

ДК 551.579; 556.18

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-1-67-76

Агрометеорологическое обоснование систем двухстороннего регулирования на пolderных землях Калининградской области

Спирин Ю.А.

Институт географии РАН,
Россия, 117312, г. Москва, ул. Вавилова, 37
E-mail: spirin.yuriy@rambler.ru

Аннотация. На территории Калининградской области, являющейся полуэксклавом Российской Федерации, остро стоит вопрос о ее продовольственной безопасности и ресурсном самообеспечении. Одним из наиболее традиционных и стабильных решений, способных устранить эту проблему, является развитие сельскохозяйственного комплекса на территории региона. Важным аспектом его развития можно считать отлаженную работу гидромелиоративной сети. Последние 10 лет по мере финансовых возможностей ведутся работы по реконструкции и капитальному ремонту пolderных осушительных систем, действующих на территории региона, но тем не менее остается еще много нерешенных задач в этом направлении. Одной из таких может выступить преобразование осушительных систем в осушительно-увлажнительные. Этому способствует много причин, одна из которых – это временами недостаточная влагообеспеченность во время вегетационного периода сельскохозяйственной растительности. Цель работы: обосновать необходимость систем двухстороннего регулирования на пolderных землях Калининградской области путем проведения ряда агрометеорологических расчетов с целью оценки интенсивности засушливости пolderных земель, а также выявить ее вероятностное распределение. Произведена оценка увлажненности пolderных земель путем расчета гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова в период с 1960 по 2022 г. на основе данных метеостанции г. Советска. Проанализированы данные по количеству выпавших осадков: число лет с отклонениями ниже нормы и наибольшие периоды, в которых сумма осадков не превышала 5 мм за каждый год. Результаты исследования подтвердили наличие засушливых периодов во время вегетации сельскохозяйственной растительности, а также выявлена потенциальная вероятность их возникновения.

Ключевые слова: гидротермический коэффициент увлажнения, засушливые периоды, системы двухстороннего регулирования, осушительно-увлажнительная сеть, пolderные земли, продовольственная безопасность

Для цитирования: Спирин Ю.А. 2024. Агрометеорологическое обоснование систем двухстороннего регулирования на пolderных землях Калининградской области. Региональные геосистемы, 48(1): 67–76. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-67-76

Agrometeorological Substantiation of Two-Way Regulation Systems on Polder Lands of the Kaliningrad Region

Yuri A. Spirin

Institute of Geography, Russian Academy of Science,
37 Vavilova St, Moscow 117312, Russia
E-mail: spirin.yuriy@rambler.ru

Abstract. On the territory of the Kaliningrad region, which is a semi-exclave of the Russian Federation, the issue of its food security and resource self-sufficiency is acute. One of the most traditional and stable solutions that can solve this problem is the development of the agricultural complex in the region. An important aspect of its development is the smooth operation of the drainage network. Over the past 10 years, as financial



resources allow, work has been carried out on the reconstruction and overhaul of polder drainage systems operating in the region, but nevertheless there are still many unsolved problems in this direction. One of these could be the transformation of drainage systems into drying-humidifying ones. There are many reasons for this, one of which is insufficient moisture supply during the growing season of agricultural vegetation. The purpose of the work is to carry out a series of agrometeorological calculations regarding the intensity of aridity, its probabilistic distribution, and also to analyze the results obtained. An assessment was made of the moisture content of polder lands using the means of calculating the Selyaninov hydrothermal moisture coefficient in the period from 1960 to 2022 based on data from the Sovetsk weather station. The data on the amount of precipitation were analyzed: the number of years with deviations below normal and the longest periods in which the amount of precipitation did not exceed 5 mm for each year. The results of the study confirmed the presence of dry periods during the growing season of agricultural vegetation.

Key words: hydrothermal moisture coefficient, dry periods, two-way regulation systems, drying-humidifying network, polder lands; food security

For citation: Spirin Yu.A. 2024. Agrometeorological Substantiation of Two-Way Regulation Systems on Polder Lands of the Kaliningrad Region. *Regional Geosystems*, 48(1): 67–76 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-67-76

Введение

Сельское хозяйство играет важную роль в экономике Калининградской области, в частности обеспечивает продовольственную безопасность территории и содействует ее устойчивому экономическому развитию. Этот фактор является краеугольным камнем в вопросе комфортной жизнедеятельности и защите населения из-за географического положения территории (отсутствие сухопутной границы с основной частью РФ) в совокупности с обостренной геополитической ситуацией в мире, складывающейся в последние годы [Рослая, Черкашина, 2019; Волошенко и др., 2022; Федоров и др., 2023]. К сожалению, такой важный вид деятельности затруднен климатическими и ландшафтными особенностями региона.

