

ИСКОПАЕМЫЕ СЛЕДЫ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ НА УКРАИНЕ

И. Н. Ремизов

Ископаемые следы многолетней мерзлоты почвы заслуживают исследования по многим причинам: 1) это климатические окаменелости, свидетельствующие о больших качественных изменениях климатических условий, происходивших в прошлом; 2) они облегчают детальное изучение стратиграфии четвертичных отложений; 3) они могут дать материал для выяснения таких особенностей местных и климатических условий, которые пока невозможно установить какими-либо иными исследованиями; 4) изучение их требует значительно меньших затрат труда по сравнению с другими методами.

Мерзлотные нарушения залегания слоев (криодислокации) возникают в результате изменения объема насыщенных водой рыхлых пород при замерзании их и значительном понижении температуры ниже нуля. Они вызываются тем, что вода, превращаясь в лед, увеличивает свой объем на 9,49%, а лед имеет коэффициент теплового расширения приблизительно в 5 раз больше, чем у породообразующих минералов, и льдистые породы при охлаждении испытывают заметное растяжение. Кроме того, наличие отрицательной температуры создает на глубине водонепроницаемый экран, который прекращает инфильтрацию атмосферных осадков и увеличивает влажность почвы порой до насыщения ее водой. Это настолько облегчает образование криодислокаций, что по ним всегда можно уверенно обнаруживать существование в прошлом многолетней мерзлоты.

Уменьшение объема льдистых пород ведет к образованию морозобойных трещин, ледяных жил и псевдоморфоз по ним, достигающих значительных размеров потому, что трещины из года в год образуются на тех же местах.

Расширение воды при замерзании ее в условиях многолетней мерзлоты, смерзание деятельного слоя с вечномерзлым и замерзание изолированных мерзлотой линз талых пород, насыщенных водой, приводит к возникновению напряжений в замерзающем грунте, вызывающих бугрообразование, смятие слоев на глубине, к вымораживанию камней на поверхность и движению деятельного слоя по склонам.

В ископаемое состояние могут переходить: 1) морозобойные трещины полигональных или структурных «почв» и «ледяные» клинья; 2) мерзлотные смятия — следы бугрообразования (бугров могильников, наледей грунтовых вод или гидролакколитов, булгуныхов); 3) вымораживания камней и закономерное размещение их на поверхности (каменные многоугольники, кольца, фестоны, «котлы кипения»);

4) массы деятельного слоя, смещенные по склонам солифлюкцией (солифлюксий, псевдоморена).

Каждый из этих типов криодислокаций изменяется в зависимости от климата, особенностей рельефа, экспозиции, почвенного и растительного покрова, геологического строения, гранулометрического состава и водопроницаемости пород, слагающих деятельный слой, его толщины и рельефа поверхности многолетней мерзлоты. В свою очередь криогенные процессы отражаются на ландшафте, преобразуют рельеф, почвенный покров, обуславливают режим грунтовых вод и таким образом являются активным агентом ландшафта. Все это свидетельствует о том, что их следует изучать, а при съемке четвертичных отложений необходимо тщательно фиксировать и подвергать детальному анализу.

Для иллюстрации мы использовали свои наблюдения, главным образом из окрестностей Харькова, но ввиду малого объема статьи заменили описания нарушений и разрезов рисунками и ссылками на литературные источники.

Нарушения первого типа приурочены к подошвам лессовых ярусов и встречаются на плато, террасах, покрытых двумя и более лессами. Среди них можно различить грунтовые жилы (трещины) структурных или полигональных «почв» и крупные «ледяные» клинья, связанные с ними переходными формами.

Структурные «почвы» очень распространены и приурочены к подошвам всех пяти лессовых ярусов. Это система узких, клинообразных жил, заполненных лессовидным суглинком, врезающихся в подстилающие лесс глинистые породы на глубину от нескольких дециметров до 2—3 метров и пересекающихся в плане (рис. 1). Даже в подошве самого молодого бугского яруса лесса они распространены до берегов Азовского и Черного морей [14]. В окрестностях Харькова и вообще на Украине структурные «почвы» особенно часто встречаются на пологих погребенных склонах, где замещают или нарушают ископаемые почвы. На ровных поверхностях трещины заполнены гумусовым суглинком ископаемой почвы, в который сверху вклиниваются жилки лесса. Заполнение их на пологих склонах покрывающим лессовидным суглинком, кое-где с прожилками гумусового суглинка ископаемой почвы, свидетельствует о том, что образование морозобойных трещин было не первым из следствий возникновения многолетней мерзлоты и почва на склонах уже была смыта или уничтожена солифлюкцией перед образованием трещин и началом накопления лессовой пыли.

Наиболее крупные грунтовые жилы — «ледяные» клинья — на Украине встречаются двух типов.

1. Клинья, заполнявшиеся во время роста поверхностным материалом, который периодически заполнял узкие трещины и приобрел вид вертикальных или круто наклоненных жилок, приблизительно парал-



Рис. 1. Структурная «почва» — внедрения днепровского лессовидного суглинка в тилигульский в разрезе новохарьковской террасы, на Толкачевке, в Харькове. Вид сверху. Условные обозначения: 1. $Q_{II}^{4dn.I}$ — суглинок тяжелый, шоколадный, днепровский. 2. $Q_{II}^{2don.I}$ — суглинок тяжелый, желто-коричневый, тилигульский. 3. Конкрекции карбонатов.

лельных стенкам клина. Эти жилки заканчиваются на глубине независимо друг от друга, как это вообще характерно для эпигенетических ледяных жил. Клинья, видимо, никогда не состояли из чистого льда. Резкое расширение их верхней части соответствует нижней границе деятельного слоя. Хорошим примером могут служить клинья, описанные нами [13, стр. 16, рис. 1] на северной окраине Харькова, у поселка «Монтажник» (рис. 2).

2. Клинья, заполненные породой, лишенной слоистости или выстилающей стенки клина концентрически, т. е. настоящие ледяные клинья

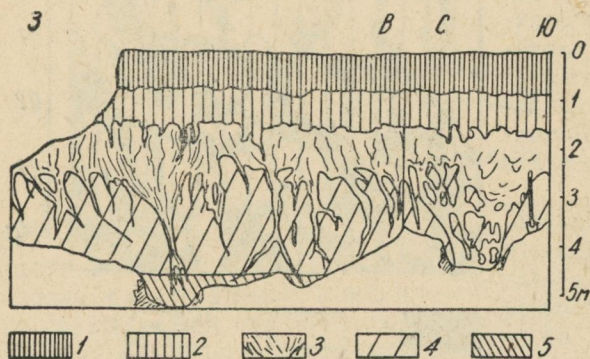


Рис. 2. «Ледяные» клинья первого типа в верхнем овраге у поселка «Монтажник» на северной окраине Харькова.

Условные обозначения: 1. Q_{VI}^{el} — гумусовый горизонт почвы. 2. Q_{VI}^{el} — суглинок тяжелый, желто-

коричневый, лишенный карбонатов — выщелоченный горизонт почвы на днепровском лессовидном суглинке. 3. $Q_{II}^{3od.el}-Q_{II}^{4dn.l}$ суглинок тяжелый, неравномерно окрашенный гумусом — смесь одицовой ископаемой почвы и днепровского лесса. 4. $Q_{II}^{2don.l}$ — суглинок тяжелый, палевоый, лессовидный — тилигульский. 5. $Q_{II}^{1ich.el}$ — суглинок гумусовый, темно-серый — лихвинская ископаемая почва.

веро-востоке Сибири, Чукотке и в северной Аляске, т. е. в областях с очень суровыми зимними стужами и тонким снежным покровом, часто сдуваемым ветрами. Почва здесь, глубоко и сильно промерзая, разрывается глубокими морозобойными трещинами. Трещины из года в год возникают в одних и тех же местах, а с наступлением лета заливаются водой, образующей в них широкие (до нескольких метров) и глубокие ледяные клинья. Затекая в открытые трещины мерзлого грунта, вода замерзает и оказывает сильное давление на стенки, вызывая уплотнение и смятие слоев, примыкающих к трещинам, выпирание и загибание их кверху, возле клиньев, в виде «ушей» [6, стр. 5] и валиков на поверхности. Подобные ледяные клинья образуются на пониженных влажных пространствах тундры и тянутся на значительные расстояния почти параллельно, в виде двух систем, пересекаясь или примыкая друг к другу под углами, близкими к прямым [9, фиг. 49; 15, стр. 21, фиг. 4]. Они создают своеобразную шахматную или ортогональную поверхность тундры с ячейками до 40—50 м, которые разделены клиньями, сопровождающими их валиками и заняты мелкими промерзающими озерами или обширными лужами. Трещины, в которых помещаются клинья, ле-

того типа таймырских полигонов, которые были заполнены покрывающей породой во время вытаивания льда. Эти клинья бывают заполнены мореной — с. Недригайлов [10, стр. 225, рис. 1—3; 8, стр. 300], песчаным суглинком — с. Стецковка [10, стр. 227, рис. 7], лессовидным суглинком — Львов [4, стр. 141], Новгород-Северск [6, стр. 8], с. Недригайлов [8, стр. 299]. В качестве типичного примера приведем зарисовку клина в с. Стецковке (рис. 3).

Первый тип клиньев распространен во внеледниковых районах, второй — на площади оледенения или на незначительном удалении от края ледника.

Ледяные клинья наблюдаются в настоящее время на Таймыре, се-

том также покрыты водой. В деятельном слое летом лед вытаивает и остается постоянно в виде мощной жилы в мерзлом слое. Мерзлота мало оттаивает даже в летнее время, и следы ледяных клиньев всегда соответствуют кульминационному пункту ухудшения климата [6, стр. 5]. Поэтому образование «ледяных» клиньев, заполненных лессами или лессовидными суглинками, служит также доказательством сухого, холодного климата времен лессообразования и одновременности их оледенениям.

Естественно, что при подобных климатических условиях на Украине далеко не всюду были ровные и достаточно увлажненные пространства, сложенные однородными толщами глинистых пород (что, между прочим, также является необходимым условием), на которых могли бы образовываться типичные ледяные клинья. Этому мешали как сухость климата, развивавшаяся ко времени накопления лесса, так и расчлененность рельефа.

Клинья первого типа, связанные переходами с жилами структурных «почв», видимо, развивались в менее специфических условиях на более сухих участках. Рост их происходил в результате затекания в трещины воды с минеральными взвесями, скорее всего жидкой грязи, в силу чего тело клиньев было сложено льдистой породой, внесенной с поверхности. Так как наибольшие колебания температуры и сжатия грунта происходили у поверхности, то грунтовые жилы расширялись к поверхности, особенно у подошвы деятельного слоя, в пределах которого внесенный материал легче мог разместиться, раздвигая трещины в породах, оттаивавших каждый год или в некоторые более теплые годы, чем на глубине, где мерзлые породы никогда не оттаивали. Поэтому «ледяные» клинья первого типа имеют в верхней части резкое расширение, нижняя часть которого совпадала с подошвой деятельного слоя.

В связи с менее строгими условиями своего образования клинья первого типа распространены несравненно шире. Точных современных аналогов их мы пока не знаем, но грунтовые жилы структурных «почв», к которым они очень близки и совместно с которыми они всегда встречаются, наиболее близки к современным грунтовым жилам Ленско-Виллюйского водораздела [15, стр. 24—29] и северо-востока СССР [15, стр. 33, фиг. 3], развивающимся на ровных участках и склонах. Отличие заключается в отсутствии у нас горизонтальных ответвлений жил и трещин, что, видимо, обусловлено как более однородным составом рассекаемых трещинами суглинков, так и менее суровыми климатическими условиями.

Часто можно наблюдать несколько горизонтов структурных «почв» или «ледяных» клиньев первого типа друг над другом, разделяющих лессовые ярусы, но пока не удалось видеть одновременно более четырех

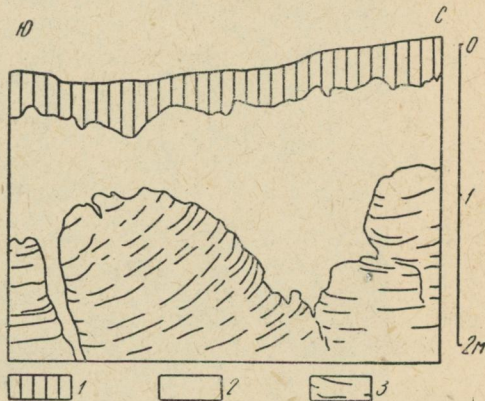


Рис. 3. Ледяные клинья второго типа в с. Стецковке.

Условные обозначения: 1. Q_{v1}^{el} — гумусовый горизонт почвы. 2. $Q_{II}^{4dnf1g1}$ — суглинок легкий, песчаный, буровато-серый — днепровский флювиогляциал. 3. N_2^{1all} — глина серая свиты пестрых глин.

таких горизонтов. Последнее мы наблюдали в Харькове, Змиеве, Жданове, с. Русских Тишках.

На случай возражений против толкования грунтовых жил как результата многолетней мерзлоты [18] и для более надежного распознавания приводим их характерные черты.

