

Настоящая статья является результатом совместных исследований Проблемной лаборатории и кафедры Метеорологии и гидрологии РГАУ, проведенных летом 2021 года. Работа продолжает цикл исследований по обоснованию необходимости точного мелиоративного регулирования. Статья, в несколько сокращенно варианте, опубликована в журнале «Природообустройство», №4 2023 года.

УДК 551.584.7

**МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕОДНОРОДНОСТИ ВЫПАДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА
ОТДЕЛЬНО ВЗЯТОМ ПОЛЕ**

***ДРОНОВА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА**¹ – канд. геогр. наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии, helena_dronova@mail.ru*

***БЕЛОЛЮБЦЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ**¹ – д-р с.-х. наук, зав. кафедрой метеорологии и климатологии, belolyubcev@mail.ru*

***ШАБАНОВ ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**¹ – д-р техн. наук, профессор, научный руководитель Проблемной лаборатории РГАУ, problem-lab@rgau-msha.ru*

***СТРИЖНИКОВ ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ**¹ – аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, oleg.strijnikov@yandex.ru*

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», ул. Тимирязевская, дом 49, г. Москва, 127550, Российская Федерация

Аннотация. Цель исследований – определить микроклиматическую неоднородность распределения атмосферных осадков на отдельном 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 из изучаемых факторов микроклимата, оказали - городская застройка, наличие

лесополос и особенности подстилающей поверхности. При этом отмечается, что важная роль в процессе накопления продуктивной влаги принадлежит водно-физическим свойствам почвы, в частности ее способность 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 в плане обеспечения безопасного производственного процесса и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Фоновые стандартные значения данных стационарной метеорологической площадки не 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 – лишь часть важной роли учета микроклимата. Кроме того, полевые культуры, в процессе вегетации, меняют требования к микроклиматическим параметрам. Это также 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.

UDC 551.584.7

**MICROCLIMATIC STUDIES OF THE HETEROGENEITY OF
PRECIPITATION IN A SINGLE FIELD**

DRONOVA ELENA ALEKSANDROVNA¹ – *cand. PhD, Associate Professor of the Department of Meteorology and Climatology, helena_dronova@mail.ru*

BELOLYUBTSEV ALEXANDER IVANOVICH¹ – *doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Meteorology and Climatology, belolyubcev@mail.ru*

SHABANOV VITALY VLADIMIROVICH¹ – *doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Reclamation, vvsh@rgau-msha.ru*

STRIZHNIKOV OLEG ALEKSANDROVICH¹ – *Postgraduate student of the Department of Land Reclamation and Reclamation*

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A.Timiryazev", 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127550, Russian Federation

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 K.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 agrophytocenoses 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.*

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 различное. Но их состояние претерпевает изменения в течение года вследствие сезонных изменений растительного покрова, годового хода составляющих радиационного баланса, температуры воздуха и почвы, атмосферных осадков [2,5,6,9,11,12,13,16].

Стандартные данные, полученные на метеорологической площадке станции или поста, не позволяют в полной мере отобразить 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 и др., на

поле, могут существенно отличаться от измерений на метеоплощадке. Анализируя данные микроклиматических измерений в пределах производственного участка и данные основных метеорологических величин, 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) отдельно взятого сельскохозяйственного поля, учет микро и фитоклиматических 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, носит первостепенный характер в современном производстве продукции растениеводства.

История вопроса. Фундаментальные исследования в области микроклиматологии описаны в работах И.А. Гольцберг, Е.Н. Романовой, З.А. Мищенко, И.А. Бересневой, А.Р. Константинова, Н.Г. Горышиной, Г.Б. Пигольщиной, и др. [2,7,8,9,10,11,13].

Растение развивается в определенной среде, которая определяется местными факторами. Они формируют микроклимат территории. Константинов Р.А., Гольцберг И.А., Мищенко З.А и др. в своих работах показали, что влияние подстилающей поверхности во многих случаях прослеживается до высоты 100—150 м и более над уровнем поверхности почвы [7,9,10,11]. Особенно сильным фактором проявления микроклиматической изменчивости являются формы рельефа, экспозиция и крутизна склонов, типы почвы, состав и плотность растительного покрова, лесные полосы, особенности ирригации, направления ветра.