Калининградская область относится к зоне избыточного увлажнения. По данным метеорологических наблюдений, проведенных за последние 60 лет, сумма осадков в год составляет 815 мм¹. Этот фактор определяет наличие на территории области хорошо развитой речной сети, которая отличается большой густотой, в 10 раз превышающую средневропейскую. Безусловно, густая речная сеть – природное богатство региона, но этот факт сильно усложняет использование сельскохозяйственных территорий. При этом стоит учитывать, что большое количество плодородных земель расположено на польдерных массивах. Польдеры здесь занимают порядка 100 тыс. га (70 % от всех польдерных земель РФ). Самый крупный польдерный массив площадью порядка 68 тыс. га расположился на Нижненеманской низменности в границах МО «Славский городской округ» (далее Славский район).

В совокупности две эти особенности послужили толчком к формированию широкой осушительной гидромелиоративной сети в Калининградской области, которая покрывает 1047,8 тыс. га (из них земли сельхозпроизводителей 594,5 тыс. га) и, в частности, все польдеры [Спирин, Пунтусов, 2018.]. Целью создания подобных систем служит поддержание оптимального уровня влажности почв и борьба с затоплениями земель, что способствует рациональному ведению сельскохозяйственной деятельности. Несмотря на важное значение гидромелиоративного комплекса в вопросах ведения сельского хозяйства региона, он находится не в самом лучшем техническом состоянии. В последние годы ведутся активные работы по реконструкции и ремонту осушительной сети, но тем не менее остается еще много нерешенных задач в этом направлении [Спирин, Пунтусов, 2021].

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Электронный ресурс. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 1 ноября 2023).

Одной из таких задач может выступить преобразование польдерных осушительных систем в осушительно-увлажнительные. Этому способствует много причин, одна из которых – это временами недостаточная влагообеспеченность во время вегетационного периода сельскохозяйственной растительности [Брыль, 2015; Галкин, 2021]. На сегодняшний день аграрии фиксируют периоды засухливости внутри года, но современная численная оценка данного явления отсутствует, да и в целом обозначенная климатическая особенность зачастую уходит на второй план в сравнении с избытком увлажнения. В свою очередь, данная проблема влечет за собой финансовые убытки в стратегической для региона сфере, не такие высокие, как подтопления земель, но вполне существенные, чтобы на это начать обращать внимание. Современные климатические тенденции не обошли Калининградскую область стороной [Газина, Клименко, 2008; Бондаренко и др., 2018; Двоеглазова, 2019], поэтому в перспективе ситуация будет ухудшаться. Все вышесказанное формирует следующую цель работы: обосновать необходимость систем двухстороннего регулирования на польдерных землях Калининградской области путем проведения ряда агрометеорологических расчетов с целью оценки интенсивности засухливости польдерных земель, а также выявить ее вероятностное распределение.

Объекты и методы исследования

Полигоном для исследования станет самый крупный польдерный массив, расположенный на территории Славского района, результаты, полученные по нему, можно будет экстраполировать на другие польдеры региона из-за их географической близости и идентичной природной структуры [Спирин, Зотов, 2023]. Источником метеорологических данных для расчета стала гидрометеорологическая станция в городе Советске, которая находится в непосредственной близости к рассматриваемому объекту исследования. Доступная выборка необходимых расчетных характеристик в открытых источниках затрагивает период с 1959 по 2022 г. (1959 год не в полном объеме, поэтому будет фигурировать не во всех расчетах). Выборка может считаться репрезентативной, так как в ней учитывается оперативная и историческая климатические нормы, и может в полной мере дать картину современного состояния рассматриваемого вопроса.

В качестве характеристики уровня влагообеспеченности региона будет использован гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) [Ерошенко и др., 2020; Панфилова и др., 2023], его градации представлены в табл. 1 [Зоидзе и др., 2012; Переведенцев и др., 2012; Галимова и др., 2019]. Он будет рассчитан в период активной вегетации сельскохозяйственной растительности, в частности с мая по июль включительно, которые сформируют сезон. Дата устойчивого перехода температуры через границу $> 10^{\circ}\text{C}$ наблюдается в мае, а в августе вся растительность уже сформирована.

