

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.П. Филиппова. 2022. № 4(69). С. 23–31.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;4(69):23–31.

Научная статья

УДК 631.517

doi: 10.34655/bgsha.2022.69.4.003

## ВЛИЯНИЕ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ОСУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ТЯЖЕЛОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Дарья Николаевна Сафонова<sup>1</sup>, Ольга Алексеевна Анциферова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>«Калининградский государственный технический университет», Калининград, Россия

<sup>1</sup> pmailer@mail.ru

<sup>2</sup> anciferova@inbox.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования, проведенного в 2019-2022 гг. Изучена динамика запасов продуктивной влаги в течение четырех вегетационных сезонов с апреля по октябрь на территории пастбищного сельскохозяйственного угодья, расположенного на осушаемых дерново-подзолистых почвах тяжелого гранулометрического состава (Лава-Прегольская озерно-ледниковая низменность Калининградской области). Мониторинг влажности почвы проводился по методу А.А. Роде, влажность почвы определялась термостатно-весовым методом. Было проанализировано влияние погодных условий на запас продуктивной влаги в слое 0-20 и 0-100 см. Выявлена корреляция между значениями запасов продуктивной влаги и гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова и урожайностью. Количество продуктивной влаги начинает увеличиваться во второй половине сентября, в течение всей осени, также высокие значения наблюдаются с апреля и до конца мая, увеличение и уменьшение значений в разные годы зависело от количества осадков и среднесуточных температур, фаз вегетации растений. Запасы продуктивной влаги исследуемого агроландшафта достаточны для формирования урожайности многолетних трав сопоставимой и превышающей среднеобластные значения в годы с различной влагообеспеченностью. Отмечена деградация травостоя и поверхностный застой воды на фоне смены эксплуатации участка с сенокоса на пастбище со свободным выгулом крупного рогатого скота. Полученные результаты можно использовать для создания экспертных систем агрофизического мониторинга, применяемых для систем точного земледелия.

**Ключевые слова:** пастбище, сенокос, запас продуктивной влаги, почвы тяжелого гранулометрического состава, урожай трав.

Original article

## INFLUENCE OF AVAILABLE WATER CAPACITY ON THE PERENNIAL GRASSES YIELD ON DRAINED SOD-PODZOLIC SOILS OF THE HEAVY GRANULOMETRIC COMPOSITION

Daria N. Safonova<sup>1</sup>, Olga A. Anciferova<sup>2</sup>

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>1</sup>pmailer@mail.ru

<sup>2</sup>anciferova@inbox.ru

**Abstract.** The article presents the results of a study conducted in 2019-2022. The dynamics of available water capacity on the territory of a pasture agricultural land located in drained sod-podzolic soils of the heavy granulometric composition (Lava-Pregolskaya glaciolacustrine lowland of the Kaliningrad region) was studied. The research was conducted during four growing seasons from April to October. Monitoring of soil moisture was carried out by the method of A.A. Rode, soil moisture was determined by the thermostatic-weight method. The influence of weather conditions on the available water capacity in the layer of 0-20 cm and 0-100 cm was analyzed. The correlation between the values of the available water capacity and the hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov and yield was revealed. The amount of productive moisture increases in the second half of September, throughout the autumn, high values are also observed from April to the end of May. Increases and decreases of values in different years depended on the amount of precipitation and average daily temperatures, phases of vegetation of plants. The available water capacity of the studied agricultural landscape is sufficient for the formation of the yield of perennial grasses comparable and exceeding the average regional values in years with different moisture availability. The degradation of grass stands and surface stagnation of water were marked with the change of the purpose of the studied area from hayfield to pasture with free-range cattle in the background. The obtained results can be used to create expert systems of agrophysical monitoring used for precision farming systems.

**Keywords:** pasture, hayfield, available water capacity, soils of heavy granulometric composition, grass harvest.

**Введение.** Освоение почв тяжелого гранулометрического состава на озерно-ледниковых карбонатных красноцветных глинах Лава-Прегольской низменности Калининградской области началось еще в 17-18 веке, когда данная территория входила в состав Восточной Пруссии. Окультуривание данных почв производилось за счет повсеместной осушительной мелиорации открытыми каналами и внесением высоких доз органических удобрений. Практиковалось сенокосно-пастбищное использование со свободным выгулом скота [1]. В советский период после ВОВ была проведена реконструкция дренажа и увеличена площадь осушаемых земель. Распад СССР привел к кризису в сельском хозяйстве, и данная территория долгое время находилась в залежи. В настоящее время в связи с расширением сельскохозяйственных угодий почвы тяжелого гранулометрического состава с 2016 г. вновь засеиваются многолетними травами.