Константиновым Р.А. в работе «Лесные полосы и урожай» (1974) установлено, что лесные полосы являются одним из основных факторов, определяющих микроклиматические особенности полей. В зависимости от высоты (h) деревьев, они оказывают заметное влияние (до 10h) на характеристики ветра (скорость, направление, интенсивность турбулентного перемешивания). Это способствует перераспределению осадков около лесополосы, в частности, дополнительному снегозадержанию, следовательно, и увеличению влагозапасов почвы, что в конечном итоге благоприятно влияет на урожайность [6].

Фоновую информацию показателей увлажнения разных регионов СНГ можно получить из климатических и агроклиматических справочников, а также атласов. Но большинство указанных показателей, ресурсов увлажнения территорий, характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью под влиянием неоднородностей подстилающей поверхности на незначительных площадях.

Согласно ряду исследований, влияние возвышенностей Европейской части СНГ (Волынская, Подольская, Среднерусская, Приволжская, Донецкий Кряж) выражается в увеличении количества осадков с высотой местности на 17-23% на каждые 100 м высоты. Причем эффект воздействия высоты и расчленения рельефа почти одинаков. Так, Бересневой И.А. и Даниловой Л.П. установлено, что на возвышенностях ЕЧ РФ (Среднерусская, Приволжская) наблюдается увеличение количества осадков - в среднем на 16% годовой нормы по сравнению с равниной. На наветренных склонах с западной составляющей, количество осадков растет на 14% на каждые 100 м высоты, а на подветренных склонах с восточной составляющей уменьшается на 23% по сравнению с их максимальной величиной. [7,15].

По данным Романовой Е.Н. [14,15] в зоне достаточного увлажнения влажность почвы в разных местоположениях рельефа изменяется от 35 до 85% ПВ, то есть диапазон изменчивости влаги здесь несколько больше, чем в избыточно увлажненной зоне (на 10% ПВ). На ровных участках, а также на

верхних и средних частях северных склонов, на средних частях восточных и нижних частях южных и западных склонов изменчивость влажности почвы составляют 35-60% ПВ, а у подножия склонов – 75-80% ПВ.

На сегодняшний день проведено значительное число исследований по фитоклимату и тепловому балансу различных сельскохозяйственных культур [3, 8, 12, 16, и др.]. Однако, использование результатов этих исследований достаточно ограничено в связи с тем, что показатели фитоклимата культурных растений даются, в большинстве случаев, без их соответствующей оценки по сравнению с естественным фоном, то есть с конкретной подстилающей поверхностью (травы, почва).

Неизмеримо выше ценность работ с попыткой количественно оценить фитоклиматические различия в тепловом балансе и метеорологическом режиме поля, занятого той или иной культурой и природной подстилающей поверхностью. К их числу относятся исследования Н.А. Ефимовой [3], З.А. Мищенко и З.И. Николаевой [10], Ф.А. Муминова [12].

В настоящее время возрос интерес к исследованиям по фитоклимату различных агроценозов с учетом биометрических характеристик (высоты растения, площади листьев, биомассы) в связи с разработкой физиологической теории продуктивности сельскохозяйственных растений. Использование биометрических характеристик открывает новые возможности выявления количественных закономерностей формирования теплового баланса и фитоклимата сельскохозяйственных культур в зависимости от структуры растительного покрова в разных регионах.

Таким образом, режим увлажнения почвы на сельскохозяйственных полях, занятых разными агрофитоценозами, определяется, с одной стороны, зональной изменчивостью основных составляющих водного и теплового баланса, а с другой – биологическими особенностями «ограждающей» растительности и этапом развития конкретной культуры в период активной вегетации. Фитоклиматическая разница запасов продуктивной влаги (ЗПВ) на полях с разными культурами и разной конфигурацией лесополос, максимально

проявляется в период формирования наибольшей зеленой массы растений, когда индекс листовой поверхности (Sl) достигает 2,5 – 3,5 м²/м² [8,11,12].

