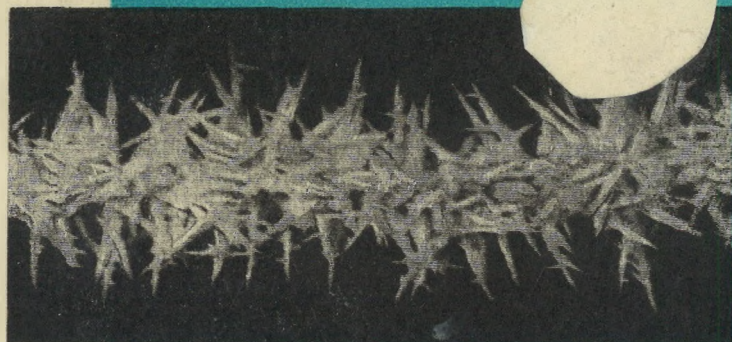


В.Е. БУЧИНСКИЙ



АТЛАС

ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ



ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ • ЛЕНИНГРАД • 1966

В. Е. БУЧИНСКИЙ

№168
III



АТЛАС ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Под редакцией
д-ра геогр. наук проф.
А. Д. ЗАМОРСКОГО

Издание второе, дополненное



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД · 1966

В Атласе излагаются сведения об основных формах атмосферного льда, осаждающегося на проводах. Приводится подробная генетико-морфологическая классификация и описание видов и разновидностей обледенения проводов, а также иллюстрации внешней формы и микроскопической структуры каждого вида обледенения.

По сравнению с первым изданием его содержание дополнено и углублено. Внесены новые данные о влиянии обледенения на провода контактной сети, а также о связи видов обледенения с атмосферными процессами.

Атлас может служить пособием по определению и изучению обледенения проводов. Рассчитан на наблюдателей метеорологических станций, климатологов, синоптиков, студентов вузов и техникумов, а также на работников различных учреждений и организаций, занимающихся вопросами борьбы с гололедом.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Обледенение проводов — это одно из наиболее опасных метеорологических явлений для воздушных линий связи, электропередачи и устройств контактной сети. Отложение атмосферного льда создает на проводах дополнительную весовую нагрузку, увеличивает их парусность и вибрацию, вызывает скручивание. Это приводит к преждевременному износу проводов, а порой к их обрыву и даже к разрушению линий, что нарушает нормальную работу телефонно-телеграфной связи и бесперебойное снабжение электроэнергией промышленных предприятий и транспорта.

Обледенение проводов может вызвать тяжелые аварии. Так, например, в декабре 1930 г. на железных дорогах юго-запада Европейской территории СССР в результате обледенения проводов было сломано 4000 телеграфных столбов и повалено около 5000. В Тульской области 15—16 ноября 1933 г. были повреждены и не работали в течение 5—10 суток электросеть, телеграфная и телефонная связь. Вес льда на 1 м провода составлял несколько килограммов, в предельных случаях — более 10 кг. На один 25-метровый пролет, при наличии нескольких проводов, получалась добавочная нагрузка весом почти в одну тонну. Одновременно сильный ветер прибавлял динамическую нагрузку вследствие огромной парусности обледенелых проводов. В результате провода, столбы или опоры не выдерживали таких напряжений и разрушались.

В настоящее время в Советском Союзе борьба с этим явлением ведется успешно. На основе изучения причин его возникновения дают предсказания и принимают предохранительные меры. Провода высоковольтных линий подогреваются, переохлажденные капли на них не замерзают, а образовавшийся лед испаряется или стает. Поскольку слаботочная аппаратура линий связи не позволяет применять ток для подогрева, используется механическое удаление льда.

Обледенение проводов бывает весьма разнообразного вида и зависит от географических условий. В свою очередь от вида обледенения проводов зависит размах причиняемого им вреда. На равнинах наиболее разрушительным бывает гололед. В горных местностях наибольшие разрушения вызывает зернистая изморозь.

Наибольший вред обледенение проводов приносило железнодорожному транспорту. Поэтому Народным комиссариатом путей сообщения в 1923 г. были начаты массовые наблюдения над обледенением проводов. Одним из первых организаторов этих наблюдений был Н. С. Муретов. Под его руководством в 1930 г. были организованы в том же ведомстве специальные опытно-исследовательские гололедные станции в Ново-Пятигорске (Северный Кавказ) и Дебальцево (Донбасс), действующие до сих пор. Тогда же в программу работ этих станций было включено и фотографирование отложений льда на проводах. Это позволило В. Е. Бучинскому создать первый в мире „Атлас обледенения проводов“, изданный Гидрометеоиздатом в 1955 г., составленный на основании большого опыта работы автора на гололедной станции Дебальцево.

Предлагаемое второе издание Атласа пополнено новыми данными и содержит уникальный материал, накопленный автором в течение многих лет. Климатические условия Донбасса позволили получить богатый материал наблюдений, поскольку обледенение проводов здесь бывает довольно часто и временами достигает большой интенсивности, а виды ледяных отложений характеризуются исключительным разнообразием. Поэтому материалы Атласа почти исчерпывают все возможные виды обледенения проводов, имеющие значение в эксплуатации линий.

Приведенные фотографии и зарисовки дадут возможность наблюдателям более легко определить вид обледенения, что имеет большое практическое значение в обслуживании заинтересованных организаций и позволяет своевременно принять более экономичные меры по борьбе с этим вредным атмосферным явлением.

А. Д. Загорский

ОТ АВТОРА

Изучению условий обледенения проводов и разработке более эффективных мер борьбы с этим явлением в Советском Союзе уделено большое внимание. Помимо густой сети гидрометеорологических станций, ведущих инструментальные наблюдения, всестороннее изучение обледенения проводов проводится специализированными станциями Министерства путей сообщения СССР. Одна из таких станций — Дебальцевская опытно-исследовательская гололедная станция Донецкой железной дороги. Многолетние материалы наблюдений этой станции положены автором в основу при составлении настоящего Атласа, а также при подготовке его второго издания.

В новом издании Атласа, помимо систематизированных данных по определению видов и разновидностей обледенения проводов, подробной классификации и описания наиболее часто встречающихся видов и разновидностей атмосферного льда, осаждающегося на проводах, приводятся дополнительные иллюстрации внешнего вида и микроскопической структуры отдельных видов обледенения, новые данные о влиянии обледенения на провода контактной сети, а также сведения о связи видов обледенения с атмосферными процессами.

Автор выражает глубокую благодарность принявшим участие в подготовке рукописи сотрудникам геофизической станции Донецкой железной дороги А. М. Литвинову, И. Д. Таполу и Г. А. Макарову, а также А. Д. Заморскому, Я. Н. Кривенко, А. В. Рудневой, И. М. Жукову, Г. П. Дубинскому, А. М. Китайцеву, А. А. Автандилян, А. П. Молибожко, И. И. Портянникову, просмотревшим рукопись и давшим ряд ценных указаний.

ВВЕДЕНИЕ

В современной постановке инструментальных наблюдений над обледенением проводов визуальные наблюдения еще занимают значительное место, особенно при определении вида обледенения. Однако при субъективности оценки или неопытности наблюдателя многие виды обледенения могут не различаться между собой. В таких случаях наблюдения могут потерять не только научную, но и практическую ценность.

Кроме вида обледенения, необходимо знать и его разновидности. Данные о них широко используются в практике эксплуатации воздушных линий (особенно контактных сетей) и, как правило, учитываются при организации и проведении борьбы с обледенением проводов.

Безошибочное определение вида и разновидности обледенения требует от наблюдателя не только хорошей теоретической подготовки, но и большого практического навыка, такого же, как и при визуальном определении облачных форм. Поэтому для повышения качества визуальных наблюдений над обледенением наблюдатель должен непрерывно совершенствовать свои знания в области морфологии и микрофизики обледенения. Для этой цели и предлагается настоящий Атлас, являющийся обобщением многолетнего опыта Дебальцевской гололедной станции по определению видов и разновидностей обледенения проводов. При подготовке материалов Атласа особое внимание было уделено подбору и систематизации фотографий типичных форм обледенения. В Атлас включены фотографии, характеризующие основные формы атмосферного льда, осаждающегося на проводах. Подавляющее большинство из них выполнено в натуральную или близкую к ней величину. Фотографирование обледенения осуществлялось таким образом, чтобы наиболее полно были видны форма,

внешнее строение отложения и его размер по отношению к проводу.

Кроме фотографий внешней формы обледенения, в Атласе приведены зарисовки поперечного сечения отложения и фотографии микроскопической структуры отдельных видов обледенения. Последние характеризуют собой структуру элементов обледенения при 25-кратном их увеличении.

Помещенные в Атлас снимки и зарисовки снабжены подробными описаниями, что в значительной мере должно облегчить работу наблюдателя по определению видов и разновидностей обледенения проводов.

I. ФИЗИКО-МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Обледенение проводов, или отложение на проводах льда любого вида — от прозрачного стекловидного до кристаллического — или мокрого снега характеризуется многообразием форм. Оно возникает из воды, находящейся в атмосфере в парообразном, жидком и твердом состоянии.

По условиям образования вид отложения льда на проводах определяется тремя принципиально различными процессами: 1) сублимацией водяного пара, 2) кристаллизацией (замерзанием) переохлажденных капель воды и 3) налипанием и кристаллизацией (замерзанием) мокрого снега. Первый вид льда, возникающий от непосредственного перехода водяного пара в твердое состояние, называется сублимационным, второй — водным и третий — кристаллизационным, напоминающим фирн.

На первый взгляд простой механизм образования льда на проводах усложняется тем, что процессы сублимации и кристаллизации проявляются в природе не всегда обособленно, а путем наложения их друг на друга. Это наложение может протекать как одновременно, так и разорванно во времени. В результате сублимации и коагуляции жидкой воды с кристаллами происходит сложный процесс роста льда.

СУБЛИМАЦИОННЫЙ ЛЕД

Отложение сублимационного льда на проводах имеет ярко выраженное кристаллическое строение и очень малую плотность. Это отличает его от водного льда, который относится обычно к тяжелым видам обледенения.

С физической точки зрения процесс сублимации вызывается господствующим пересыщением пара относительно

льда, что можно записать в виде $E_v > E_{л}$, где $E_{л}$ — упругость пара, насыщенного над льдом, E_v — упругость пара в окружающем переохлажденном тумане или дымке.

Степень этого пересыщения над льдом при насыщении над водой, т. е. отношение $f_{л} = \frac{E_v}{E_{л}}$, может быть выражена следующими данными:

t° 0	−5	−10	−15	−25	−30
$f_{л} \%$ 160	105	110	116	122	134

Из приведенных данных следует, что чем ниже температура воздуха, тем больше степень пересыщения пара по отношению ко льду и, следовательно, тем вероятнее процесс сублимации. Исследования в условиях Донбасса при температуре от -5 до -35° и в районе Верхоянска при температуре от -35 до -58° полностью подтверждают эти выводы.

Процесс сублимации определяется однако не только относительным, но и абсолютным перенасыщением. Влияние последнего сказывается в основном на интенсивность роста льда и особенно в тех случаях, когда процесс сублимации протекает в переохлажденном тумане.

Наибольшая разность упругостей пара над водной поверхностью и над льдом бывает при температуре -12° ; она быстро убывает с приближением температуры к 0° , а с дальнейшим понижением температуры ее убывание становится медленным. Таким образом, в переохлажденном тумане кристаллы льда растут быстрее всего при -12° .

В естественных условиях отложение сублимационного льда на проводах может происходить как при отсутствии видимых элементов конденсации, так и при наличии переохлажденного тумана или облака. В первом случае происходит возгонка пара в лед вследствие ледяного пересыщения воздуха и радиационного охлаждения провода при его отрицательной температуре; во втором — перегонка переохлажденной воды в лед путем ее предварительного испарения и последующей сублимации. В обоих случаях предполагается наличие на проводах мельчайших ледяных частиц, служащих центрами, или ядрами, сублимации. Образование последних может происходить в результате как осаждения молекул воды из водяного пара, так и конденсационного образования капель на поверхности провода с последующим их замерзанием. При наличии тумана центрами сублимации могут быть также осевшие и замерзшие на проводе капельки тумана. При температуре ниже -40° и больших пересыщениях ядрами сублимации могут быть любые пылинки, независимо от их строения.

Сублимационный рост льда в переохлажденном тумане обуславливается разностью упругостей пара над льдом и над водой. Поскольку упругость пара меньше над кристаллами и больше над водой, то капля будет испаряться, а кристалл — расти. Кроме того, при испарении капля создается большое местное пересыщение, которое также приводит к значительному росту кристаллов сублимационного льда.

Возникновению сублимационного льда в переохлажденном тумане благоприятствуют низкие отрицательные температуры, слабые ветры и малые размеры переохлажденных капель. При этих условиях капли испаряются вблизи кристалла, вызывая его дальнейший сублимационный рост. В некоторых случаях при больших размерах и скорости движения капли не успевают испариться вблизи кристалла. Тогда они осаждаются на нем в виде ледяных зерен.

ВОДНЫЙ ЛЕД

Водный лед на проводах образуется в результате отложения и кристаллизации (замерзания) переохлажденных капель дождя, мороси и тумана.

Значение переохлажденной воды в обледенении проводов весьма велико. По данным Дебальцевской гололедной станции, на долю процессов кристаллизации приходится 96%, а на долю процессов сублимации — 4% массы льда, отлагающегося на проводах.

По современному представлению существование переохлажденных капель неразрывно связывается с природой жидкости и ее фазовыми превращениями.

В результате флуктуаций (неоднородностей) в распределении молекул, обусловленных молекулярно-тепловыми движениями, в каплях воды возникают кристаллические зародыши, которые приводят воду к неустойчивому состоянию. Они появляются при низкой температуре капли и ее медленном росте или испарении. Не все зародыши достигают размера, обладающего устойчивостью. Большинство из них разрушается так же быстро, как и образовалось. Развиваются только те зародыши, удельный термодинамический потенциал которых меньше, чем в жидкой фазе.

Переохлажденное состояние капельной воды нарушается вследствие как образования ледяного зародыша внутри капли, так и соприкосновения ее с твердым телом. Последнее, ускоряя кристаллизацию воды, делает ее как бы вынужденной. Так, в результате осаждения переохлажденных капель

на провода возникает гололед и другие, сходные с ним явления.

Существенно важна для физики обледенения проводов структура льда, возникающего вследствие кристаллизации переохлажденных капель. Наблюдения показывают, что осаждение мелких капель вызывает рыхлую зернистую структуру льда, а крупных — стекловидную. Такое различие во внешней структуре льда объясняется рядом причин, но прежде всего размером капель и степенью их переохлаждения. Мелкие капли, сталкиваясь с предметами, тотчас же замерзают, сохраняя в основном сферическую форму. При замерзании их освобождается небольшое количество скрытой теплоты, которая уносится с общим течением воздуха. Иная структура льда возникает при столкновении крупных переохлажденных капель воды с проводами. Эти капли, разливаясь по поверхности провода, постепенно замерзают, образуя стекловидную корку льда. Такой постепенный процесс замерзания крупных капель объясняется их недостаточным переохлаждением и большим выделением скрытой теплоты. Последняя повышает температуру замерзающей воды нередко до 0° и тем самым препятствует быстрому образованию льда.

Величина ледяных отложений и скорость их образования зависят от ряда факторов, но прежде всего от содержания воды в единице объема воздуха (водности), скорости, с которой капли приближаются к проводу, угла встречи капель с поверхностью провода и, наконец, продолжительности процесса.

С увеличением содержания воды в единице объема, определяемого величиной и числом переохлажденных капель, увеличивается и мощность ледяных отложений, их объемная плотность. В свою очередь от размера капель и степени их переохлаждения зависит и форма отложения льда на проводе. Крупные капли способны давать сплошное обледенение провода, мелкие же — одностороннее.

Влияние скорости, с которой переохлажденные капли приближаются к предмету, чрезвычайно велико. Чем сильнее ветер, тем больше капель осаждается на провод в единицу времени и, следовательно, тем интенсивней происходит процесс отложения льда. В горных районах, например, где скорости ветра достигают больших значений, диаметр отложения в плотном тумане нередко превышает 50 см. В низинных же районах или в лесных массивах, защищенных от действия ветра, интенсивность отложения льда резко уменьшается. Иногда, в случае выпадения дождя при температуре, близкой к 0° , сильный ветер может служить причиной уменьшения

интенсивности обледенения, сдувая с проводов неуспевшие замерзнуть капли воды.

Большое влияние на интенсивность обледенения оказывает и угол встречи гололедонесущего потока с поверхностью провода. Чем ближе этот угол к 90° , тем больше капля осажается на единицу поверхности провода в единицу времени и тем интенсивней протекает процесс обледенения. С уменьшением этого угла количество осаждающихся на проводе капель уменьшается, в результате чего интенсивность обледенения понижается. Кроме того, с изменением направления потока капель меняется и форма отложения льда. Так, на проводе, расположенном перпендикулярно потоку, элементы обледенения (замерзшие капли или кристаллы) направлены перпендикулярно проводу, навстречу ветру. Это же отложение на проводе, параллельном потоку, имеет форму чешуй, покрывающих провод обычно со всех сторон. Рост льда направлен против потока, образуя с проводом острый угол.

На величину отложения льда влияет также электрическое поле, возникающее вокруг цепи линий электропередачи высокого напряжения. Действие электрического поля сводится в основном к тому, что водяные капли, попадая в сферу его влияния, получают наведенный заряд, притягиваются к заряженной поверхности и осаждаются на ней. Сила притяжения капли при этом пропорциональна квадрату заряда и обратно пропорциональна кубу расстояния. Иногда за счет действия электрического поля интенсивность обледенения проводов, находящихся под напряжением, увеличивается на 30% и более. Несмотря на местное значение электрического поля, при оценке возможной интенсивности обледенения его следует иметь в виду.

МОКРЫЙ СНЕГ

Мокрый снег сравнительно часто налипает на проводах, и в результате последующего замерзания возникает их обледенение.

С физической точки зрения мокрый снег представляет собой приносный сублимационно-водный лед. Его водность обуславливается подтаиванием снежинок в теплом приземном слое воздуха и образованием на их поверхности пленки воды. Содержащаяся в мокром снеге жидкая вода и ледяные кристаллы находятся в различном соотношении, поэтому плотность мокрого снега колеблется в больших пределах. Медленность таяния снежинок в воздухе, кроме климатиче-

ских факторов, объясняется большой скрытой теплотой таяния и испарения.

