

Гидравлика и инженерная гидрология

Оригинальная статья

УДК 551.584.7

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-72-78

**ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ
ВЫПАДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ОТДЕЛЬНО ВЗЯТОМ ПОЛЕ****Дронова Елена Александровна**¹✉, канд. геогр. наук, доцент;

SPIN-код: 8143-5185, AuthorID: 919602; helena_dronova@mail.ru

Белолобцев Александр Иванович¹, д-р с.-х. наук, профессор;

SPIN-код: 5990-7220, AuthorID: 272616; belolyubcev@mail.ru

Шабанов Виталий Владимирович¹✉, д-р техн. наук, профессор;

SPIN-код: 5506-8347; AuthorID: 195937; ORCID: 0000-0001-9798-519X; problem-lab@rgau-msha.ru; 515vvsh@gmail.com

Стрижников Олег Александрович², аспирант;

SPIN-код: 6250-5731, AuthorID: 1071520; oleg.strijnikov@yandex.ru

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия²Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Цель исследований – определить микроклиматическую неоднородность распределения атмосферных осадков на отдельно взятом поле в период активной вегетации сельскохозяйственных культур. Эксперименты проводились на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Приведена оценка качественного влияния местных условий, формирующих микроклимат, на распределение осадков по полю. Исследованиями установлено неравномерное увлажнение агроландшафта атмосферными осадками в период активной вегетации в условиях ограниченной территории землепользования. Наибольшее влияние оказали конфигурация окружающей застройки, наличие лесополос и особенности подстилающей поверхности. Отмечается, что важная роль в процессе накопления продуктивной влаги принадлежит водно-физическим свойствам почвы – в частности, ее способности поглощать и удерживать влагу. Для решения задач точной мелиорации в системах точного земледелия и создания цифровой модели отдельно взятого поля учет микроклиматических особенностей распределения ресурсов влаги в агрофитоценозах является крайне важным. Фоновые стандартные значения данных стационарной метеорологической площадки отражают в полной мере динамику изменчивости метеоэлементов на отдельных сельскохозяйственных полях под влиянием местных условий. Поэтому изучение и адекватное применение знаний о микроклиматических особенностях агроландшафтов в целом, и для отдельно взятого поля (участка) особенно, имеет большое практическое значение в производстве сельскохозяйственной продукции. Научно обоснованное размещение сельскохозяйственных культур, выбор участка, уточнение сроков и способов сева, сроков и способов обработки почвы и поливов – лишь часть важной роли учета микроклимата. Кроме того, полевые культуры в процессе вегетации меняют требования к микроклиматическим параметрам. Это необходимо учитывать при оценке процессов роста и развития растений, а также при планировании различных агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: микроклимат, фитоклимат, микрорельеф, осадки, полевые дождемеры, точная мелиорация

Формат цитирования: Дронова Е.А., Белолобцев А.И., Шабанов В.В., Стрижников О.А. Исследования микроклиматической неоднородности выпадения атмосферных осадков на отдельно взятом поле // Природообустройство. 2023. № 4. С. 72-78. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-72-78.

© Дронова Е.А., Белолобцев А.И., Шабанов В.В., Стрижников О.А., 2023

Original article

STUDIES OF MICROCLIMATIC HETEROGENEITY OF PRECIPITATION IN A SINGLE FIELD

Dronova Elena Aleksandrovna^{1✉}, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of meteorology and climatology, SPIN-code: 8143-5185, AuthorID: 919602; helena_dronova@mail.ru

Belolyubtsev Alexander Ivanovich¹, doctor of agricultural sciences, head of the department of meteorology and climatology, SPIN-code: 5990-7220, AuthorID: 272616; belolyubcev@mail.ru

Shabanov Vitaly Vladimirovich^{1✉}, doctor of technical sciences, professor of the department of land reclamation and reclamation, SPIN-code: 5506-8347; AuthorID: 195937; ORCID: 0000-0001-9798-519X; vvsh@rgau-msha.ru; 515vvsh@gmail.com.