1. Размещение трещин на расстояниях от дециметров до нескольких метров друг от друга, расширение их кверху и заполнение покрывающей породой, чаще всего лессовидным суглинком или лессом.

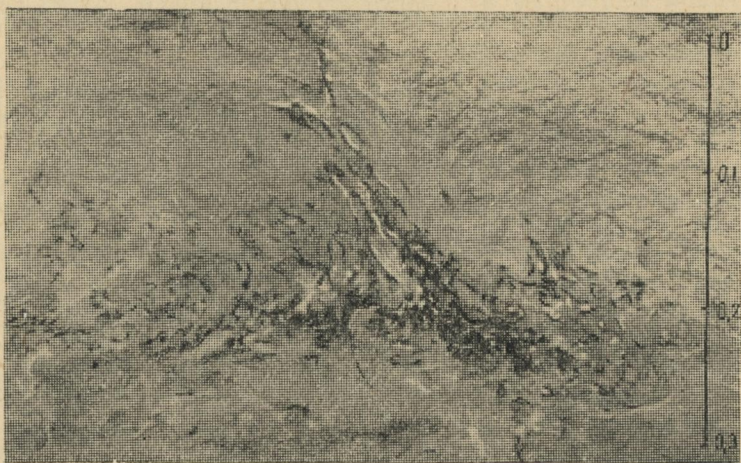


Рис. 4. Следы течения супеси с землистыми выделениями окислов железа и марганца в верхней части смятой толщи на Дальней Журавлевке в Харькове.

2. Расположение в трещинах лессовидной породы или разрушенной почвы в виде вертикальных прожилок, параллельных стенкам трещин.

3. Наличие в верхней части рассекаемого горизонта глыб породы с размазанными, неясными очертаниями, изолированных со всех сторон грунтовыми жилами, и резкие границы трещин вниз.

4. Отсутствие в жилах каких-либо остроугольных обломков.

5. Уплотненность и загибание кверху слоев, примыкающих к клиньям, и образование ими валиков или «ушей».

6. Разрушение почвенного покрова перед образованием трещин и выпадение на пологих склонах из разрезов ископаемых почв, сохраняющихся на горизонтальных участках.

Кроме описанных выше эпигенетических грунтовых жил, изредка наблюдаются сингенетические жилы в флювиогляциальных суглинках и супесях, периодически накапливавшихся во временных водоемах. Это клиновидные загибы слойков вниз вдоль трещин, вложенные друг в друга [16]. Они образовались одновременно с накоплением осадков на периодически осушавшихся окраинах водоемов.

Мерзлотные смятия слоев на глубине представляют следы бугрообразования, возникавших благодаря давлению, развивавшемуся в нижней части деятельного слоя, в замерзающих линзах грунта, насыщенного водой.

При наступлении зимних холодов деятельный слой, оттаивающий каждое лето, начинает замерзать с поверхности и ко второй половине зимы обычно успевает промерзнуть до вечномерзлого слоя. Однако между сезонной и вечной мерзлотой могут оставаться линзы талого

грунта, замерзающие после смерзания зимней и многолетней мерзлоты. В этих линзах, как в замкнутых резервуарах, при замерзании развивается значительное давление, приводящее к возникновению бугров наледей грунтовых вод. Последние вздуваются там, где сезонная мерзлота тоньше. К такому бугру из всех частей линзы замерзающего грунта устремляется вода и образует под ним подземный резервуар — гидролакколит, который при особенно сильных морозах может не выдержать давления воды и лопнуть, образовав фонтан, или даже разлететься на куски мерзлого грунта, иногда достигающие веса в десятки и сотни тонн [17, стр. 73].

При поднятии наледного бугра, особенно в момент его прорыва, вода под напором устремляется к бугру и может привести некоторые горные породы, главным образом мелкозернистые пески, в текучее состояние. Если возникшая трещина достигнет значительного слоя песка, то избыток воды может полностью фильтроваться через песок, и в этом случае только возле трещины гидродинамические напряжения могут оказаться достаточно сильными, чтобы частично перевести песок в текучее состояние и увлечь его или вызвать смещение его вдоль трещины. Это выражается в загибании слоев кверху, как мы наблюдали в Челябинске [11, рис. 3], а также в размазывании содержащихся в песке землистых скоплений железа и марганца (рис. 4). При чередовании же слоев с различной водопроницаемостью в текучее состояние раньше перейдут водопроницаемые слои песков, которые начнут смещаться к местам ослабленного давления и оттока воды и образуют под ними раздувы в виде коротких антиклиналей (рис. 5 и 6). При пластичном состоянии смежных глинистых слоев последние не разрываются, а только деформируются и смещаются в стороны от раздувов, образуя синклинали или карманы между ними [13, стр. 25, рис. 3; 10, стр. 229, рис. 10].

Мерзлотные смятия, известные нам в пределах Украины, представляют сравнительно небольшие бугры наледей грунтовых вод. В районе Харькова мы их обнаружили в аллювии всех плейстоценовых террас, начиная с градижской (бурлукской или яготинской) вплоть до боровой (рис. 7), в пролювии древнего оврага на бурлукской террасе у стадиона «Пионер», в чередующихся слоях юрских мелкозернистых песков и глин под четвертичными суглинками в карьере с. Николаевки, Донецкой области. Смятия, как правило, приурочены к верхней части аллювия и подстилаются ненарушенными песками.

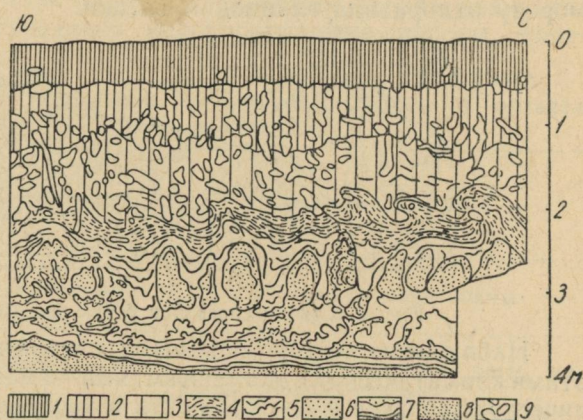


Рис. 5. Мерзлотные смятия аллювия каменной террасы на Дальней Журавлевке в Харькове.

Условные обозначения: 1. Q_{IV}^{el} — гумусовый горизонт почвы. 2. Q_{IV}^{el} — выщелоченный горизонт почвы — суглинок легкий, песчаный, палево-бурый; 3—8. $Q_{III}^{1mik.all}$ — микулинский аллювий каменной террасы: 3, 5, 7 — суглинок серый карбонатный; 4 — супесь серая с ржавыми пятнами; 6 — песок разнозернистый желтый и серый, 8 — песок мелкозернистый, серый. 9 — Кротовины.

Образование сходных, но значительно меньших смятий возможно под действием сезонной мерзлоты [18], если в нижней части насыщенной водой промерзающей толщи имеются водонепроницаемые породы, образующие замкнутые углубления. Но такие условия скорее представляют редкое исключение и не приложимы к наблюдавшимся нами случаям. Гигантские нарушения на горах Калитве и Пивихе, которые Д. П. Назаренко склонен объяснять деятельностью гидроакколитов или булугуняхов [8, стр. 306], слишком велики для этого и представляют морену напора или гляциодислокации.

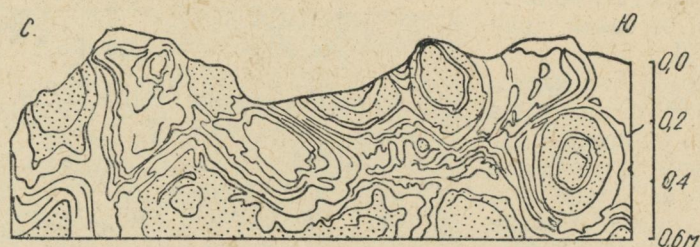


Рис. 6. Смятие слоев 5 и 6 там же (рис. 5). Вид сверху.

Наблюдения над ископаемыми следами многолетней мерзлоты — этими климатическими окаменелостями — имеет большое научное и практическое значение и должно войти в арсенал приемов четвертичной гео-

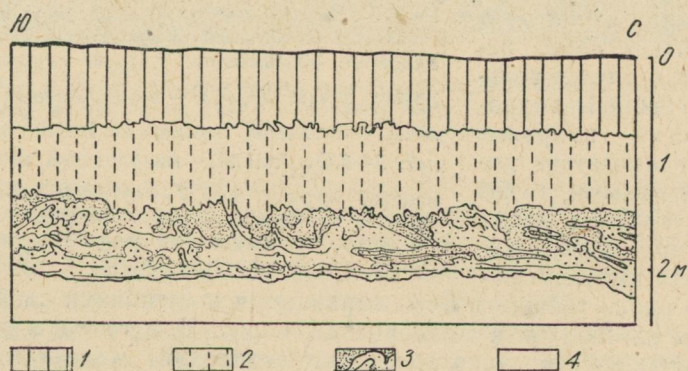


Рис. 7. Смятие слоев аллювия бортовой террасы р. Лопани у Зоотехнического института, ст. Лозовеньки.

Условные обозначения: 1. Q_{IV}^{el} — супесь темно-серая, окрашенная гумусом. 2. Q_{IV}^{el} — супесь и песок зеленовато-серые с ржавыми пятнами. 3. Q_{III}^{all} — песок и супесь с прослоями песчаного суглинка, серые и ржаво-желтые. 4. Осыпь до уровня воды в канаве.

логии, тем более, что их можно устанавливать не только в обнажениях, но и по керну скважин механического бурения. Рассмотрение механизма их образования позволяет воссоздать многие особенности географических условий прошлого; находить их современные аналоги, улавливать не только черты сходства, но и отличия от этих аналогов и тем самым восстанавливать как общие, так и специфические черты природы наших мест в отдаленные эпохи, резко отличные от современной по своим климатическим условиям.

Исследование ископаемых следов многолетней мерзлоты, дополненное совместно с П. В. Ковалевым [14] для времени последнего оледенения и накопления бугского яруса лесса исследованием других явлений

и элементов ландшафта, позволило нам выяснить некоторые особенности условий на Украине во время оледенений северо-западной Европы.

Это были времена холодного, сначала достаточно влажного, а потом сухого климата, когда на пологих склонах разрушались почвы, глинистые поверхности водоразделов и древних террас покрывались сетью трещин структурных «почв», а кое-где на ровных участках возникали широкие трещины «ледяных» клиньев или настоящая ортогональная тундра. В речных долинах, на поверхностях террас, где в пределах деятельного слоя встречались водопроницаемые породы, появ-

Таблица 1

Сопоставление четвертичных отложений восточной Украины и области оледенения Русской равнины

Система	Отдел	Индекс	Область оледенения	Восточная Украина
Четвертичный	Голоцен	Q _{IV}	Последниково́е	Почва, аллювий поймы
	Неоплейстоцен	Q _{III} ^{4ost}	Осташковское оледенение	Бугский лесс, верхняя часть аллювия бортовой террасы
		Q _{III} ^{3mol}	Мологосексинское межледниковье, беломорская—шерухедская трансгрессия	Искапаемая почва, нижняя часть аллювия бортовой террасы
		Q _{III} ^{2or}	Оршанское (калининское ¹) оледенение	Удайский лесс, аллювий каменской (трубежской, однолессовой) террасы
		Q _{III} ^{1mik}	Микулинское межледниковье, бореальная—эемская трансгрессия	Искапаемая почва, нижняя часть аллювия каменской и верхняя перемысско-черкасская (краснодонской, двухлессовой) террасы
	Мезоплейстоцен	Q _{II} ^{4dn}	Днепровское (московское) оледенение	Днепровский лесс, флювиогляциал, морена, нижняя (большая) часть аллювия перемысско-черкасская террасы
		O _{II} ^{3od}	Одинцовское межледниковье, северная трансгрессия	Искапаемая почва, пойменный аллювий градижской (яготинской, таганской, моренной) террасы
		O _{II} ^{2don}	Донское (Днепровское) оледенение	Тилигульский лесс, грубые пески аллювия градижской террасы
		Q _{II} ^{1lichv}	Лихвинское межледниковье, голяштинская трансгрессия	Искапаемая почва, аллювий градижской террасы с Viviparus diluvianus (Kunth.)
	Эоплейстоцен	Q _I ^{2ok}	Окское оледенение	Сульский лесс, аллювий (флювиогляциал) градижской террасы
		Q _I ^{1pregl}	Доледниковье	Искапаемая почва, верхняя часть аллювия гуньковской террасы с чаудинской фауной
Неогеновая	Плиоцен	N ₂ ³		Аллювий верхнеплиоценовых террас, элювий—верхняя часть краснобурых глин

¹ В скобках приведены названия оледенений по А. И. Москвитину [7], не соответствующие принятым нами, и синонимы названий террас.