При этом следует признать, что данных для количественной оценки фитоклиматической изменчивости ЗПВ в почве на полях с разными культурами по сравнению с фоновыми характеристиками этого показателя (травя, целина, черный пар) недостаточно. Сложность задачи заключается в необходимости систематизации материалов по ЗПВ календарно по фазам развития с учетом предшественника, механического состава грунтов, а также местоположения в рельефе и наличия препятствий, изменяющих ветровые потоки. Вместе с тем, помня, что влагозапасы формируются, в основном, атмосферными осадками можно по неоднородности выпадения осадков по полю, судить и о пространственной неоднородности влагозапасов.

Материалы и методы. Микроклиматические исследования, проведенные непосредственно на конкретном поле, позволяют выявить не только 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. Это позволит минимизировать негативные проявления складывающихся внешних факторов и их сочетания. Имеющиеся методы расчета микроклиматических параметров, для детализации агроклиматических ресурсов на ограниченных территориях, базируются на данных актинометрических и метеорологических наблюдений стандартной сети станций и постов, расположенных на участках с естественной подстилающей поверхностью (травя, почва), но не 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 лесополосы, которые благодаря особенностям своего биологического развития своей

архитектоникой способны создавать особый микроклимат - микроклимат растительных сообществ.

Цель исследований – определить микроклиматическую неоднородность выпадения атмосферных осадков на отдельном взятом поле в период активной вегетации сельскохозяйственных культур. В соответствии с поставленной целью в 2021 году был заложен опыт¹ по изучению микроклиматических особенностей отдельных участков на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В рамках исследований, был проведен учет качественного влияния на распределение осадков, комплекса «возвышений» (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).



¹ По инициативе сотрудников «Проблемной лаборатории по разработки теоретических основ управления водным, солевым и тепловым режимами на мелиорируемых землях», которые занимаются вопросами точного мелиоративного регулирования .

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

Опытный участок 2, с установленными дождемерами, выделен зеленым цветом. Он располагается в северо-западной части полевой опытной станции и включает 2 установленных полевых дождемера. В центральной части полевой станции располагается участок 3, где фиолетовым цветом выделены делянки «З П» и «З Ц», а голубым цветом делянка «З Л». Всего на данном участке было размещено 8 дождемеров. По направлению с юга на север в центральной части опытного поля располагается участок 4, выделенный желтым цветом, с 10 установленными полевыми дождемерами. Участок 5, выделен синим цветом, с 3 установленными дождемерами, располагается в юго-восточной части полевой станции. Участок 6 расположен в восточной части. Он выделен красным цветом, где было установлено 6 дождемеров².

Площадь приемной поверхности полевого дождемера составляет 30 см². Установка дождемеров проведена 04.06.2021 г., а первые данные были получены 07.06.2021 г. Помимо полевых микроклиматических наблюдений, проводился оперативный контроль количества выпавших осадков в стационарных условиях на метеоплощадке обсерватории имени В.А. Михельсона, расположенной в 100 метрах от полевой станции, по рекомендованным методикам с помощью осадкомера Третьякова.

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

² Наблюдения проводились студентами кафедры *Метеорологии и климатологии* в рамках выполнения ВКР и преддипломной практики.

пространства (строения, деревья, кустарники). В условиях смены глобальной экологической обстановки на планете, текущих и ожидаемых изменений климата, вопросы учета микроклимата должны получить принципиально новое научное значение. 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 к неблагоприятным агрометеорологическим явлениям [1]. Следовательно, полное и всестороннее изучение микроклиматических особенностей и различий среды обитания агрофитоценозов на каждом сельскохозяйственном поле является не только 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 влияния факторов микроклимата не отражается. Однако, рост и развитие растений, обеспечение безопасного продукционного процесса и урожайность культур во многом определяются экстремальным проявлением метеорологических элементов (переувлажнение, засухи, 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 для целей 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 показаны на рис. 2, 3.