Strizhnikov Oleg Aleksandrovich¹ post graduate student of the department of land reclamation and reclamation, SPIN-code: 6250-5731, AuthorID: 1071520

¹Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49, Russia

²All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov; 127434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg. 2, Russia

Annotation. The purpose of the research is to determine the microclimatic heterogeneity of precipitation in a single field during the active vegetation of agricultural plants on the territory of the Field experimental station of the Russian State Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev. An assessment of the qualitative influence of local conditions forming the microclimate on the distribution of precipitation within a single field is given. Studies have established uneven moistening of agricultural landscapes by atmospheric precipitation during active vegetation in conditions of limited land use. The greatest influence of the studied microclimate factors was exerted by urban development, the presence of forest belts and the features of the underlying surface. At the same time, an important role in the processes of accumulation of productive moisture belongs to the water-physical properties of the soil, in particular its ability to absorb and retain moisture. To solve the problems of precision farming and create a digital model of a single field, taking into account the microclimatic features of the distribution of light, heat and moisture resources in agrophytocoenoses is extremely important in terms of ensuring a safe production process and increasing crop yields. Background standard values of stationary meteorological site data do not fully reflect the dynamics of variability of meteorological elements in individual agricultural fields under the influence of local conditions. Therefore, the study and competent application of knowledge about the microclimatic features of agricultural landscapes in general and of a particular field in particular, is of great practical importance in the production of agricultural products. Scientifically-based placement of crops, site selection, clarification of terms and methods of sowing, terms and methods of tillage are only part of the important role of microclimate accounting. In addition, field crops determine their phytoclimatic differences, the peculiarity of which is the variability of microclimatic parameters during the growing season. This should also be taken into account when assessing the processes of plant growth and development, as well as planning various agrotechnical measures.

Keywords: microclimate, phytoclimate, microrelief, precipitation, field rain gauges, precision reclamation

Format of citation: Dronova E.A., Belolyubtsev A.I., Shabanov V.V., Strizhnikov O.A. Studies of microclimatic heterogeneity of atmospheric precipitation on a separate field // Prirodoobustroistvo. 2023. No. 4. P. 72-78. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-4-72-78.

Введение. На равнинных частях земного шара неоднородность строения территории является результатом чередования лесных и степных участков, занятых сельскохозяйственными угодьями, склонов, возвышенностей различной крутизны и экспозиции, водной поверхности водоемов с островами, городов, поселков и сел, окруженных лесами, садами, лесными полосами и сельскохозяйственными угодьями. Соотношение между такими участками в каждой

из природных зон является различным. Но их состояние претерпевает изменения в течение года вследствие сезонных изменений растительного покрова, годового хода составляющих радиационного баланса, температуры воздуха и почвы, атмосферных осадков [1-9].

Стандартные данные, полученные на метеорологической площадке станции или поста, не позволяют в полной мере отразить ход наиболее важных метеорологических элементов

на сельскохозяйственном поле. Осадки, температура, влажность воздуха и почвы, динамика и интенсивность радиационных потоков, газообмен в почве и растительном покрове, на поле могут существенно отличаться от измерений на метеоплощадке.

Анализируя данные микроклиматических измерений в пределах производственного участка и данные метеостанции, можно установить качественные и количественные связи между ними. Полученные таким образом поправки могут позволить оценить характеристики микроклимата отдельного поля с учетом влияния окружающей среды и других местных условий.

Для решения задач точного земледелия и создания полноценной цифровой модели (микроклиматической карты) отдельного сельскохозяйственного поля учет микроклиматических показателей имеет важное производственное значение. Научно обоснованное размещение сельскохозяйственных культур, выбор участка, уточнение сроков и способов сева, сроков и способов обработки почвы – лишь часть важной роли учета микроклимата. Поэтому изучение и правильное применение знаний о микроклиматических особенностях агроландшафтов, в целом и отдельного поля особенно, играют первостепенную роль в современном производстве продукции растениеводства.