лялись каждую зиму многочисленные бугры наледей грунтовых вод, которые во второй половине зимы, при лютых морозах, прорывались и образовывали иногда значительные разливы — наледи. Дальнейшее развитие оледенения приводило к еще большему похолоданию и уменьшению влажности; оно сопровождалось накоплением лессовой пыли как на плато и террасах, так и на склонах. Поверхность, лежащая за пределами речных пойм, представляла лессовую равнину, т. е. холодную степь с сухой мерзлотой и почвами сероземного типа, бедными гумусом. Древесная растительность ютилась в речных долинах, балках, и степь на севере граничила непосредственно с тундрой. Севернее лессовой равнины, между ней и краем ледника, расстилались обширные арены развевания, захватывавшие Полесье и порой распространявшиеся значительно южнее.

Благодаря тому, что удалось установить грунтовые жилы структурных «почв» в подошве всех пяти лессовых ярусов¹: сульского, тилигульского, днепровского, удайского и бугского, а также наличие мерзлотных смятий в аллювии всех плейстоценовых террас — градижской (таганской или яготинской), переяславско-черкасской (краснодонской), каменной (трубежской или однолессовой) и боровой — выяснено, что на территории Украины пять раз распространялась многолетняя мерзлота почвы. Это совпадало с окским, донским² (днепровским), днепровским (московским), оршанским (калининским) и осташковским оледенениями северо-запада Русской равнины. По крайней мере четыре последних раза многолетняя мерзлота распространялась на территории восточной Украины вплоть до берегов Азовского и Черного морей. Это позволяет, не дожидаясь открытия и исследования на Украине спорово-пыльцевых спектров межледниковых отложений и лессов, сопоставить четвертичные отложения Украины с оледенениями и межледниковьями и таким образом распространить на Украину стратиграфическую шкалу области материковых оледенений (табл. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев Н. И. О возрасте Днепровского и Донского ледниковых языков. Уч. зап. Харьковск. ун-та, т. XXVI, Зап. ин-та геол., т. IX, 1948.
2. Дмитриев Н. И. О стратиграфии лёссовых пород Среднеднепровья и соотношении лёссовых и моренных горизонтов. Лёссовые породы Украины. Тр. Ин-та геол. наук АН УССР, серия геоморфол. и четвертичной геол., вып. 1, 1957.
3. Крокос В. И. К вопросу о номенклатуре четвертичных отложений Украины. «Докл. АН СССР», т. II, № 8, 1934.
4. Кудрин Л. Н. Об ископаемых следах «вечной» мерзлоты в окрестностях г. Львова. Географический сборник Львовск. гос. ун-та, вып. 3, 1956.
5. Москвитин А. И. «Ледяные» клинья — клиновидные трещины и их стратиграфическое значение. Бюллетень Московск. о-ва исп. природы, отд. геол., т. XVIII, вып. 2, 1940.
6. Москвитин А. И. О следах мерзлоты и необходимости их распознавания. «Мерзлотоведение», т. II, № 1, 1947.
7. Москвитин А. И. Современные представления о стратиграфическом делении и длительности плейстоцена. Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, № 23, Изд-во АН СССР, М., 1959.
8. Назаренко Д. П. О мерзлотных смятиях, клиновидных трещинах, гляцио-дислокациях и других маргинальных образованиях в области Днепровского ледникового языка. Уч. зап. Харьковск. гос. ун-та, т. XCIII, Зап. геол. ф-та, т. 14, 1957.

¹ Мы придерживаемся названий ярусов лессов, данных В. И. Крокосом [3], и сопоставления их с моренами Н. И. Дмитриева [2], представления которого подтверждают наши исследования.

² Н. И. Дмитриев выяснил [1, 2], что донское оледенение древнее днепровского и отделено от него одинцовским межледниковьем. Таким образом, на Украине днепровское оледенение соответствует московскому оледенению А. И. Москвитина и других авторов. Синонимы названий оледенений приведены нами в скобках.

9. Обручев С. В. Шахматные (ортогональные) формы в областях вечной мерзлоты. Известия Российского географического общества, № 6, 1938.
 10. Природные ресурсы Левобережной Украины и их использование. Материалы межведомственной научной конференции, т. I, Харьков, 1961.
 11. Ремизов І. М. Мерзлотні порушення залягання порід в околицях Челябінська. Наук. зап. Харківськ. держ. педагогічного ін-ту, т. XIII, Вид-во «Радянська школа», 1954.
 12. Ремизов И. Н. Искапаемые следы «вечной» мерзлоты в окрестностях Харькова и их значение для стратиграфии четвертичных отложений. Тезисы докладов межведомственной научной конференции, посвященной изучению природных ресурсов Левобережной Украины, Изд-во ХГУ, Харьков, 1959.
 13. Ремизов И. Н. Геоморфологическая экскурсия в Харькове. Путеводитель. Программа межведомственной научной конференции, посвященной изучению и использованию природных ресурсов левобережья Украинской ССР, Изд-во ХГУ, Харьков, 1959.
 14. Ремизов И. Н. и Ковалев П. В. Физико-географические условия накопления бугского яруса лесса на Украине. Известия Харьковского отдела Географического о-ва Союза ССР, Изд-во ХГУ, Харьков, 1963.
 15. Сборник статей по общему мерзлотоведению. Труды ин-та мерзлотоведения АН СССР, т. XVI, М., 1960.
 16. Соколовський І. Л. Про викопні сліди «вічної мерзлоти» в четвертинних відкладах західної частини УРСР. «Доповіді АН УРСР», 1955, № 4.
 17. Сумгин М. И. и Демчинский Б. Н. Завоевание севера (в области вечной мерзлоты). Изд-во АН СССР, М.—Л., 1938.
 18. Федорович Б. А. Мерзлотные образования в степях и пустынях Евразии. Труды Комиссии по изуч. четвертичного периода, т. XIX, 1962.
-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА ЮГЕ УКРАИНЫ

(Гидрометеорологическое обоснование)

Г. П. Дубинский

На протяжении всей истории промышленного свеклосеяния вопрос изучения зависимости урожайности сахарной свеклы, ее основных производственных признаков — веса корня и его сахаристости — от факторов внешней среды не терял своей актуальности. Проведена большая работа в области познания закономерностей в отношениях между организмом свекловичного растения и условиями его существования. Многие изыскания в этой области дали значительные результаты. Сделанные по ним выводы положены в основу системы мероприятий по возделыванию этой ценнейшей технической культуры.

Многочисленные наблюдения свидетельствуют об огромном разнообразии влияния почвенно-климатических условий на урожай и качество сахарной свеклы вследствие различного сочетания факторов климата и почвы в течение каждого вегетационного периода. Вопрос изучения закономерностей этого влияния на рост и развитие растений сахарной свеклы по праву занимает важное место в научно-исследовательской работе в области сельского хозяйства.

Особую остроту и актуальность он приобретает в условиях орошаемого земледелия юга нашей страны, в частности Украины, т. е. в связи с необходимостью создания свекловичному растению оптимальных условий развития на общем фоне неблагоприятного сочетания климатических явлений путем активного преобразования природы.

В климатических условиях засушливого юга Украины, во многих отношениях столь благоприятного как для роста сахарной свеклы, так и для интенсивного образования и отложения сахара в корне, необходимым условием интенсивного ведения свекловодства является орошение, обеспечивающее сбалансированное физиологическое испарение воды с подачей ее корневой системой в условиях наведенного микроклимата. В основе этого процесса лежит состояние водного и теплового балансов свекловичных полей, составляющие которых претерпевают под влиянием орошения коренные изменения в благоприятном для растений направлении.

Орошение приводит к значительному (в наших условиях на 10—25%) увеличению приходной части теплового баланса — радиационного баланса (B), определяющего энергетический режим верхнего слоя почвы и нижнего слоя атмосферы (рис. 1, 2, табл. 1). Это вызывается увеличением количества поглощенной коротковолновой радиации вследствие уменьшения альбедо и особенно уменьшением величины эффективного излучения.

Таблица 1
Тепловой баланс орошаемых и неорошаемых свекловичных полей в среднем за период наблюдений (июль—август) 1960 г.
Опытное хозяйство „Копани“ УкрНИИОЗа

Составляющие теплового баланса	Неорошае- мое поле		Орошаемое поле		Изменение по сравне- нию с не- орошаемым полем	Неорошае- мое поле		Орошаемое поле		Изменение по сравне- нию с не- орошаемым полем
	кал/см^2 <i>мин</i>	в процентах от <i>B</i>	кал/см^2 <i>мин</i>	кал/см^2 <i>мин</i>		кал/см^2 <i>мин</i>	в процентах от <i>B</i>	кал/см^2 <i>мин</i>		
	7-часовой срок					13-часовой срок				
<i>B</i>	0,26	100	100	0,28	увелич. на 8%	0,87	100	100	0,98	увелич. на 12,6%
<i>V</i>	0,22	85	93	0,26	увелич. в 1,2 раза	0,45	52	80	0,78	увелич. в 1,7 раза
<i>L</i>	0,03	11	3	0,01	уменьш. в 3 раза	0,37	42	18	0,18	уменьш. в 2,1 раза
<i>P</i>	0,01	4	3	0,01	—	0,05	6	2	0,02	уменьш. в 2,5 раза

Радиационный приход тепла на свекловичных полях расходуется (как показывают исследования) в среднем в следующем соотношении:

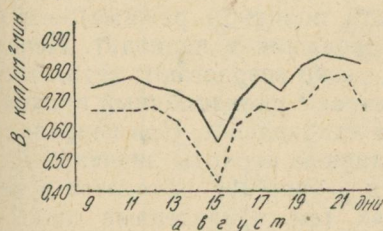


Рис. 1. Изменение под влиянием орошения радиационного баланса на свекловичном поле в 13-часовой срок. Каменка-Днепровская, 1960 г.

Условные обозначения:
— орошаемое поле,
----- неорошаемое поле

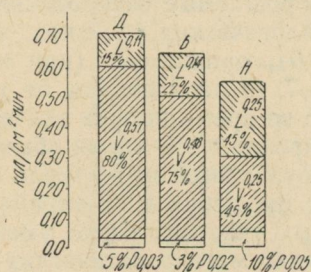


Рис. 2. Распределение составляющих теплового баланса свекловичных полей, орошаемых по бороздам (Б), дождеванием (Д) и неорошаемых (Н) (в $\text{кал/см}^2\text{мин}$ и в % от B).
Каменка-Днепровская, 29 июля 1958 г.
13-часовой срок.

на турбулентный теплообмен (L) идет 40—60% на неорошаемых участках и лишь 10—15% на поливных, на испарение (V) соответственно 30—50% и 80—90%, на теплообмен в почве (P) — 10% и 3—5%. Соотношения составляющих теплового баланса зависят от фазы развития сахарной свеклы, состояния деятельной поверхности, режима и способа орошения и проведения других агротехнических мероприятий. В то же время в зависимости от соотношения составляющих теплового баланса изменяется их роль в формировании микроклимата сельскохозяйственных полей.

Помимо средних (за вегетационный период или часть его) изменений теплового баланса, значительный интерес представляет также анализ изменений составляющих его под действием орошения (различными способами, нормами и т. д.) за более короткие промежутки времени, в частности, динамика изменений после отдельного полива и др. (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2

Дневные суммы составляющих теплового баланса на орошаемом (по бороздам) и неорошаемом свекловичных полях. Колхоз им. Ленина Снигиревского района (Ингулецкие орошаемые массивы), 25 июля 1962 г.

Составляющие теплового баланса	Неорошаемое поле		Орошаемое поле		Изменение по сравнению с данными неорошаемого поля
	кал/см ²	в процентах от <i>B</i>	кал/см ²	кал/см ²	
<i>B</i>	333,6	100	100	374,8	увелич. на 12%
<i>V</i>	102,1	31	82	306,2	увелич. в 3 раза
<i>L</i>	211,2	63	16	59,8	уменьш. в 4 раза
<i>P</i>	20,3	6	2	8,8	уменьш. в 2 раза

Наибольший интерес представляют происходящие в результате орошения изменения величин тепло- и влагообмена между деятельной поверхностью и воздухом, определяющих термический режим приземного слоя воздуха и процессы влагообмена.

Отношение величины затраты тепла на испарение к величине турбулентного теплообмена, названное нами коэффициентом тепловлагообмена ($K_{т.в.} = \frac{V}{L}$), является показателем состояния фитолимата.

Неорошаемые свекловичные поля, находящиеся в неблагоприятных метеорологических условиях, характеризуются малыми значениями $K_{т.в.}$ (0,5—1,0); орошаемые (при правильном поливном режиме) — в среднем 4—7 (в зависимости от режима орошения и периода). Непосредственно во время полива значения $K_{т.в.}$ резко возрастают: затраты тепла на испарение в это время обычно превышают радиационный приход тепла, турбулентный поток тепла изменяет направление. При неправильном режиме орошения в отдельные межполивные периоды значения $K_{т.в.}$ на поливных участках резко уменьшаются — растения находятся в неблагоприятных метеорологических условиях (см. приведенный ниже анализ наблюдений отдельных лет).

Для практических целей формулу $K_{т.в.}$ можно с достаточной степенью точности преобразовать в следующий вид: $K_{т.в.} = 1,56 \frac{\Delta e}{\Delta t}$, что позволит по данным градиентных наблюдений производить расчеты потоков тепла и влаги.