Таблица 1
Table 1

Градации гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова
Gradation of hydrothermal humidification coefficient G.T. Selyaninova

Значение ГТК	Влагообеспеченность (степень засухливости)
$> 2,00$	Переувлажненная
2,00–1,51	Избыточная
1,50–1,41	Повышенная
1,40–1,11	Достаточная (оптимальная)
1,10–0,76	недостаточная
0,75–0,61	Низкая (слабая засуха)
0,60–0,41	Очень низкая (средняя засуха)
0,40–0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)
$< 0,20$	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)

Помимо ГТК будут проанализированы осадки: число лет с отклонениями ниже нормы и наибольшие периоды, в которых сумма осадков не превышала 5 мм за каждый год [Скворцов и др., 2017; Гольдварг и др., 2019; Ионова и др., 2019].

Результаты и их обсуждение

Рассчитаем ГТК для мая, июня, июля и их совокупности (сезона) в период с 1960 по 2022 г., результат расчета представлены на рис. 1. Далее вычислим базовые статистические характеристики полученного ряда ГТК и запишем их в табл. 2.

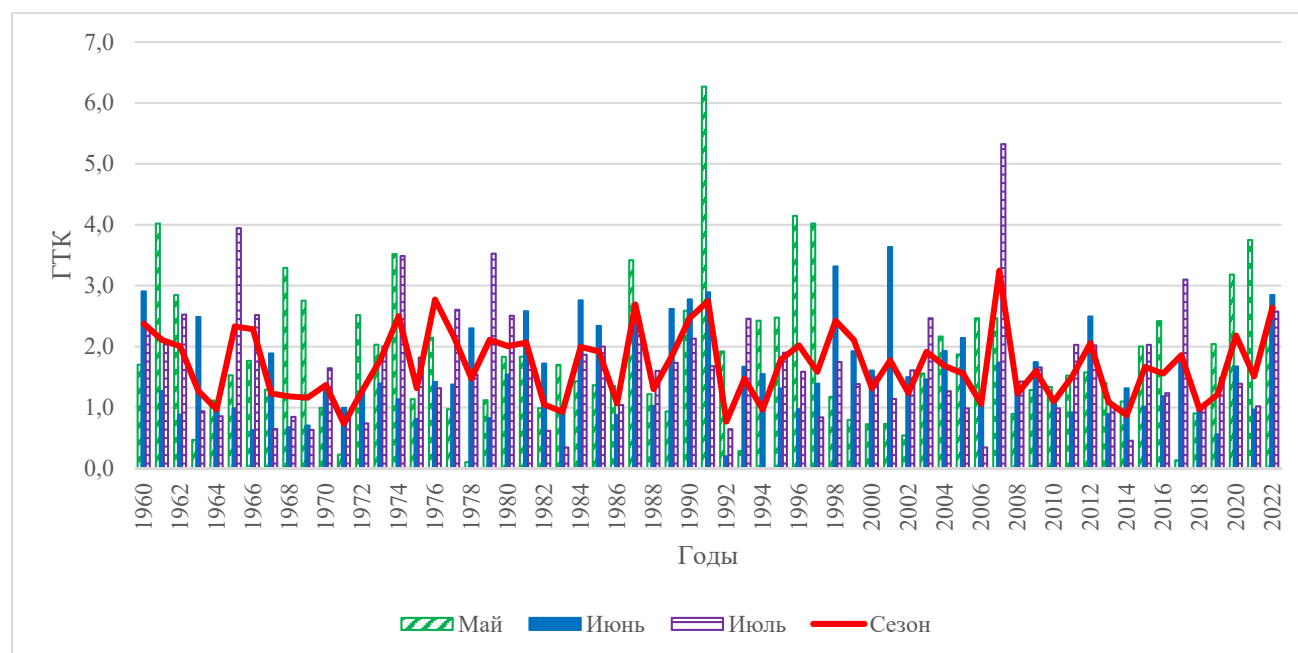


Рис. 1. Многолетний ход ГТК Селянинова (май – июль) в период с 1960 по 2022 г. на основе данных метеостанции г. Советска

Fig. 1. Long-term progress of the Selyaninov State Customs Committee (May – July) in the period from 1960 to 2022 based on data from the Sovetsk weather station

Таблица 2
Table 2

Базовые статистические характеристики полученного ряда ГТК в период с 1960 по 2022 г.
Basic statistical characteristics of the obtained series of HTC in the period from 1960 to 2022

Период	Май	Июнь	Июль	Сезон
Среднее значение	1,84	1,58	1,67	1,69
Максимальное значение	6,27	3,64	5,32	3,25
Минимальное значение	0,10	0,20	0,01	0,74
Среднее квадратическое отклонение	1,14	0,75	0,94	0,57
Коэффициент вариации	0,62	0,48	0,56	0,34