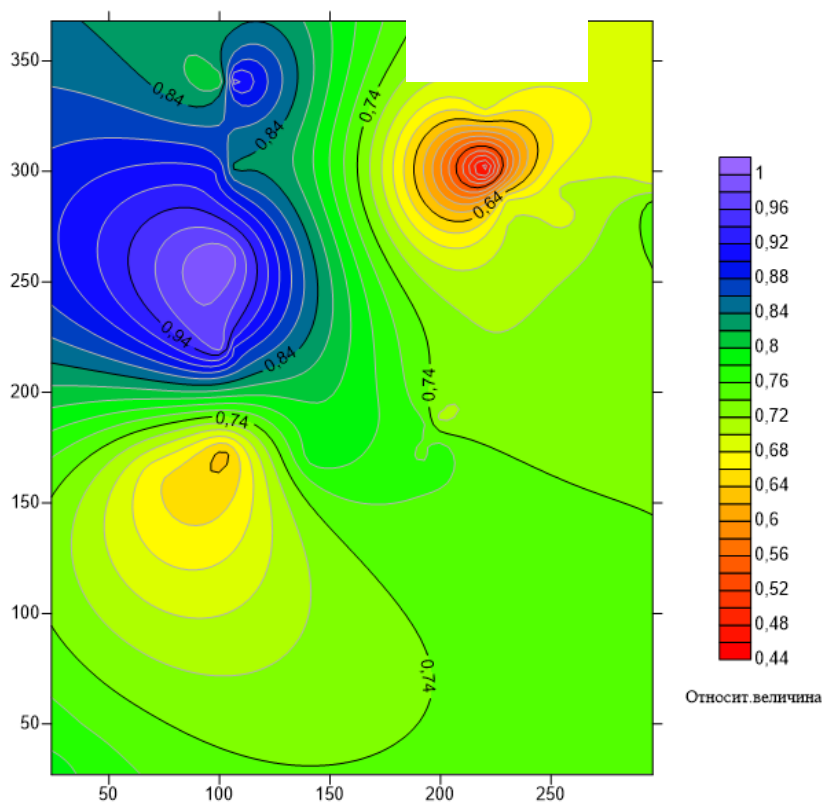


Рис. 2. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков в июне на опытном поле РГАУ-МСХА

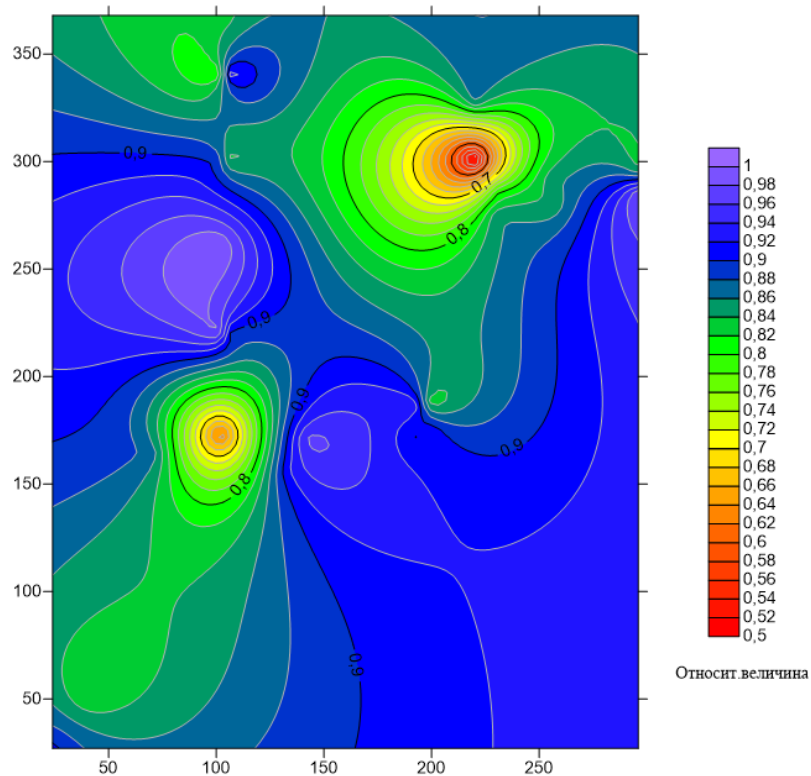


Рис. 3. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков в июле на опытном поле РГАУ-МСХА