Величины теплообмена в почве составляют малый удельный вес в тепловом балансе, но отдельные его компоненты, претерпевающие значительные изменения в орошаемом земледелии по сравнению с неорошаемым, оказывают большое влияние на состояние микроклимата.

Перераспределением составляющих теплового баланса, вызванным орошением, обусловлена коренная перестройка температурного, влажностного и ветрового режимов свекловичных полей в благоприятном для растений направлении — гидрометеорологический эффект орошения.

Под влиянием орошения существенно изменяется **режим температуры почвы** в результате большой затраты тепла на испарение и значительной затененности поверхности поля хорошо развитыми свекловичными растениями.

На орошаемых полях температура почвы значительно ниже: она равна или приближается к оптимальной. Изменение термического режима почвы под влиянием орошения ярко проявляется как на ее поверхности, так и на глубинах (рис. 3, 4; табл. 3).

Орошение повышает теплопроводность почвы, обеспечивая равномерный ее прогрев и уменьшение температурных колебаний.

Таблица 3

Изменение под влиянием орошения температуры почвы (в °С) на свекловичном поле на глубинах 15 и 20 см в 13-часовой срок.
Колхоз им. Ленина Снигиревского района (Ингулецкие орошаемые массивы), 1961 г.

Поле	И ю л ь						А в г у с т									
	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Г л у б и н а 15 см																
Неорошаемое	24,0	24,0	25,4	26,8	27,0	25,0	28,0	25,2	26,8	24,0	26,2	25,2	25,5	26,0	26,0	26,9
Орошаемое	20,2	21,5	22,4	23,2	23,6	22,5	22,6	22,0	22,6	21,6	21,5	20,5	20,5	20,7	21,1	22,2
Разность н—о	3,8	2,5	3,0	3,6	3,4	2,5	5,4	3,2	4,2	2,4	4,7	4,7	5,0	5,3	4,9	4,7
Г л у б и н а 20 см																
Неорошаемое	23,0	22,8	24,0	25,0	25,0	26,4	26,0	24,1	25,0	23,0	25,0	24,0	24,0	24,0	24,0	25,8
Орошаемое	20,6	20,5	21,3	22,0	22,4	22,5	21,7	21,5	21,6	21,1	21,0	20,0	19,6	20,0	20,1	21,0
Разность н—о	2,4	2,3	2,7	3,0	2,6	3,9	4,3	2,6	3,4	1,9	4,0	4,0	4,4	4,0	3,9	4,8

Таблица 4

Изменение под влиянием орошения (дождевание) относительной влажности воздуха (высота 0,2 м от поверхности почвы) на свекловичном поле в 13-часовой срок (в %). Опытное хозяйство „Копани“ УкрНИИОЗа, 1961 г.

Поле	А в г у с т																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Орошаемое	40	56	57	65	62	64	56	49	44	59	58	65	52	67	65	67	57	59
Неорошаемое	32	39	30	42	40	36	34	41	35	43	32	32	27	46	36	37	35	57
Разность о—н	8	17	27	23	22	28	22	8	9	16	26	33	25	21	29	30	22	2

Наибольшие различия наблюдаются в течение светлой части суток с максимумом в околополуденное время.

Для орошаемых свекловичных полей характерен и более сглаженный температурный режим воздуха, являющийся одним из основных

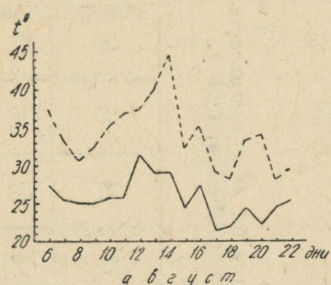


Рис. 3. Изменение под влиянием орошения температуры поверхности почвы (в °C) на свекловичном поле в 13-часовой срок. Каменка-Днепровская, 1960 г.

Условные обозначения:

— орошаемое поле,
 неорошаемое поле

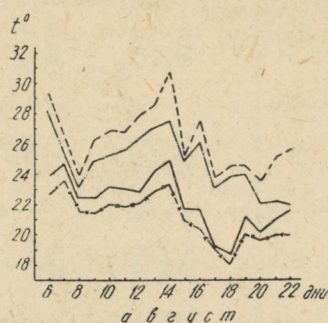


Рис. 4. Изменение под влиянием орошения температуры почвы (в °C) на свекловичном поле на глубинах 5 и 10 см в 13-часовой срок. Каменка-Днепровская, 1960 г.

Условные обозначения:

орошаемое поле, неорошаемое поле
 — на глубине 5 см
 —X— на глубине 10 см —

факторов, определяющих жизненные процессы растений: орошение значительно (до оптимального или близкого к нему уровня) снижает температуру приземного слоя воздуха (рис. 5).

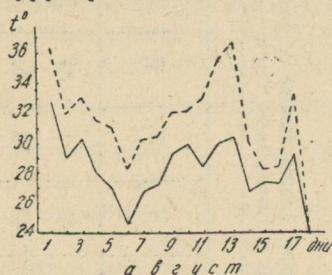


Рис. 5. Изменение под влиянием орошения (дождевание) температуры воздуха (высота 0,2 м от поверхности почвы) на свекловичном поле в 13-часовой срок. Опытное хозяйство «Копани» УкрНИИОЗа, 1961 г.

Условные обозначения:

— орошаемое поле,
 неорошаемое поле

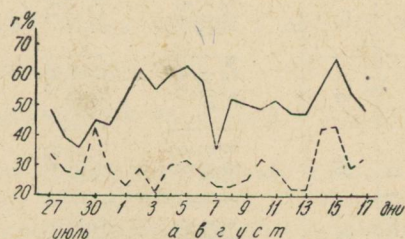


Рис. 6. Изменение под влиянием орошения относительной влажности воздуха (уровень «рабочего листа») на свекловичном поле в 13-часовой срок. Колхоз им. Ленина Снигиревского района (Ингулецкие орошаемые массивы), 1961 г.

Условные обозначения:

— орошаемое поле,
 неорошаемое поле

Своевременное правильное орошение устраняет вредный для фотосинтеза перегрев листьев свеклы, наступающий при температуре 30° С.

На орошаемых свекловичных полях вследствие больших затрат тепла на испарение часто устанавливается инверсия температуры, с чем

связано изменение в поливные периоды направления турбулентного потока тепла.

В ночное время отмечается потепление воздуха на орошаемом поле в сравнении с неорошаемым, обусловленное интенсивным нагревом поверхности почвы на нем вследствие притока тепла из глубины более влажной и теплопроводной почвы, а также благодаря эффекту ночной конденсации. Так, например, 15 июля 1962 г. в 1 час ночи температура воздуха на орошаемой свекле (колхоз им. Ленина Снитигревского района) на высоте 0,2 м от поверхности почвы составляла 14,8°, а на неорошаемой 11,1°C. Значительное уменьшение температурных колебаний — одна из очень важных сторон благотворного влияния орошения.

Еще более существенное влияние оказывает орошение на режим влажности почвы и воздуха.

Осваивая под орошение новую территорию, мы как бы перемещаем ее в зону более влажного климата; резко повышается абсолютная и относительная влажность воздуха (рис. 6, табл. 4) и уменьшается недостаток насыщения.

На орошаемых полях наблюдается непрерывный поток водяного пара за счет интенсивного испарения с поверхности почвы и транспирации растений. Как показывают наблюдения, в дневное время относительная влажность воздуха на орошаемых участках достигает 50—70% и более, в то время как над неорошаемыми массивами она лежит чаще всего в пределах 25—35%.

Орошение приводит к значительному уменьшению испаряемости.

Дефицит влажности воздуха на орошаемых участках не достигает вредных для развития свекловичных растений пределов при очень больших (суховейных) значениях его на неорошаемых полях (рис. 7, табл. 5).

Таблица 5

Изменение под влиянием орошения (дождевание) дефицита влажности воздуха (высота 0,2 м от поверхности почвы) на свекловичном поле в 13-часовой срок, мб. Опытное хозяйство „Копани“ УкрНИИОЗа, 1961 г.

Поле	Август								
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Неорошаемое . . .	25,9	31,0	27,5	34,0	39,4	44,9	23,1	24,3	24,4
Орошаемое . . .	18,4	22,7	19,8	16,4	14,7	20,8	11,7	12,6	12,1
Разность н-о .	7,5	8,3	7,7	17,6	24,7	24,1	11,4	11,7	12,3

Изменения водного режима почвы при орошении характеризуются в основном изменениями режима испарения и динамики влажности почвы. Суммы испарения возрастают после поливов, постепенно уменьшаясь по мере снижения влажности почвы.

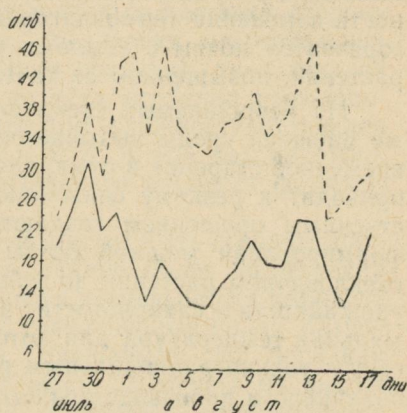


Рис. 7. Изменение под влиянием орошения дефицита влажности воздуха (уровень «рабочего листа») на свекловичном поле в 13-часовой срок. Колхоз им. Ленина Снитигревского района (Ингулецкие орошаемые массивы), 1961 г.

Условные обозначения:
 — орошаемое поле,
 неорошаемое поле

Таким образом, при помощи орошения можно создавать на полях необходимую для растений влажность почвы и воздуха, что в сочетании с оптимальной температурой и уменьшением скорости ветра создает благоприятные условия для развития свекловичных растений. Подтверждением этого и служат данные многолетних наблюдений в орошаемых условиях юга Украины.

Фенологические наблюдения, проводившиеся параллельно на орошаемых и неорошаемых свекловичных полях, дают хорошую согласованность изменений термовлагорежима приземного слоя воздуха и верхних горизонтов почвы с темпами роста и накопления продуктивной массы растений, повышением ее качества.

На неорошаемых свекловичных полях неблагоприятными условиями внешней среды вызывается частичное, а нередко и полное преждевременное старение и отмирание листьев в летний период вегетации, что приводит к резкому снижению урожая и сахаристости свеклы. Искусственным орошением создаются благоприятные условия для раннего формирования мощной ботвы, максимального сохранения листьев на свекловичном растении до момента уборки осенью (условия повышения урожайности и сахаристости) и непрерывного течения фотосинтеза, оптимальная температура для которого составляет 20—23°C. Но это достигается только рациональным режимом орошения, к сожалению, еще не получившим производственного распространения. В результате собираемые с орошаемых полей урожаи сахарной свеклы намного занижены по сравнению с возможными, прибавка от орошения нередко даже не оправдывает затрат на проведение оросительных мероприятий.

При применении неправильного поливного режима свекловичные растения находятся (даже в условиях орошения!) в неблагоприятных условиях. Ярким примером могут служить, например, данные наших наблюдений на свекловичных полях в колхозе им. Ленина Снигиревского района (Ингулецкие орошаемые массивы) в 1962 году. На поле (площадь 100 га) было дано 5 поливов (оросительная норма 2450 м³/га), но производились они с большим опозданием.

В межполивные периоды растения в течение продолжительного времени находились в крайне неблагоприятных засушливо-суховейных условиях, в которых нарушалась согласованность процесса фотосинтеза и дыхания у сахарной свеклы. При увеличении жесткости засушливо-суховейного процесса (усиленная трансформация воздушного потока) поглощение листом углекислоты сменяется обратным процессом — выделением CO₂ во внешнюю среду. Этот процесс, прерываемый на короткие (при неправильном режиме орошения) промежутки времени отдельными поливами, нередко возобновлялся снова. Явление ассимиляционной депрессии сопровождается уменьшением накопления сухого вещества. На исследуемом свекловичном поле резко снижалась интенсивность роста корня свеклы. Рост новых листьев прекращался, а взрослые листья преждевременно отмирали, в процессе чего пластические вещества интенсивно оттекали из листьев в корень, где и откладывались в запас в виде сахарозы (показатель сахаристости в связи с этим возрастал). Проводимые затем поливы вызвали интенсивное в форме всплеск образование новых листьев, рост которых в этот период идет в значительной степени за счет запаса сахара в корне. Расход сахара при этом намного превосходит приход его в предшествующий этому период. Совершенно очевидно, что снижение сахаристости свеклы в условиях орошения является следствием не самого факта орошения (довольно широко распространенное мнение), а неправильного режима его.

В этой связи необходимо особое внимание обратить также на правильность выбора способа полива.

Вне всякого сомнения, бороздовой полив в засушливо-суховейных условиях 1962 г. (Ингулецкие орошаемые массивы) не оправдал себя, и причина этого не только в несвоевременности проведенных поливов.