Введение этих почв в сельскохозяйственный оборот связано с определенными проблемами. Они имеют тяжелый гранулометрический состав, трудозатратны в обработке, склонны к поверхностному застою воды в сырые периоды и растрескиванию в сухие, требуют мелиоративных мероприятий [2]. Избыточное ув-

лажнение на фоне глобального изменения климата является лимитирующим фактором для получения высоких урожаев в Калининградской области [3]. Анализ и расчет запасов продуктивной влаги имеет сугубо прикладное значение и может применяться для создания экспертных систем, включающих в себя сенсоры для определения влажности почвы, прием-передающие устройства и программу обработки полученных данных в качестве основы точного земледелия [4].

**Цель исследования** – изучение влияния динамики запасов продуктивной влаги в дерново-подзолистых оглеенных осушенных тяжелосуглинистых почвах в годы с различными метеоусловиями на урожайность многолетних трав.

**Объект исследования.** Ключевой участок располагается в Черняховском муниципальном округе Калининградской области в 12 км к юго-востоку от поселка Междуречье, в урочище Светаевка. Согласно почвенно-географическому районированию, участок входит в Прибалтийскую провинцию дерново-подзолистых почв южной тайги [5]. На областном уровне территория исследования находится на Лава-Прегольской озерно-ледниковой низменности [6] в Лава-Правдинском почвенном районе дерново- и скрытоподзо-

листых тяжелосуглинистых почв на водно-ледниковых безвалунных отложениях и ленточных глинах [7].

Рельеф угодья слабоволнистый. Перепад высот составляет 1,1 м. Исследования проводились на двух почвенных ареалах, отличающихся расположением по микрорельефу и глубиной оглеения: 1) почва на повышении – окультуренная осушенная дерново-подзолистая средне- и тяжелосуглинистая в гумусовом горизонте, с 20 см тяжелоглинистая с подстилкой суглинками и супесями с 90 – 130 см; 2) почва на плоском пониженном участке – окультуренная осушенная дерново-подзолистая поверхностно- и профилно-глееватая, тяжелоглинистая на карбонатных озерно-ледниковых глинах. Гумусо-

вый горизонт почв содержит 3 – 4 % гумуса, в средней степени обеспечен подвижными формами фосфора и калия. Глубина залегания карбонатов около 40 см в глубокоглеуватой почве и 60 см в поверхностно-глеуватой.

В настоящее время данная территория находится во владении ООО «Калининградская мясная компания». Угодье использовалось как сенокос в 2019 – 2020 гг. с последующим переводом на сенокосно-пастбищный режим в 2021 – 2022 гг. Состав травостоя: *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Festulolium* (сортоотипы *Festuca* и *Lolium*), *Trifolium repens*. Год посева – 2016. В сенокосный период для получения высоких урожаев трав вносились минеральные подкормки (табл. 1).

**Таблица 1** – Удобрение в годы мониторинга запасов продуктивной влаги

Год	Сроки подкормки	Вид удобрения	Доза (кг/га) по:	
			физическому весу	действующему веществу
2019	1. Первая декада апреля	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	150	51,6
	2. Первая декада июля		100	34,4
2020	1. Первая декада апреля	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	150	51,6
	2. Первая декада июля		50	17,2
2021	1. Первая декада апреля	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	150	51,6
2022	Не удобрялось	-	-	-

**Материалы и методы исследования.** Распределение температур и осадков по декадам на период исследования были получены с сайта метеостанции города Черняховска [8]. На основании массива метеоданных рассчитывали гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянину (ГТК) [9].

Мониторинг влажности почв осуществляли два раза в месяц – с апреля по октябрь 2019 – 2022 гг. Отбор проб проводился послойно с шагом в 10 см до глубины 100 см. Определяли следующие свойства почв: полевая влажность термостатно-весовым методом, максимальная гигроскопичность (МГ), влажность завядания растений расчетным методом 1,5 МГ, определение плотности грунта (d) осуществлялось методом режущего кольца (гост 5180-84). Статистическая обработка проводилась с помощью Microsoft

Excel.

Пробные укосы трав проводились на площадках мониторинга в четырехкратной повторности (по 1 м<sup>2</sup>) перед первым производственным укосом (13 - 15 июня).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Количество влаги и температура выше 10<sup>0</sup>С являются одними из лимитирующих факторов в развитии большинства сельскохозяйственных растений. Нами было проанализировано количество осадков, выпавшее за период вегетации растений в Калининградской области (апрель - октябрь) и интервале от начала возобновления вегетации до первого укоса многолетних трав (апрель - июнь) и ГТК за те же периоды.