Мокрый снег обладает липкостью. Это физическое свойство снега изучено недостаточно. По мнению большинства исследователей, причина липкости в основном определяется силой поверхностного натяжения смачивающей пленки воды. Степень липкости снега зависит в основном от температуры воздуха.

Липкость снега начинает проявляться при температуре воздуха несколько выше 0° и достигает своего максимума при температуре около $0,6^{\circ}$. При этой температуре обычно происходит наибольшая интенсивность налипания мокрого снега на проводах. По мере повышения температуры воздуха липкость снега уменьшается, а при температуре выше $1,0^{\circ}$ отложение мокрого снега замедляется и даже прекращается. На уменьшение интенсивности липкости снега и роста льда на проводах существенное влияние могут оказывать обильно выпадающие одновременно со снегом капли дождя. Последние смывают снежинки с проводов, и мокрый снег прекращает налипать на них.

Разрушению налипшего на проводах мокрого снега способствует также сильный ветер, который сдувает отложение мокрого снега с проводов.

В том случае, если температура воздуха принимает отрицательные значения, налипший на проводах слой мокрого снега замерзает. Вторичное замерзание мокрого снега ведет к его перекристаллизации и образованию качественно нового вида льда. По характеру процессов образования этот вид льда во многом напоминает фирновый лед. Так, в результате налипания мокрого снега и последующего его замерзания на проводах образуется в первом случае отложение мокрого снега, а во втором — замерзшее отложение мокрого снега. Эти виды обледенения генетически связаны между собой, они представляют собой две стадии одного и того же процесса — налипания мокрого снега.

II. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Существуют различные виды обледенения проводов. Из них в предлагаемой классификации (стр. 16) рассматриваются только такие, которые имеют практическое значение. Эти виды в зависимости от процессов их образования разделены на четыре группы.

Процессы группы I приводят к нарастанию сублимационного льда, имеющего различимую глазом кристаллическую структуру. Виды обледенения этой группы — иней и кристаллическая изморозь — иногда внешне сходны между собой.

Процессы группы II приводят к образованию льда зернистой и стекловидной структуры¹. Для этой группы наиболее типичны зернистая изморозь и гололед.

С процессами группы III связано в основном осаждение на проводах мокрого снега, непереохлажденных капель дождя и тумана и последующее их замерзание. Структура наиболее тяжелых видов обледенения этой группы (отложение мокрого снега и замерзшее отложение мокрого снега) в большинстве смешанная, состоящая из элементов внешне аморфного и явно кристаллического льда.

В процессы группы IV выделены сложные виды обледенения, возникающие в результате последовательного отложения на проводе нескольких слоев льда. Эти отложения — многоструктурные (сложные). Возникают они чаще всего на возвышенных местах при чередовании процессов погоды, но без устойчивой оттепели, в основном в сочетании двух видов обледенения — гололеда и зернистой изморози.

Виды обледенения групп I и II одноструктурны. Они отличаются друг от друга не только по внешним признакам, но и по условиям образования. Каждый из них возникает при соответствующем режиме погоды, имеет особые свойства,

¹ Имеется ввиду внешняя структура отложения, внутренняя же (молекулярная) структура всех видов обледенения является кристаллической.

свои пределы плотности. Основным признаком, позволяющим отличить один вид обледенения от другого, является структура, от которой зависит плотность отложения, его цвет, форма и другие свойства.

Присущая каждому виду обледенения структура обуславливается определенным комплексом метеорологических условий, изменение которых ведет или к прекращению обледенения, или к переходу одного вида обледенения в другой, обладающий уже иными качествами. На грани условий, благоприятных для возникновения двух смежных видов обледенения, наблюдаются переходные формы. Все это позволяет для большинства видов обледенения выделить разновидности. Как показывают микрофизические исследования, разновидности обледенений сохраняют структуру вида, но отличаются от него своей плотностью, формой отложения и другими морфологическими признаками. По внешним признакам и условиям образования для каждого вида в табл. I выделены разновидности. Собычно одна из разновидностей по устойчивости внешних признаков и строению наиболее полно характеризует собой вид обледенения. Так, иней при затишье характеризует собой вид инея, листовидная изморозь — вид кристаллической изморози, веерообразная изморозь — вид зернистой изморози, футлярообразная форма гололеда — вид гололеда.

При классификации учитывалось, что для вида и разновидности обледенения главное значение имеет размер переохлажденных капель тумана, мороси или дождя, температура воздуха, скорость ветра и участие в процессе обледенения сублимационного роста льда.

Для возникновения гололеда необходимо присутствие в атмосфере сравнительно крупных переохлажденных капель воды при отрицательной температуре, но близкой к 0° .

Снижение температуры воздуха или уменьшение размера капель вызывает образование зернистой изморози. Пересыщение воздуха водяным паром по отношению ко льду, особенно при наличии мельчайших переохлажденных капель тумана, и низкая температура воздуха приводят к осаждению кристаллической изморози. Состояние воздуха, близкое к насыщению, и радиационное охлаждение провода при его отрицательной температуре вызывает отложение инея.

Типичная погода для каждого вида обледенения кратко характеризуется следующими признаками: гололед — дождем при слабом морозе, зернистая изморозь — туманом при умеренном морозе, кристаллическая изморозь — дымкой при значительном морозе, иней — ясным небом и отсутствием видимых элементов конденсации в воздухе.

Таблица 1

Генетико-морфологическая классификация
обледенения проводов

Группа	Вид	Разновидность
I. Обледенения, возникающие в результате сублимации водяного пара	Иней	При затишье Наветренный
	Кристаллическая изморозь	Листовидная Пушистая Иглообразная
II. Обледенения, возникающие в результате отложения и замерзания переохлажденных капель воды	Зернистая изморозь	Веерообразная Пластинчатая
	Гололед	Гребнеобразный Овалообразный Футлярообразный Волнистообразный
III. Обледенения, возникающие в результате налипания и замерзания мокрого снега	Отложение мокрого снега	Нет
	Замерзшее отложение мокрого снега	"
IV. Сложные отложения льда	Зернистая изморозь на гололеде	"
	Гололед на зернистой изморози	"
	Кристаллическая изморозь на замерзшем отложении мокрого снега	"
	Зернистая изморозь с осевшей на ней кристаллической изморозью, на гололеде	"
	Ряд чередующихся слоев гололеда и зернистой изморози	"

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ВИДОВ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

ОБЛЕДЕНЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ СУБЛИМАЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА

Иней \perp — белый осадок нежного кристаллического строения (табл. 1—3). Иней отлагается на проводе тонким слоем в виде изолированных друг от друга кристалликов льда, имеющих в большинстве случаев призматическую форму (табл. 1в и 2в). При затишье наибольшее отложение инея происходит сверху провода и наименьшее — снизу (табл. 1а). При слабом ветре инеем покрывается главным образом наветренная сторона провода (табл. 3а).

Обычная величина отложения инея на 5-мм проводе не превышает 1—2 мм. С уменьшением толщины провода количество осаждающегося на нем инея уменьшается. На нитях толщиной в десятые доли миллиметра иней не образуется. Это обстоятельство позволяет отличить иней от кристаллической изморози, иногда сходных между собой по внешнему виду.

Иней образуется на проводах обычно ночью при низкой температуре (чаще всего от -10 до -25°), безоблачном небе или тонких облаках, затишье или слабом ветре посредством сублимации водяного пара. Такие условия создаются обычно в однородной воздушной массе при ее радиационном выхолаживании в области антициклона (см. п. IV).

Иней относится к числу видов обледенения с малой продолжительностью существования. С повышением температуры в утренние часы нарастание инея прекращается, хотя покров его удерживается на проводах более длительное время (обычно до полудня, а в тени и дольше). Иней исчезает с проводов в результате испарения или таяния.

Иней несмотря на его малые размеры оказывает некоторое влияние на провода контактной сети, вызывая искрение при токосъеме. Сравнительно небольшое влияние он оказы-

вает и на провода воздушных линий связи. Его наличие на проводах изменяет условия прохождения тока высокой частоты, что несколько нарушает, например, нормальную работу телефонной связи.

По условиям образования иней делится на две разновидности: иней при затишье и иней наветренный.

Иней при затишье — слой изолированных друг от друга кристалликов льда, покрывающий провод по всей его окружности (табл. 1 и 2). Наибольшей величины покров инея (до 1—2 мм) образуется сверху провода и наименьшей снизу. Увеличенные под микроскопом кристаллы инея имеют в большинстве призматическую форму (табл. 1в и 2в).

Образование этой разновидности инея происходит обычно ночью при безоблачном небе, низкой температуре (ниже -10°), затишье или очень слабом ветре (до 1 м/сек), т. е. при условиях, благоприятных для охлаждения проводов вследствие ночного излучения. Такие условия создаются при радиационном выхолаживании однородных масс воздуха. Иней при затишье поэтому является чисто радиационным обледенением.

Иней наветренный — слой изолированных друг от друга кристалликов льда, покрывающий провод преимущественно с наветренной стороны (табл. 3). Подветренная сторона провода при этом имеет значительно меньшее по размеру отложение, а в отдельных случаях совершенно чиста. Сверху и снизу провода осадок инея, как правило, отсутствует. Максимальный размер отложения на 5-мм проводе достигает 2—3 мм. Увеличенные под микроскопом кристаллы инея имеют в большинстве случаев шестигранную форму (табл. 3в).

Образование наветренного инея происходит обычно ночью при безоблачном небе и ветре до 5 м/сек. Температура во время образования более низкая, чем для первой разновидности (не выше -11°). Наветренный иней так же, как и иней при затишье, является радиационным обледенением.

Эта разновидность инея является переходной к кристаллической изморози (листовидной).

Кристаллическая изморозь ∇ — белый осадок, состоящий из кристаллов льда весьма нежной тонкой структуры (табл. 4—15). Кристаллы льда чаще всего имеют листовидную форму. Возникают они на проводе с наветренной стороны изолированно друг от друга, напоминая собой папоротниковые листья (табл. 7, 8). Реже кристаллическая изморозь состоит из очень мелких пластинчатых кристалликов льда, возникающих друг на друге. В этом случае осадок изморози напоминает собой легкий пушистый

снег (табл. 9, 12). В некоторых случаях кристаллическая изморозь состоит из призматических кристаллов льда (столбиков), образующих остовы в виде игл (табл. 13—15). Эта разновидность из-за недостаточной изученности ее микроскопического строения относилась ранее к зернистой изморози.

Кристаллическая изморозь возникает преимущественно при безоблачном небе или тонких облаках, низкой температуре, затишье или слабом ветре, когда в воздухе наблюдается дымка или туман. При этих условиях кристаллы изморози образуются путем непосредственного перехода в лед (сублимации) водяного пара.

В некоторых случаях кристаллическая изморозь возникает и без видимых элементов конденсации (сублимации) за счет водяного пара, содержащегося в воздухе. Такие условия сближают признаки образования изморози и инея.

Температурный диапазон при образовании кристаллической изморози весьма велик, но наиболее часто возникает эта изморозь при температуре от -11 до -25° .

Кристаллическая изморозь образуется преимущественно в ночные часы. Утром процесс ее образования обычно прекращается и при некотором незначительном подогреве провода радиацией солнца она легко осыпается. При тумане она удерживается и днем. Как и иней, кристаллическая изморозь относится к числу видов обледенения, имеющих радиационное происхождение. Она возникает в однородной массе воздуха при формировании континентального антициклона.

Максимальный размер отложения кристаллической изморози на 5-мм проводе может достигать 70 мм. Обычные размеры этой изморози в сильногололедных районах колеблются в пределах 20—40 мм, а в слабогололедных — до 10 мм.

Кристаллическая изморозь в силу своего строения и размеров в значительно большей мере, чем иней, нарушает нормальную работу связи, вызывая затухание высокочастотных телефонных каналов. Кроме того, с осаждением кристаллической изморози довольно часто возникает вибрация проводов, ускоряющая износ вязок проводов и самих проводов в местах их крепления. При наличии кристаллической изморози, как и при инее, наблюдается слабое, а иногда умеренное искрение проводов контактной сети при токоосъеме.

По внешним признакам и условиям образования кристаллическая изморозь делится на три разновидности: листовидную, пушистую и иглообразную.

Кристаллическая изморозь листовидная — слой кристаллов льда листовидной формы, очень нежной, тонкой структуры (табл. 4—8). Благодаря большой разреженности кристаллов на проводе отложение имеет очень малую

плотность (0,01—0,04 г/см³). Под микроскопом в этом отложении наблюдаются пластинчатые кристаллы льда в виде правильных скелетов, иногда увенчанных шестиугольными пластинками (табл. 4в—8в).

Образуется листовидная изморозь в ночные часы преимущественно при безоблачном небе, слабых ветрах, когда температура воздуха опускается ниже -11° . Одновременно с образованием изморози в воздухе наблюдаются ледяные иглы или дымка. Присутствие игл указывает на активный процесс сублимации, сами же иглы не являются элементами, формирующими обледенение. Большое наличие игл приводит иногда к помутнению воздуха, создавая эффект легкой дымки.

Возникает листовидная изморозь за счет непосредственного перехода в лед водяного пара, содержащегося в воздухе, а также за счет пара воды, образующегося вследствие испарения капель дымки или тумана.

Размер отложения достигает 40 мм, но может быть и больше. Для указанной разновидности изморози характерно непродолжительное время образования и нахождения на проводе. С восходом солнца изморозь, несмотря на присутствие в воздухе ледяных игл не развивается, а ранее отложившийся осадок при небольшом повышении температуры воздуха и усиления ветра быстро опадает с проводов.

Листовидная изморозь возникает только при радиационном выхолаживании воздуха и относится поэтому к радиационному виду обледенения.

По устойчивости внешних признаков и строению эта разновидность характеризует в основном вид кристаллической изморози.

Кристаллическая изморозь пушистая — слой, состоящий из мелких, нагроможденных друг на друга кристалликов льда, подобных легкому пушистому снегу (табл. 9—12). Плотность осадка незначительна и колеблется от 0,01 до 0,05 г/см³.

Микроструктура — пластинчатые кристаллы со слабо развитой скелетностью (табл. 9в и 10в).

Возникает чаще всего при температуре от -14 до -25° и слабом ветре, когда в воздухе наблюдается дымка, а затем туман. Нарастанию кристаллической изморози, достигающей иногда значительных размеров (до 40 мм), способствуют мельчайшие капельки тумана, которые испаряются непосредственно вблизи кристаллов вследствие большей упругости пара над водой по сравнению со льдом.

Выделяющаяся от испарения капель влага кристаллизуется на проводе. Так, за счет капель растет пушистая изморозь,

не имеющая ни малейших признаков зернистого строения.


Пушистая кристаллическая изморозь является радиационным обледенением. Ее образование происходит обычно ночью. В некоторых случаях она отлагается и в дневные часы. Опадает изморозь с проводов от повышения температуры и усиления ветра. В условиях Донбасса она встречается сравнительно редко, но в других районах, например в Якутии, она может быть основной формой обледенения.

Кристаллическая изморозь иглообразная — отличается игольчатым строением (табл. 13—18). Как правило, иглы возникают не на всей поверхности провода, а в отдельных ее точках; растут они навстречу ветру. Объемная плотность осадка не превышает $0,08 \text{ г/см}^3$.

Микроскопическое строение изморози — призматические кристаллы в виде столбиков, реже игл. Мельчайшие кристаллики льда, возникающие вследствие сублимации пара, наслаиваются один на другой, образуя изолированные друг от друга остовы в виде игл (табл. 13в, 14в, 15в).

Наиболее частое образование такой изморози происходит при дымке и слабом тумане при температуре от -5 до -8° . Небольшие размеры отложения и медленность его развития объясняются малой водностью тумана. Сила сцепления изморози с проводами мала. Опадает отложение главным образом от повышения температуры и усиления ветра. Игольчатая изморозь наблюдается чаще всего в низинных местах. При развитии адвективных туманов она может уплотняться и принимать вид веерообразной изморози (табл. 18). По условиям образования иглообразная изморозь относится к радиационному обледенению.

ОБЛЕДЕНЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСАЖДЕНИЯ И ЗАМЕРЗАНИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ КАПЕЛЬ ВОДЫ

Зернистая изморозь  — снеговидный осадок льда рыхлого зернистого строения, обычно матово-белого цвета (табл. 19—31). Осадок изморози отлагается преимущественно с наветренной стороны провода в виде плотных перьев (табл. 19), вееров (табл. 25), пластинок (табл. 24) и других форм.

Зернистая изморозь образуется в туманную, преимущественно ветренную погоду, чаще всего при температуре от -3 до -8° . При этих условиях капельки тумана находятся в переохлажденном состоянии. Сталкиваясь с проводами или с другими предметами, они тотчас же замерзают, сохраняя в основном сферическую форму в виде ледяных зерен

(табл. 20в, 21в, 22в, 25в, 28в, 29в). Этим и объясняется зернистая структура изморози, иногда мало заметная на глаз, но хорошо видная при увеличении.

Образование зернистой изморози может происходить как при радиационном выхолаживании, так и при адвекции теплых масс воздуха. Реже она образуется в зоне атмосферных теплых фронтов.

Наиболее интенсивное отложение изморози происходит при большой скорости ветра и густоте тумана и при небольшом морозе (-4 , -7°). В этих условиях предельный размер отложения на вершинах гор может достигать более одного метра, на холмах — 150 мм, в низменных местах — до 50 мм.

Внешний вид многообразных форм зернистой изморози и ее плотность зависят главным образом от температуры воздуха, величины капель тумана и отчасти скорости ветра. С усилением мороза и уменьшением капель тумана изморозь приобретает ажурный вид (табл. 19) и небольшую плотность ($0,1 \text{ г/см}^3$). При повышении температуры воздуха и укрупнении капель тумана плотность изморози увеличивается до $0,6 \text{ г/см}^3$; по внешнему виду она может напоминать мутный гололед (табл. 29). При длительном сохранении и частичном подтаивании поверхность зернистой изморози становится блестящей.

Зернистая изморозь в сочетании с сильным ветром дает нередкие случаи обрывов проводов и даже разрушения опор. В сравнении с инеем и кристаллической изморозью зернистая изморозь оказывает значительно большее влияние и на провода контактной сети электрифицированных участков железных дорог.