В результате расчета получены следующие средние многолетние значения ГТК: май – 1,84 (избыточная влагообеспеченность); июнь – 1,58 (избыточная влагообеспеченность); июль – 1,67 (избыточная влагообеспеченность); сезон 1,69 – (избыточная влагообеспеченность). Наблюдаются высокие средние квадратические отклонения и коэффициенты вариации по отдельным месяцам, что говорит о большом разбросе относительно среднего. Для более детального анализа ситуации с засушливостью рассмотрим распределение ГТК (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Повторяемость ГТК Селянинова (май – июль) в период с 1960 по 2022 г.
на основе данных метеостанции г. Советска
Frequency of the Selyaninov State Customs Committee (May–July)
in the period from 1960 to 2022 based on data from the Sovetsk weather station

ГТК	> 2,00	2,00 – 1,51	1,50 – 1,41	1,40 – 1,11	1,10 – 0,76	0,75 – 0,61	0,60 – 0,41	0,40 – 0,21	< 0,20
Май									
Количество лет	24	11	2	10	8	2	2	2	3
Повторяемость, %	38,10	17,46	3,17	15,87	12,70	3,17	3,17	3,17	4,76
Июнь									
Количество лет	15	12	3	12	16	3	1	2	0
Повторяемость, %	23,81	19,05	4,76	19,05	25,40	4,76	1,59	3,17	0,00
Июль									
Количество лет	20	14	3	6	11	5	1	2	2
Повторяемость, %	31,75	22,22	4,76	9,52	17,46	7,94	1,59	3,17	3,17
Сезон									
Количество лет	21	16	2	13	10	1	1	0	0
Повторяемость, %	33,33	25,40	3,17	20,63	15,87	1,59	1,59	0,00	0,00

По данным табл. 3 можно сделать выводы, что недостаточная влагообеспеченность и ниже будет иметь следующую повторяемость: май – 26,97 %; июнь – 34,92 %; июль – 33,33 %; сезон – 19,05 %. Другими словами, в течение десяти лет два сезона могут оказаться с недостаточной влагообеспеченностью и ниже, а в каждом третьем году, один из месяцев в сезоне может оказаться засушливым. Засуха имеет уже не такую частую повторяемость: май – 14,27 %; июнь – 9,52 %; июль – 15,87 %; сезон – 3,17 %.

Рассмотрим количество осадков, выпавших в период с 1960 по 2022 г. (май – июль) (рис. 2) и число лет с отклонениями ниже нормы (табл. 4).

