывании картофеля на осушаемых землях. Мелиорация и водное хозяйство. 2016;(1):40-44. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26460455>
9. Booman G. C., Latera P. Channelizing streams for agricultural drainage impairs their nutrient removal capacity. Journal of Environmental Quality. 2019;48(2):459-468. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2018.07.0264>
10. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevičienė S., Miseckaitė O., Gužys S., Baigys G., Grybauskienė V., Balevičius G. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science. 2015;65:14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
11. Hu Q., Yang Y., Han S., Wang J. Deterioration of the quantity and quality of drainage water in agriculture as a result of the expansion of agricultural land and water-saving operations in arid basins. Agricultural Water Management. 2019;213:185-192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.019>
12. Моторин А. С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири. Мелиорация и водное хозяйство. 2020;(1):16-22.
13. Xie X. F., Pu L. J., Zhu M., Wu T., Xu Y., Wang X. H. Effect of long-term reclamation on soil quality in agricultural reclaimed coastal saline soil, Eastern China. Journal of Soils and Sediments. 2020;20:3909-3920. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02698-w>
14. Qi L., Zhou P., Yang L. H., Gao M. Effects of land reclamation on the physical, chemical, and microbial quantity and enzyme activity properties of degraded agricultural soils. Journal of Soils and Sediments. 2020;20:973-981. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02432-1>
15. Тиво П. Ф., Саскевич Л. А., Постникова Д. А. Приемы повышения продуктивности осушенных земель Поозерья. Мелиорация. 2020;(3(93)):55-64. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44666547>

References

1. Balun O. V. Effectiveness of drainage of agricultural land by closed drainage in climatic conditions of the Novgorod Region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management. 2020;613:012011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012011>
2. Balun O. N., Boytsov A. S. The state of land reclamation in the Novgorod region. *Agrofizika* = Agrophysica. 2013;(2):28-33. (In Russ.).
3. Mitrakhovich A. I., Kazmiruk I. Ch., Kondratyev V. N., Avramenko N. M. Enhancing the efficiency of drainage using new construction elements. *Melioratsiya* = Land reclamation. 2018;(2):5-12. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36332265>
4. 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>
5. Ivanov A. I., Gulyuk G. G., Yanko Yu. G. Relevant issues of land reclamation development in Non-black earth area. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2020;(3):5-12. (In Russ.).
6. Ustinov M. T., Glistin M. V. Critical level of groundwater as a criterion critical level of groundwater as a criterion ecological-meliorative state of soils. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2018;(3):14-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35357556>

7. Bou Lahdou G., Bowling L., Frankenberger J., Kladvik E. Hydrologic controls of controlled and free draining subsurface drainage systems. *Agricultural Water Management*. 2019;213:605-615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.038>
8. Zinkovskaya T. S., Kovalev N. G., Zinkovskiy V. I. Optimization of soil water regime in potato growing on drained lands. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2016;(1):40-44. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26460455>
9. Booman G. C., Latera P. Channelizing streams for agricultural drainage impairs their nutrient removal capacity. *Journal of Environmental Quality*. 2019;48(2):459-468. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2018.07.0264>
10. Povilaitis A., Lamsodis R., Bastienė N., Rudzianskaitė A., Misevičienė S., Miseckaitė O., Gužys S., Baigys G., Grybauskienė V., Balevičius G. Agricultural drainage in Lithuania: a review of practices and environmental effects. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. 2015;65:14-29. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.971050>
11. Hu Q., Yang Y., Han S., Wang J. Deterioration of the quantity and quality of drainage water in agriculture as a result of the expansion of agricultural land and water-saving operations in arid basins. *Agricultural Water Management*. 2019;213:185-192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.019>
12. Motorin A. S. Fertility of peat soils in Western Siberia. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* = Melioration and Water Management. 2020;(1):16-22. (In Russ.).
13. Xie X. F., Pu L. J., Zhu M., Wu T., Xu Y., Wang X. H. Effect of long-term reclamation on soil quality in agricultural reclaimed coastal saline soil, Eastern China. *Journal of Soils and Sediments*. 2020;20:3909-3920. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02698-w>
14. Qi L., Zhou P., Yang L. H., Gao M. Effects of land reclamation on the physical, chemical, and microbial quantity and enzyme activity properties of degraded agricultural soils. *Journal of Soils and Sediments*. 2020;20:973-981. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02432-1>
15. Tivo P. F., Saskevich L. A., Postnikova D. A. The methods of increasing the productivity of drained lands of Poozerye region. *Melioratsiya* = Land reclamation. 2020;(3(93)):55-64. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44666547>

Сведения об авторах

✉ **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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: bov0001@mail.ru

Шкодина Елена Петровна, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>

Яковлева Валентина Александровна, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0349-8185>

Жукова Светлана Юрьевна, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8034-2489>

Information about the authors

✉ **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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>, e-mail: bov0001@mail.ru

Elena P. Shkodina, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>

Valentina A. Yakovleva, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0349-8185>

Svetlana Yu. Zhukova, senior researcher, Novgorod Research Agriculture Institute – Branch of St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2, str. Park, etc. Borkey, Novgorod district, Novgorod region, Russian Federation, 173516, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8034-2489>

✉ – Для контактов / Corresponding author