Это влияние тем больше, чем больше масса и плотность осадка изморози. При плотных ее формациях наблюдаются иногда даже пережоги контактного провода при токоосеме.

По внешним признакам и условиям образования различаются две разновидности зернистой изморози: веерообразная и пластинчатая.

Зернистая изморозь веерообразная — снеговидный осадок рыхлого зернистого льда, осаждающийся на проводе главным образом с наветренной стороны (табл. 19—28). Отложение упорядоченное, напоминает плотные перья, веера, растущие от провода наружу.

Микроскопическая структура представляет собой массу затвердевших капелек воды искаженной формы, но преимущественно округлой. Как правило, эти ледяные зерна не имеют стройности в наслоении (табл. 21в, 22в, 25в и 28в).

Образуется изморозь при туманах, чаще всего при температуре от -3 до -7° и ветре до 7 м/сек. Плотность изморози колеблется от $0,1$ до $0,3$ г/см³ и зависит от условий образования: чем ниже температура и меньше капли тумана, тем изморозь рыхлее (табл. 19); с повышением температуры и увеличением капель тумана изморозь становится более плотной (табл. 23, 28). Максимальный диаметр изморози в гололедных районах достигает 100 мм и более. Эта разновидность изморози чаще всего возникает вследствие радиационного выхолаживания воздуха. Реже она образуется при адвекции теплых масс воздуха и в зоне теплых фронтов.

Веерообразная изморозь представляет собой опасное обледенение. С ее появлением отмечаются вибрация, скручивание и повышенная парусность проводов. Нередки случаи, когда в результате всех этих явлений обрываются провода или ломаются опоры. Веерообразная изморозь вызывает значительные помехи на электрифицированных участках железных дорог и на высокочастотных линиях связи.

Опадает веерообразная изморозь с проводов в большинстве случаев от повышения температуры и усиления ветра. По устойчивости внешних признаков и строению эта разновидность характеризует вид зернистой изморози.

Зернистая изморозь пластинчатая — плотный осадок зернистого слоистого льда белесоватого или серого цвета (табл. 29—31). Она отлагается на проводе с наветренной стороны в виде пластинки, толщина которой немногим может превышать толщину провода (табл. 29б—31б).

Микроструктура изморози представляет собой бесформенную массу льда с преобладанием в ней элементов зернистого строения (табл. 29в и 31в). На Дебальцевской гололедной станции такое отложение относилось к самостоятельному виду обледенения, под названием „смесь чистого вида“. Предполагалось, что процесс его образования происходит одновременно по типу гололеда и изморози. Микроскопические исследования последних десяти лет показали явное преобладание в этом отложении зернистой слоистой структуры, поэтому оно и отнесено к разновидности изморози.

Различить пластинчатую изморозь от мутного гололеда часто бывает затруднительно. Признаком обычно служит структура осадка и его плотность. Гололеду присуще монокристаллическое строение льда, его стекловидность. Пластинчатая же изморозь этими качествами не обладает. Кроме того, изморозь при изломе крошится в руках, в то время как гололед представляет собой однородное твердое тело.

Образование пластинчатой изморози происходит при тумане (чаще всего адвективном). Туман отличается большой

водностью. Капельки его несколько крупнее, чем при образовании веерообразной изморози, и близки по размерам к каплям мороси. Температура воздуха при образовании отложения около -3° , реже около -5° . Скорость ветра находится в пределах от 5 до 10 м/сек, но может быть и больше. Пластинчатая форма изморози возникает вследствие адвекции теплых масс воздуха и относится поэтому к адвективному обледенению.

Плотность пластинчатой изморози колеблется от 0,4 до 0,6 г/см³. Сила сцепления с проводами большая. При обивке отложение опадает небольшими кусками. Естественное опадание изморози с проводов происходит обычно от повышения температуры воздуха.

С появлением пластинчатой изморози происходит скручивание проводов и сравнительно часто наблюдается их вибрация. Пластинчатая изморозь нередко служит причиной сильного искрения контактных проводов при токосъеме, особенно тогда, когда толщина отложения превышает толщину провода.

Эта разновидность изморози является переходной к гололеду.

Гололед ∞ — слой плотного (прозрачного или матового) льда стекловидного строения (табл. 32—48).

Гололед отлагается преимущественно с наветренной стороны провода (табл. 32—40), но может отлагаться и по всей его окружности (табл. 41—47).

Возникает гололед чаще всего при слабых морозах (от 0 до -3°) в результате осаднения и замерзания переохлажденных капель дождя, мороси или тумана. Переохлажденные капли воды, сталкиваясь с проводом, не замерзают, как это имеет место при образовании зернистой изморози, а разливаются по его поверхности и, соединяясь с вновь выпадающими каплями, образуют под влиянием отрицательной температуры воздуха стекловидно-прозрачную корку льда (табл. 40, 43). Такой процесс слияния капель объясняется недостаточным их переохлаждением и выделением при замерзании большого запаса скрытой теплоты плавления. При более низких температурах гололед бывает мутным (табл. 32, 41), но и при этих условиях он имеет стекловидное строение. Гололед образуется также и в тех случаях, когда капли дождя, мороси или тумана замерзают при соприкосновении с проводами, охлажденными предшествовавшими морозами.

По характеру синоптических процессов гололед может быть фронтального, адвективного и реже радиационного про-

исхождения. Наиболее опасные формы гололеда образуются обычно в зоне хорошо выраженных теплых фронтов.

Слой намерзшего льда может достигать нескольких сантиметров и вызывать (в случае усиления ветра до 10—17 м/сек) самые большие повреждения воздушных линий связи и электропередач. Особенно большой вред причиняет гололед электрифицированным участкам железных дорог. С его появлением наблюдается обычно сильное искрение, а иногда и пережоги контактных проводов при токоосъеме.

Разновидности гололеда в зависимости от условий их образования отличаются друг от друга формой отложения на проводе, а некоторые из них — и плотностью. Наиболее часто наблюдаются следующие разновидности гололеда: гребнеобразный, овалообразный, футлярообразный и волнистообразный.

Гололед гребнеобразный — стекловидный слоистый лед с шероховатой поверхностью, отлагающийся на проводе с наветренной стороны (табл. 32—37). Поперечное сечение отложения имеет клиновидную форму с острями, обращенными к потоку ветра (табл. 33, 35, 36).

Характерная для этой разновидности гололеда продольная слоистость льда (вдоль ветрового потока) объясняется быстрым замерзанием сравнительно мелких, не успевающих полностью растечься переохлажденных капель воды.

Образование такого гололеда происходит при морозящем дожде, густом крупнокапельном (смачивающем) тумане или сочетании этих явлений при температуре около -2° и ветре до 10 м/сек. Гребнеобразный гололед относится к числу видов обледенения, имеющих адвективное происхождение. В отдельных случаях он образуется в зоне слабовыраженных теплых фронтов или фронтов окклюзий типа теплого фронта.

Максимальный размер гололеда нередко достигает 50 мм, плотность его колеблется от 0,7 до 0,9 г/см³. Гололед опадает с проводов преимущественно от повышения температуры.

Эта разновидность гололеда характерна в основном для возвышенных мест с большой частотой повторяемости адвективных туманов. Односторонность отложения льда этой разновидности гололеда приводит к скручиванию проводов и их вибрации. В то же время она менее всего опасна для проводов контактной сети. Искрение контактных проводов при наличии этого отложения бывает лишь в тех случаях, когда толщина осевшего льда превышает толщину контактного провода, что встречается сравнительно редко.

Гололед овалообразный — однородный слой плотного стекловидного (прозрачного или матового) льда (табл. 38—40). Он отлагается на проводе преимущественно

с наветренной стороны. Подветренная сторона провода имеет значительно меньшее отложение, а в отдельных случаях совершенно чиста. Поперечное сечение отложения напоминает овал (табл. 386—406).

Образование гололеда происходит при мелком дожде, сочетающемся с моросью или туманом. Температура воздуха во время образования бывает от $-0,5$ до -3° , но может быть и ниже. Скорость ветра сильно колеблется (от 5 до 17 м/сек). Максимальный диаметр гололеда на проводе может достигать 60 мм при удельном весе 0,8—0,9. Гололед овалообразной формы относится к фронтальным видам обледенения. Его образование происходит обычно в зонах слабовыраженных теплых фронтов или холодных фронтов 1-го рода.

Указанная разновидность гололеда наиболее опасна для линий связи и электропередач. С ее появлением возникают скручивание, „пляска“ и вибрация проводов, что вместе с повышенной их парусностью нередко приводит к обрывам.

Опадение овалообразного гололеда с проводов происходит главным образом от повышения температуры воздуха.

Гололеды футлярообразный (табл. 41—44) и волнистообразный (табл. 45—48) — весьма плотный стекловидный лед, обычно имеющий гладкую поверхность. Плотность льда около $0,9$ г/см³. Отличительные признаки каждой из форм заключаются в следующем. Футлярообразный гололед отлагается на проводе более или менее равномерным слоем по всей его окружности (табл. 41б—44б). Волнистообразный гололед также отлагается на проводе по всей окружности, но свисающие вниз сосульки придают ему характерный волнистый вид (табл. 45—48).

Образование этих разновидностей гололеда происходит от крупнокапельного переохлажденного дождя при температуре отрицательной, но близкой к 0° . Скорость ветра во время образования гололеда чаще всего бывает около 10 м/сек, но может быть и большей. Наиболее крупные капли и высокая температура воздуха наблюдаются именно при образовании волнистообразного гололеда. Своеобразие формы такого отложения объясняется стеканием книзу неуспевающих замерзнуть капель. Возникают сосульки или волнистая форма. Максимальный размер гололеда достигает 40 мм, сцепление с проводом прочное.


Футлярообразная и волнистообразная формы гололеда относятся к фронтальному обледенению. Образуются они в зоне хорошо выраженных теплых фронтов.

С появлением футлярообразного и волнистообразного гололеда происходит повреждение линий связи и электропередач, особенно когда гололед сопровождается сильным

ветром. Обе эти разновидности гололеда наиболее опасны для электрифицированных участков железнодорожного пути и нередко служат причиной пережогов контактного провода при токосъеме. Вследствие большой плотности и округлой формы отложения льда на проводе эти разновидности труднее всего удаляются с проводов.

Разрушение отложений льда естественным путем происходит обычно от повышения температуры до положительных значений.

ОБЛЕДЕНЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ НАЛИПАНИЯ И ЗАМЕРЗАНИЯ МОКРОГО СНЕГА

Отложение мокрого снега  — слой налипшего снега, постепенно образующийся в тихую погоду на верхней части провода и одновременно сползающий вниз (табл. 49—50).

В зависимости от условий образования отложение может быть односторонним (сверху провода) или, что бывает чаще, обволакивать провод по всей его окружности.

Элементами обледенения являются мокрые снежинки сильно искаженной формы, в сочленениях которых находятся капельки воды. Наличие снежинок, а также общий процесс их таяния (возможно также одновременное выпадение мелких непереохлажденных капель дождя) приводят снег к липкости и способности удерживаться даже на очень тонких проводах.


Отложение мокрого снега образуется преимущественно при положительной температуре воздуха от 0 до 1°; при температуре выше 1° оно растет медленно или даже опадает. Быстроте налипания снега благоприятствуют интенсивность снегопада и затишье; сильный ветер сдувает отложение мокрого снега с проводов. При понижении температуры воздуха ниже 0° отложение мокрого снега постепенно замерзает.

Отложение мокрого снега является фронтальным видом обледенения. Его образование может происходить как в зоне теплого, так и в зоне холодного фронта 2-го рода.

Отложение мокрого снега относится к числу опасных видов обледенения. Оно увеличивает нагрузку на провода, возникает повышенная их парусность, что отражается на механической прочности воздушных линий связи и электропередач. Кроме того, налипание мокрого снега делает неразличимыми знаки сигнализации.

Обледенение проводов, связанное с налипанием мокрого снега, чаще всего наблюдается в Северных районах Европей-


ской территории Советского Союза (ЕТС), в районах Камчатки и Дальнего Востока, а также в горных районах Кавказа. Реже всего этот вид обледенения встречается в южных районах ЕТС.

Замерзшее отложение мокрого снега  — слой льда, образовавшийся в результате замерзания налипшего мокрого снега (табл. 51). Форма отложения на проводе и строение этого вида обледенения бывают различными и зависят от хода температуры, характера осадков и отчасти от скорости ветра. Если осаждение мокрого снега происходило только при температуре воздуха около 1° , то обледенение охватывает провод более или менее равномерным слоем и бывает стекловиднопрозрачным, как гололед. Если мокрый снег выпадал при положительной температуре, близкой к 0° , то отложение имеет малую плотность и снеговидную форму. При непрерывном выпадении снега и при одновременном снижении температуры воздуха от положительных до отрицательных значений строение отложения бывает обычно крайне неоднородным — от прозрачного льда у провода до кристаллического снега, покрывающего самый верхний слой этого обледенения. В связи с таким различием в строении замерзшего отложения мокрого снега, плотность его сильно колеблется: от 0,2 до 0,6 г/см³.

Замерзшее отложение мокрого снега является фронтальным видом обледенения. Его образование связано с быстро движущимися холодными фронтами, т. е. фронтами 2-го рода.

Замерзшее отложение мокрого снега характерно своей устойчивостью. Оно может длительный период удерживаться на проводах даже при сильном ветре. В связи с этим замерзшее отложение мокрого снега представляет для воздушных линий связи и электропередач не менее опасное явление, чем гололед. С этим видом обледенения наблюдается сильное искрение проводов при токосъеме, а при значительных размерах отложения — и пережоги.

СЛОЖНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЛЬДА


Зернистая изморозь на гололеде  — сложное двухслойное отложение льда, образуемое двумя видами обледенения — гололедом и зернистой изморозью (табл. 52—55). Такой процесс


наслоения бывает обычно разорванным во времени: сначала отлагается на проводе гололед, а затем изморозь. В некоторых случаях, особенно при непрерывном тумане и понижении температуры воздуха, наблюдается постепенный переход гололеда в изморозь (табл. 63, 64). Наслоение этих видов льда в большинстве случаев происходит с какой-либо одной наветренной стороны провода. Реже встречается двухстороннее отложение льда.

Возникает такое отложение в результате смены погодных условий с общей тенденцией к понижению температуры и уменьшению размера переохлажденных капель воды. Такие условия обычно создаются в зоне слабовыраженных теплых фронтов или в случае адвекции тепла при последующем радиационном выхолаживании воздуха.

Максимальный диаметр отложения может достигать в гололедных районах 150 мм. Плотность колеблется в больших пределах и зависит от того, преобладает ли в отложении гололед или изморозь. Опадает отложение преимущественно от повышения температуры.

Отложение зернистой изморози на гололеде представляет весьма опасное обледенение для воздушных линий связи и электропередач.

Гололед на зернистой изморози  — сложное двухслойное отложение льда, образуемое зернистой изморозью и гололедом (табл. 56—58). Такое положение встречается сравнительно редко. Условия его образования аналогичны условиям образования предыдущего отложения, но по порядку воздействия противоположны: сначала отлагается на проводе зернистая изморозь, а затем гололед. Максимальный размер отложения может достигать 70 мм. Опадение его с проводов происходит исключительно от повышения температуры.


Кристаллическая изморозь на замерзшем отложении мокрого снега  — сложное двухслойное отложение льда на проводах, образующееся в результате наложения кристаллической изморози на замерзшее отложение мокрого снега (табл. 59). Процесс наслоения указанных видов льда всегда бывает разорванным во времени: сначала образуется на проводах замерзшее отложение мокрого снега, а затем кристаллическая изморозь.

Образование такого отложения происходит в результате резкой смены погодных условий с общей тенденцией к пони-

жению температуры воздуха. В его образовании главную роль играют быстро движущиеся холодные фронты и радиационное выхолаживание воздуха.


Отложение кристаллической изморози на замерзшем отложении мокрого снега представляет собой опасное обледенение для воздушных линий связи, электропередач и устройств контактной сети. Эта опасность тем больше, чем больше слой льда на проводах, образовавшийся в результате замерзания мокрого снега.

Частичное разрушение отложения на проводах происходит под влиянием его выветривания и испарения. Полное разрушение отложения и опадение его с проводов происходит вследствие повышения температуры воздуха до оттепели.

Зернистая изморозь и осевшая на ней кристаллическая изморозь на гололеде  — сложное трехслойное отложение льда на проводах, образующееся в результате последовательного наложения трех видов льда: гололеда, зернистой изморози и кристаллической изморози (табл. 60). Условия образования этого отложения бывают самые различные, но чаще всего оно возникает в случае постепенного понижения температуры воздуха, уменьшения размеров переохлажденных капель тумана и перехода одного вида обледенения в другой. В подобном случае в начале процесса может быть адвекция теплых масс или слабовыраженный теплый фронт, а в заключительном периоде процесса — радиационное выхолаживание воздуха.

Максимальный размер отложения на проводе в сильно гололедных районах может достигать 150—200 мм. Плотность колеблется в больших пределах и зависит от того, преобладает ли в отложении гололед или изморозь. Это отложение, как и предыдущее, опасно для воздушных линий связи, электропередач и устройств контактной сети. Особенно большая опасность возникает тогда, когда в отложении преобладает гололед.

Опадает отложение с проводов вследствие повышения температуры воздуха до оттепели.

Ряд чередующихся слоев гололеда и зернистой изморози на проводе  — сложное отложение, состоящее из трех и более последовательно чередующихся на проводе слоев гололеда и зернистой изморози (табл. 61—66). Начинается такое отложение обычно с гололеда и представляет собой самое опасное обледенение для воздушных линий связи и электропередач. Условия образования этого отложения характеризуются чере-

дованием различных процессов обледенения, вызывающих в одном случае образование гололеда, а в другом — зернистой изморози.

Максимальный размер отложения может достигать в гололедных районах 150—200 мм. Продолжительность образования и сохранения отложения на проводах достигает иногда нескольких недель. Частичное опадение отложения с проводов происходит под влиянием его выветривания и испарения. Полное опадение осадка происходит от повышения температуры до оттепели.