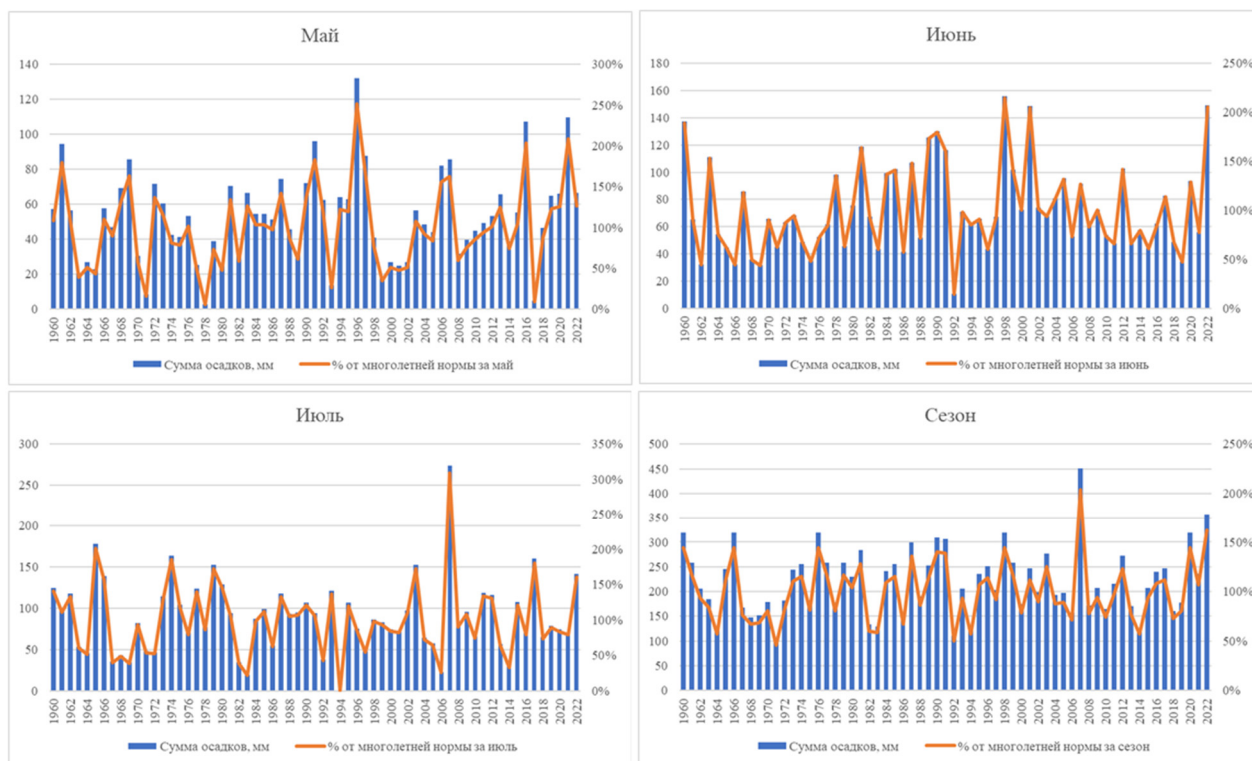


Рис. 2. Количество осадков по данным метеостанции г. Советска в период с 1960 по 2022 г.
Fig. 2. Amount of precipitation according to the Sovetsk weather station in the period from 1960 to 2022



Таблица 4
Table 4

Количество осадков ниже 80 % от многолетней нормы и их процентное распределение по данным метеостанции г. Советска в период с 1960 по 2022 г.
The amount of precipitation is below 80 % of the long-term norm and its percentage distribution according to the Sovetsk weather station in the period from 1960 to 2022

% от многолетней нормы	80,0 – 60,1	60,0 – 40,1	40,0 – 20,1	20,0 – 0,0	Всего < 80
Май					
Количество лет	6	10	3	3	22 из 63
Повторяемость, %	9,52	15,87	4,76	4,76	34,92 из 100
Июнь					
Количество лет	16	8	0	1	25 из 63
Повторяемость, %	25,40	12,70	0,00	1,59	39,68 из 100
Июль					
Количество лет	10	6	6	1	23 из 63
Повторяемость, %	15,87	9,52	9,52	1,59	36,51 из 100
Сезон					
Количество лет	10	6	0	0	16 из 63
Повторяемость, %	15,87	9,52	0,00	0,00	25,40 из 100

Как видно из таблицы 4 складывается следующая повторяемость осадков ниже 80 % от нормы: май – 34,92 %; июнь – 39,68 %; июль – 36,51 %; сезон – 25,40 %. Такую динамику осадков можно считать причиной сложившейся ситуации с ГТК, а точнее с его разбросом. Не меньший интерес представляют самые продолжительные периоды, в которых сумма осадков не превышала 5 мм (рис. 3) и их процентное распределение (табл. 5).

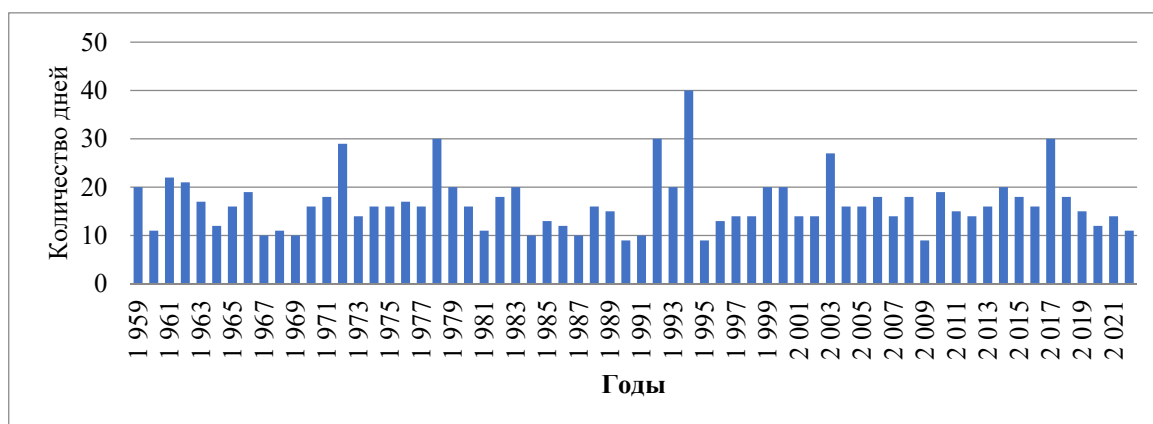


Рис. 3. Самые продолжительные периоды, в которых сумма осадков не превышала 5 мм (за сезон) по данным метеостанции г. Советска с 1959 по 2022 г.