Материалы и методы исследований. Микроклиматические исследования, проведенные непосредственно на конкретном поле, позволяют не только выявить пространственно-временную изменчивость метеоэлементов под влиянием географической среды и других особенностей местности, но и обосновать пути их эффективного применения в точном земледелии и точной мелиорации [10]. Это позволит минимизировать негативные проявления складывающихся внешних факторов и их сочетания. Имеющиеся методы расчета микроклиматических параметров для детализации агроклиматических характеристик на ограниченных территориях базируются на данных актинометрических и метеорологических наблюдений стандартной сети станций и постов, расположенных на участках с естественной подстилающей поверхностью (трава, почва), но не на самом поле. Поэтому они не отвечают в полной мере действительным условиям среды, определяющим рост и развитие сельскохозяйственных растений на полях.

Естественный микроклимат может значительно меняться под влиянием хозяйственной деятельности человека. Сюда входит фитоклимат различных агроценозов, включающих в себя лесополосы, которые, благодаря особенностям своего биологического развития, своей архитектурной способностью создавать особый микроклимат – микроклимат растительных сообществ.

Цель исследований: определить микроклиматическую неоднородность выпадения атмосферных осадков на отдельно взятом поле в период активной вегетации сельскохозяйственных культур.

В соответствии с поставленной целью в 2021 г. был заложен опыт* по изучению микроклиматических особенностей отдельных участков на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В рамках исследований был произведен учет качественного влияния на распределение осадков комплекса «возвышенный» (высотных зданий на северо-западе участка полевой станции, лесополосы на юге и юго-востоке) и естественного понижения рельефа в центральной ее части. Наблюдения проводились в зависимости от частоты выпадения осадков с помощью 29 полевых дождемеров, расположенных на опытном поле согласно план-схеме (рис. 1).

Опытный участок 2 с установленными дождемерами на схеме выделен зеленым цветом. Он располагается в северо-западной части полевой опытной станции и включает в себя 2 полевых дождемера. В центральной части полевой станции располагается участок 3 (на схеме фиолетовым цветом выделены делянки «ЗП» и «ЗЦ», а голубым цветом – делянка «ЗЛ»). Всего на данном участке было размещено 8 дождемеров. По направлению с юга на север в центральной части опытного поля располагается участок 4, который на схеме выделен желтым цветом, с 10 установленными полевыми дождемерами. Участок 5, выделенный на схеме синим цветом, с 3 дождемерами располагается в юго-восточной части полевой станции. Участок 6 расположен в восточной части (выделен красным цветом), где было установлено 6 дождемеров**.

Площадь приемной поверхности полевого дождемера составляет 30 см². Установка дождемеров произведена 4 июня 2021 г., а первые данные были получены 7 июня 2021 г. Помимо полевых микроклиматических наблюдений, проводился оперативный контроль количества выпавших осадков в стационарных условиях на метеоплощадке обсерватории имени В.А. Михельсона, расположенной в 100 м от полевой станции, по рекомендованным методикам с помощью осадкомера Третьякова.

* По инициативе сотрудников «Проблемной лаборатории по разработке теоретических основ управления водным, солевым и тепловым режимами на мелиорируемых землях», которые занимаются вопросами точного мелиоративного регулирования.

** Наблюдения проводились студентами кафедры метеорологии и климатологии в рамках выполнения ВКР и преддипломной практики.



Рис. 1. План-схема расположения участков на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Fig. 1. Plan-scheme of the location of sites at the Field experimental station of the RSAU-MAA named after С.А. Timiryazev

Результаты и их обсуждение. Известно, что географическая среда и местные факторы формируют особый метеорологический режим, оказывающий непосредственное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Но, именно микроклимат территории определяет среду обитания сельскохозяйственных растений и физиологические процессы, происходящие в них. На перераспределение по площади внешних факторов (ресурсов света, тепла и влаги) в фитоценозах влияет не только само растение (вид и состояние растений, сортовые особенности и др.), но и конфигурация окружающего пространства (строения, деревья, кустарники).

В условиях изменения климата и возможной смены глобальной экологической обстановки на планете вопросы учета микроклимата должны получить принципиально новое научное звучание. В результате изменения климата формируется иной микроклиматический режим обитания растений с существенным влиянием на интенсивность и направленность продукционного процесса и нарастанием гидрометеорологических рисков в агрономической практике (переувлажнения, вымерзания, выпревания и др.). Это предполагает поиск способов и методов адаптации к ним растениеводства с целью снижения уязвимости отрасли по отношению к неблагоприятным агрометеорологическим явлениям [1]. Следовательно, полное и всестороннее изучение микроклиматических особенностей и различий среды обитания агрофитоценозов на каждом сельскохозяйственном поле не только является важным направлением научных исследований, но крайне необходимо для современного производства.