IV. ВИДЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ И ИХ СВЯЗЬ С АТМОСФЕРНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

При изучении обледенения проводов, помимо физико-метеорологических условий, важно знать и синоптические условия его возникновения. Синоптические условия позволяют не только шире и глубже понять природу каждого вида обледенения и объяснить его закономерные связи с атмосферными процессами, но и предвидеть возможность образования обледенения проводов.

Обледенение проводов бывает в однородной воздушной массе и на атмосферном фронте. В зависимости от этого современная классификация различает внутримассовые обледенения, возникающие в однородной воздушной массе, и фронтальные обледенения, возникающие при взаимодействии различных воздушных масс вдоль фронтальных поверхностей.

ВНУТРИМАССОВОЕ ОБЛЕДЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ

Внутримассовое обледенение проводов делится на радиационное, обусловленное радиационным выхолаживанием и адвективное, обусловленное адвекцией теплых масс воздуха.

Радиационное обледенение. К видам, имеющим радиационное происхождение, относят иней, кристаллическую изморозь и отчасти зернистую изморозь веерообразной формы. Образование радиационного обледенения связано с процессами морозного пересыщения воздуха (сублимации) или приземной конденсации, при которых наблюдается дымка или туман, их суточный ход аналогичен суточному ходу обледенения проводов, т. е. они возникают обычно в ночное время, достигают наибольшей интенсивности к утру и рассеиваются после восхода солнца.

Наиболее благоприятные условия для возникновения радиационного обледенения проводов создаются при формировании над материком во влажной воздушной массе медленно смещающихся зимних антициклонов, отрогов или гребней, или малоградиентных областей давления — седловин.

Наличие в этих барических областях нисходящих движений создает условия для рассеивания облаков, а следовательно, для большого эффективного излучения тепла земной поверхностью, в результате которого образуется приземная инверсия или изотермия, а вместе с ними — дымка, туман и обледенение проводов. При этом образование определенного вида обледенения проводов в большой степени зависит от вертикального распределения удельной влажности. Если удельная влажность в нижнем слое воздуха растет или по крайней мере не убывает с высотой, образуются туманы, при которых начинается образование зернистой изморози (веерообразной) и в редких случаях кристаллической изморози (пушистой). Если удельная влажность быстро уменьшается с высотой, туманы рассеиваются и при дальнейшем радиационном выхолаживании воздуха создаются условия для образования инея и кристаллической изморози (листовидной).

Для образования каждого вида радиационного обледенения характерны особые синоптические условия.

Типичная схема синоптического положения образования кристаллической изморози такова. В тыл глубокому циклону, представляющему собой высокое барическое образование с центром над восточными районами Европейской территории Советского Союза, поступают арктические массы воздуха, которые вслед за холодным фронтом быстро распространяются к югу, не меняя существенно своих первоначальных свойств. Одновременно с этим вследствие адвекции холода, а иногда и динамических причин над северными районами Европы (Скандинавия, Финляндия) в массах арктического воздуха происходит формирование ядра высокого давления. Это ядро некоторое время находится в стационарном положении, а затем быстро перемещается к югу или юго-западу. По мере своего перемещения ядро, пополняясь новыми порциями холодного воздуха, значительно усиливается, увеличивается по площади и превращается в мощный высокий антициклон, занимающий обычно центральные районы Европы. В области антиклона и его гребней в результате нисходящих движений отсутствует облачный покров, что является причиной сильного ночного выхолаживания нижнего слоя воздуха и образования приземных инверсий, с которыми связано образование кристаллической изморози (рис. 1).

Однако образование кристаллической изморози может происходить и с несколько отличным синоптическим положением, особенно, когда арктический воздух вследствие длительного выхолаживания стабилизируется над материком. В таких случаях кристаллическая изморозь может возникать в ночные часы несколько суток подряд. В этот период внешние формы синоптического положения существенно изме-

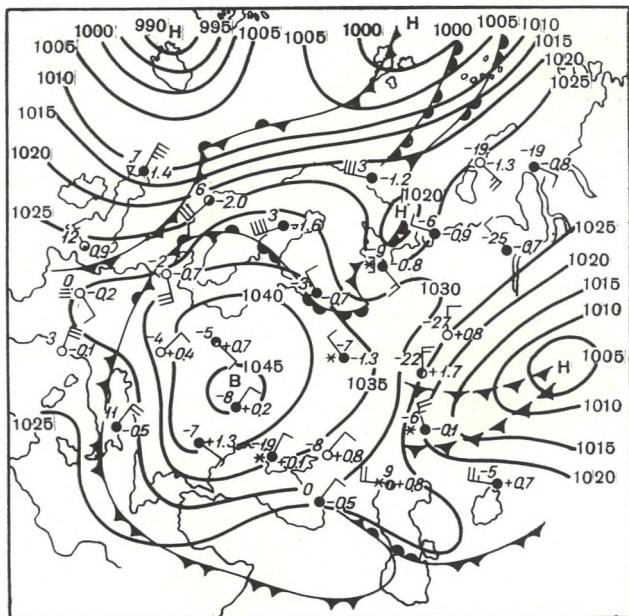


Рис. 1. Схема синоптического положения при образовании кристаллической изморози. 25/XI 1953 г. 9 час.

няются, но характер физико-метеорологических процессов, способствующих образованию кристаллической изморози, остается прежним.

Кристаллическая изморозь в подавляющем большинстве случаев возникает на юго-восточной периферии континентального антициклона или гребня (в очень редких случаях на южной периферии седловины и в тыловой части циклона) при ветрах северной половины горизонта. В этом ее отличительная черта от других видов обледенения проводов. При изменении барического поля и установлении южных потоков образование кристаллической изморози встречается редко. В таких случаях она может сопровождаться не только дымкой, но

и туманом, отчего принимает пушистую форму, как бы переходную к зернистой изморози.

Радиационная зернистая изморозь и гололед чаще всего возникают в массах воздуха умеренных широт. Нередко, однако, эти виды обледенения проводов могут наблюдаться и в других, сравнительно влажных воздушных массах при наличии малоподвижного антициклона, отрога, гребня, седловины и радиационного выхолаживания. Наиболее типичным синоптическим положением при этом является не столько центральная часть антициклона, сколько ось гребня или седловина. Туманы, способствующие образованию зернистой изморози и гололеда, возникают обычно ночью, если накануне (в середине дня) воздух имел неустойчивую стратификацию, а кривая точки росы проходила на аэрологической диаграмме параллельно влажной адиабате или с небольшим отклонением вправо. После захода солнца, когда под воздействием выхолаживания начинает формироваться приземная инверсия температуры, наклон кривой точек росы на диаграмме в приземном слое постепенно уменьшается и приближается сначала к изограмме, а затем к изотерме. Установлению устойчивой стратификации в этом случае способствуют также слабые ветры.

Характер обледенения проводов при указанных условиях зависит от величины капель тумана и степени их переохлаждения. Чаще всего сочетание этих факторов приводит к образованию изморози и, как исключение, гололеда, который никогда не отличается значительными размерами.

На рис. 2 приведена одна из схем синоптического положения, при котором происходит образование радиационной зернистой изморози.

Адвективное обледенение. К адвективному обледенению проводов в основном относят два вида — зернистую изморозь пластинчатую, реже веерообразную, и гололед гребнеобразной формы.

Адвективное обледенение проводов, в отличие от радиационного, связано с продуктами конденсации не только приземными (туманами), но и образующимися в слоистых облаках и выпадающими на земную поверхность (морось). При этом образованию зернистой изморози способствуют туманы, а гололеду — морозящие дожди.

Необходимые условия для образования адвективных туманов, слоистой облачности, морозящих дождей и связанного с ними обледенения проводов создаются тогда, когда теплый влажный воздух движется над холодной подстилающей поверхностью и охлаждается над ней. Температура подстилающей поверхности при этом должна иметь отрицательные

значения и быть ниже точки росы теплой массы воздуха. Такие условия на Европейской территории Советского Союза встречаются в двух случаях: 1) в зоне адвекции теплых масс воздуха континентального происхождения по западной периферии сибирского антициклона и 2) в зоне адвекции теплых масс воздуха морского происхождения по северной периферии антициклона, расположенного над югом Европы. В обоих случаях наблюдается разрыв температуры по вертикали, где

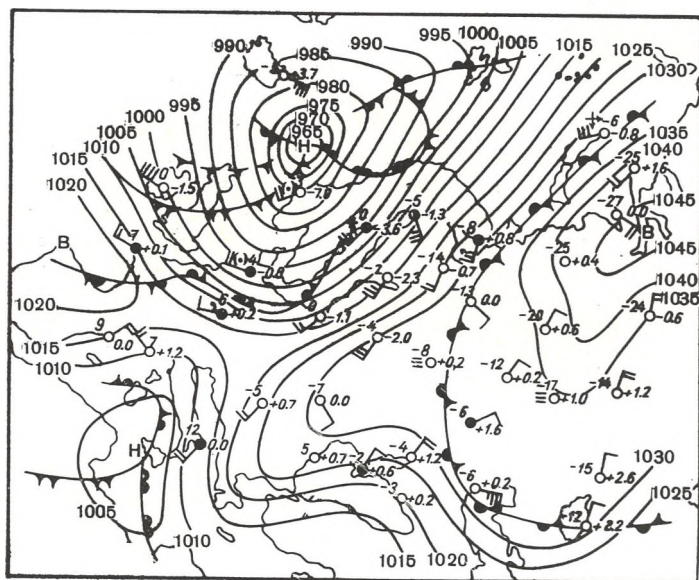


Рис. 2. Схема синоптического положения при образовании радиационной зернистой изморози. 13/III 1949 г. 9 час.

практически всегда имеется слой инверсии или изотермии. В зависимости от высоты их нижнего основания образуются подынверсионные слоистые облака или туманы и связанное с ними обледенение проводов. Чаще всего образованию слоистой облачности способствует нижнее основание инверсии в слое 500—1000 м, а адвективного тумана — около земной поверхности.

Образование слоистой облачности и тумана аналогичны. Нередко с изменением высоты нижнего основания инверсии происходит превращение тумана в облако, и наоборот. Существенное значение при этом имеет скорость ветра. Усиление ветра до 7—9 м/сек ведет обычно к поднятию основания инверсии, а вместе с тем и к преобразованию тумана в низ-

кую слоистую облачность. Наоборот, ослабление ветра (при условии дальнейшего охлаждения воздуха) способствует образованию приземной инверсии или изотермии, вследствие чего облако снижается до уровня земли и превращается таким образом в туман. Подобные преобразования ведут обычно к отложению сложных видов льда, состоящих из ряда чередующихся слоев гололеда и изморози.

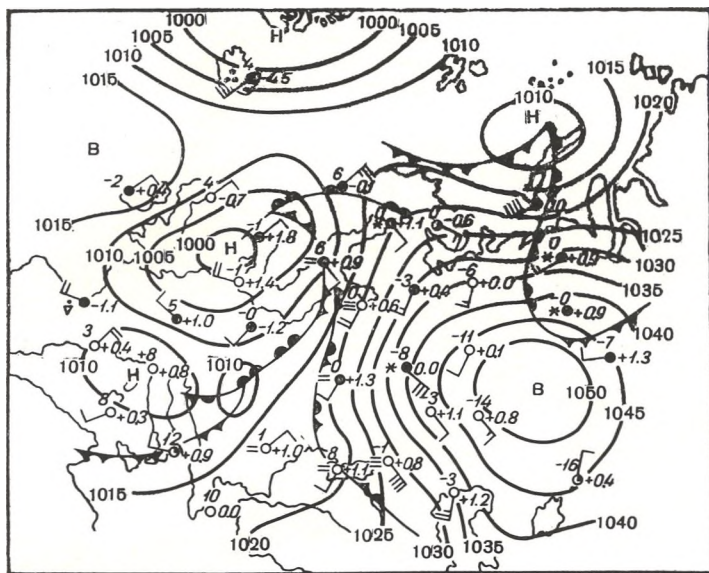


Рис. 3. Схема синоптического положения при образовании адвективных форм гололеда и изморози. 17/XII 1950 г. 9 час.

Наибольшая вероятность адвективного обледенения проводов падает на декабрь, когда длиннее всего ночи и адвективное охлаждение приземного слоя воздуха усиливается радиационным охлаждением. В переходные месяцы от зимы к весне адвективное обледенение проводов характеризуется кратковременностью образования, так как прогрев воздуха поднимает уровень конденсации до основания инверсии или выше его, вследствие чего необходимые для обледенения проводов туманы и слоистые облака рассеиваются днем.

Следует отметить, что при наличии слоистой облачности не всегда наблюдается обледенение наземных предметов. Наличие или отсутствие обледенения проводов в таком случае будет зависеть от состояния подынверсионной облачно-

сти и ее состава, влажности, распределения температуры, турбулентности и вертикальной мощности.

Наиболее благоприятные условия для образования адвективного гололеда создаются тогда, когда достаточно мощная слоистая облачность располагается не только под инверсией, но и в самом слое инверсии. При этом температура в слое инверсии должна доходить до положительных значений. Указанные условия способствуют росту облачных капель до размера капель мороси, которые, выпадая на земную поверхность, вызывают обледенение проводов. Вероятность адвективного гололеда резко уменьшается с понижением температуры в облачном слое до -6° . При температуре -8° и ниже обледенение проводов уже не возникает, так как переохлажденные капли воды настолько малы, что они не выпадают на земную поверхность.

Характерная схема синоптического положения, при котором происходит образование изморози и гололеда в зоне адвекции тепла по западной периферии сибирского антициклона, приведена на рис. 3.

Внутримассовое обледенение проводов при западных потоках в сравнении с южными (по западной периферии сибирского антициклона) встречается на Европейской территории Советского Союза реже. Кроме того, оно менее интенсивно и продолжительно.

ФРОНТАЛЬНОЕ ОБЛЕДЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ

Фронтальные виды обледенения проводов обусловлены резкой сменой воздушных масс вдоль фронтов; к ним относят гололед овалообразной, футлярообразной и волнистообразной формы, замерзшее отложение мокрого снега и отчасти зернистую изморозь, веерообразную.

По условиям и характеру процессов образования виды фронтальных обледенений делят в зависимости от прохождения теплых и холодных фронтов. При этом образованию гололеда способствуют теплые фронты, а замерзшего отложения мокрого снега — холодные.

Обледенение проводов, связанное с теплыми фронтами. При теплых фронтах наблюдаются обледенения в форме гололеда (овалообразного, футлярообразного и волнистообразного) и, как исключение, зернистой изморози (веерообразной).

Наиболее интенсивные гололеды обычно связаны с хорошо выраженными теплыми фронтами, по обе стороны которых воздушные массы характеризуются значительными контра-

стами температуры воздуха. Теплый воздух, испытывающий восходящее скольжение, сохраняет при этом положительную температуру не только у земной поверхности, но и до некоторой высоты подъема. Холодный же воздух перед фронтом имеет отрицательную температуру. Хорошо выраженные теплые фронты и связанные с ними интенсивные гололеды встречаются в случаях, когда температура у земли в клине холодного воздуха (в зоне предфронтальных осадков) находится в пределах от -1 до -6° , в теплом же воздухе за фронтом в пределах от 5 до 10° .

В таких случаях поверхность теплого фронта выражена довольно четкой инверсией температуры, в слое которой температура воздуха достигает положительных значений, и наблюдается большая удельная влажность и интенсивное образование облаков.

Наличие таких условий способствует образованию капель более или менее крупного размера, которые выпадают на земную поверхность в виде дождя.

На интенсивность гололеда оказывает существенное влияние также скорость движения теплых фронтов. При скорости теплого фронта, не превышающей 25 км/час, наблюдается наибольшая интенсивность отложения льда. При больших скоростях движения фронтов вследствие быстрого замещения холодных масс воздуха теплыми отложение гололеда бывает кратковременным.

Хорошо выраженные фронтальные разделы и связанные с ними наиболее интенсивные гололеды чаще всего бывают при выходе на Европейскую территорию Советского Союза (ЕТС) южных циклонов и реже — западных. В обоих этих случаях выходу циклонов предшествует установление над востоком Европы антициклонического типа погоды с достаточно низкой температурой воздуха. Чем мощнее такие антициклонические образования, тем интенсивнее протекает процесс обледенения. Кроме того, в случае мощного антициклона над востоком Европы создаются условия для усиления ветра, увеличивающего образование гололеда.

Наибольшая частота прохождения хорошо выраженных теплых фронтов на ЕТС в холодное время года связана с ликвидацией арктических вторжений. В таких случаях западный участок арктического фронта, войдя в область южного или западного циклона, приобретает профиль теплого фронта, который в зависимости от траектории движения циклона смещается к северу или к востоку.

Характерная схема синоптического положения, при котором происходит образование гололеда в зоне хорошо выраженного теплого фронта, приведена на рис. 4.

Случаи гололеда, связанного с хорошо выраженными теплыми фронтами, встречаются редко. На ЕТС более часты гололеды перед размытыми фронтами и фронтами окклюзий характера теплого фронта. Продуктами конденсации в этом случае являются мелкокапельные дожди, морось и туман. Температура в слое инверсии при таких фронтальных разделах бывает обычно ниже 0° . Вследствие мелкокапельности

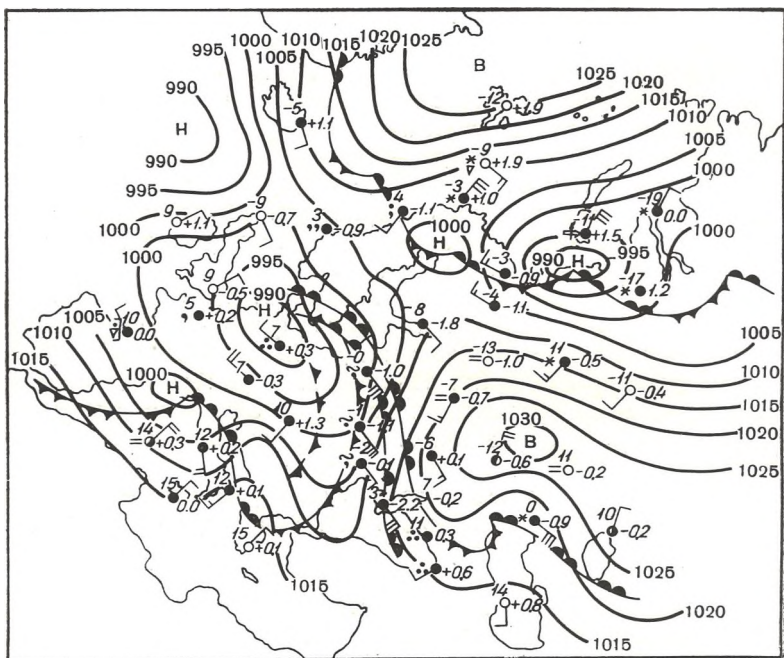


Рис. 4. Схема синоптического положения при образовании гололеда в зоне теплого фронта. 13/XI 1951 г. 9 час.