Даже в поливные периоды, когда ярко проявлялся эффект орошения (резкое увеличение затраты тепла на испарение, уменьшение турбулентного теплообмена), метеорологический режим, подвергшийся значительным изменениям в благоприятную для свекловичных растений сторону (снижение температуры почвы и воздуха, увеличение относительной влажности и уменьшение дефицита влажности воздуха), не отличался оптимальными показателями: температура воздуха, особенно в околополуденное время, оставалась выше 30°C , дефицит влажности оставался в сравнительно неблагоприятных пределах и т. п. А это, как известно, ведет к определенному нарушению согласованности процесса фотосинтеза и дыхания у свекловичных растений.

Оптимальные условия в данном случае могли бы быть созданы дождеванием, а не бороздовым поливом: дождевание более эффективно в снижении температуры, увеличении влажности и уменьшении дефицита влажности воздуха. Например, в 1958 г. на свекловичных полях Каменско-Днепровского массива, неорошаемых, орошаемых по бороздам и дождеванием, температура воздуха в 13 часов 20 августа на высоте 0,2 м составляла соответственно $27,5^{\circ}$; $26,0^{\circ}$ и $24,9^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха — 42,59 и 77%, а дефицит влажности — 16,5; 12,0 и 8,9 мм. Различие в температуре почвы достигало $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$.

В рассматриваемом выше варианте (свекловичные поля колхоза им. Ленина, 1962 г.) температура почвы, значительно снизившаяся в поливной период, вскоре снова резко повысилась, превышая даже температуру неорошаемого свекловичного поля. Таким образом, амплитуда температурных колебаний при орошении увеличилась, что отрицательно сказывается на росте корня сахарной свеклы.

Хорошие результаты дало орошение сахарной свеклы на полях УкрНИИОЗа (опытное хозяйство «Копани») в 1962 году. К тому же, правильное орошение здесь эффективно сочеталось с внесением удобрений. В результате с каждого гектара собрано более 600 цн, тогда как на исследованном варианте в колхозе им. Ленина Снигиревского района (1962 г.) собрано лишь около 200 цн с гектара. Орошаемое свекловичное поле этого же колхоза в 1961 г. дало тоже немногим более 200 цн/га, несмотря на хорошие показатели поддерживаемой влажности почвы, на что, к сожалению, обычно и ориентируются мелиораторы, принимая влажность почвы за единственный абсолютный критерий.

Наибольший эффект орошение дает в остро засушливо-суховейные годы и периоды, но не исчезает (а нередко бывает и довольно значительным) и при более благоприятной погоде.

В 1960 г. среднесуточная температура в период проводимых на свекловичных полях УкрНИИОЗа микроклиматических наблюдений (август) составляла $20,7^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 73%, за месяц выпало 22 мм осадков (3 дня с осадками), причем в конце июля прошел дождь, давший 67 мм осадков, но ливневого характера, 6—7 августа был дан полив дождеванием. В результате значительно возросла затрата тепла на испарение и уменьшился турбулентный теплообмен, а следовательно, снизилась температура почвы (на $7\text{--}20^{\circ}$) и воздуха (до оптимальных значений), увеличилась относительная влажность. Орошение обусловило значительное погодное различие (характеристика погоды давалась по методу комплексной климатологии, разработанному Е. Е. Фе-

доровым и Л. А. Чубуковым): над неорошаемым свекловичным полем была отмечена умеренно засушливая погода (20% повторяемости во второй декаде и 9% — в третьей) при полном отсутствии этого типа погоды над орошаемым полем.

Эффект орошения в рассматриваемых условиях получен за счет преобразующего его воздействия на фитоклимат свекловичного поля главным образом во время наибольшего «напряжения» микроклимата. Этот факт лишний раз оправдывает большое внимание, которое обращается на состояние микроклимата (теплового баланса) именно в околополуденные часы. Устранение дневного завядания листьев способствует не только фотосинтезу, но и оттоку продуктов ассимиляции в корень в дневные (а не только в ночные) часы, что повышает сахаристость корнеплодов.

Анализируя рассматриваемый вариант, следует, однако, указать, что в подобных погодных условиях (периодические осадки) необходим особенно гибкий подход к выбору режима орошения. Способ полива (дождевание) вполне соответствовал обстановке. Норму же лучше было бы уменьшить, дав дополнительный полив. При отсутствии учета прогноза или ошибке в нем может быть допущено переувлажнение и засоление почвы, с чем несовместим высокий урожай свеклы с высокой сахаристостью.

Результаты исследований, проведенных в этом же (1960) году на орошаемых и неорошаемых свекловичных полях Каменского Пода, дополняют и подтверждают приведенный выше анализ эффективности орошения в сравнительно благоприятные годы.

С неорошаемого поля было собрано 388 цн/га; орошаемый участок дал 212 цн/га прибавки — 600 цн/га сахарной свеклы более высокой сахаристости.

Полученный на богаре урожай, даже превышающий собираемый нередко с орошаемых полей, и метеорологическая обстановка периода его формирования также подтверждают нерациональность применяемых режимов орошения: на орошаемых полях создание подобного (неорошаемое поле данного варианта) метеорологического режима зачастую является конечной целью, в то время как, совершенствуя поливной режим (чаще всего главным образом выбор способа полива), можно создать значительно лучшие условия для роста и развития свекловичных растений.

Оптимальный фитоклимат на орошаемых землях создается только при гибком режиме орошения, дифференциации способов полива, норм и сроков. В орошении, как и в любой другой области сельскохозяйственного производства, нетерпим шаблон. Здесь не может быть неизменных поливных норм и схем орошения. Орошаемые свекловичные поля могут дать 800 и более центнеров с гектара.

При таких урожаях сахарная свекла, безусловно, очень выгодная культура в зоне орошения. Наряду с дальнейшим развитием свеклосеяния в районах средней полосы, на выращивание сахарной свеклы на орошаемых массивах засушливого юга Украины должно быть обращено особое внимание.

Высокая эффективность оросительных мероприятий может быть достигнута лишь при правильном режиме орошения на фоне высокой агротехники. Урожай еще более увеличивается, если орошение сочетается с внесением удобрений, эффективность которых при орошении повышается.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ СТРУКТУРЫ МИКРОКЛИМАТА ОРОШАЕМОГО КУКУРУЗНОГО ПОЛЯ ПРИ МАЛОЙ ПОЛИВНОЙ НОРМЕ

(На примере опытно-мелиоративной станции
Каменка-Днепровская, 1963 г.)

Г. П. Дубинский, В. Г. Кучерявый

В настоящее время в условиях недостаточного увлажнения юга Украины орошение является общепризнанным и самым надежным методом получения гарантированных устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. При правильной организации мелиоративных мероприятий весьма существенно изменяется весь комплекс условий среды, в которой живет растение, в благоприятную для его роста и развития сторону.

Сейчас в поливном земледелии применяются в основном два способа орошения — дождевание и по бороздам. Каждый из них, безусловно, влияет на изменение фитолимата, однако гидрометеорологический эффект их различен.

Вследствие отсутствия единой научной характеристики явлений суховея и засухи нет и единого подхода к установлению определенных норм и сроков полива орошаемых культур в зависимости от истинного комплекса почвенных, гидрометеорологических и радиационных условий, биологических и физиологических особенностей их произрастания. Таким образом, для того, чтобы решить задачу интенсификации сельского хозяйства, поставленную КПСС, крайне необходимо изучать и знать требования культур к определенным оптимальным условиям среды во все фазы их развития. Зная последние, мы сможем создать нужный или близкий к нему фитолимат путем воздействия на отдельные гидрометеорологические элементы приземного слоя воздуха и почвы. Следует найти самый оптимальный критерий суховея и засухи, чтобы идти по пути наилучшего метода борьбы с ними. Следовательно, работы по повышению урожайности на поливных землях в конечном счете сводятся к созданию таких условий среды, которые определили бы оптимальный рост и развитие растений, т. е. были бы максимально эффективными. Однако пока еще нет единого критерия засухи и суховеев. Такое положение приводит к тому, что для определения поливных норм и сроков пользуются различными методами.

Во многих хозяйствах, планируя мелиоративные мероприятия, принимают во внимание только данные влажности почвы, т. е. содержание продуктивной влаги в метровом ее слое. Мы не умаляем значения количества влаги в жизни растений, но, по нашему мнению, данный критерий не может служить основным, ибо он часто приводит не только к ма-

лоэффективному и нерентабельному расходу водных ресурсов, а может явиться причиной уменьшения посевных площадей вследствие засоления последних. Возвращение же этих пространств в число пахотных земель потребует больших расходов. Следовательно, чтобы задача интенсификации земледелия в засухо-суховежных районах стала реальной, необходимо найти самые экономичные и самые эффективные по результатам способы или комбинации способов орошения, рассчитать на строго научной основе оптимальные нормы и сроки поливов и координировать вопросы изучения той или иной культуры, чтобы избежать параллелизма и излишних затрат государственных средств.

Наблюдения, произведенные кафедрой общей физгеографии Харьковского университета и лабораторией изучения гидрометеорологической эффективности орошения в экспедиционный период, показывают, что нельзя выделить один из указанных способов орошения в качестве основного и варьировать только сроками и нормами поливов. Мы считаем, что в зависимости от гидрометеорологического состояния приземного слоя воздуха и почвы использование указанных выше способов должно быть гибким и наиболее оптимальным. Так, в борьбе с суховеями максимальный эффект дает дождевание, а при засухе более результативно орошение по бороздам в комплексе с дождеванием (освежительные поливы). Преимущество дождевания в период суховеев заключается в том, что при этом способе не только увлажняется почва (дает воду корневой системе), но и происходит мелиорация приземного слоя воздуха. Тем самым ослабляется губительное действие суховеев.

Вопросу структуры микроклимата орошаемых полей в последнее время уделяется достаточно внимания. Задача настоящей статьи — выяснить некоторые черты фитоклимата орошаемой кукурузы при условии малых норм полива. Наглядным примером может служить участок орошаемой дождеванием кукурузы Каменского Подя в 1963 году.

Лаборатория изучения гидрометеорологической эффективности орошения Харьковского университета проводила свои исследования в 1963 г. на полях орошаемой и неорошаемой кукурузы. Первая занимала площадь 22 га на территории Каменско-Днепровской опытно-мелиоративной станции. На этом участке 28—30 апреля был посеян сорт ВИР-156, предшественники — горох, люпин. Неорошаемая кукуруза ВИР-42 занимала площадь 41 га и была посажена 1—2 мая на территории совхоза «Каменка». Предшественник — кукуруза в фазе молочно-восковой спелости. За весь период наблюдений, т. е. 13.VI по 14.VIII, зарегистрирован полив дождевания 26.VII вблизи точки и 27.VII на точке наблюдения. Норма — 150 м³/га.

Температурный режим воздуха является одним из основных факторов, определяющих жизненные процессы растений. Установлено, что термическое состояние условий среды изменяет интенсивность процесса фотосинтеза. Так, при температурах от 24 до 28° С у большинства растений наблюдается самый оптимальный ход фотосинтетической деятельности, а при повышении температуры он постепенно замедляется и после 45° почти прекращается. Значение же нормального хода фотосинтеза для урожая огромно, ибо при всех других оптимальных условиях в результате указанного процесса создается 90—95% сухой массы растения. Повышенные температуры воздуха оказывают большое влияние на рост растения: непродолжительный прогрев несколько стимулирует рост, а продолжительный вначале вызывает обратимое, а затем необратимое торможение роста. При действии высоких температур изменяется также и биологическая сущность дыхания, которая выражается в снижении коэффициента синтетической продуктивности и увеличении термоэффек-

та дыхания. Следовательно, одной из основных задач орошения является создание оптимальных температурных условий для нормального хода физиологических процессов.

Любой способ полива снижает температуру воздуха в приземном слое, однако эффективность этого явления может быть различной в зависимости от многих факторов. В табл. 1 четко выражена относительно большая повторяемость пределов температур, которые способствуют нормальному течению фотосинтетической деятельности растений на орошаемых полях независимо от способа полива.

Таблица 1

Повторяемость температур по градациям на высоте уровня рабочего листа на полях кукурузы

Температура воздуха, °С	Орошаемая кукуруза (О)	Неорошаемая кукуруза (Н)	Разность (О—Н)
Копани, 1961 г., орошение по бороздам			
20,0—23,9	38%	35%	3%
24,0—28,0	45%	34%	11%
28,1—34,9	17%	31%	—14%
Копани, 1961 г., орошение дождеванием			
20,0—23,9	42%	38%	4%
24,0—28,0	41%	38%	3%
28,1—34,9	17%	24%	—7%
Снигиревка, 1962 г., орошение по бороздам			
20,0—23,9	30%	24%	6%
24,0—28,0	41%	29%	12%
28,1—34,9	29%	41%	—12%
35,0 и больше	—	6%	—6%
Копани, 1962 г., орошение по бороздам			
20,0—23,9	37%	34%	3%
24,0—28,0	41%	39%	2%
28,1—34,9	22%	24%	—2%
35,0 и больше	—	3%	—3%

Наблюдаемые отклонения разностей (О—Н) еще раз подтверждают высказанную нами мысль об отсутствии истинно оптимальных норм и сроков поливов. Если на орошаемых полях Копани (борозды, 1961 г.), Снигиревки (борозды, 1962 г.) разность повторяемости температур, создающих оптимальные условия для фотосинтеза, достигает 11—12%, то в Копанях (дождевание 1961 г. и борозды 1962 г.) она составляет всего 2—3%. Соответственно повторяемость более высоких температур наблюдается чаще на неорошаемых полях при близких к оптимальным поливах.