Количество осадков за апрель-июнь в 2019, 2021, 2022 гг. было близким к среднемноголетней норме (179 мм), а в 2020 г. наблюдалось превышение нормы

**Таблица 2** – Значение количества осадков и ГТК в важные периоды развития многолетних трав по данным метеостанции Черняховска, 2019-2022 гг.

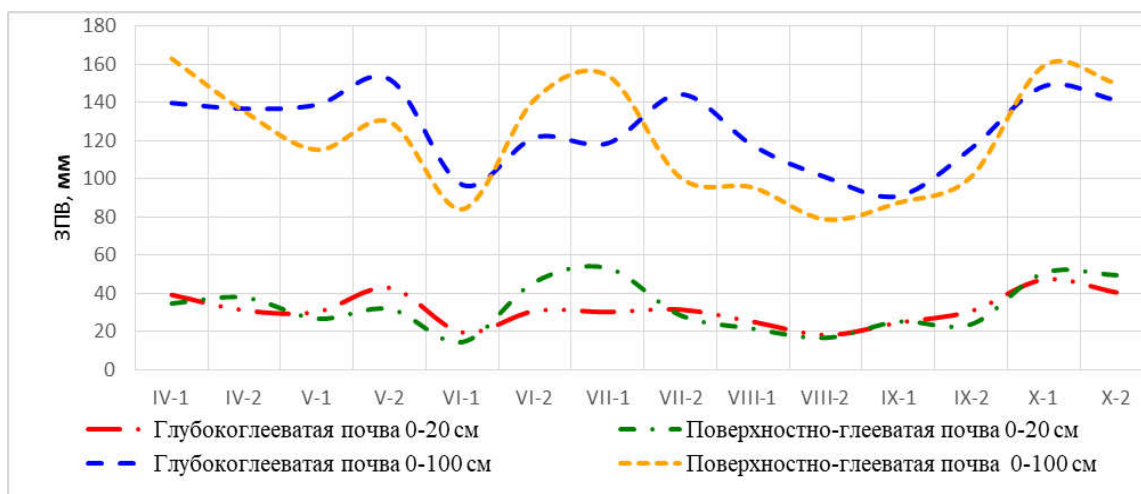
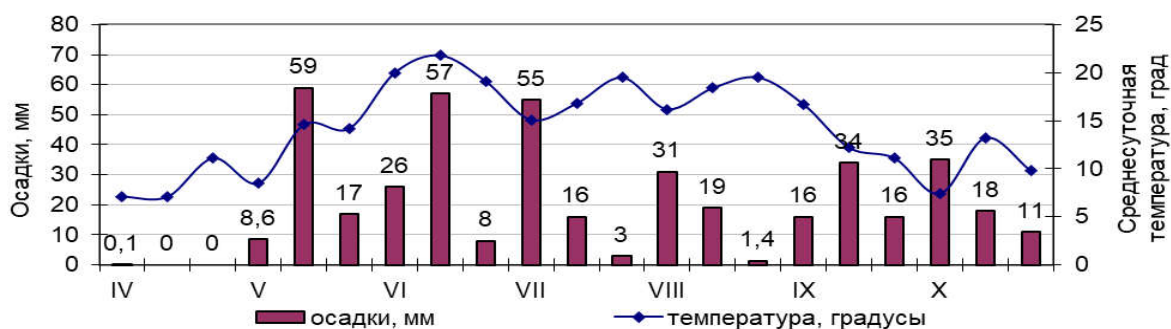
Интервал	Показатель	2019	2020	2021	2022
апрель-июнь	ГТК	1,46	2,07	1,01	1,3
	осадки, мм	176	234	182	164
апрель-октябрь	ГТК	1,38	1,41	1,48	1,2
	осадки, мм	442	481	489	359

на 55 мм. Для периода апрель-октябрь 2019, 2020, 2021 гг. оказались близки к среднемноголетней норме (486 мм), а 2022 г. выдался сухим (меньше нормы на 127 мм).

Значения ГТК выстраиваются в убывающий ряд: 2020 – 2019 – 2022 – 2021 гг. В 2021 г. наблюдались оптимальные гид-

ротермические условия; 2019 и 2022 гг. относятся к достаточно влажным, а 2020 г. – избыточно влажный (табл. 2).

Распределение осадков и температур с апреля по октябрь, динамики запасов продуктивной влаги (ЗПВ) и значения гидротермического коэффициента (ГТК) представлены на графиках (рис. 1 - 4).