выпадающих осадков интенсивность нарастания гололеда бывает небольшой. В отдельных случаях, когда фронты становятся малоподвижными, обледенение предметов может быть продолжительным и значительным по размерам.

Чаще всего слабовыраженные теплые фронты и фронты окклюзий по типу теплого фронта связаны с циклонами, перемещающимися на ЕТС с запада и реже с юга. Распространяющиеся за фронтами массы морского умеренного воздуха с положительными температурами по мере продвижения в глубь континента выхолаживаются, и температура воздуха принимает небольшие отрицательные значения. Обледенение

в этом случае происходит обычно перед фронтом, т. е. в массах более холодного воздуха.

В зоне слабо выраженных теплых фронтов или окклюзий характера теплого фронта могут наблюдаться гололеды гребнеобразной и овалообразной формы и в отдельных случаях — плотные формы зернистой изморози.

Обледенение проводов, связанное с холодными фронтами. Следует различать обледенение, связанное с замедленными и быстро движущимися холодными фронтами.

С замедленными холодными фронтами связаны в основном два вида обледенения проводов: гололед и зернистая изморозь. Подобные фронты наиболее часто вызывают обледенение в предгорных районах Крыма и особенно Северного Кавказа, когда вторгающийся с севера холодный воздух приходит в непосредственное соприкосновение с теплым и влажным воздухом, находящимся над югом. В этих случаях осуществляется восходящее скольжение теплого воздуха вдоль наклонной поверхности малоподвижного холодного фронта, в результате чего за фронтом, т. е. в клине холодного воздуха, образуются слоисто-дождевые облака и способствующие обледенению осадки. Такой процесс на холодном фронте является обратным процессу на теплом фронте: на холодном фронте осадки и гололед наблюдаются не в конце, а в начале сильных холодов.

Схема синоптического положения, при котором происходит образование гололеда в зоне замедленного холодного фронта, приведена на рис. 5.

Если при движении замедленных холодных фронтов наблюдаются случаи гололеда, то при быстро движущихся фронтах гололед почти исключается, так как осадки, связанные с этими фронтами, выпадают преимущественно впереди фронта, т. е. в теплом воздухе. С прохождением таких фронтов возникают другие виды обледенения, в частности замерзшее отложение мокрого снега. Особенность этого вида обледенения состоит в том, что его образование не всегда связано с осадками, выпадающими в зоне быстро движущегося фронта. Чаще всего такие осадки обуславливаются другими процессами, иногда задолго до прохождения фронта. Так, если впереди холодного фронта выпадали обильные мокрые снегопады, то при наступившем резком похолодании за фронтом образуется замерзшее отложение мокрого снега.

Налипание мокрого снега на проводах и его последующее замерзание связано в основном с регенерацией циклонов. В момент регенерации у вершины теплого сектора циклона наблюдаются обильные осадки в виде мокрого снега при температуре воздуха около 0° . Быстрое перемещение циклона

Слабо
голеде
опи

и распространение в его тылу холодного воздуха с отрицательной температурой препятствует опадению снега с проводов. Он под влиянием отрицательных температур испытывает известную перекристаллизацию и быстро замерзает. Одна из схем подобного синоптического положения, при котором про-

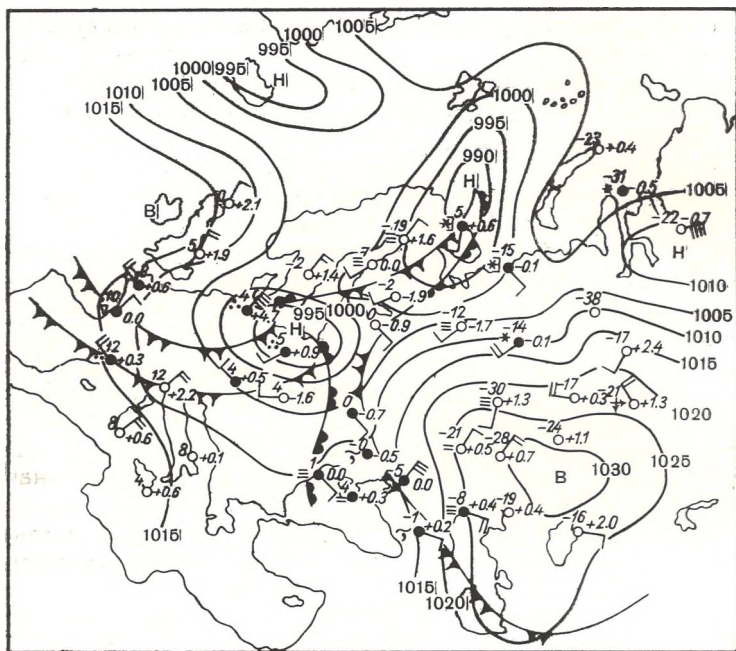


Рис. 5. Схема синоптического положения при образовании гололеда в зоне замедленного холодного фронта. 21/II 1950 г. 9 час.

исходит налипание и замерзание на проводах мокрого снега приведена на рис. 6.

Синоптические положения гололеда для отдельных географических районов имеют ярко выраженный локальный характер. Так, например, на юге Европейской территории Советского Союза (ЕТС) наиболее значительные гололеды наблюдаются в случае выхода циклонов с Черного моря и Балкан. На юге центрального района, включая южные районы Урала, гололед может быть вызван или дальнейшим движением этих циклонов к северу или выносом теплых масс воздуха по западной периферии сибирского антициклона. В центре и на севере ЕТС гололеды связаны в основном с перемещением с запада ложбин циклонов, центры которых движутся по

северным морям. В предгорьях Кавказа гололед образуется обычно в том случае, если вторгающиеся сюда холодные массы воздуха взаимодействуют с более теплыми массами воздуха, находящимися над югом. Гололед и изморозь в За-

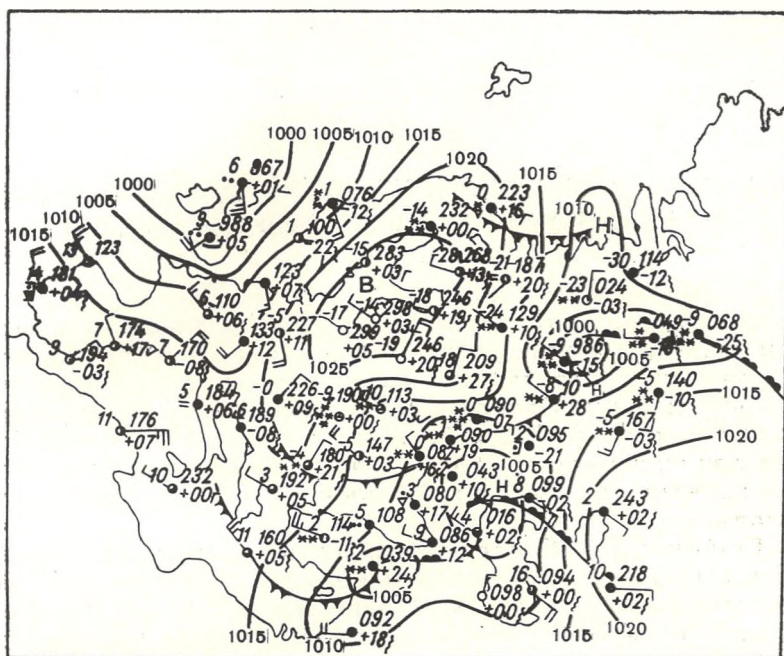


Рис. 6. Схема синоптического положения при образовании замерзшего отложения мокрого снега в зоне быстро движущегося холодного фронта.

кавказье связаны главным образом с вторжением холодного воздуха со стороны Черного или Каспийского морей на территорию, занятую до этого более теплым и влажным воздухом.

Знание отмеченных особенностей синоптических положений может намного облегчить прогнозирование обледенения проводов.

У. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВИДОВ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Определение вида и разновидности обледенения производится на проводах гололедной установки (гололедного станка) или на проводах действующих линий связи и электропередач, составляющих с гололедонесущим потоком прямой угол или близкий к нему. Определение разновидностей обледенения (особенно гололеда) на действующих линиях связи и электропередач производится вблизи опоры, где влияние закручивания провода от тяжести одностороннего обледенения незначительно.

При каждом наблюдении необходимо прежде всего определить вид, к которому относится данное обледенение (иней, кристаллическая изморозь, зернистая изморозь, гололед и т. п.). В основу этого определения ложатся структурные особенности каждого вида обледенения, его внешний вид и условия образования, описанные в настоящем Атласе.

В том случае, если структура обледенения не может быть определена невооруженным глазом, наблюдатель может воспользоваться лупой 4—10-кратного увеличения, позволяющей легко отличить, например, зернистую структуру льда от кристаллической.

После определения вида необходимо определить форму отложения на проводе, характеризующую собой разновидность обледенения. Нужно при этом помнить, что разновидности кристаллической и зернистой изморози в большинстве своем определяются по внешней форме отложения (иглы, веера и т. п.), а разновидности гололеда — по форме поперечного сечения отложения льда на проводе (овалообразная, футлярообразная и т. п.).

Наблюдаемая разновидность обледенения должна соответствовать описанию и фотографии, приведенным в Атласе. Если же такого соответствия установить нельзя, наблюдатель

подробно описывает внешние свойства наблюдаемого обледенения, как новой разновидности, не вошедшей в классификацию атмосферного льда, осаждающегося на проводе.

Определение сложных (слоистых) отложений особой трудности не представляет. Наблюдатель должен правильно определить последовательность чередующихся на проводе слоев гололеда и изморози, отнести отложение к одной из описанных разновидностей.

После определения вида и разновидности обледенения приступают к записи результатов наблюдений. Записи подлежат название вида и разновидности обледенения, а также номер таблицы явления, сходного с наблюдаемым.

ЛИТЕРАТУРА

Бучинский В. Е. Гололед и борьба с ним. Гидрометеоиздат, Л., 1960.

Заморский А. Д. Атмосферный лед. Изд. АН СССР, Л. — М., 1955.

Муретов Н. С. Гололедные образования на воздушных линиях связи и электропередачи. Гидрометеоиздат, 1945.

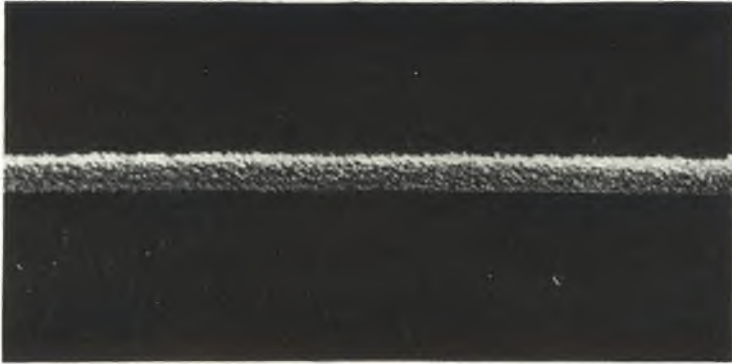
Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. 1. Гидрометеоиздат, Л., 1958.

Руднева А. В. Мокрый снег и обледенение проводов на территории СССР. Гидрометеоиздат, Л., 1964.

ТАБЛИЦЫ

Таблицы обледенения проводов содержат фотоснимки внешнего вида обледенелого провода, зарисовки поперечного сечения отложения и в ряде случаев фотоснимки микроскопического строения отдельных видов обледенения. Таблицы расположены в порядке нарастания плотности и сложности отложения согласно приведенной выше классификации видов и разновидностей обледенения проводов.

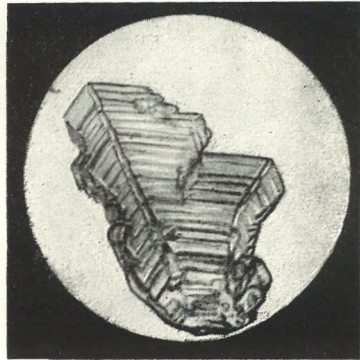
Внешний вид отложения дается фотографией обледенелого провода, снятой в направлении, перпендикулярном длине провода. Эти иллюстрации отмечены буквой а. Масштаб снимков указан приблизительно. Рисунки поперечного сечения отложения обозначены буквой б. Они дают схематический вид отложения. Микрофотографии строения отложения обозначены буквой в. Увеличение при этом было приблизительно в 25 раз.



а



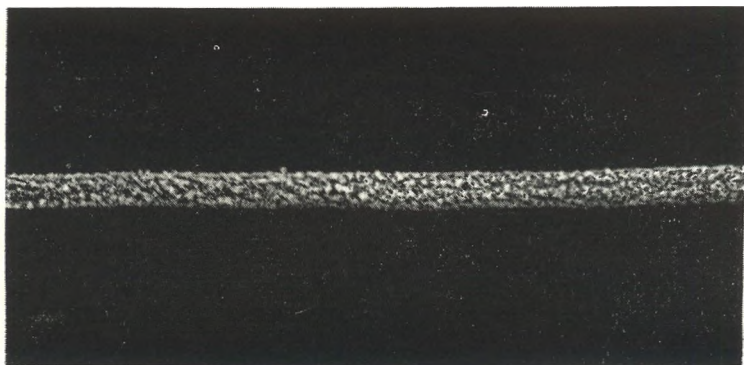
б



в

Иней при затишье на 5-мм проводе 22/1 1953 г. Натуральная величина. Образовался при безоблачном небе, температуре воздуха -10° и полном затишье.

Отложению присуща белизна, изоляция друг от друга кристаллов льда и их небольшое развитие (а). Наибольшая величина покрова инея (до 1 мм) наблюдается сверху провода и наименьшая (до 0,2 мм) — снизу (б). Увеличенный под микроскопом кристалл инея представляет собой сложную пирамиду, состоящую из призм с большими плоскими гранями правильной формы (в).



а



б

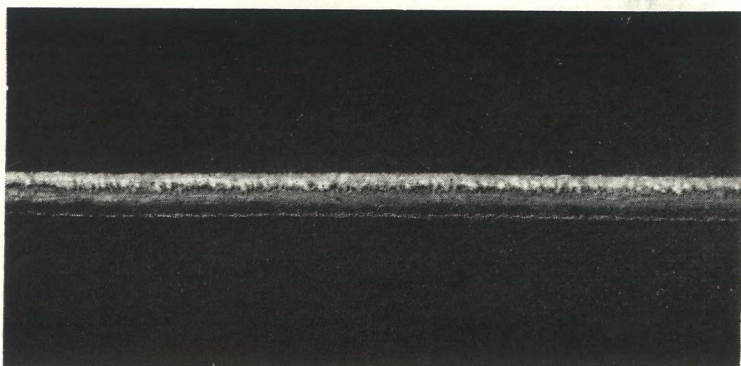


в

Иней при затишье на 5-мм проводе 22/1 1953 г. Натуральная величина. Условия образования те же, что и в табл. 1.

На фотографии (а) изображен покров инея сверху провода. Здесь четко видна изоляция друг от друга кристаллов льда.

Форма кристалла инея подобна форме, изображенной в табл. 1в, но с большим развитием в высоту



а



б

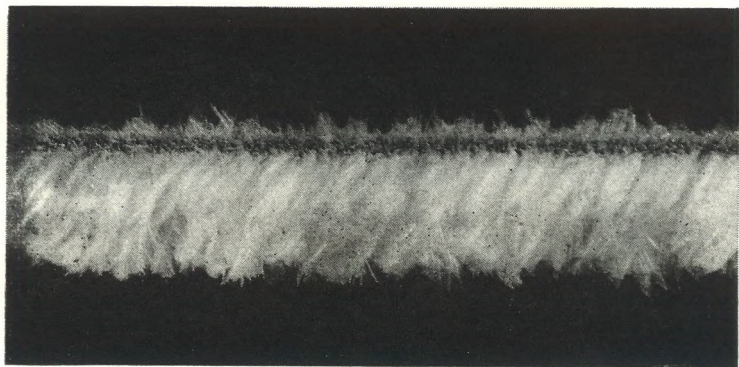


в

Иней наветренный на 5-мм проводе 4/XII 1954 г. Натуральная величина. Образовался ночью при безоблачном небе, температуре воздуха от -12 до -14° и ветре от 1 до 5 м/сек.

Отложение представляет собой типичный случай наветренного инея (а). Характерной его особенностью является двусторонность отложения в виде более или менее существенного покрова (до 1—2 мм) с наветренной стороны и совершенно незначительного (следы) с подветренной. Сверху и снизу провода осадок инея отсутствует (б).

Наиболее типичными являются шестигранные полые кристаллы, закрепляющиеся на проводе ледяной ножкой (в).



а



б



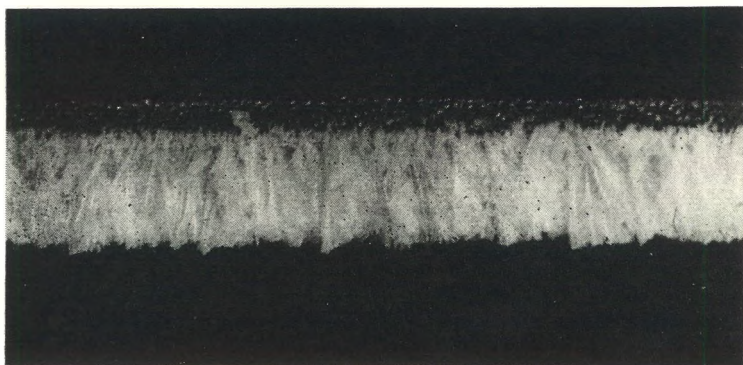
в

Кристаллическая изморозь листовидная на 5-мм проводе 10/XII 1945 г. Натуральная величина. Образовалась ночью при температуре воздуха $-19,0^{\circ}$, дымке и ветре до 7 м/сек.