Fig. 3. The longest periods in which the amount of precipitation did not exceed 5 mm (per season) according to the Sovetsk weather station from 1959 to 2022

Таблица 5
Table 5

Процентное распределение самых продолжительных периодов, в которых сумма осадков не превышала 5 мм (за сезон) по данным метеостанции г. Советска с 1959 по 2022 г.
Percentage distribution of the longest periods in which the amount of precipitation did not exceed 5 mm (per season) according to the Sovetsk weather station from 1959 to 2022

Самые продолжительные периоды, в которых сумма осадков не превышала 5 мм (дней)	От 0 до 10	От 11 до 20	От 21 до 30	От 31 до 40
Количество сезонов	8	48	7	1
Повторяемость, %	12,5	75,0	10,9	1,6

Как следует из табл. 5 с вероятностью около 12,5 % в сезоне может фиксироваться затяжное отсутствие осадков более 21 дня. Как показывает опыт местных аграриев, это может стать весомой проблемой во время периода вегетации. Бывали случаи, когда отсутствие осадков даже приводило к ЧП и серьезным потерям урожая.

Уровень и частота засушливости на первый взгляд могут показаться не такими серьезными, но если взять во внимание работающую на осушение мелиоративную систему, которую нельзя включать и отключать по щелчку пальцев, то ситуация приобретает более неблагоприятный характер. Сложно сказать, какие реальные значения дефицита увлажнения будут фиксироваться на сельскохозяйственных территориях с учетом данного фактора, но определенно можно утверждать, что ситуация обстоит хуже, чем показывают расчеты в представленной статье.

Любые меры, направленные на оптимизацию работы осушительной сети с целью предотвращения переосушения при ее сегодняшнем техническом состоянии, обречены на провал. Такие действия почти во всех случаях приведут к затоплению земель. Предположим, получилось спрогнозировать период засухи и к ее началу постепенно уменьшить интенсивность осушения путем отключения насосного оборудования, но проблема в том, что, когда засушливость сменится периодом переувлажнения, многие насосы могут не запуститься из-за их износа, что приведет к затоплению сельскохозяйственных земель и к серьезному ущербу сельскохозяйственной растительности. Но точное прогнозирование интервала, в котором будет дефицит увлажнения, – весьма сложная задача, и зачастую при таком способе регулирования уровня грунтовых вод отключение оборудования будет происходить ошибочно, а в те редкие случаи, когда оно будет отключаться вовремя, вероятность успешного запуска всего комплекса насосных станций низкая. Не стоит забывать, что даже при выключенных насосных станциях часть грунтовых вод будет уходить самоотеком по дренажной системе, тем самым уменьшая влажность почвы. Один из немногих адекватных методов регулирования влажности – это система двухстороннего регулирования. В условиях хорошего технического состояния всей сети, это будет мощным инструментом в рациональном ведении сельского хозяйства.

Заключение

Проведенные расчеты показали следующие средние многолетние значения ГТК: май – 1,84 (избыточная влагообеспеченность); июнь – 1,58 (избыточная влагообеспеченность); июль – 1,67 (избыточная влагообеспеченность); сезон 1,69 – (избыточная влагообеспеченность). Несмотря на высокую влагообеспеченность региона, внутри года в 1 из 3 месяцев будет фиксироваться дефицит влаги, а в 2 из 10 годов сезон в целом можно охарактеризовать как недостаточно увлажненный. Современные климатические тенденции могут повлечь за собой ухудшение сложившейся ситуации.

Осадки ниже 80 % от нормы имеют следующую повторяемость: май – 34,92 %; июнь – 39,68 %; июль – 36,51 %; сезон – 25,40 %. С вероятностью 12,5 % в сезоне будет фиксироваться затяжное отсутствие осадков более 21 дня, что пагубно влияет на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур.