Таблица 2

Повторяемость температур по градациям на высоте уровня рабочего листа на полях кукурузы

Температура воздуха, °С	Орошаемая кукуруза (О)	Неорошаемая кукуруза (Н)	Разность (О—Н)
20,0—23,9	26%	34%	—8%
24,0—28,0	41%	41%	0%
28,1—34,9	33%	25%	8%

Совершенно иной вид имеет повторяемость температур по тем же градациям на полях Каменского Подя, зарегистрированная экспедицией в 1963 г. (табл. 2).

Примерно одинаковое число повторяемости оптимальных температур на орошаемом и неорошаемом участках свидетельствует о том, что полив нормой $150 \text{ м}^3/\text{га}$, произведенный 26—27 июля, был явно недостаточным.

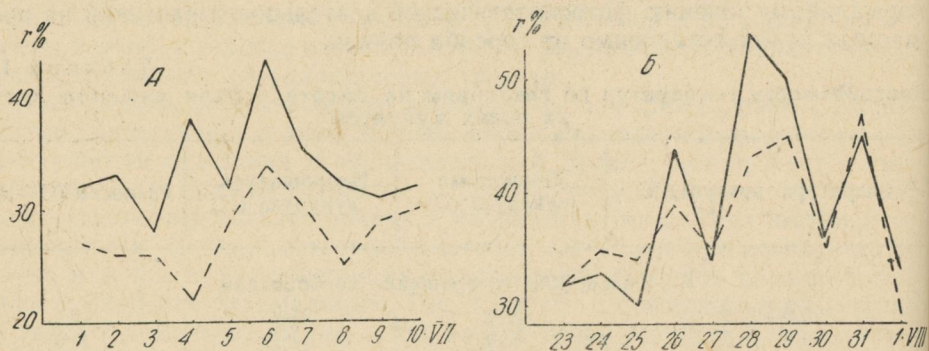


Рис. 1. Ход относительной влажности воздуха на высоте 2 м над поверхностью земли в 13-часовой срок.

Условные обозначения:

— орошаемое поле,

----- неорошаемое поле

А — поля в Копанях, 1961 г., орошение дождеванием; Б — поля в Каменке-Днепровской, 1963 г., дождевание.

Анализируя ход разностей О—Н, можно сделать некоторый вывод. При более или менее эффективных нормах поливов максимальные значения разности приходится на предел температур, которые способствуют нормальной жизнедеятельности орошаемой культуры, и чем меньше разность этого предела, тем дальше норма полива от оптимальной.

Гидрометеорологические условия произрастания кукурузы на орошаемом и неорошаемом участках Каменского Подя в 1963 г. были почти одинаковы, а по значению некоторых метеорологических элементов орошаемая кукуруза находилась в более жестких условиях (табл. 3).

Таблица 3

Число случаев отдельных метеорологических элементов на орошаемых (О) и неорошаемых (Н) полях

Температура воздуха $\geq 30^\circ$		$r \leq 30\%$		$d, \text{ мб}$ 26,6—36,2		$d, \text{ мб}$ 36,3—48,6		$d, \text{ мб}$ 48,7	
Н	О	Н	О	Н	О	Н	О	Н	О

Копани, 1961 г., орошение по бороздам

16	5	5	—	14	4	3	—	—	—
----	---	---	---	----	---	---	---	---	---

Копани, 1962 г., орошение по бороздам

28	12	35	10	30	12	8	2	—	—
----	----	----	----	----	----	---	---	---	---

Каменка-Днепровская, 1963 г.

37	37	20	21	42	44	2	2	—	1
----	----	----	----	----	----	---	---	---	---

Если в Копанях бороздовые поливы в 1961 г. привели к уменьшению на орошаемых полях числа случаев с температурой $\geq 30^\circ$ более чем в три раза, а в 1962 г. более чем в два раза, то на орошаемых полях Каменского Пода в 1963 г. эффект полива не зарегистрирован.

Если бы мы взяли за основу критерий суховеев Е. А. Цубербиллер, то в Каменке-Днепровской соотношение случаев интенсивного суховея на орошаемых и неорошаемых полях 1:1, в то время как в Копанях (1961 г.) — 1:2. Таким образом, более правильные поливные нормы второго случая уменьшили действие этого вредного атмосферного явления на орошаемом поле в два раза.

На орошаемых полях наблюдается совершенно своеобразное распределение температур воздуха в толще первых двух метров по сравнению с неорошаемыми. В распределении температур по высотам довольно четко выражена закономерность, сущность которой заключается в том, что от максимально принятой в данном случае высоты (2 м) к поверхности земли температура на орошаемом поле падает, а на неорошаемом растет. Эта закономерность особенно хорошо видна со второго дня, т. е. со дня полива. Даже малая норма полива на участке Каменки-Днепровской оказалась довольно эффективной, однако продолжительность эффекта при различных нормах поливов была неодинакова.

Орошение значительно снижает температуру почвы как поверхности, так и пахотных слоев. Это снижение определяется высокими расходами тепла на испарение и частично затенением почвы травостоем.

Если мелиоративные мероприятия снижают температуру воздуха в двухметровом слое сверху вниз, то иначе происходит с изменением относительной влажности (табл. 4).

Таблица 4

Разность относительных влажностей на орошаемом (О) и неорошаемом (Н) кукурузных полях

Дни порядковые	1	2	3	4	5
Поля	Н О	Н О	Н О	Н О	Н О
Копани, 1961 г., борозды	4 —26	3 —23	1 —19	5 —13	2 —21
Копани, 1961 г., дождевание	0 —15	3 —2	1 —16	0 —9	1 —4
Каменка-Днепровская, 1963 г., дождевание	4 —1	3 —21	1 —19	9 —11	9 —21

Примечание. Данные взяты на высотах 2,0 и 0,2 м над землей в 13-часовой срок наблюдения. Во второй день был полив. Разность $r_{2,0} - r_{0,2}$ (процентах).

Значение относительной влажности на орошаемом поле растет в двухметровом слое сверху вниз, а на неорошаемом наоборот (см. табл. 4). Даже при малых нормах полива дождеванием эффект орошения довольно нагляден.

Интересен ход относительной влажности воздуха. На рис. 1 показан ход данного метеорологического элемента на орошаемых и неорошаемых полях. На графике А ясно виден полив 4 июля, а на графике Б день полива 27 июля абсолютно не выражен. Весь ход графика А характерен тем, что разность средних значений метеоэлемента орошаемого поля по периодам относительно неорошаемого ($r_o - r_n$) значительна (в предпо-

ливной период 1—3.VII равна 5%, в поливной 4.VII — 16% и послеполивной — 4%). График Б характеризует ход данного элемента при условии малой нормы полива, здесь такая закономерность не наблюдается.

Дефицит влажности воздуха (рис. 2) на высоте 2 м над уровнем земли при малых нормах полива на орошаемом поле незначительно отли-

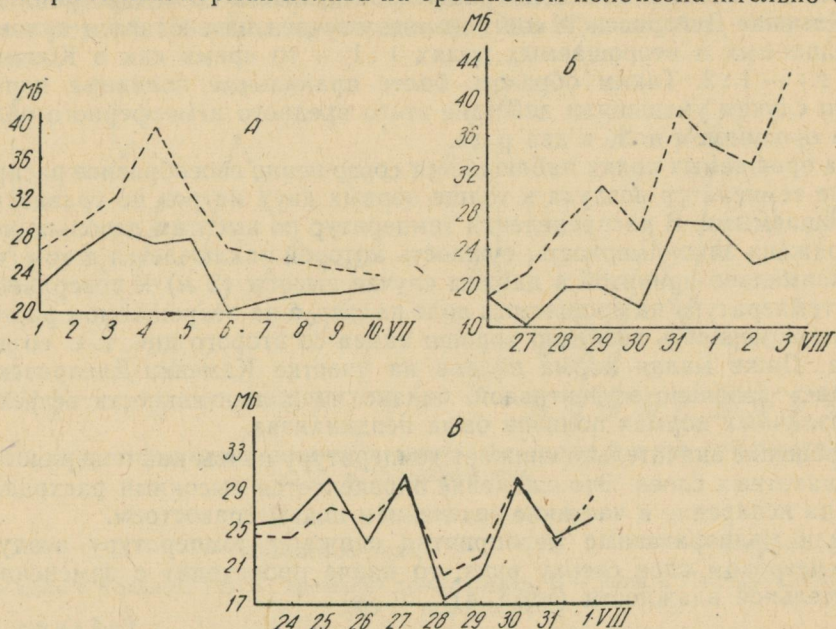


Рис. 2. Ход дефицита влажности воздуха на высоте 2 м над поверхностью земли в 13-часовой срок наблюдений.

Условные обозначения:

— орошаемое поле,

..... неорошаемое поле

А — поля в Копанях, 1961 г., орошение дождеванием, Б — поля в Копанях, 1961 г., орошение по бороздам, В — поля в Каменке-Днепровской, 1963 г., орошение дождеванием.

чается от неорошаемого (2—3 мб), в то время как при больших нормах эта разность достигает 10—12 мб.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МИКРОКЛИМАТА ОРОШАЕМОГО ОАЗИСА АСКАНИЯ-НОВА В СРАВНЕНИИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СТЕПЬЮ

А. Д. Бабич

Исторические решения XXII съезда КПСС, новая программа нашей партии определили генеральную линию, основные пути строительства коммунистического общества в СССР. В практическом осуществлении этой грандиозной задачи огромное значение имеет наиболее разумное, высокоэффективное использование разнообразных природных богатств. Программа преобразования природы предусматривает широкое развитие орошения, обводнения, расширения полезного и массивного лесоразведения. Выполнение намеченных мероприятий явится мощным фактором улучшения агроклиматических условий произрастания сельскохозяйственных культур, фактором, обеспечивающим получение более высоких и стабильных урожаев. Комплексное влияние указанных мероприятий, естественно, вызовет значительное изменение микроклимата территорий.

Вполне очевидно, что наметить пути и получить количественные показатели этих изменений, имеющие важное значение для научного обоснования планируемых мероприятий и, в частности, для практики лесомелиоративных работ, можно в результате проведения систематических исследований в уже преобразованных человеком ландшафтах. Прекрасным образцом таких ландшафтов на юге УССР является орошаемый древесный оазис Аскания-Нова.

В течение длительного времени (с 1950 по 1962 год) нам пришлось заниматься изучением микроклимата орошаемых лесных насаждений, что позволило до некоторой степени восполнить существующий в литературе пробел в характеристике микроклимата подобных насаждений.

В ранее опубликованных работах нами давалась подробная характеристика природных условий района, приводилась методика исследований и обработки полученных материалов и др.

В настоящей статье мы кратко остановимся на основных чертах микроклимата орошаемого лесного оазиса в сравнении с окружающей засушливой степью. Приведем осредненные данные за 7 лет наблюдений в летний (июнь—август) период.

В орошаемом лесном оазисе резко уменьшен радиационный баланс: в 12—13 часов в летнее время под пологом древесных насаждений он составляет лишь 12—16% величины этого баланса в степи (рис. 1). Исследования показали, что полученное тепло (радиационный баланс) в оазисе и степи расходуется совершенно неодинаково. Если под пологом древесных насаждений оно в основном тратится на испарение влаги с поверхности влажной лесной почвы, то в степи резко преобладает расход его на турбулентный теплообмен.

Значительно меньшие величины радиационного баланса в оазисе, по сравнению со степью, и некоторые другие менее важные факторы обусловили резкое понижение в нем температуры почвы (рис. 2). Под пологом леса на поверхности почвы и на глубинах 5, 10, 15 и 20 см в середине дня, по осредненным данным, она ниже, чем в открытой степи, соответственно на 20,4; 11,2; 9,4; 7,4 и 6,0°C. В отличие от степи, где наблюдаются большие градиенты температуры почвы (и более интенсивное и глубокое ее прогревание), в оазисе под пологом леса отмечаются крайне малые градиенты (в слое 0,5 см—2,0—2,3°, в слое 15—20 см—0,1—0,2°); прогревание почвы в насаждениях благодаря тер-

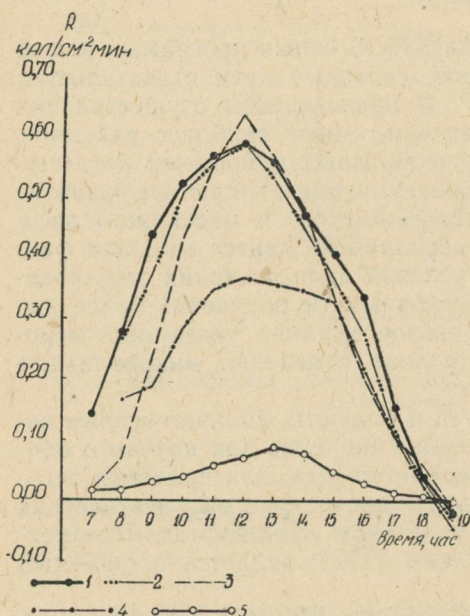


Рис. 1. Дневной ход радиационного баланса в степи и оазисе Аскания-Нова:

1 — степь; 2 — вырубка; 3 — поляна;
4 — дубки; 5 — древесные насаждения.