Как известно, при планировании агротехнических и мелиоративных воздействий для определения основных агроклиматических показателей

используются стандартные метеоданные, в которых влияние факторов микроклимата не отражается. Однако рост и развитие растений, обеспечение безопасного продукционного процесса и урожайность культур во многом определяются экстремальным проявлением метеорологических элементов (переувлажнение, засуха, вымерзание и т.д.), которые являются комплексными показателями проявления микроклимата отдельно взятого поля.

Основным источником определения условий увлажнения и формирования запасов продуктивной влаги в почве являются осадки. Процессы физического испарения и транспирации относят к расходной части водного баланса поля. Среди комплексных показателей, учитывающих осадки и испаряемость, наиболее широко распространен гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК Селянинова). Он позволяет выявить закономерности географического распределения показателей увлажнения, изменчивость во времени и условий влагообеспеченности отдельных сельскохозяйственных культур в период активной вегетации. Однако ГТК не отражает микроклиматических особенностей данного поля, поэтому в целях точного регулирования не может быть использован.

В результате проведенного эксперимента по оценке микроклиматических особенностей и различий на конкретном участке были получены микроклиматические карты-схемы неравномерности выпадения осадков в относительных единицах. Данные в центральные летние месяцы (в июне и июле) представлены на рисунках 2, 3.

В июне и июле некоторые части поля оказались более увлажненными, тогда как на других увлажнение было заметно меньше: $1/0,64 = 1.56$ раз (июнь); $1/0.7 = 1.43$ раз (июль). На остальной территории условия тоже различались, но можно было выделить участки и с относительно равномерным увлажнением. Неравномерность (43-56%) выпадения осадков по полю размером в несколько гектаров показывает необходимость более точного учета неоднородности увлажнения при точном земледелии и точной мелиорации.

Можно полагать, что неравномерность выпадения осадков в мезомасштабах поля связана с неоднородностью циркуляционных процессов в приземном слое воздуха. Неоднородность потоков может быть обусловлена конфигурацией окружающего пространства и направлением

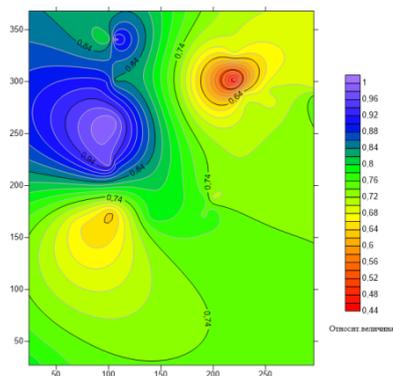


Рис. 2. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков в июне на опытном поле РГАУ-МСХА

Fig. 2. Microclimatic map-scheme of precipitation distribution in June at the experimental field of the RSAU-MAA

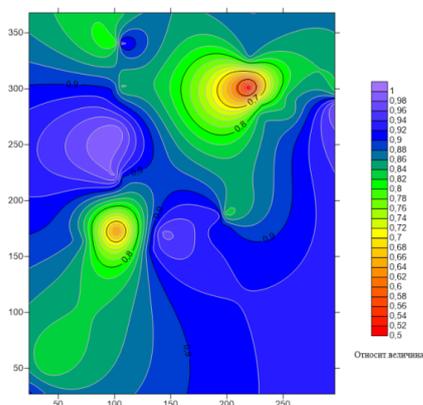


Рис. 3. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков в июле на опытном поле РГАУ-МСХА

Fig. 3. Microclimatic map-scheme of precipitation distribution in July in the experimental field of the RSAU-MAA

ветров в данный период. В июле преобладали ветра южного и юго-западного направлений.