В июне и июле некоторые части поля оказались более увлажнены, тогда как на других увлажнение было заметно меньше ($1/0,64=1.56$ раза, июнь и $1/0.7=1.43$, июль). На остальной территории условия тоже различались, но можно было выделить участки и с относительно равномерным увлажнением. Неравномерность выпадения осадков по полю размером несколько гектаров на 43-56%, 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 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 отмечалось с юга и юго-запада.

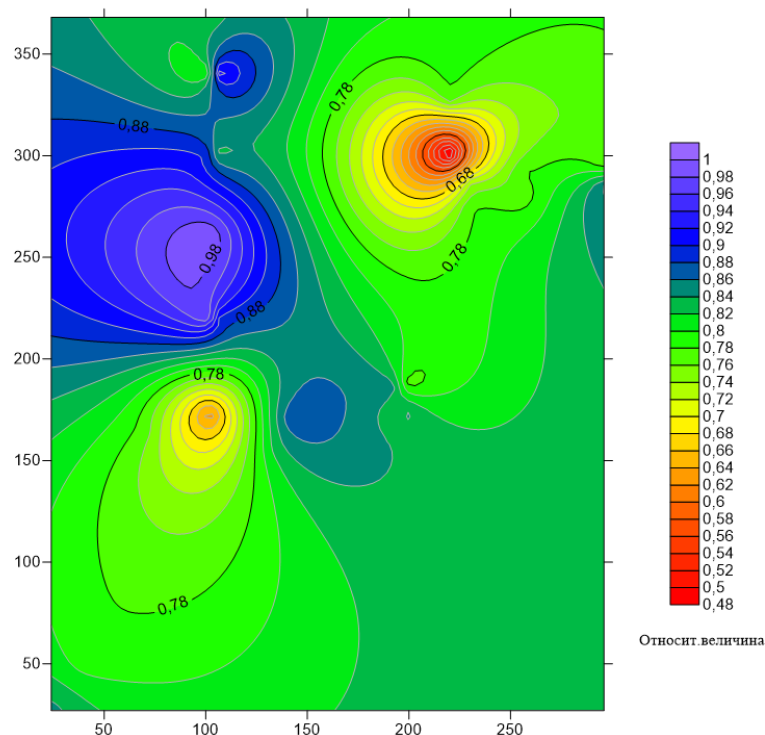


Рис. 4. Микроклиматическая карта-схема распределения осадков за июнь-июль на опытном поле РГАУ-МСХА

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).

Таблица 1

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

| Декада | Точки наблюдения | | | | | |
|------------------|--------------------------|------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | Положительные отклонения | | | | Отрицательные отклонения | |
| | 2 (1) | 3Л1 | 4 (4) | 4 (7) | 3Ц2 | 6 (5) |
| 2 декада июня | 1,9 | -1,3 | 14,5 | 11,3 | -2,6 | -5,2 |
| 3 декада июня | 0,2 | -2,0 | 13,7 | 10,6 | -3,0 | -5,1 |
| 1 декада июля | 3,5 | 6,6 | 5,1 | 4,3 | -9,4 | -2,8 |
| 2 декада июля | 2,6 | 2,6 | 8,9 | 3,8 | -6,0 | -3,7 |
| 3 декада июля | 3,5 | 6,4 | 5,2 | 3,4 | -7,7 | -2,8 |
| 1 декада августа | 3,1 | 3,1 | 6,1 | 0,5 | -0,5 | -3,2 |
| 2 декада августа | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 2,8 | -0,3 | -0,6 |
| 3 декада августа | 3,5 | 3,5 | 1,1 | 1,7 | -0,7 | -2,6 |
| Среднее | 2,7 | 2,4 | 6,9 | 4,8 | -3,7 | -3,3 |