моизолирующей роли лесной подстилки происходит крайне медленно и равномерно. Средние годовые температуры почвы в оазисе ниже, чем в степи. На поляне оазиса на глубинах 5 и 20 см они соответственно на 2,3 и 1,9° ниже, чем в степи. Указанное снижение происходит за счет летних температур.

Особенности теплового баланса орошаемых насаждений обусловили различный температурный режим воздуха в оазисе и степи. В отдельные часы и в среднем за сутки в летний период температура воздуха в оазисе (рис. 3) оказывается значительно ниже, чем в открытой степи (в 13 часов на высоте 20 см на 5,0°, а в среднем за сутки — на 1,5—2,0° и более). Температура воздуха на поляне (на высоте 200 см) за июль—август в среднем на 0,9—1,2°, а за год на 0,2° ниже, чем в степи. Если в степи на высоте 20 см в 13 часов преобладают дни

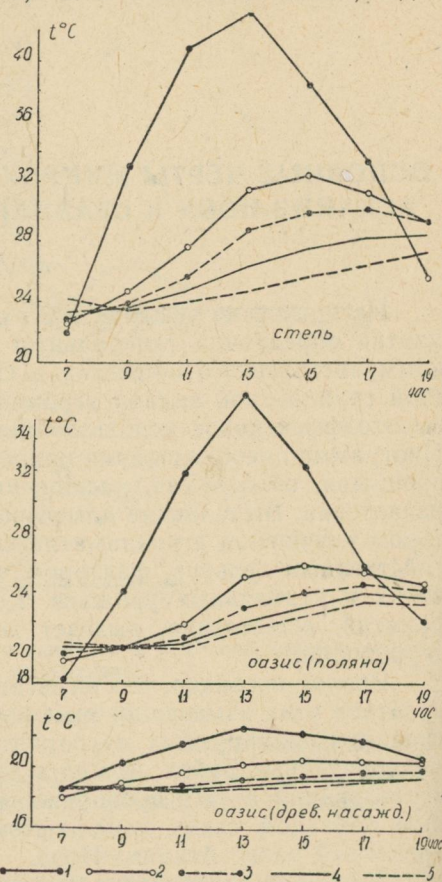


Рис. 2. Дневной ход температуры поверхности почвы в степи и оазисе Аскания-Нова:

1 — степь; 2 — вырубка; 3 — поляна;
4 — древесные насаждения.

с температурой воздуха от 30 до 35°, то под пологом леса за этот же период больше половины дней имеет температуру только 20—25° С.

В отличие от степи, где в течение светлой части суток в слое воздуха 20—200 см преобладают сверхадиабатические градиенты температуры (в 13—15 часов они равны 1,5—1,8°), в оазисе под кронами деревьев, благодаря сравнительно низкой температуре влажной почвы, как правило, наблюдается весь день инверсионный тип распределения температуры (с максимальными градиентами в 9—11 часов, равными

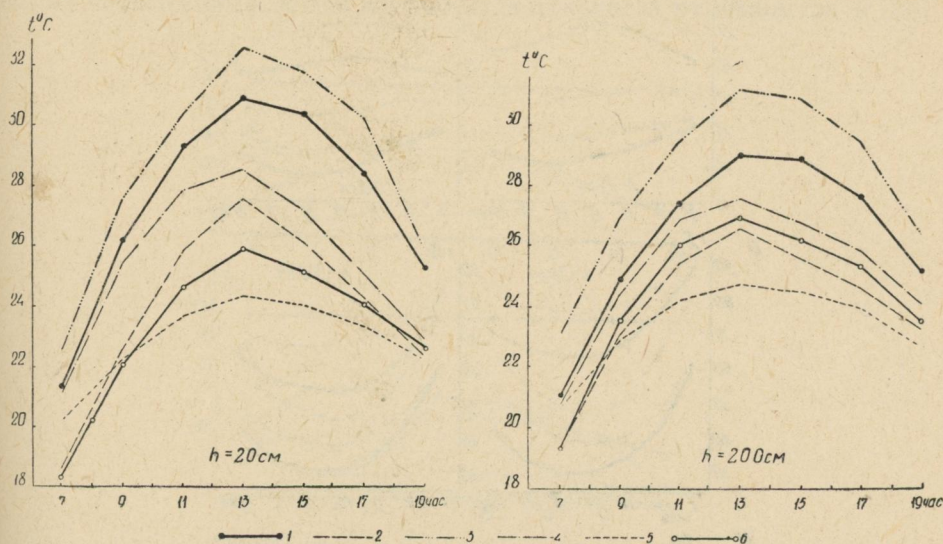


Рис. 3. Дневной ход температуры воздуха на различных высотах в степи и оазисе: 1 — степь; 2 — поляна; 3 — вырубка; 4 — дубки; 5 — пруд; 6 — древесные насаждения.

1,1—1,4°). Ночью в условиях сохранения адиабатического градиента в степи в оазисе устанавливается изотермия либо слабая инверсия температуры.

В орошаемом лесном оазисе, по сравнению со степью, в летнее время резко повышена абсолютная и относительная влажность и существенно снижен дефицит влажности воздуха (рис. 4). Различия в последних между древесными насаждениями и степью на высоте 20 см в среднем за день достигают соответственно 6,2 мб, 32% и 14,6 мб. В середине дня они еще более значительны. О большей влажности внутри оазиса свидетельствует также то, что сухие дни (с относительной влажностью воздуха в 13 часов на высоте 20 см 30%) под пологом леса составляют всего 5%, в степи же — 44%.

Повышенная влажность воздуха в оазисе наблюдается не только в летний период, но и в течение всего года. Так, различие в относительной влажности между степью и поляной оазиса в среднем за год составляет 7%.

В оазисе благодаря его особенностям (непродуваемые насаждения) резко ослаблена скорость ветра. Как видно из рис. 5, на высоте 50 см под пологом леса в течение дня она почти равна нулю, а на поляне даже в момент ее максимума (13 часов) составляет всего 8—10% от таковой в открытой степи. С высотой скорость ветра в степи (в условиях сверхадиабатических градиентов температуры воздуха) резко возрастает, в то время как под пологом древесных насаждений градиенты ее (благодаря наличию инверсии температуры) почти равны нулю.

Остановимся кратко на характеристике микроклиматического режима отдельных участков оазиса. Как видно из приведенных рисунков, наибольшая величина радиационного баланса в течение большей части дня наблюдается на вырубке, где характер подстилающей поверхности близок к таковой в открытой степи, наименьшая — под кронами деревьев. На поляне радиационный баланс только в 12—14 часов несколь-

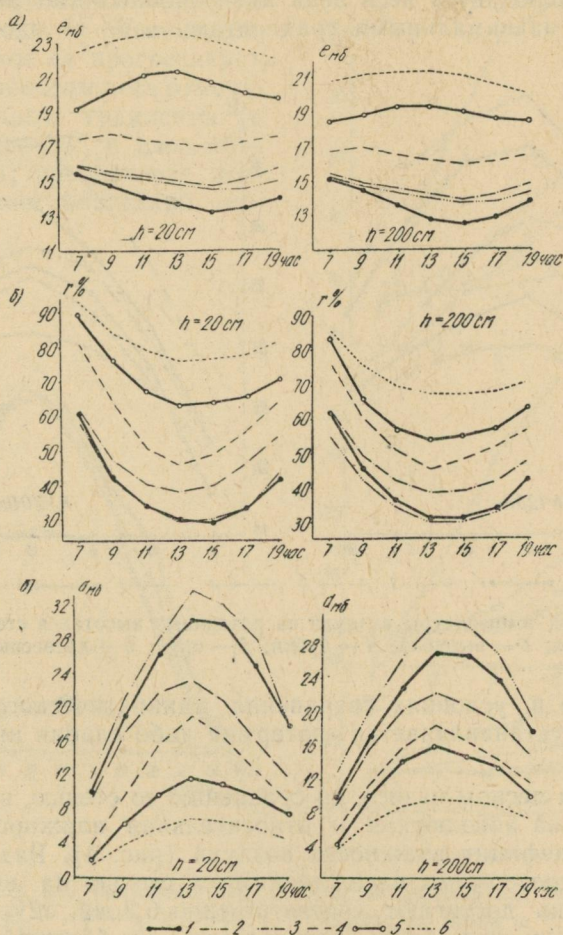


Рис. 4. Дневной ход абсолютной (А), относительной (Б) влажности и дефицита влажности воздуха (В):

1 — степь; 2 — вырубка; 3 — дубки; 4 — поляна; 5 — древесные насаждения; 6 — пруд.

ко превышает его величину в степи и на вырубке. Исследование показало, что в дубках, благодаря ориентировке их рядов с юга на север, в период максимума притока тепла (11—15 часов) радиационный баланс заметно ослаблен, что создает более благоприятные тепловые условия для произрастания дубков в гнездах.

Самая высокая температура поверхности почвы в летний период отмечается на вырубке, где, например, в 13 часов она почти на 9° выше, чем в степи. Это объясняется защищенностью вырубки лесом и густыми опушками. Под пологом лесных насаждений в это же время температура поверхности почвы почти на 30° ниже, чем на вырубке ($22,6^\circ$,

под пологом леса и $52,2^\circ$ на вырубке) и примерно на 15° ниже, чем на поляне. Наибольшие дневные и суточные амплитуды колебания температуры почвы отмечаются на вырубке (больше, чем в степи), затем на поляне и наименьшие — под пологом леса, где они в 4—5 раз меньше, чем в степи. Процесс прогревания почвы с глубиной на отдельных участках оазиса неодинаков (рис. 6). На поляне прогрев почвы с глубиной начинается на 2 часа позже, чем в степи, и на 2—3 часа раньше, чем под пологом леса. В той же последовательности уменьшается и ин-

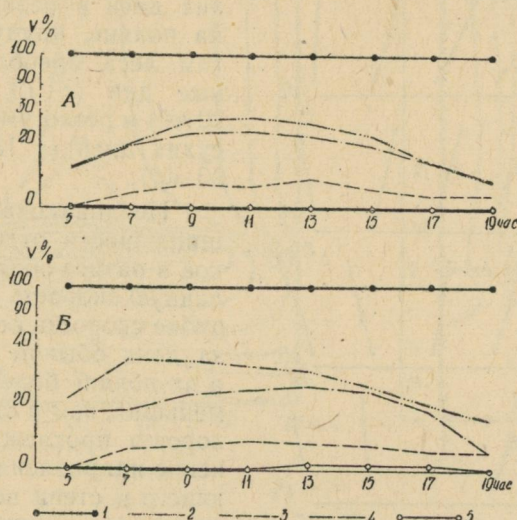


Рис. 5. Скорость ветра в оазисе в процентах от его скорости в степи на различных высотах:

А — высота 50 см; Б — высота 200 см.

1 — степь; 2 — вырубка; 3 — поляна;
4 — дубки; 5 — древесные насаждения.

тенсивность. прогрева. Если вертикальный температурный градиент в слое 0—5 см в 11—13 часов в степи равен $13,0$ и $11,5^\circ$, на поляне — $10,0$ и $11,8^\circ$, то под пологом леса — только $2,0$ и $2,3^\circ$. Важнейшую роль в этом под пологом древесных насаждений играет лесная подстилка.

Наиболее высокая температура воздуха (выше, чем в степи) наблюдается на вырубке, самая низкая — под пологом леса и на пруду, при этом под кронами насаждений в 13 часов на высоте 20 см она почти на 7° ниже, чем на вырубке. В такой же последовательности уменьшаются и амплитуды колебания температуры. Отсюда следует, что создание в оазисе таких непродуваемых участков, как вырубка, в силу формирования в них наиболее резко выраженного засушливого микроклимата нецелесообразно. О своеобразии отдельных участков в оазисе свидетельствует также вертикальное распределение температуры воздуха: если на вырубке (как и в степи) и частично в дубках хорошо выражены сверхadiaбатические ее градиенты (рис. 7), то на пруду, под пологом леса и частично на поляне отчетливо наблюдается инверсионный тип распределения температуры воздуха.

Наибольшие значения абсолютной и относительной влажности и наименьшая величина дефицита влажности воздуха отмечаются под кронами древесных насаждений и на пруду. Приземный слой воздуха (0—200) на вырубке и частично в дубках характеризуется наименьшим влагосодержанием. Различие в абсолютной и относительной влажности

и дефиците влажности воздуха внутри оазиса (древесные насаждения — вырубка) весьма значительно и, например, в 13 часов на высоте 20 см составляет в среднем соответственно 6,5 мб, 34% и 22,3 мб. В течение дня влажность воздуха на отдельных участках оазиса изменяется неодинаково: меньше на увлажненных участках (пруд, древесные насаждения) и существенно на поляне, вырубке и в дубках.