На рисунке 4 представлена микроклиматическая карта-схема распределения осадков по территории за указанный период. Наибольшее количество выпавших осадков, измеренных дождемерами, за центральные месяцы периода активной вегетации зафиксировано на участке 2, где степень увлажнения была максимальной в течение всего периода наблюдений. Это обусловлено особенностями подстилающей поверхности, которая отличалась относительно выровненным рельефом и отсутствием высоких деревьев с густыми кронами, а также с влиянием биометрических характеристик другой растительности. Кроме того, с севера к этому участку примыкают высотные здания, которые играли роль «накопителя» осадков, так как господствующее направление ветров в этот период отмечалось с юга и юго-запада.

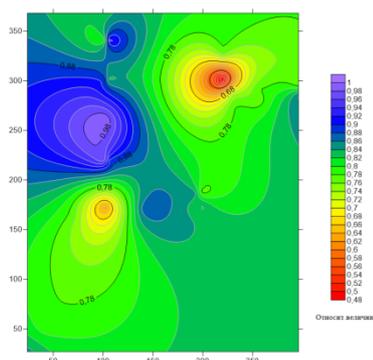


Рис. 4. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков за июнь-июль на опытном поле РГАУ-МСХА

Fig. 4. Microclimatic map-scheme of precipitation distribution for June-July on the experimental field of the RSAU-MAA

Для определения участков поля, представленных в основном дерново-подзолистыми почвами, которые по количеству выпадения атмосферных осадков наибольшим образом отличаются от средней величины, был проанализирован массив отклонений сумм осадков (табл. 1). Для этого рассчитана средняя величина по полю за период наблюдений и определены отклонения для каждой точки и отдельного дня полевых наблюдений.

Было установлено, что положительные отклонения в показателях увлажнения от средней величины отмечены на участках 2 и 3 (дождемеры 1-4) и на участке 4 (дождемеры 1-6). Отрицательные отклонения получены на наблюдательных участках 5 и 6 во всех точках.

Следует отметить, что указанные участки находились в непосредственной близости от лесополосы. Участок 6 находился с северной стороны, а участок 5 – вдоль западного ее края.

Разумеется, при оценке общих условий увлажнения территории и динамики накопления запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы необходимо учитывать перераспределение сумм осадков, выпавших за весь теплый сезон, а также зимних осадков, которые могут перераспределяться по полю в другом порядке. Но в связи с ограниченностью ресурсов в программу исследований входили задачи установления только качественных связей между стационарными метеонаблюдениями и микроклиматическими показателями, измеренными в полевых условиях в центральные месяцы теплого сезона. Выбранный период активной вегетации является особенно важным с точки зрения безопасности продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Однако становится ясным то, что необходимо на каждом поле получать полную картину микроклиматических различий и особенностей (как по территории,

Таблица. Анализ отклонений количества выпавших осадков в пределах отдельных участков опытного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, мм

Table. Analysis of deviations in the amount of precipitation within certain areas of the experimental field of the RSAU-MAA named after S.A. Timiryazev, mm

Декада Decade	Точки наблюдения Observation Points					
	Положительные отклонения Positive deviations				Отрицательные отклонения Negative deviations	
	2 (1)	3П1	4 (4)	4 (7)	3Ц2	6 (5)
2 декада июня 2 decade of June	1,9	-1,3	14,5	11,3	-2,6	-5,2
3 декада июня 3 decade of June	0,2	-2,0	13,7	10,6	-3,0	-5,1
1 декада июля 1 decade of July	3,5	6,6	5,1	4,3	-9,4	-2,8
2 декада июля 2 decade of July	2,6	2,6	8,9	3,8	-6,0	-3,7
3 декада июля 3 decade of July	3,5	6,4	5,2	3,4	-7,7	-2,8
1 декада августа 1 decade of August	3,1	3,1	6,1	0,5	-0,5	-3,2
2 декада августа 2 decade of August	3,5	0,5	0,5	2,8	-0,3	-0,6
3 декада августа 3 decade of August	3,5	3,5	1,1	1,7	-0,7	-2,6
Среднее / Average	2,7	2,4	6,9	4,8	-3,7	-3,3

так и во времени) за весь вегетационный период при комплексном учете всех факторов микроклимата поля, в том числе конфигурации рельефа (крутизны склона, экспозиции, окружающей обстановки и др.). Поэтому целесообразно для каждого поле иметь микроклиматическую карту (аналогично картам неоднородности распределения урожая), показывающую особенности распределения основных факторов жизни растений и почвенной биоты на данном поле.