**ГТК**

2019	0	0	0,1	2,61	1,82	1,12	2,43	0,63	1,67	0,3	0,66	5,04	1,14	2,61
------	---	---	-----	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	------

**Рисунок 1.** Погодные условия и запасы продуктивной влаги в почвах с разной глубиной ослеения в 2019 г.

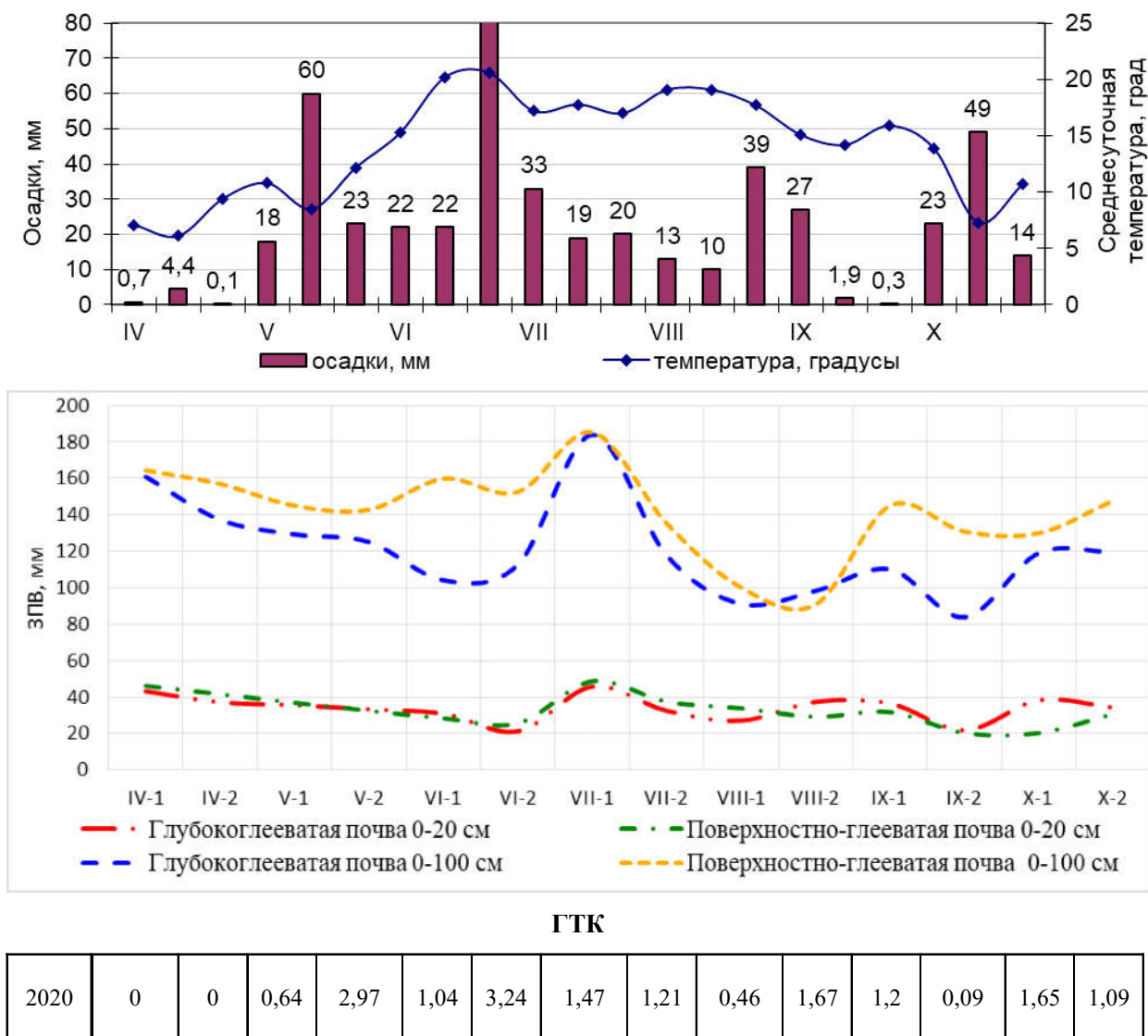
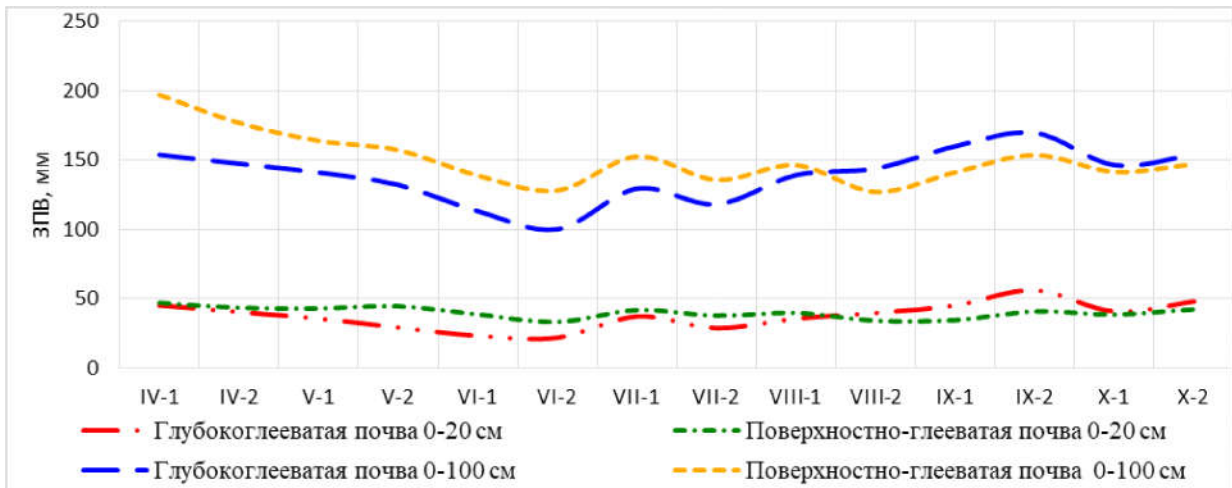
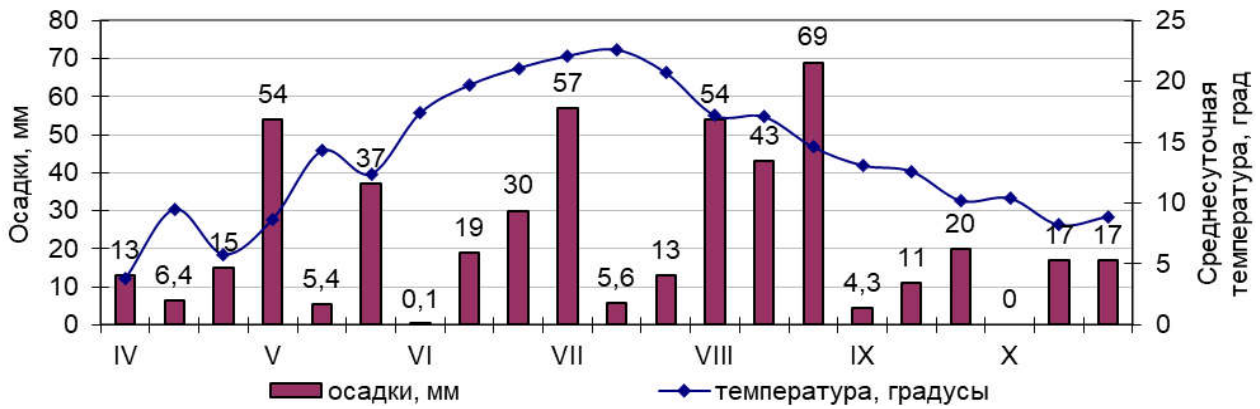