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 участке 2 и 3 (дождемеры 1-4) и 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. Шестой участок 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, и зимних осадков, которые могут перераспределяться по полю в другом порядке. Однако, 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, теперь стало ясно, что необходимо на каждом поле получать полную картину микроклиматических различий и особенностей, (как по территории, 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 важен не только для сельскохозяйственных растений, но и для почвенного биотического сообщества [18,19,21]. Переувлажнение отдельных частей поля может приводить к потере структуры почвы, и повышению эрозионной опасности [22]. Это обстоятельство необходимо учитывать при обосновании необходимости проведения точной мелиорации на конкретном поле [17,21]

Заключение

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 оказала 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 очень 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), и выявить направления для полного и грамотного их учета. Это дает возможность разработать адаптивные агротехнические и мелиоративные мероприятия, позволяющие более рационально распределить 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 точного мелиоративного управления, направленные на улучшение экологических условий сельскохозяйственных угодий [17,20].

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

Библиографический список

1. **Белолобцев А.И.** Адаптация сельского хозяйства с учетом текущих и ожидаемых климатических рисков // В сборнике: Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям. сборник докладов Международной научно-практической конференции. – 2011. – С. 11-23.

2. **Горышина Н.Г.** Особенности микроклимата почв и картирование их на примере Псковской области // Климат почвы – Л.: Гидрометеиздат, 1971. с.73-79.
3. **Ефимова Н.А.** Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. –214 с.
4. **Зубенок Л.И.** Испарение на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. –263 с.
5. **Константинова Т.С.** Агроклиматические ресурсы территорий со сложным рельефом (теоретические основы оценки и методы их учета в практических задачах). Автореф. докт. дисс. – Москва, 1992. – 45 с.
6. **Константинов А.Р., Струзер Л.Р.** Лесные полосы и урожай. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. –213 с.
7. **Микроклимат СССР.** //Под ред. И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 286 с.
8. **Мищенко З.А.** Фитоклиматическая изменчивость теплового баланса и термический режим растений. – Труды ГГО, 1973, вып. 306. – С.49-63.
9. **Мищенко З.А.** Разномасштабные модели тепловых ресурсов для территорий со сложным рельефом. - Труды ГГО. – 1976. - вып. 351. – с.31-45.
10. **Мищенко З.А., Дымченко И.В.** Микроклиматическая карта заморозко- и морозоопасности для размещения винограда и плодовых культур. //Агроклиматические ресурсы и микроклимат Молдавии. - Кишинев: Штиинца, 1988. – С.74-93.
11. **Мищенко З.А., Ляшенко Г.В.** Микроклиматология: Навчальний посібник. - Одесса: 2005. – 336 с.
12. **Муминов Ф.А.** Тепловой баланс и метеорологический режим картофельного поля. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 150 с.
13. **Пигольцина Г.Б., Горышина, Н.Г., Николаева З.И.** Микроклиматическое изучение экспериментальных сельскохозяйственных полей программированного урожая. // Труды ГГО, 1980.- Вып.426.- С.70-83.

14. **Романова Е.Н.** Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 280 с.
15. **Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А.** Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 245 с.
16. **Росс Ю.К.** Радиационный режим и архитектоника растительного покрова. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 341 с.
17. **Шабанов В.В., Голованов А.И.** Некоторые аспекты точной мелиорации Природообустройство. 2019. № 1. С. 92-96
18. **Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д.** Оценка требований почвенной биоты к гидротермическим условиям внешней среды В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 173-178.
19. **Шабанов В.В., Солошенко А.Д.** Количественные методы оценки плодородия для целей точного мелиоративного регулирования Природообустройство. 2020. № 4. С. 13-22.
20. **Шабанов В.В., Шаршеев Э.С.** Статистические параметры распределения осадков. Природообустройство. 2009. № 3. С. 13-23.
21. **Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д.** Вопросы обоснования необходимости точного мелиоративного регулирования комплекса факторов жизни растений и почвенной биоты. В сборнике: Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий. Материалы международной юбилейной научно-практической конференции. 2019. С. 71-76.
22. **Маркин В.Н., Шабанов В.В.** База данных оценки экологического состояния природных систем. Природообустройство. 2019. № 5. С. 111-117.