Несмотря на то, что случаи засушливости относительно редки, картина в реальности обстоит куда более пессимистично из-за осушительной мелиоративной сети, работающей в период вегетации сельскохозяйственной растительности. Избыточное увлажнение в совокупности с засушливыми периодами еще раз подтверждает, что Калининградская область – это зона рискованного земледелия. Геополитическая ситуация в мире подразумевает, что для региона нужно организовать необходимое материально-техническое обеспечение с целью формирования осушительно-увлажнительной сети. Без этих стратегических шагов область всегда будет иметь риски в краткосрочный, а порой и в долгосрочный период вступить в фазу отсутствия продовольственного самообеспечения.

Список литературы

- Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А.В., Сухарева К.В. 2018. Глобальное изменение климата и его последствия. Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, 2(98): 84–93.
- Брыль С.В. 2015. Адаптация сельского хозяйства к глобальному изменению климата. Природообустройство, 5: 83–87.
- Волошенко К.Ю., Морачевская К.А., Новикова А.А., Лыжина Е.А., Калиновский Л.В. 2022. Трансформация продовольственной самообеспеченности Калининградской области в условиях внешних вызовов. Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, 67(3): 409–430. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.302>.
- Газина Е.А., Клименко В.В. 2008. Изменения климата Восточной Европы за последние 250 лет по инструментальным данным. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 3: 60–66.
- Галимова Р.Г., Переведенцев Ю.П., Яманаев Г.А. 2019. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан. Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 3: 29–39.
- Галкин Д.Г. 2021. Направления адаптации сельского хозяйства к последствиям глобальных климатических изменений. Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, 18(2(116)): 13–20. <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-2-13-20>.
- Гольдварг Б.А., Боктаев М.В., Филиппов Е.Г., Донцова А.А. 2019. Влияние количества осадков в период вегетации на урожайность районированных сортов ярового ячменя в засушливой центральной зоне республики Калмыкия. Зерновое хозяйство России, 5(65): 14–17. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17>.
- Двоглазова Н.В. 2019. Современное состояние климатической системы Калининградской области на фоне глобального потепления. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки, 1: 35–45.
- Ерошенко Л.М., Дедушев И.А., Ромахин М.М., Ерошенко А.Н., Ерошенко Н.А., Ромахина В.В. 2020. Влияние гидротермического коэффициента на крупяные качества сортов ячменя в условиях Нечерноземной зоны. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2(184): 26–32.
- Зоидзе Е.К., Задорнова Т.И., Хомякова Т.В. 2012. Опыт агроклиматического и оперативного мониторинга засушливых явлений в России по наземным данным. Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, 565: 152–164.
- Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. 2019. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы). Зерновое хозяйство России, 6(66): 18–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>.
- Панфилова О.Н., Чугунова Е.В., Дерунова С.Н. 2023. Зависимость урожая зерна кукурузы и уборочной влажности от ГТК в условиях Волгоградской области. Аграрный научный журнал, 1: 34–40. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp34-40>.
- Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. 2012. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 2: 120–126.
- Рослая В.Н., Черкашина О.В. 2019. Угрозы продовольственной безопасности Калининградской области. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 6: 30–32.
- Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Газе В.Л., Анисимова Н.Н. 2017. Влияние водного стресса на посевные качества семян озимой пшеницы. Зерновое хозяйство России, 6(54): 52–55.
- Спирин Ю.А., Зотов С.И. 2023. Водотоки польдеров: методы исследований и геоэкологическая оценка. М., Научно-издательский центр Инфра-М, 217 с. <https://doi.org/10.12737/1903343>.
- Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. 2018. Особенности формирования уровня грунтовых вод на полдере насосной станции № 20а в Славском районе Калининградской области. Мелиорация и водное хозяйство, 2: 27–30.
- Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. 2021. Тенденции и перспективы развития гидромелиоративного комплекса Славского района Калининградской области. Овощи России, 2: 86–92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-86-92>.

Федоров Г.М., Волошенко К.Ю., Жданов В.П. 2023. Стратегия развития и экономическая безопасность Калининградской области. Калининград, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 72 с.