Учет неоднородности микроклиматических особенностей поля является важным не только для сельскохозяйственных растений, но и для почвенного биотического сообщества [11-13]. Переувлажнение отдельных частей поля может приводить к потере структуры почвы и повышению эрозионной опасности [14]. Это обстоятельство необходимо учитывать при обосновании необходимости проведения точной мелиорации на конкретном поле [10, 13].

Авторы благодарят выпускников кафедры метеорологии и климатологии К. Иванова, П. Ильина, Д. Осина, И. Павлова за участие в эксперименте.

Gratitude. The authors thank the graduates of the Department of Meteorology and Climatology: Ivanov K., Ilyin P., Osin D. and Pavlov I., for participating in the experiment.

Выводы

Таким образом, микроклиматическими наблюдениями, проведенными в полевых условиях, установлено неравномерное увлажнение почвы атмосферными осадками. В период активной вегетации сельскохозяйственных культур были выявлены существенные различия в распределении осадков по полю. Наибольшее влияние оказали конфигурация объектов, окружающих поле (городская застройка – высота и плотность зданий, наличие лесополос), и особенности подстилающей поверхности. При этом важная роль в процессах накопления запасов продуктивной влаги принадлежит водно-физическим свойствам почвы – в частности, ее способность поглощать и удерживать влагу.

Изучение микроклимата конкретного поля при развитии точного земледелия и точной мелиорации является одним из важных направлений в агрометеорологическом обеспечении современного сельскохозяйственного производства. Микроклиматические характеристики факторов внешней среды, их особенности и различия необходимо также учитывать при освоении адаптивно-ландшафтных систем с целью обеспечения максимальной биопродуктивности агроландшафтов и максимизации депонирования углерода. Это весьма важно в условиях текущего и ожидаемого изменения глобальных общеклиматических характеристик в результате потепления.

Нарастание экстремальности современного климата подтверждается многочисленными научными данными и практикой, что в свою очередь оказывает существенное влияние на микроклиматические особенности и различия среды обитания растительных и почвенных сообществ. Определение микроклиматических поправок позволит скорректировать обеспеченность сельскохозяйственных культур в ресурсах (влаги, тепла и света), выявить направления для полного их учета. Это даст возможность разработать адаптивные агротехнические и мелиоративные мероприятия, позволяющие более рационально распределять культуры по полю и минимизировать нарастающие агрономические риски при изменении климата. С другой стороны, зная проявления макро- и микроклиматической изменчивости, можно более точно планировать различные мероприятия и проектировать режимы точной мелиоративного управления, направленные на улучшение экологических условий сельскохозяйственных угодий.

Список использованных источников

1. Белолобцев А.И., Дронова Е.А., Асауляк И.Ф. Сценарии воздействия изменений климата на сельское хозяйство // Естественные и технические науки. 2018. № 6 (120). С. 77-82.
2. Горышина Н.Г. Особенности микроклимата почв и картирование их на примере Псковской области // Климат почвы. Л.: Гидрометеоздат, 1971. С. 73-79.
3. Константинова Т.С. Агроклиматические ресурсы территорий со сложным рельефом (теоретические основы оценки и методы их учета в практических задачах): Автореф. дис. ... д-ра наук. Москва, 1992. 45 с.
4. Константинов А.Р., Струзер Л.Р. Лесные полосы и урожай. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 213 с.
5. Мищенко З.А. Разномасштабные модели тепловых ресурсов для территорий со сложным рельефом // Труды ГГО. 1976. Вып. 351. С. 31-45.
6. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В. Микроклиматология. Одесса: Навчальний посібник, 2005. 336 с.
7. Муминов Ф.А. Тепловой баланс и метеорологический режим картофельного поля. Л.: Гидрометеоздат, 1963. 150 с.
8. Пигольцина Г.Б., Горышина Н.Г., Николаева З.И. Микроклиматическое изучение экспериментальных сельскохозяйственных полей программированного урожая // Труды ГГО. 1980. Вып. 426. С. 70-83.
9. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 341 с.
10. Шабанов В.В., Голованов А.И. Некоторые аспекты точной мелиорации // Природообустройство. 2019. № 1. С. 92-96
11. Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д. Оценка требований почвенной биоты к гидротермическим условиям внешней среды // Доклады ТСХА. 2020. С. 173-178.
12. Шабанов В.В., Солошенко А.Д. Количественные методы оценки плодородия для целей точного мелиоративного регулирования // Природообустройство. 2020. № 4. С. 13-22.
13. Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д. Вопросы обоснования необходимости точного мелиоративного регулирования комплекса факторов жизни растений и почвенной биоты // Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий: Сборник материалов Международной юбилейной научно-практической конференции. М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019. С. 71-76.
14. Маркин В.Н., Шабанов В.В. База данных оценки экологического состояния природных систем // Природообустройство. 2019. № 5. С. 111-117.