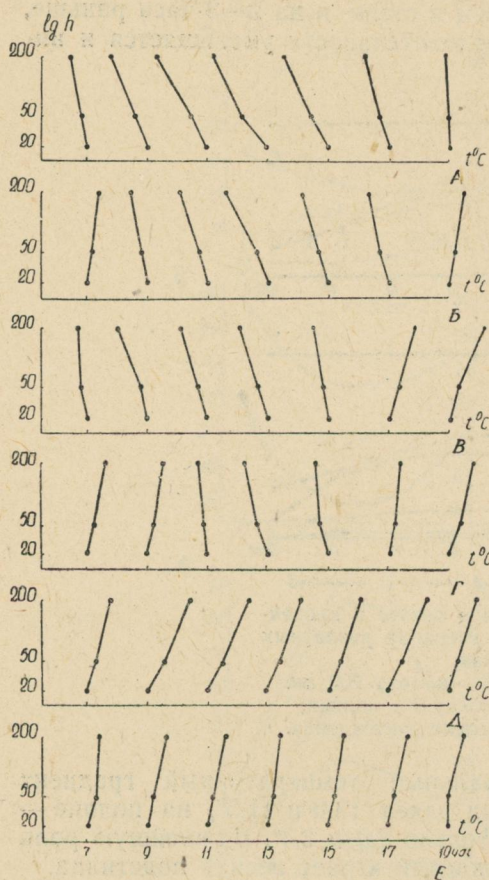


Рис. 7. Вертикальный профиль температуры воздуха в течение дня в степи и оазисе (в полулогарифмических координатах): А — степь; Б — вырубка; В — дубки; Г — поляна; Д — древесные насаждения; Е — пруд.

пруду, под пологом леса и частично на поляне господствуют процессы влагообмена.

Оазис Аскания-Нова, как отмечалось ранее, является орошаемым древесным насаждением. Нам представляется целесообразным сравнить его микроклиматический режим с режимом обычных неорошаемых насаждений.

Исследования показали, что в оазисе наблюдается больший радиационный баланс, чем в неорошаемых насаждениях, произрастающих в засушливых условиях юга УССР. Он близок к соответствующим величинам, полученным рядом авторов (Ю. Л. Раунер и др.) в лесах Подмосковья (лесная зона). Увеличение его в оазисе под кронами насаж-

Все это приводит к тому, что количество влажных и сухих дней в оазисе различно: на поляне, пруду и под пологом леса преобладают влажные дни (с 13 часов менее 20 мб) и резко уменьшено число сухих дней (с 13 часов более 30 мб).

Неодинаковая степень защищенности отдельных участков в оазисе обусловила и различную скорость ветра. На вырубке скорость ветра в среднем за день обычно в 4—5 раз, а на поляне более чем в 10 раз меньшая, чем в степи. В оазисе хорошо прослеживается изменение направления господствующего в степи ветра, происходящее под влиянием различно расположенных аллей, опушек, полей т. д.

Таким образом, наши исследования показали, что основная часть тепловой энергии солнца как в оазисе, так и в степи тратится на процессы тепло- и влагообмена. Однако соотношение их на отдельных участках различно, а это обуславливает и различный режим температуры, влажности воздуха и почвы.

В степи, на вырубке и частично в дубках преобладают процессы теплообмена; на

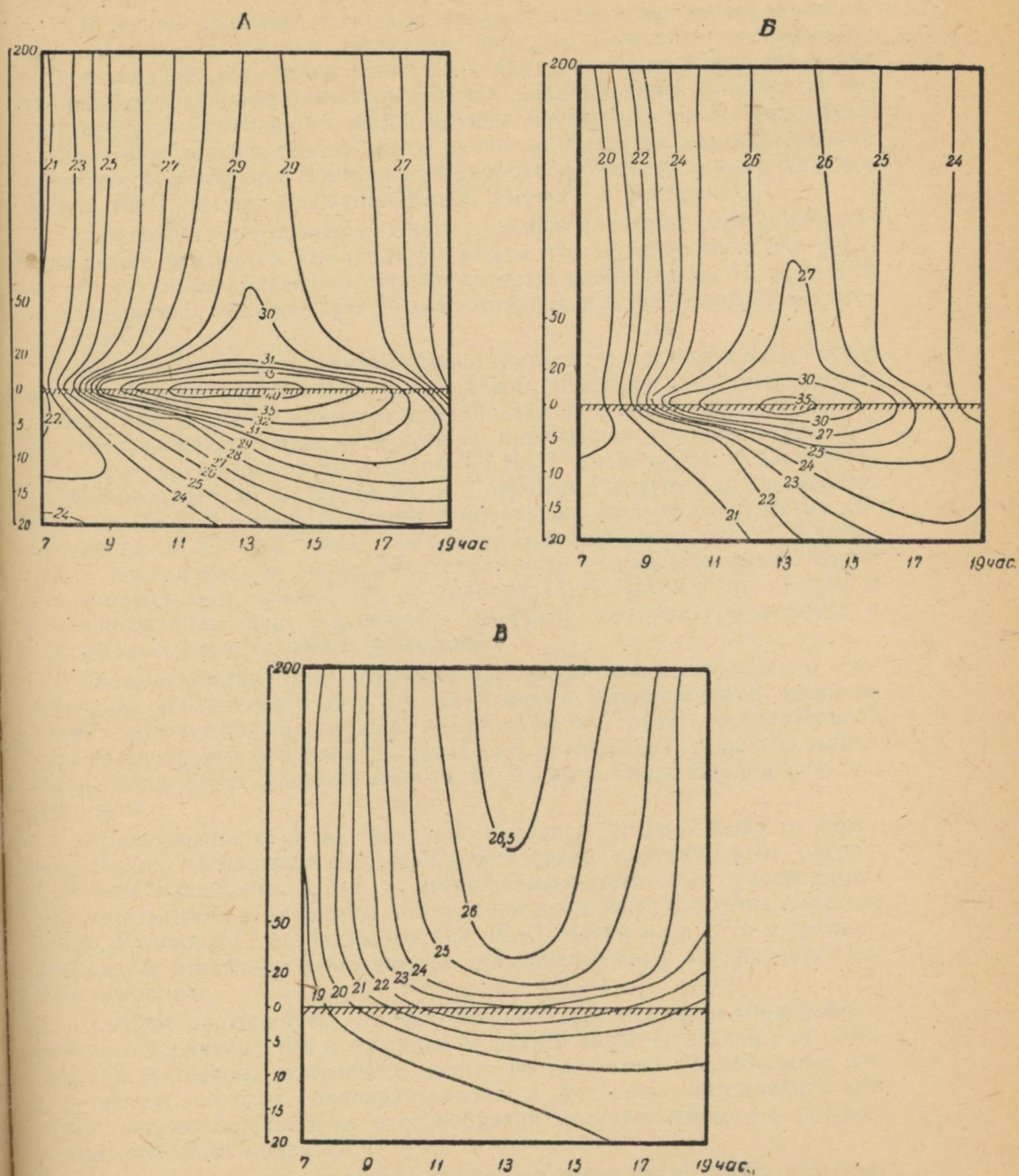
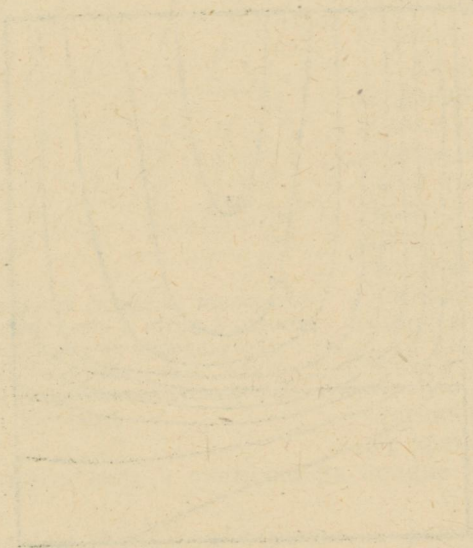
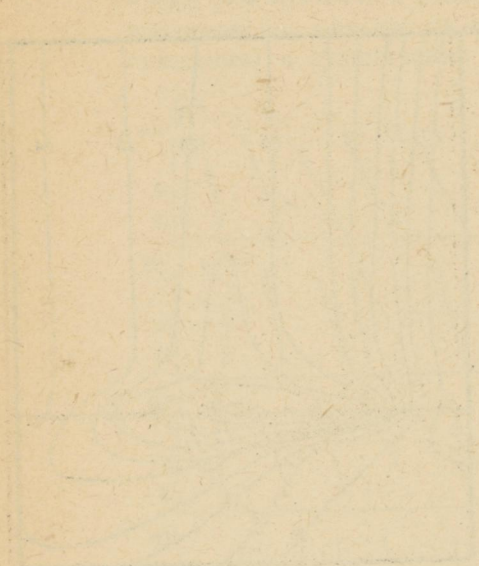


Рис. 6. Распределение температур в верхнем слое воздуха (0—200 см) и верхнем слое почвы (0—20 см) в течение дня в степи и оазисе.
А — степь; Б — поляна; В — древесные насаждения.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
CHICAGO, ILLINOIS 60637
PRINTED IN THE UNITED STATES OF AMERICA

дений обусловлено уменьшением величины отраженной радиации и эффективного излучения влажной почвы.

Обильное орошение оазиса привело к заметному перераспределению здесь составляющих теплового баланса. В оазисе наблюдается резкое увеличение затраты тепла на испарение влаги. Здесь она почти полностью уравнивается величиной радиационного баланса, в результате этого количество тепла, идущее на турбулентный теплообмен почва — воздух и на теплообмен в почве, оказывается незначительным. Подобное соотношение компонентов теплового баланса характерно для лесной зоны (см. исследования Ю. Л. Раунера в Загорске).

Особенности теплового баланса в оазисе в летний период обусловили более низкие температуры почвы в отдельные часы и в среднем за сутки по сравнению с теми, которые наблюдались Н. С. Чугай в неорошаемых насаждениях Велико-Анадолы и Старо-Бердянской лесной дачи.

В условиях оазиса Аскания-Нова температура воздуха под кронами насаждений оказывается более низкой, чем в неорошаемых насаждениях. Так, в летнее время в середине дня на высотах 20, 50 и 200 см разности ее между оазисом и степью превышают соответственно 5, 4 и 2,5°, в то время как по исследованиям Н. П. Адамова, М. И. Сахарова, Г. Н. Высоцкого, Н. С. Чугай, М. Я. Глебовой и других они составляют не более 2—3°. Средние суточные температуры воздуха в оазисе на высоте 20 см на 0,5—1,0° ниже, чем в неорошаемых насаждениях. В отличие от последних, где наблюдается преимущественно понижение температуры воздуха с высотой (М. Я. Глебова, Н. С. Чугай и др.), в оазисе отмечается днем явно выраженная инверсия температуры воздуха и в отдельных случаях ночью изотермия.

Систематическое искусственное орошение оазиса обусловило значительное увеличение в нем, по сравнению с неорошаемыми насаждениями, абсолютной влажности (более чем в 2 раза), относительной влажности (почти в 2 раза) и такое же уменьшение дефицита влажности воздуха (см. исследования Н. С. Чугай в Старо-Бердянской лесной даче).

Существенное отличие орошаемого оазиса Аскания-Нова от обычных лесных насаждений подтверждается также вертикальным распределением влажности. Если в неорошаемых древесных насаждениях обычно отмечается максимум абсолютной влажности в кронах деревьев (Л. Ф. Рудовиц, Г. А. Любославский, Н. С. Чугай и др.), то в орошаемом оазисе отчетливо наблюдаются два максимума: у поверхности почвы и в кронах.

Следует подчеркнуть, что полученные нами величины микроклиматических характеристик в орошаемом оазисе заметно отличны от таких как в обычных массивных лесных неорошаемых насаждениях, так и в лесных полосах, произрастающих в условиях засушливого юга СССР, что свидетельствует о своеобразии метеорологического режима изучаемого нами объекта.

Анализ полученных данных также свидетельствует о том, что указанные выше процессы тепло- и влагообмена в условиях орошаемого оазиса Аскания-Нова выражены более резко, более отчетливо, чем в обычных лесных насаждениях, а это обуславливает и значительное отличие микроклимата орошаемого оазиса от микроклимата неорошаемых насаждений.

ВЫВОДЫ

Анализ материалов исследований показывает следующее:

1) в насаждениях подобного типа создается свой особый микроклимат, резко отличный от микроклимата окружающей степи;

2) существование в оазисе Аскания-Нова разнообразных участков, отличающихся друг от друга характером подстилающей поверхности, условиями притока и распределения тепла, обусловило формирование на этих участках (древесные насаждения, поляна, пруд, вырубка, дубки и др.) резко различного микроклимата;

3) систематическое и интенсивное орошение оазиса способствовало формированию в нем микроклиматического режима, который в значительной степени отличается от такового в обычных неорошаемых лесных насаждениях.