Отложение состоит из кристаллов льда листовидной формы, очень нежной, тонкой структуры, благодаря чему просвечиваются частично провод и экран (а). Кристаллы изморози изолированы друг от друга, имеют различный угол наклона по отношению к проводу, что создает впечатление их сплетения.

Наибольший рост отложения наблюдается с наветренной стороны провода. Подветренная сторона покрыта меньшим слоем кристаллов льда такой же формы и строения (б).

Увеличенная под микроскопом часть кристаллика дает ясное представление о его пластинчатости и скелетном строении (в).



а



б

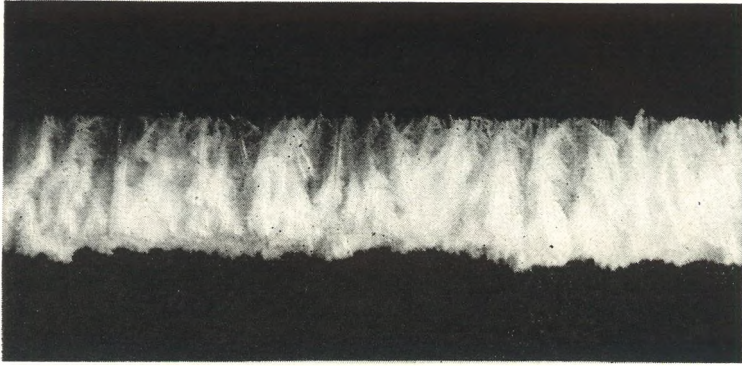


в

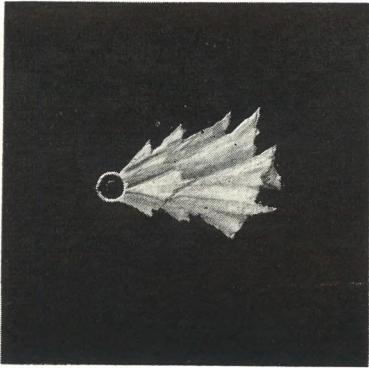
Кристаллическая изморозь листовидная на 5-мм проводе 6/III 1952 г. Несколько меньше натуральной величины. Образовалась в ночные часы при безоблачном небе и отсутствии видимых элементов конденсации (сублимации). Температура воздуха во время образования $-15,9^{\circ}$, ветер до 7 м/сек.

Отложение изморози напоминает приведенное в табл. 4. Разница заключается в том, что в данном случае рост листовидных кристаллов наблюдается лишь с наветренной стороны провода, контуры их имеют более сглаженный (без острых выступов) вид. Подветренная сторона провода покрыта очень тонким слоем кристалликов, напоминающих собой иней.

Микроскопическое строение небольшой части кристаллика — пластинчатый кристалл скелетной структуры (в).



а



б



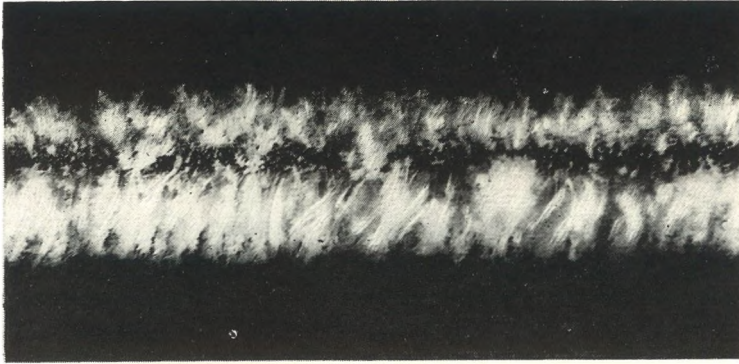
в

Кристаллическая изморозь листовидная на 5-мм проводе 6/III 1953 г. Половина натуральной величины. Образовалась при безоблачном небе, слабой дымке, температуре воздуха $-13,2^{\circ}$ и ветре до 2 м/сек.

В отложении четко видна листовидная форма кристаллов льда, хотя плотность их несколько больше, чем у предыдущих форм (а).

Характерной особенностью отложения является его односторонность (б) и изоляция друг от друга кристаллов льда, особо заметная ближе к проводу.

Кристаллы изморози являются пластинчатыми со скелетным строением (в).



а



б

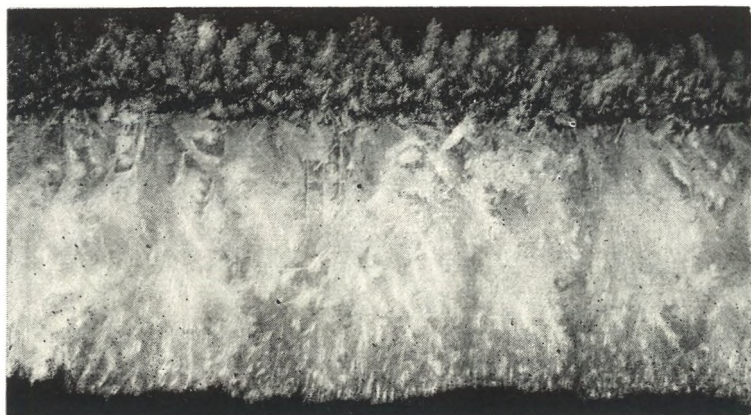


в

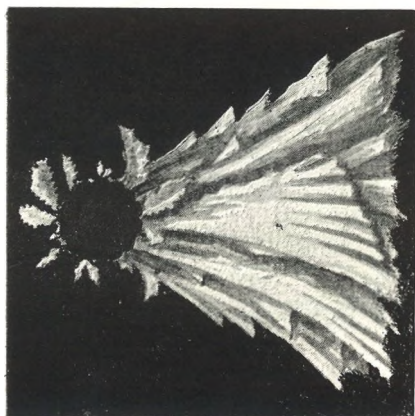
Кристаллическая изморозь листовидная на 5-мм проводе 26/1 1954 г. Меньше натуральной величины. Образовалась в ночные часы при небольшой тонкой облачности, наличии ледяных игл и дымки. Температура воздуха во время образования $-18,6^{\circ}$, ветер в начале образования 4 м/сек, а в последующем затишье.

Основными элементами отложения являются листовидные, очень нежной, тонкой структуры кристаллы, постепенно расширяющиеся от провода к потоку ветра (а). Изогнутость листовидных кристаллов свидетельствует об изменении направления ветра в период их образования. По этой причине наблюдается слой кристаллов изморози и с подветренной стороны провода.

Микроскопическое строение отложения — пластинчатые скелетные кристаллы (в).



а



б

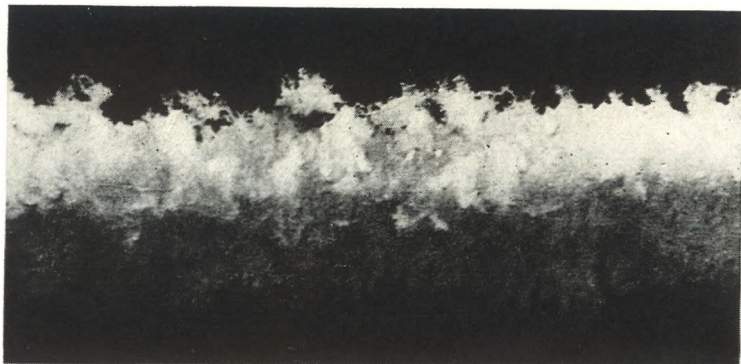


в

Кристаллическая изморозь листовидная на 15-мм тресе 19/XII 1945 г. Немного меньше натуральной величины. Возникла при полной облачности, дымке и переменном направлении ветра. Температура в начале образования $-12,1^{\circ}$, ветер 7 м/сек. К концу образования понижение температуры до $-20,0^{\circ}$, ослабление ветра до 3 м/сек.

В отложении наблюдаются большой величины (до 60 мм) кристаллы листовидной формы.

Увеличенная под микроскопом часть кристаллика — пластинчатый кристалл, увенчанный шестигранными полыми кристаллами, наподобие кристаллов инея, но меньшей величины (в).



а



б



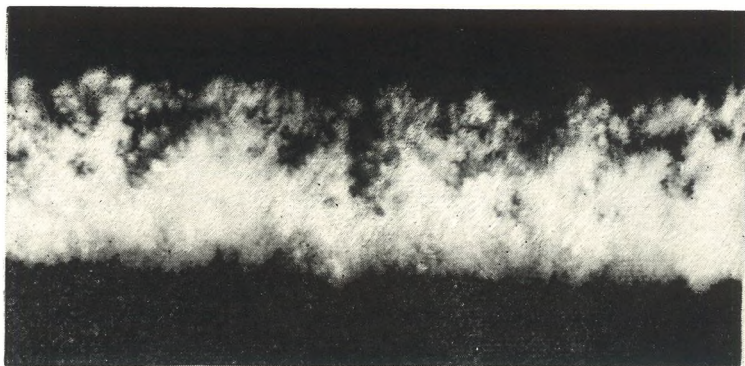
в

Кристаллическая изморозь пушистая на 5-мм проводе 3/II 1950 г. Натуральная величина. Образовалась при температуре воздуха $-20,0^{\circ}$, ветре 2 м/сек. В начале образования безоблачно, отсутствие в воздухе видимых элементов конденсации (сублимации), затем туман.

Отложение представляет собой типичный случай пушистой изморози, состоящей из пластинчатых кристалликов льда (а).

Кристаллики не имеют общей ориентировки, как у листовидной изморози, а возникают друг на друге, не создавая стройности и симметрии в наслоении. Во внешнем виде отложения отсутствуют какие-либо характерные контурные очертания. Оно очень напоминает собой легкий пушистый снежный покров.

Увеличенная под микроскопом часть кристаллика изморози дает ясное представление о его пластинчатом строении, наподобие замерзшей пленки воды с элементами распада (в).



а



б

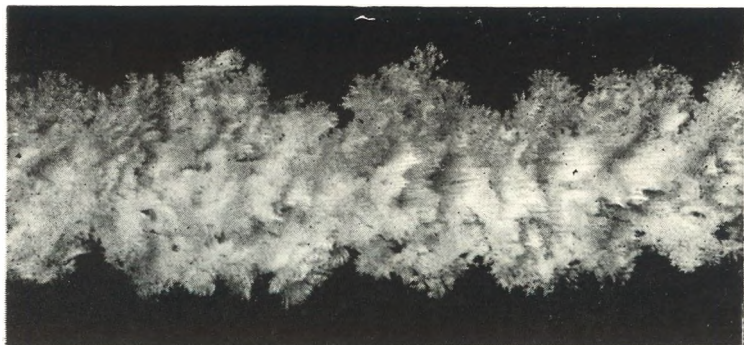


в

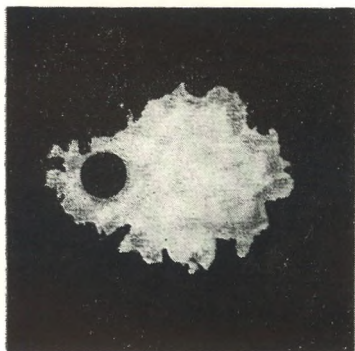
Кристаллическая изморозь пушистая на 5-мм проводе 27/1 1954 г. Немного меньше натуральной величины. Образовалась при температуре воздуха $-18,5^{\circ}$ и затишье. В начале образования в воздухе наблюдались ледяные иглы и слабая дымка, а затем появился туман.

Отложение сходно с приведенным в табл. 9. Состоит из мельчайших кристалликов льда, нагроможденных друг на друга. При солнечном освещении виден блеск их граней. По внешнему виду отложение бесструктурно и напоминает собой легкий пушистый снег. Покров изморози больше с наветренной стороны и меньше с подветренной (б).

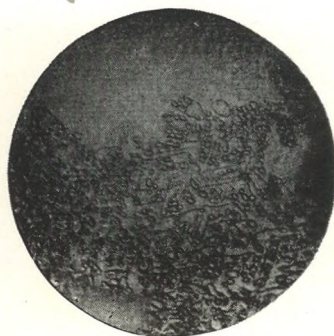
Микроструктура кристалла изморози — тонкий пластинчатый кристалл со слабо развитой скелетностью (в).



а



б

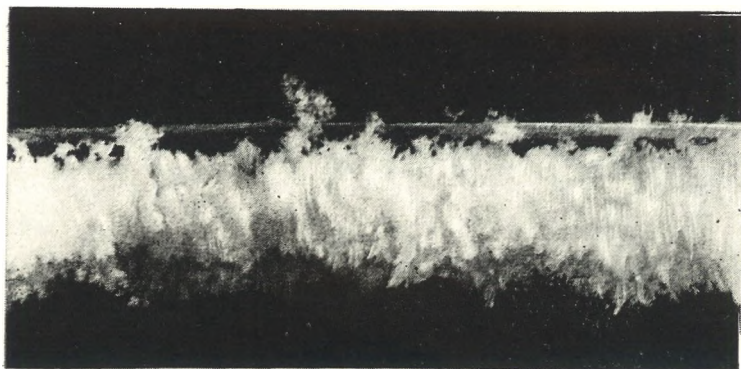


в

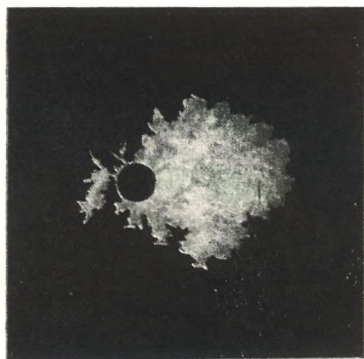
Кристаллическая изморозь пушистая на 5-мм проводе 11/1 1962 г. Натуральная величина. Отложение происходило при температуре воздуха $-15,2^{\circ}$ и западном ветре 2 м/сек. В начале образования наблюдался густой туман, а затем дымка при ясном небе.

Отложение состоит из мелких кристалликов льда и напоминает собой легкий пушистый снег (а). В сравнении с формами, приведенными в табл. 9 и 10, отложение характеризуется более четкими внешними контурами, что связано с обратной последовательностью хода метеорологических условий.

Микроструктура кристалла изморози — тонкий пластинчатый кристалл со слаборазвитой скелетностью (в).



а

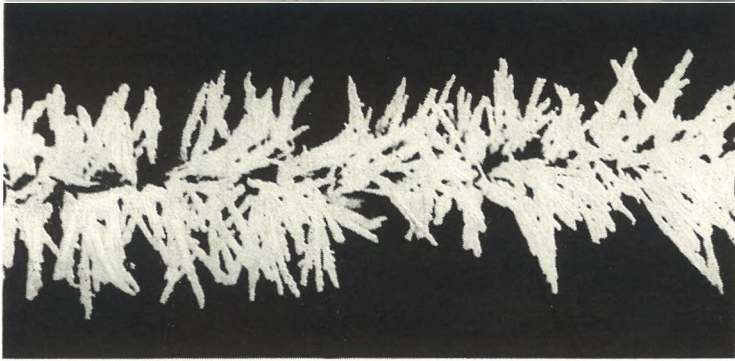


б

Кристаллическая изморозь пушистая на 5-мм проводе 2/II 1939 г. Натуральная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-11,6^{\circ}$ и ветре до 3 м/сек.

В отличие от форм, приведенных в табл. 9—11, изморозь имеет одностороннее отложение, что связано с устойчивым направлением и большей скоростью ветра в период ее образования. Состоит из мелких кристалликов льда, возникающих друг на друге.

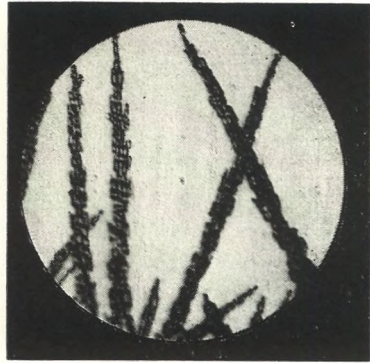
Характерной чертой покрова является его внешняя бесструктурность. В отложении обнаруживается сходство с легким пушистым снегом.



а



б

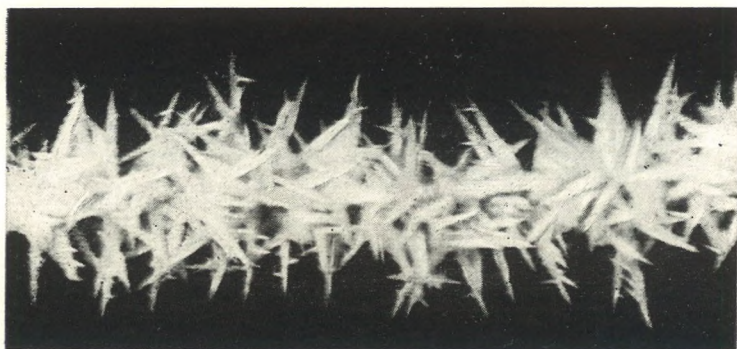


в

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 12/1 1939 г. Немного меньше натуральной величины. Образовалась при слабом тумане, температуре воздуха $-5,0^{\circ}$ и ветре до 5 м/сек.

Отложение характерно своим игольчатым строением (а). Иглы возникают на проводе изолированно друг от друга. Мало изменяясь по толщине, они растут в длину, навстречу ветру. Благодаря завихрениям угол наклона игл по отношению к проводу неодинаков и они как бы переплетаются между собой (б).

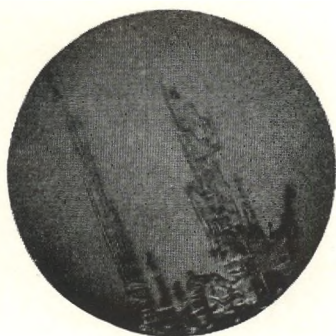
Увеличенная под микроскопом часть иглы показывает, что она состоит из мельчайших призматических кристаллов льда, правильно наслаивающихся один на другой (в).



а



б

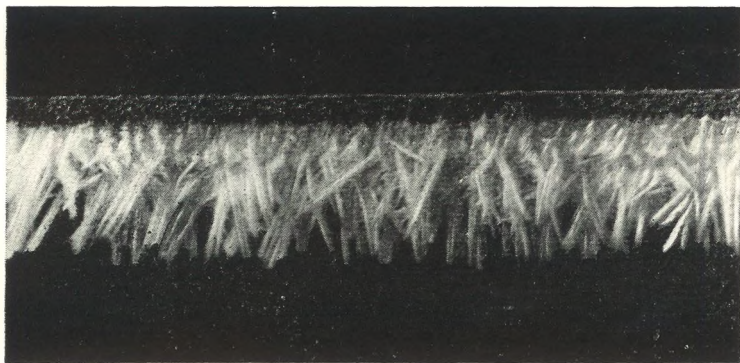


в

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 5/1 1965 г. Натуральная величина. Образовалась при просвечивающем тумане, температуре воздуха $-4,4^{\circ}$ и ветре 5 м/сек.