Критерии авторства

Дронова Е.А., Белолобцев А.И., Шабанов В.В., Стрижников О.А. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Дронова Е.А., Белолобцев А.И., Шабанов В.В., Стрижников О.А. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 29.03.2023

Одобрена после рецензирования 28.08.2023

Принята к публикации 28.08.2023

References

1. Belolyubtsev A. I., Dronova E.A., Asaulyak I.F. Scenarios for the impact of climate change on agriculture. // Natural and technical sciences. 2018. No. 6 (120). P. 77-82.
2. Goryshina N.G. Features of the microclimate of soils and their mapping on the example of the Pskov region // Soil climate – L.: Gidrometeoizdat, 1971. P. 73-79.
3. Konstantinova T.S. Agroclimatic resources of territories with complex relief (theoretical foundations of assessment and methods of their accounting in practical problems). Autoref. Doc. Diss. Moscow, 1992.45 p.
4. Konstantinov A.R., Struzer L.R. Forest strips and harvest. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 213 p.
5. Mishchenko Z.A. Multiscale models of thermal resources for territories with complex terrain. – Proceedings of the GGO. 1976. – Vol. 351. P. 31-45.
6. Mishchenko Z.A., Lyashenko G.V. Microclimatology: Navchalnyy posibnik. Odessa: 2005.336 p.
7. Muminov F.A. Heat balance and meteorological regime of the potato field. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1963. 150 p.
8. Pigoltsina G.B., Goryshina N.G., Nikolaeva Z.I. Microclimatic study of experimental agricultural fields of programmed harvest. Proceedings of the GGO, 1980. – Vyp. 426. – P. 70-83.
9. Ross Yu.K. Radiation regime and architectonics of vegetation cover. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 341 p.
10. Shabanov V.V., Golovanov A.I. Some aspects of precision land reclamation. 2019. № 1. P. 92-96
11. Shabanov V.V., Markin V.N., Soloshenkov A.D. Assessment of the requirements of soil biota to hydrothermal conditions of the external environment In the collection: Reports of the TSHA. 2020. P. 173-178.
12. Shabanov V.V., Soloshenkov A.D. Quantitative methods for assessing fertility for the purposes of accurate reclamation regulation. 2020. № 4. P. 13-22.
13. Shabanov V.V., Markin V.N., Soloshenkov A.D. Questions of substantiation of the need for accurate reclamation regulation of a complex of factors of lifeplant life and soil biota. In the collection: Problems of development of agricultural land reclamation and water management complex based on digital technologies. Proceedings of the International Jubilee Scientific and Practical Conference. 2019. P. 71-76.
14. Markin V.N., Shabanov V.V. Database for assessing the ecological state of natural systems. // Environmental management. 2019. № 5. P. 111-117.

Criteria of authorship

Dronova E.A., Belolyubtsev A.I., Shabanov V.V., Strizhnikov O.A. carried out theoretical research, on the basis of which he carried out a generalization and wrote a manuscript. Dronova E.A., Belolyubtsev A.I., Shabanov V.V., Strizhnikov O.A. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declares that there are no conflicts of interest

The article was submitted to the editorial office 02.03.2023

Approved after review 28.08.2023

Accepted for publication 28.08.2023