Рисунок 2. Погодные условия и запасы продуктивной влаги в почвах с разной глубиной оглеения в 2020 г.

Оптимальные запасы продуктивной влаги в метровом слое находятся в интервале от 100 до 200 мм. Избыточная влажность (более 250 мм), как и недостаточная (менее 60 мм), плохо влияет на рост и развитие растений. В слое 0-20 см ЗПВ меньше 20 мм являются критическими по шкале А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной и оцениваются как плохие [10, 11].

К началу возобновления вегетации трав в апреле ЗПВ были удовлетворительными и хорошими в слое 0–20 см на обеих площадках мониторинга, несмотря на отсутствие осадков (во все годы исследования). Далее наблюдался расход влагозапасов на формирование биомассы многолетних трав. Пик снижения ЗПВ

приходится на первую половину июня в 2019 году и вторую половину июня 2020, 2021 и 2022 года (первый укос многолетних трав). После этого из-за уменьшения транспирации растениями ЗПВ увеличивается в первой половине июля и постепенно снижается из-за расходования влаги многолетними травами (ГТК июля во все годы исследования относился к категории достаточно влажный). В октябре ЗПВ в глубокоглееватой и поверхностно-глееватой почвах достигли апрельских значений, их можно отнести к категории хороших. В слое 0-20 см наблюдается большая амплитуда колебаний запасов продуктивной влаги во все годы исследования. Показатели запасов продуктивной влаги опускались ниже отметки 20 мм



ГТК

2021	0	0,49	0	2,17	0,74	1,38	0,94	1,79	2,46	4,1	0,2	2,86	0,5	1,55
------	---	------	---	------	------	------	------	------	------	-----	-----	------	-----	------

Рисунок 3. Погодные условия и запасы продуктивной влаги в почвах с разной глубиной оглеения в 2021 г.