Отложение несколько напоминает предыдущее (табл. 13), но отличается от него более ажурным строением и заостренностью игл (а). Последние благодаря завихрениям образуются на проводе под различными углами и очень напоминают собой колючую проволоку (б).

Под микроскопом в строении игл наблюдается довольно правильное наложение призматических кристаллов (в).



а



б

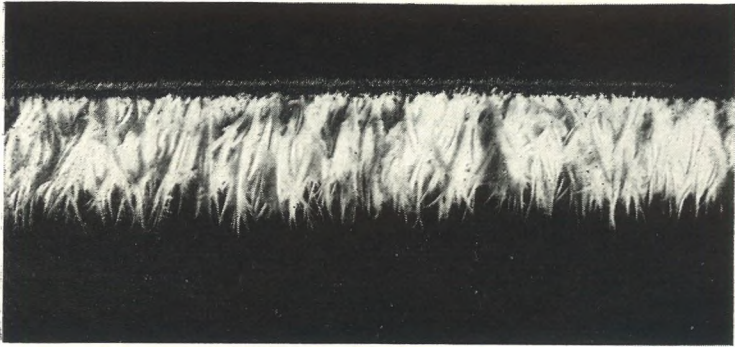


в

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 7/II 1947 г. Несколько меньше натуральной величины. Возникла при тумане, температуре воздуха от $-4,6$ до $-10,0^{\circ}$ и ветре до 5 м/сек.

Отложение имеет иглочатое строение (а). Рост игл наблюдается только с наветренной стороны провода. Подветренная его сторона в основном чиста. Иглы имеют разный наклон по отношению к проводу и как бы переплетаются между собой. Длина игл на проводе неодинакова и зависит от доступа к ним влаги.

Под микроскопом в строении игл наблюдается довольно правильное наслоение призматических кристаллов льда (в).



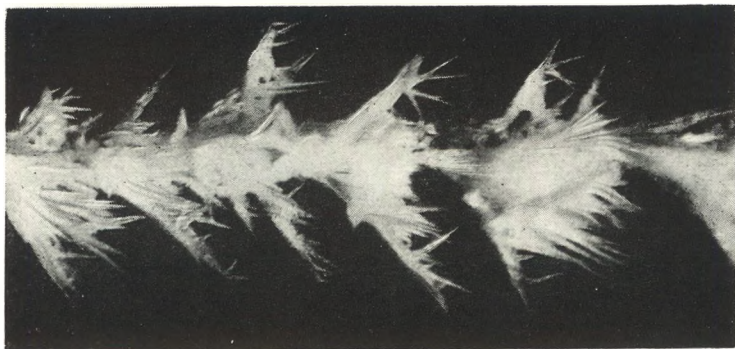
а



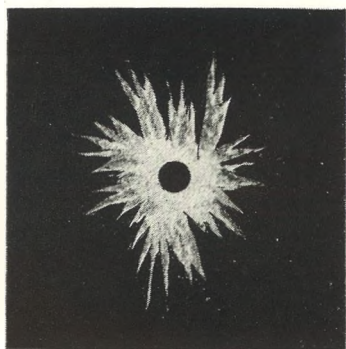
б

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 20/XII 1957 г. Половина натуральной величины. Образование происходило при тумане, температуре воздуха $-6,0^{\circ}$ и ветре 5 м/сек.

На фотографии (а) изображено отложение иглообразной изморози на проводе, перпендикулярном воздушному потоку. В сравнении с отложением, приведенным в табл. 15, плотность осадка больше, особенно у основания провода. По мере удаления от него отложение приобретает ажурный вид и заканчивается тонкими остриями — иглами (б).



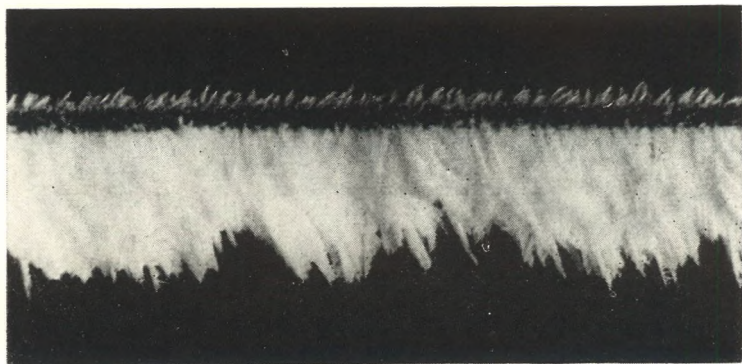
а



б

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 20/XII 1957 г. Половина натуральной величины. Условия образования такие же, как и в случае, приведенном в табл. 16.

На фотографии (а) изображен покров иглообразной изморози на проводе, параллельном воздушному потоку. Отложение напоминает форму острых чешуй, покрывающих провод со всех сторон (б).



а



б

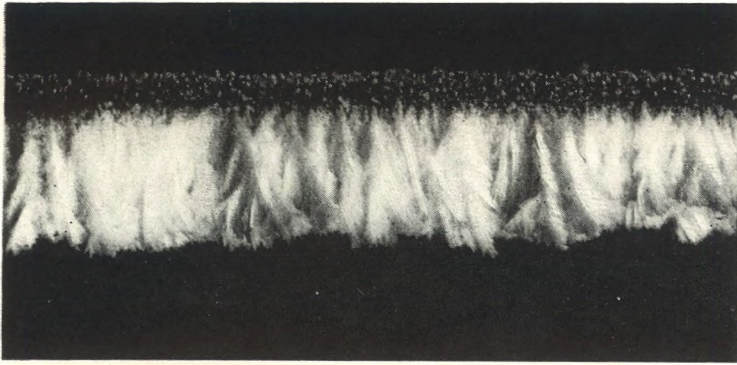


в

Кристаллическая изморозь иглообразная на 5-мм проводе 30/1 1948 г. Натуральная величина. Отложение произошло при дымке, температуре воздуха $-6,0^{\circ}$ и ветре до 8 м/сек.

По внешнему виду напоминает изморозь, приведенную в табл. 16, но отличается от нее большей плотностью. Иглистость осадка хорошо обнаруживается лишь в конце отложения. Основная же масса представляет собой осадок льда зернистой структуры. Это отложение является переходным к веерообразной изморози.

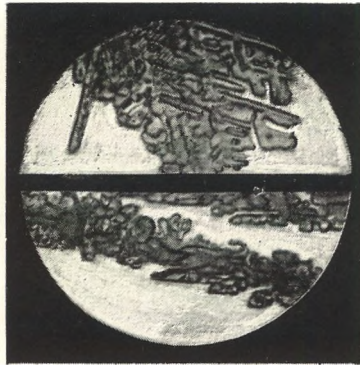
Увеличенная под микроскопом часть отложения показывает, что оно состоит не из кристаллов, а из мелких ледяных зерен (в).



а



б

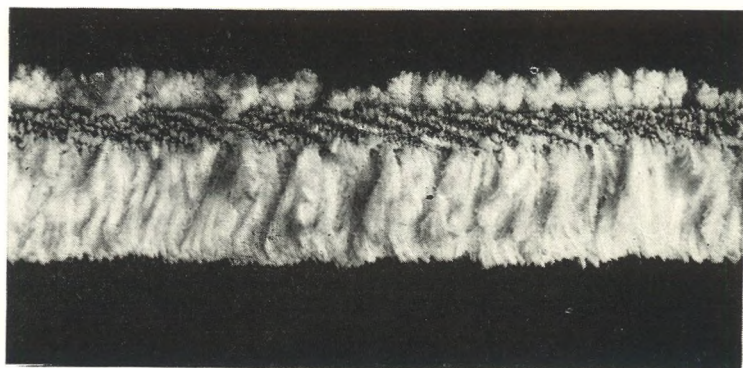


в

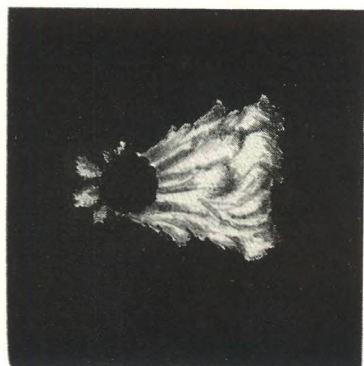
Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 16/XII 1951 г. Натуральная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-9,6^{\circ}$ и слабом ветре до 2 м/сек.

Характерной особенностью отложения является одновременное наличие в нем элементов зернистой и кристаллической структуры (а). Большее по размеру отложение (с наветренной стороны провода) состоит из зернистого льда. Отложение, упорядоченное в виде перьев, вееров, растущих от провода наружу. Подветренная сторона провода покрыта тонким слоем изолированных друг от друга кристалликов льда.

Увеличенная под микроскопом часть отложения (с наветренной стороны провода) показывает, что оно состоит из замерзших капель тумана и игольчатых кристаллов (низ снимка в). Отложение с подветренной стороны провода — скелетный кристалл (верх снимка в).



а



б

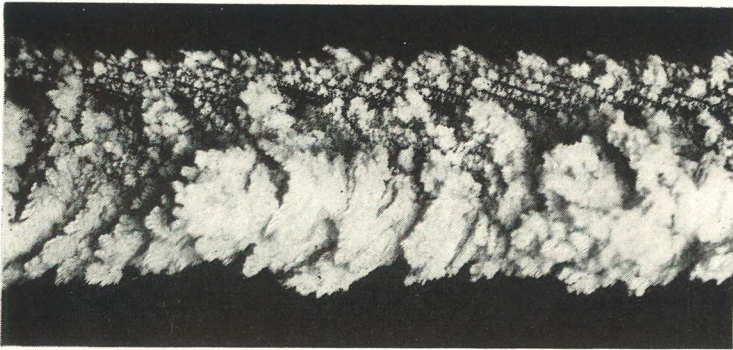


в

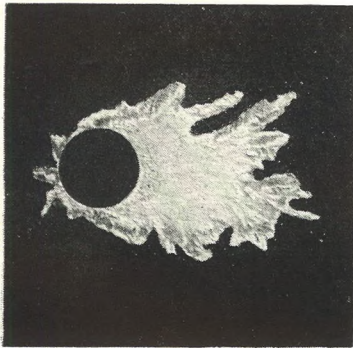
Зернистая изморозь веерообразная на 15-мм тресе 17/XII 1951 г. Половина натуральной величины. Отлагалась при тумане, температуре воздуха -10° и слабом ветре до 1 м/сек.

Отложение, как и приведенное в табл. 19, состоит из элементов зернистой и кристаллической структуры. Явное преобладание в отложении ледяных зерен придает свойственное ему упорядоченное строение в виде перьев и вееров, растущих от провода наружу.

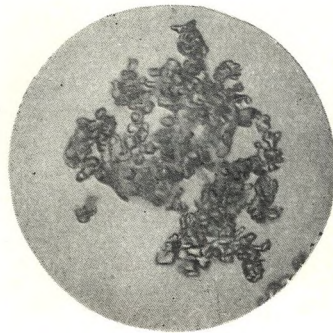
В увеличенном под микроскопом небольшом кусочке отложения обнаруживается призматический сильно обзерненный кристалл (в).



а



б

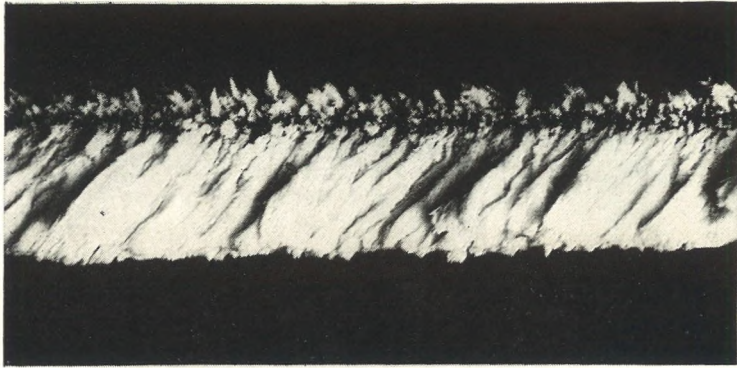


в

Зернистая изморозь веерообразная на 15-мм тресе 27/XII 1955 г. Naturalная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-9,9^{\circ}$ и ветре 5 м/сек.

Отложение представляет собой рыхлую снеговидную массу льда зернистого строения. На тресе, ориентированном под углом 45° к воздушному потоку, наблюдается чешуйчатость отложения льда, большая по размеру с наветренной и меньшая с подветренной его стороны (а, б).

Микроскопическая структура отложения — замерзшие капли тумана в виде ледяных зерен (в).



а



б

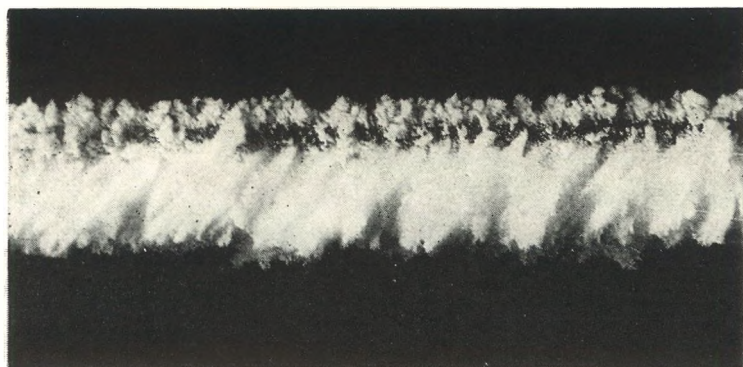


в

Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 14/XII 1953 г. Уменьшена вдвое. Образовалась при дымке и тумане, температуре воздуха $-7,8^{\circ}$ и ветре до 7 м/сек.

Отложение представляет собой снеговидный рыхлый осадок льда зернистого строения, в котором замечается внешняя упорядоченность в виде плотных перьев и вееров, растущих от провода наружу. Веера направлены к потоку ветра и составляют с проводом угол примерно 45° . Такой же примерно угол наклона имеют элементы отложения и с подветренной стороны провода.

Под микроскопом в отложении обнаруживаются замерзшие капли тумана в виде ледяных зерен (в).



а



б

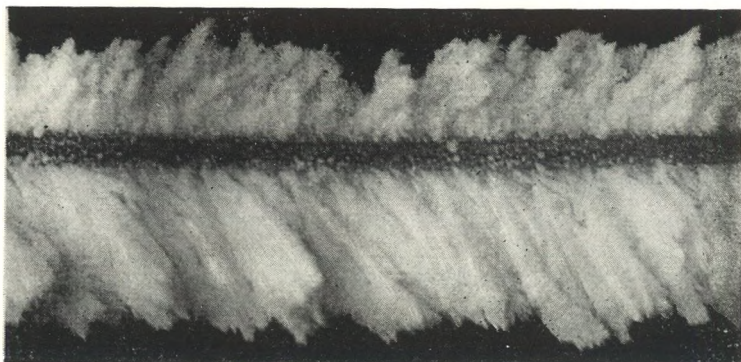


в

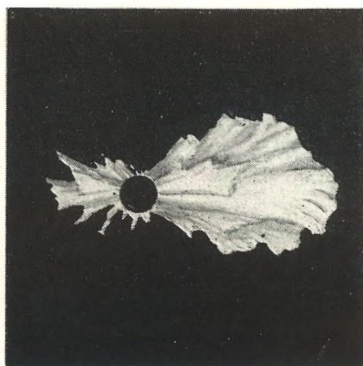
Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 4/III 1946 г. Naturalная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-6,4^{\circ}$ и ветре до 10 м/сек.

Отложение сходно с приведенным в табл. 22. Разница состоит в том, что здесь оно более напоминает снеговидную массу рыхлого льда и менее выражена его упорядоченность строения.

Под микроскопом в отложении ясно видны замерзшие капли тумана в виде ледяных зерен (в).



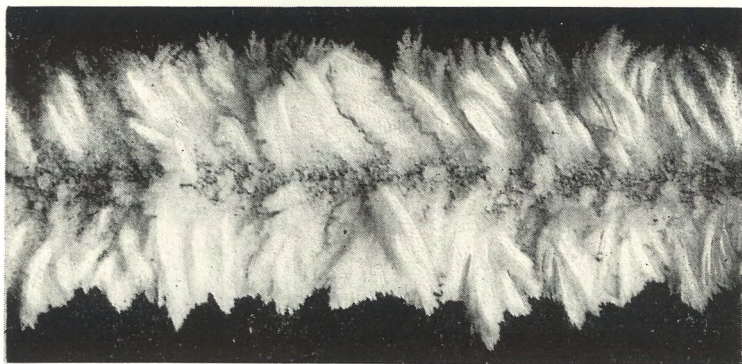
а



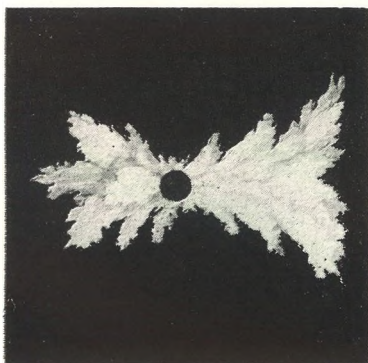
б

Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 18/II 1947 г. Несколько меньше натуральной величины. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-7,4^{\circ}$ и переменном направлении ветра до 5 м/сек.

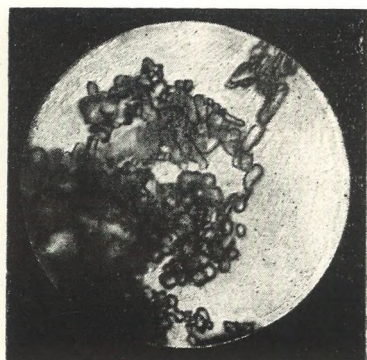
Отложение изморози характерно двусторонностью, возникшей вследствие перемены ветра на противоположное направление (а). Внешние признаки отложения типичны для веерообразной изморози: упорядоченность строения, рыхлость отложения, его матово-белый цвет.