Bibliographic list

1. **Belolyubtsev A.I.** Adaptation of agriculture taking into account current and expected climatic risks // In the collection: Adaptation of agriculture in Russia to changing weather and climatic conditions. collection of reports of the International Scientific and Practical Conference. - 2011. – pp. 11-23.

2. **Goryshina N.G.** Features of soil microclimate and their mapping on the example of the Pskov region // Soil climate – L.: Hydrometeoizdat, 1971. pp.73-79.
3. **Efimova N.A.** Radiation factors of vegetation productivity. – L.: Hydrometeoizdat, 1977. -214 p.
4. **Zubenok L.I.** Evaporation on continents. – L.: Hydrometeoizdat, 1976. -263 p.
5. **Konstantinova T.S.** Agro-climatic resources of territories with complex relief (theoretical foundations of assessment and methods of their accounting in practical tasks). Autoref. doct. diss. – Moscow, 1992. – 45 p.
6. **Konstantinov A.R., Struzer L.R.** Forest strips and harvest. – L.: Hydrometeoizdat, 1974. -213 p.
7. **Microclimate of the USSR.** //Edited by I.A. Goltsberg. – L.: Hydrometeoizdat, 1967. – 286 p.
8. **Mishchenko Z.A.** Phytoclimatic variability of heat balance and thermal regime of plants. – Proceedings of the GGO, 1973, issue 306. – pp.49-63.
9. **Mishchenko Z.A.** Multi-scale models of thermal resources for territories with complex relief. - Proceedings of the GGO. – 1976. - issue 351. – pp.31-45.
10. **Mishchenko Z.A., Dymchenko I.V.** Microclimatic map of frost and frost hazard for the placement of grapes and fruit crops. //Agro-climatic resources and microclimate of Moldova. - Chisinau: Stiinza, 1988. – pp.74-93.
11. **Mishchenko Z.A., Lyashenko G.V.** Microclimatology: Navchalny posibnik. - Odessa: 2005. – 336 p.
12. **Muminov F.A.** Thermal balance and meteorological regime of the potato field. – L.: Hydrometeoizdat, 1963. – 150 p.
13. **Pigoltsina G.B., Goryshina, N.G., Nikolaeva Z.I.** Microclimatic study of experimental agricultural fields of programmed harvest. // Trudy GGO, 1980. - Issue 426.- pp.70-83.
14. **Romanova E.N.** Microclimatic variability of the main elements of climate. – L.: Hydrometeoizdat, 1977. – 280 p.
15. **Romanova E.N., Mosolova G.I., Beresneva I.A.** Microclimatology and its significance for agriculture. – L.: Hydrometeoizdat, 1983. – 245 p.

16. **Ross Yu.K.** Radiation regime and architectonics of vegetation cover. - L.: Hydrometeoizdat, 1975. – 341 p.
17. **Shabanov V.V., Golovanov A.I.** Some aspects of accurate melioration Of Nature. 2019. № 1. S. 92-96
18. **Shabanov V.V., Markin V.N., Soloshenkov A.D.** Assessment of the requirements of soil biota to hydrothermal environmental conditions In the collection: Reports of the TSKHA. 2020. S. 173-178.
19. **Shabanov V.V., Soloshenkov A.D.** Quantitative methods of fertility assessment for the purposes of accurate reclamation regulation Of Natural Engineering. 2020. № 4. S. 13-22.
20. **Shabanov V.V., Sharsheev E.S.** Statistical parameters of precipitation distribution. Environmental engineering. 2009. № 3. S. 13-23.
21. **Shabanov V.V., Markin V.N., Soloshenkov A.D.** Questions of substantiation of the need for accurate reclamation regulation of the complex of factors of plant life and soil biota. In the collection: Problems of development of agricultural land reclamation and water management complex based on digital technologies. Materials of the international anniversary scientific and practical conference. 2019. S. 71-76.
22. **Markin V.N., Shabanov V.V.** Database for assessing the ecological state of natural systems. Environmental engineering. 2019. No. 5. P. 111-117.