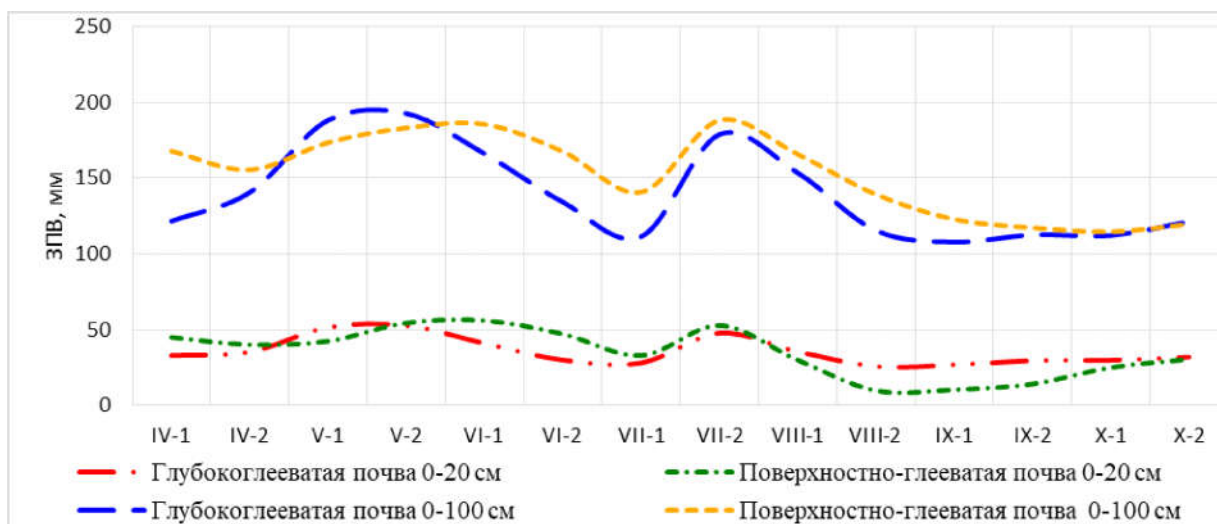
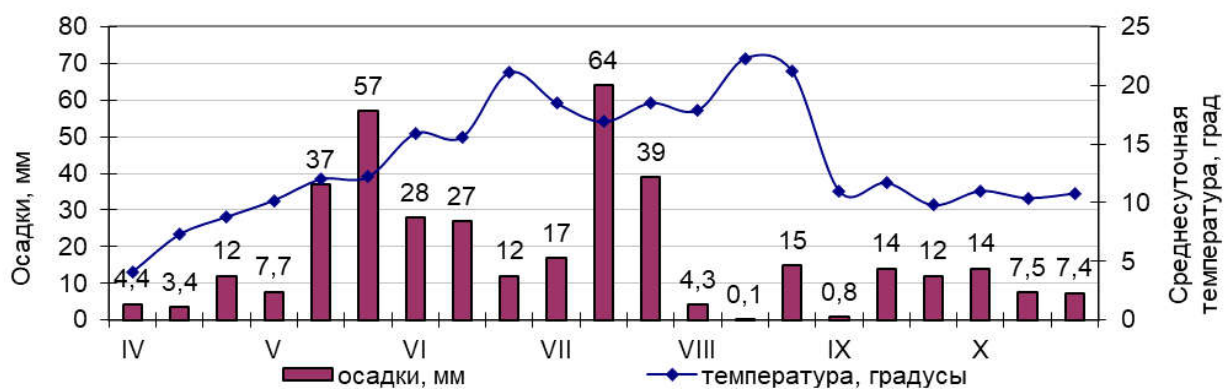
(очень плохие) в июне 2019 года (для глубокоглеевой и поверхностно-глеевой почвы) и в августе, сентябре 2022 года для поверхностно-глеевой почвы. Во всех случаях это было связано с длительным бездождевым периодом и высокими среднесуточными температурами.

В наибольшей степени колебаниям влажности в тяжелых почвах подвержен гумусовый горизонт. Выпадение осадков быстро повышает влажность гор. А1 в связи с низкими коэффициентами фильтрации. Выяснилось, что более контрастным водным режимом отличается поверхностно-глееватая почва с более мощным пластом тяжелых глин (150 см). Обладая более высокими ЗПВ весной, она подвергалась более интенсивному иссушению многолетними травами. В целом, динамика

ка распределения запасов продуктивной влаги в слое 0-20 см сходна в обеих почвах, независимо от степени оглеения, кроме 2021 года. Это подтверждается высокими значениями коэффициента корреляции Пирсона: в 2019 г. – 0,75; 2020 г. – 0,78; 2022 г. – 0,72.