References

- Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V., Sukhareva K.V. 2018. Global Climate Change and Its After-Effects. *Bulletin of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanova*, 2(98): 84–93 (in Russian).
- Bryl S.V. 2015. Adaptation of Agriculture to Global Climate Change. *Environmental Engineering*, 5: 83–87 (in Russian).
- Voloshenko K.Yu., Morachevskaya K.A., Novikova A.A., Lyzhina E.A., Kalinovskiy L.V. 2022. Transformation of Food Self-Sufficiency of Kaliningrad Oblast in the Face of External Challenges. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 67(3): 409–430 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.302>.
- Gazina E.A., Klimenko V.V. 2008. Climate Changes in East Europe During the Last 250 Years According to the Instrumentally Obtained Data. *Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*, 3: 60–66 (in Russian).
- Galimova R.G., Perevedentsev Yu.P., Yamanaev G.A. 2019. Agro-Climatic Resources of the Republic of Bashkortostan. *VSU Bulletin. Series: Geography. Geoecology*, 3: 29–39 (in Russian).
- Galkin D.G. 2021. Agriculture Adaptation to Consequences of Global Climate Changes. *Bulletin of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanova*, 18(2(116)): 13–20 (in Russian). <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2021-2-13-20>.
- Goldvarg B.A., Boktaev M.V., Filippov E.G., Dontsova A.A. 2019. The Effect of Precipitations in a Vegetation Period on Productivity of the Zoned Spring Barley Varieties in the Arid Central Zone of the Republic of Kalmykia. *Grain Economy of Russia*, 5(65): 14–17 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-14-17>.
- Dvoeglazova N.V. 2019. The Current State of the Climate System of the Kaliningrad Region and Global Warming. *Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant. Series: Natural and Medical Sciences*, 1: 35–45 (in Russian).
- Eroshenko L.M., Dedushev I.A., Romakhin M.M., Yeroshenko A.N., Yeroshenko N.A., Romakhina V.V. 2020. The Influence of the Hydrothermal Coefficient on Groats Qualities of Barley Varieties Under the Conditions of the Non-Chernozem Zone. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2(184): 26–32 (in Russian).
- Zoidze E.K., Zadornova T.I., Khomyakova T.V. 2012. Practice Agroclimatic and Operational Monitoring Drought Events in Russia on Ground Data. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after. A. I. Voeykova*, 565: 152–164 (in Russian).
- Ionova E.V., Likhovidova V.A., Lobunskaya I.A. 2019. Drought and Hydrothermal Humidity Factor as One of the Criteria to Estimate Its Intensity Degree (Literature Review). *Grain Economy of Russia*, 6(66): 18–22 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>.
- Panfilova O.N., Chugunova E.V., Derunova S.N. 2023. Dependence of the Corn Grain Yield and Harvesting Humidity on the SCC in the Conditions of the North-West of the Volgograd Region. *The Agricultural Scientific Journal*, 1: 34–40 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp34-40>.
- Perevedentsev Yu.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A. 2012. Agroclimatic Resources of the Ulyanovsk Region and Their Impact on the Yield of Crops. *Bulletin of Udmurt University. Biology series. Geosciences*, 2: 120–126 (in Russian).
- Roslava V.N., Cherkashina O.V. 2019. Ugrozy prodovolstvennoy bezopasnosti Kaliningradskoy oblasti [Threats to Food Security in the Kaliningrad Region]. *Aktualnyye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 6: 30–32.
- Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I., Gaze V.L., Anisimova N.N. 2017. The Effect of Water Stress on Quality and Productivity of Winter Wheat Seeds. *Grain Economy of Russia*, 6(54): 52–55 (in Russian).
- Spirin Yu.A., Zotov S.I. 2023. Polder Watercourses: Research Methods and Geoecological Assessment. Moscow, Publ. LLC “Scientific Publishing Center Infra-M”, 217 p. (in Russian). <https://doi.org/10.12737/1903343>.



- Spirin Yu.A., Puntusov V.G. 2018. Peculiarities of Forming the Levels Regime of Groundwaters on Polder of Pumping Station № 20a in Slavsk District of Kaliningrad Region. Reclamation and Water Management, 2: 27–30 (in Russian).
- Spirin Yu.A., Puntusov V.G. 2021. Trends and Prospects for the Development of the Irrigation and Drainage Complex of the Slavsky District of the Kaliningrad Region. Vegetable crops of Russia, 2: 86–92 (in Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-86-92>.
- Fedorov G.M., Voloshenko K.Yu., Zhdanov V.P. 2023. Strategiya razvitiya i ekonomicheskaya bezopasnost Kaliningradskoy oblasti [Development Strategy and Economic Security of the Kaliningrad Region]. Kaliningrad, Publ. Immanuel Kant Baltic Federal University, 72 p.

Поступила в редакцию 24.11.2023;

поступила после рецензирования 29.12.2023;

принята к публикации 25.01.2024

Received November 24, 2023;

Revised December 29, 2023;

Accepted January 25, 2024

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Спирин Юрий Александрович, научный сотрудник лаборатории гидрологии, Институт географии РАН, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Yuri A. Spirin, Researcher, Laboratory of Hydrology, Institute of Geography, Russian Academy of Science, Moscow, Russia