В 2021 г. в поверхностно-глеевой почве наблюдались крайне низкие темпы расхода ЗПВ из гумусового горизонта с апреля по конец мая по сравнению с глубокоглеевой почвой. Причиной является максимальный за три года запас влаги, накопленный почвой за зимний период. Различия в динамике ЗПВ подтверждаются снижением показателя коэффициента корреляции Пирсона 0,5.

Аналогичную картину мы наблюдаем в слое 0 - 100 см (рис. 1-4). Значений за-



ГТК

2022	0,5	0	0,83	3,67	1,5	0,69	2,6	1,84	0,15	0,43	0,46	1,6	0,16	1,28
------	-----	---	------	------	-----	------	-----	------	------	------	------	-----	------	------

Рисунок 4. Погодные условия и запасы продуктивной влаги в почвах с разной глубиной оглеения в 2022 г.

паса продуктивной влаги менее критической величины 60 мм не наблюдается ни в один год исследований. Возобновление вегетации многолетних трав в апреле сопровождалось значениями ЗПВ, которые можно отнести к хорошим и удовлетворительным. Запасы продуктивной влаги в поверхностно-глееватой почве, в среднем, больше на 10-15%, по сравнению с глубокоглееватой. Дальше во все годы исследований наблюдалось снижение ЗПВ до первой половины июня, связанное с активной транспирацией и фотосинтезом растений. Затем динамика запасов продуктивной влаги зависела от погодных условий. Повышение количества осадков приводит к увеличению влагозапасов, особенно на фоне снижения среднесуточных температур [12]. Однако отклик между ГТК

и ЗПВ составил минимум неделю. В целом, запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см можно охарактеризовать как хорошие (большинство значений в интервале 130 - 160 мм).

При сравнении ЗПВ в двух почвах существенных различий нет. Получены те же корреляционные закономерности, что и для слоя 0 – 20 см. В толще глины в среднем по осадкам года влажность колеблется в ограниченных пределах. Таким образом, в тяжелых почвах наиболее деятельным гидрологическим горизонтом является гумусовый (0 – 20 см), обладающий комковато-глыбистой структурой. Именно в нем сосредоточено 90 % корневой системы трав.

От запасов продуктивной влаги зависит урожайность многолетних трав. Вла-

гозапасы в 2019 – 2021 гг. были достаточны для формирования урожая равного или превышающего среднеобластные значения (табл. 2). В 2022 г. урожайность трав была в два раза ниже вследствие

совокупного влияния природных и агроэкологических условий: 1) катастрофическое переувлажнение во второй половине мая, ГТК = 3,67; 2) отсутствие минеральных подкормок ранней весной (табл. 3).

**Таблица 3** – Биологическая урожайность многолетних трав (т/га) на дерново-подзолистых почвах с разной глубиной оглеения (воздушно-сухая фитомасса)

Год	Культура	Повышение. Глубокоглееватая почва	Плоский пониженный участок. Поверхностно-глееватая почва	Средне-областной показатель
2019	Многолетние травы	5,02±0,29	5,4±0,21	4,12
2020	Многолетние травы	4,6±0,24	5,1±0,33	3,38
2021	Многолетние травы	4,8±0,31	7,35±0,11	3,32
2022	Многолетние травы	2,5±0,27	2,3±0,13	4,56

Анализ урожайности первого укоса многолетних трав показывает, что существенных различий между двумя почвами с разной глубиной оглеения нет в 2019, 2020 и 2022 гг. Выражена только тенденция большей урожайности на поверхностно-глееватой почве.

Однако в 2021 г. различия были существенными. В поверхностно-глееватой почве с исходно более высоким ЗПВ в слое 0 – 20 см был получен урожай трав на 53% выше по сравнению с глубокоглееватой почвой. Этому способствовали оптимальные гидротермические условия за период апрель-июнь.

**Выводы.** 1. Запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистых осушенных почвах тяжелого гранулометрического состава на сенокосе являются достаточными для обеспечения высоких урожаев многолетних трав в годы с количеством осадков, близким к среднемноголетним значениям.

2. Выражена тенденция большего накопления запасов продуктивной влаги в поверхностно-глееватой почве к началу возобновления вегетации трав. Динамика расхода запасов продуктивной влаги зависит от гидротермических условий и особенностей роста трав.

3. Максимальной продуктивностью многолетних злаковых трав характеризуется поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая почва при условии оптимальных гидротермических условий (ГТК 1,01) за период апрель – июнь и запасов влаги на уровне 150 мм и выше в слое 0 – 100 см.

#### Список источников

1. Анциферова О.А. Почвы Калининградской области. Калининград : Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. 240 с.
2. Завалишин А.А., Надеждин Б.В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. Москва : Изд-во АН СССР, 1961. С. 5-130.
3. Анциферова О.А. Климатические изменения и экологические риски для земледелия Калининградской области // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий : мат-лы междунар. научно-практической конференции 24-25 мая 2018 г. Астрахань. Астрахань, 2018. С. 29-33.
4. Затиначий С.В., Панкова Т.А., Михеева О.В. К вопросу о применении SWAP-модели при исследовании динамики влагозапасов в условиях Саратовского Заволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2011. № 3. С. 28-31. EDN: NEJSNH
5. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв : учебник // 3-е изд. Москва : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2006. 460 с.



6. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В.В. Орленок. Калининград : Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.

7. Почвенная карта Калининградской области / сост. Е.Н. Руднева // Агроклиматический справочник по Калининградской области. Ленинград : Гидрометеорологическое изд-во, 1955.

8. Архив погоды в Черняховске. URL: [https://rp5.ru/Погода\\_в\\_Черняховске/](https://rp5.ru/Погода_в_Черняховске/) (дата обращения: 23.11.2022)

9. Шейн Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика почв. Москва : Изд-во МГУ, 2006. 400 с.

10. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почв. Москва : Агропромиздат, 1986. 416 с.

11. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. Москва : Колос, 1996. 367 с.

12. Денисов А.А., Моторин А.С. Влагодобеспеченность многолетних трав на песчаных грунтах в условиях лесотундровой зоны Крайнего Севера // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2021. №1 (62). С. 13-20. doi: 10.34655/bgsha.2021.62.1.002. EDN: OTPSQL

### References

1. Antsiferova O.A. Soils of the Kaliningrad region. Kaliningrad. 2010. 240 p. (In Russ.)

2. Zavalishin A.A., Nadezhdin B.V. Soil cover of the Kaliningrad region. *Soils of the Kaliningrad region*. Moscow. Publ. House of the USSR Academy of Sciences, 1961. Pp. 5–130 (In Russ.)

3. Antsiferova O.A. Climatic changes and environmental risks for agriculture of the Kaliningrad region. *Ecological problems of natural and urbanized territories*. Proc. of Int.

Sci. and Pract. Conf. May 24-25, 2018 Astrakhan. Astrakhan, 2018. Pp. 29-33 (In Russ.)

4. Zatinatsky S.V., Pankova T.A., Mikheeva O.V. On the applicability of SWAP-model for the study of dynamics of the watersupplies in Saratov Zavolzhye. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2011;3:28-31 (In Russ.)

5. Dobrovolsky G.V., Urusevskaya I.S. Geography of soils. Moscow: Publ. House of Lomonosov Moscow State University, 2006. 460 p. (In Russ.)

6. Geographical atlas of the Kaliningrad region. Ch. ed. V.V. Orlenok. Kaliningrad. Publ. house of KSU. 2002. 276 p. (In Russ.)

7. Soil map of the Kaliningrad region / Comp. E.N. Rudneva. *Agro-climatic handbook of the Kaliningrad region*. Leningrad. Hydrometeorological Publ. house, 1955 (In Russ.)

8. Weather archive in Chernyakhovsk. URL: [https://rp5.ru/Pogoda\\_v\\_chernyakhovsk/](https://rp5.ru/Pogoda_v_chernyakhovsk/) (accessed: 11/23/2022) (In Russ.)

9. Shein E.V., Goncharov V.M. Agrophysics of soils. Moscow. Publ. House of Moscow State University, 2006. 400 p. (In Russ.)

10. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods of research of physical properties of soils. Moscow. Agropromizdat, 1986. 416 p. (In Russ.)

11. Kiryushin V.I. Ecological foundations of agriculture. Moscow. Kolos, 1996. 367 p. (In Russ.)

12. Denisov A.A., Motorin A.S. Moisture provision of perennial grasses on sandy soils in the tundra forest belt of the far North. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021;1(62):13-20 (In Russ.)

### Информация об авторах

**Дарья Николаевна Сафонова** – аспирант;

**Ольга Алексеевна Анциферова** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

### Information about the authors

**Daria N. Safonova** – graduate student;

**Olga A. Anciferova** – Doctor of Sciences (Agriculture), Associate professor.

Статья поступила в редакцию 21.11. 2022; одобрена после рецензирования 01.12.2022; принята к публикации 02.12. 2022.

The article was submitted 21.11.2022; approved after reviewing 01.12.2022; accepted for publication 02.12.2022.