а



б

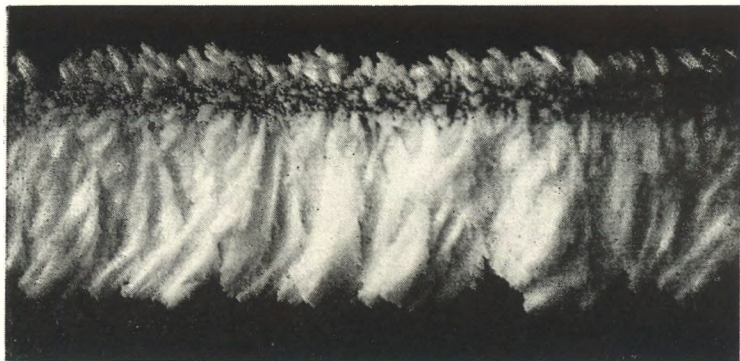


в

Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 24/XII 1946 г. Немного меньше натуральной величины. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-6,0^{\circ}$ и переменном направлении ветра до 3 м/сек.

Двустороннее отложение веерообразной изморози является следствием непрерывного осаждения капель тумана при перемене ветра на противоположное направление (а). В отложении довольно отчетливо видна упорядоченность элементов, напоминающих собой плотные перья и веера, оканчивающиеся пышной бахромой (б).

Микроскопическое строение отложения — замерзшие капли тумана в виде ледяных зерен (в).



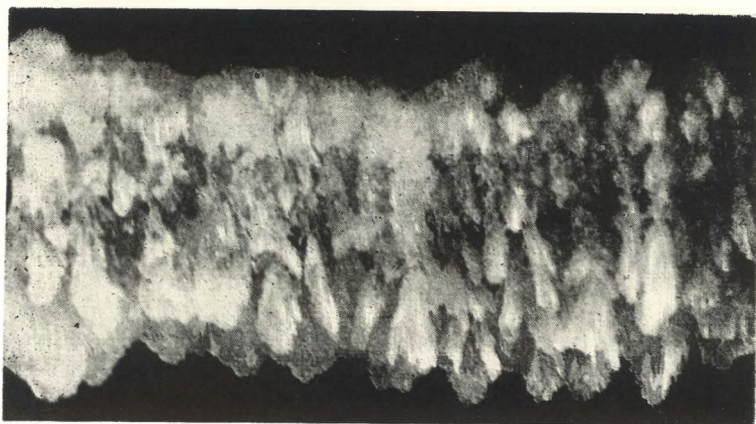
а



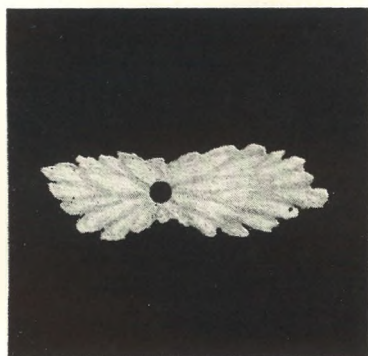
б

Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 23/XII 1946 г. Натуральная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-6,0^{\circ}$ и неустойчивом направлении ветра до 3 м/сек.

Отложение не содержит в себе каких-либо характерных черт, отличающихся от описанных ранее. Внешние признаки такие же, как и у других форм веерообразной изморози. Можно лишь отметить, что изменение угла наклона элементов (в отложении с наветренной стороны провода) является следствием изменения направления ветра.



а

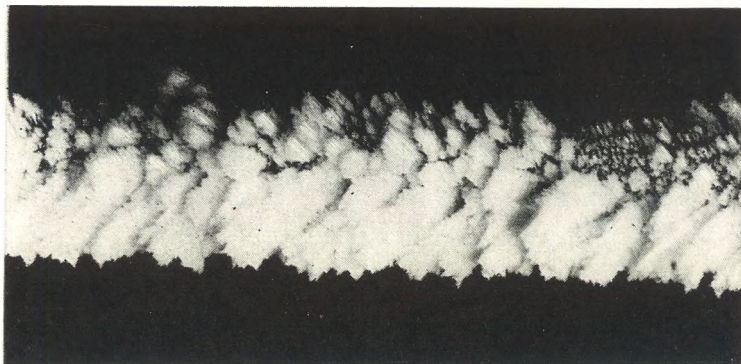


б

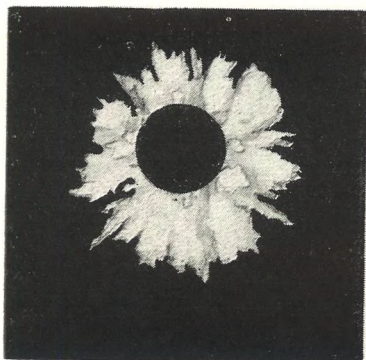
Зернистая изморозь веерообразная на 5-мм проводе 18/1 1939 г. Половина натуральной величины. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-4,2^{\circ}$ и переменном направлении ветра до 5 м/сек.

Фотографирование двустороннего отложения изморози производилось при положительной температуре воздуха, когда происходил интенсивный процесс его таяния.

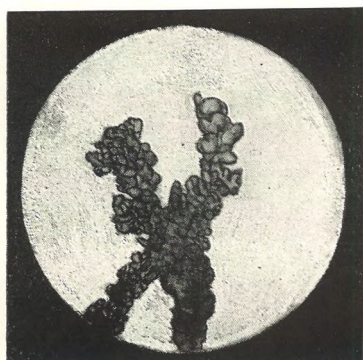
Несмотря на это в отложении сохранились внешние признаки, характерные для веерообразной изморози, позволяющие отличить это отложение от других видов обледенения.



а



б

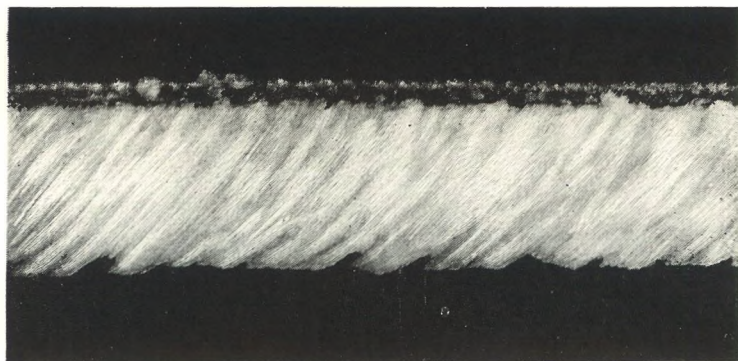


в

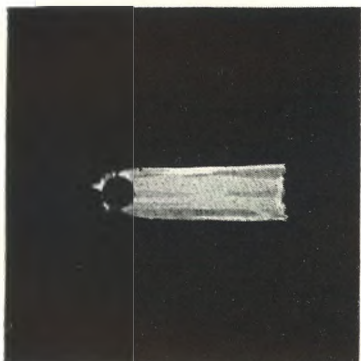
Зернистая изморозь веерообразная на 15-мм тросе 13/XII 1952 г. Naturalная величина. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-5,4^{\circ}$ и ветре до 7 м/сек, имеющем направление вдоль провода.

Отложение представляет собой типичный случай веерообразной изморози на проводе, параллельном гололедонесущему потоку (а). Отложение было равномерным по всей окружности провода. Между отдельными образованиями видны значительные пустоты. Нарастание шло против ветра. Несмотря на изменение угла наклона элементов отложения, все признаки веерообразной изморози при этом сохраняются.

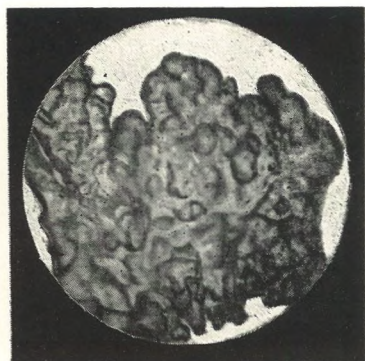
Микроскопическое строение отложения — зернистый лед (в).



а



б

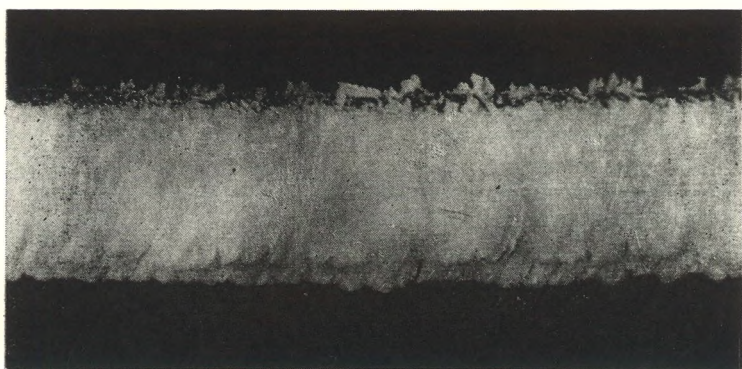


в

Зернистая изморозь пластинчатая на 5-мм проводе 9/III 1948 г. Немного меньше натуральной величины. Образовалась при густом тумане, температуре воздуха $-2,0^{\circ}$ и ветре до 5 м/сек.

Отложение представляет собой слой льда зернистого строения и серого цвета (а). Отлагается на проводе с наветренной стороны. Имеет вид довольно плотной пластинки, параллельной проводу (б). Во внешнем строении видна слоистость и направленность его элементов против ветра.

Увеличенная под микроскопом часть отложения показывает, что в нем преобладают элементы зернистого строения, но более крупные, чем у веерообразной изморози (в).



а

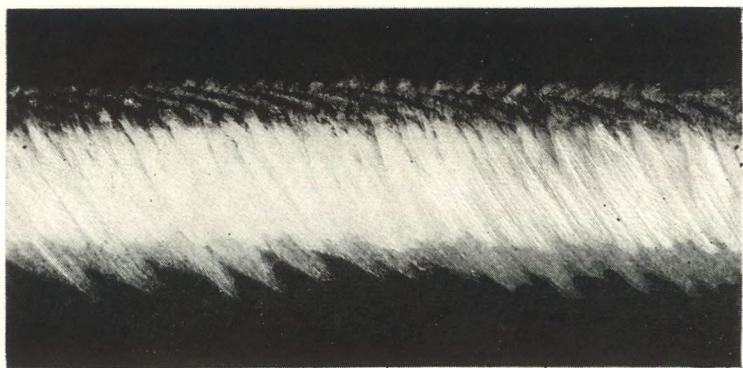


б

Зернистая изморозь пластинчатая на 5-мм проводе 4/II 1946 г. Несколько меньше натуральной величины. Образовалась при густом тумане, температуре воздуха $-4,0^{\circ}$ и ветре до 10 м/сек.

Отложение представляет собой плотную зернистую пластинку серого цвета и слоистой структуры (а).

Поперечное сечение отложения напоминает флажок (б).



а



б

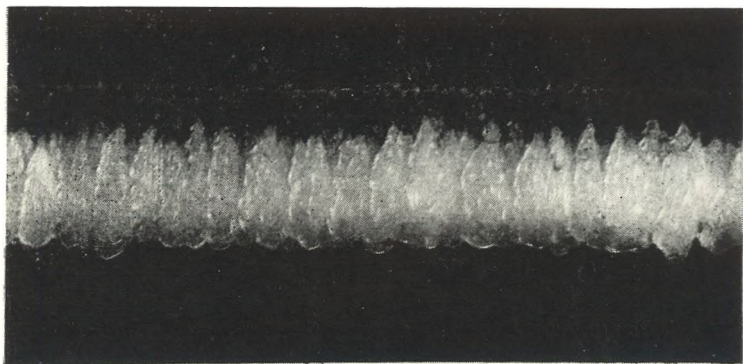


в

Зернистая изморозь пластинчатая на 15-мм тресе 13/XII 1950 г. Уменьшено втрое. Образовалась при тумане, температуре воздуха $-3,6^{\circ}$ и ветре до 16 м/сек.

Отложение представляет собой плотную белесоватого цвета пластинку, оканчивающуюся льдистыми остриями (а). Во внешнем строении отложения видна слоистость. Основная масса отложения составляет с проводом угол в 45° и направлена против ветра. Это отложение является переходным к гребнеобразному гололеду, в то же время оно напоминает в известной мере горную изморозь.

Микроструктура осадка — бесформенная масса с преобладанием в ней элементов зернистого строения (в).



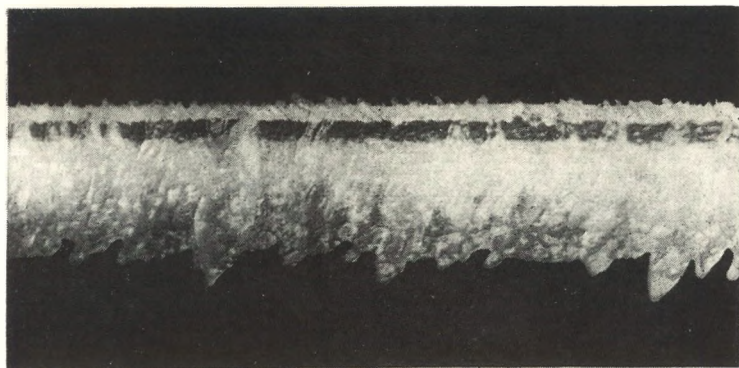
а



б

Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 23/XII 1951 г. Натуральная величина. Образовался при морозящем дожде, температуре воздуха $-3,1^{\circ}$ и ветре до 8 м/сек.

Отложение представляет собой мутный стекловидный лед (а). Во внешнем строении осадка видны характерная слоистость и контурность образований, напоминающих собой отекшие сглаженные веера (см. табл. 27). Отложение одностороннее. Поперечное его сечение имеет вид пластинки (б). Это отложение является переходным к пластинчатой изморози.



а



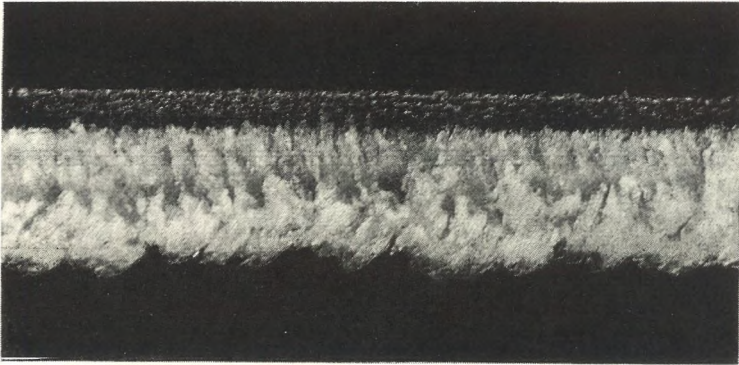
б



в

Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 7/III 1948 г. Натуральная величина. Образовался при густом тумане и морозящем дожде. Температура воздуха во время образования $-1,0^{\circ}$, ветер 3 м/сек.

Отложение представляет собой стекловидный лед (а). Слоистость льда придает отложению неровную шероховатую поверхность, оканчивающуюся ледяными зубьями. Поперечное сечение отложения имеет клиновидную форму (б). Увеличенная под микроскопом часть отложения дает ясное представление о его аморфном строении (в).



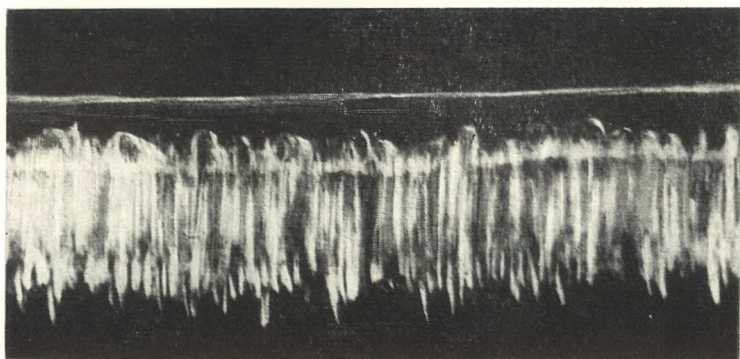
а



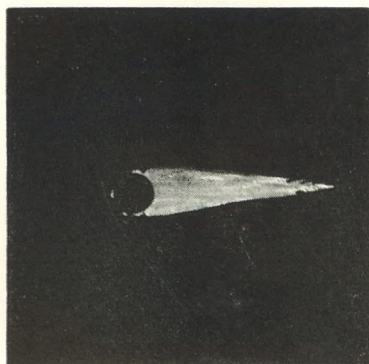
б

Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 29/XII 1951 г. Натуральная величина. Образовался при густом крупнокапельном тумане, температуре воздуха $-2,0^{\circ}$ и переменном направлении ветра до 7 м/сек.

По внешнему виду и строению отложение напоминает приведенное в табл. 33, но отличается от него несколько иным характером осаждения льда на проводе, что связано с изменением направления ветра в период его образования. Отложение одностороннее, поперечное его сечение имеет клиновидную форму (б).



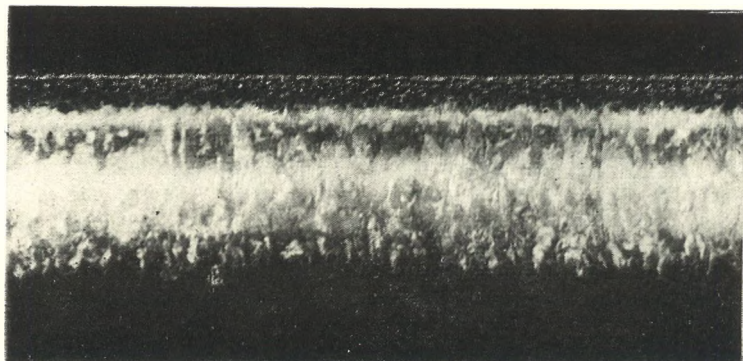
а



б

Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 2/III 1940 г. Натуральная величина. Образовался при густом крупнокапельном тумане, температуре воздуха $-1,0^{\circ}$ и ветре до 7 м/сек.

Отложение представляет собой типичный случай гребнеобразного гололеда со свойственной ему слоистостью, неровной шероховатой поверхностью, имеющей форму зубьев, наподобие гребенки (а). Поперечное сечение отложения имеет правильную клиновидную форму (б).



а

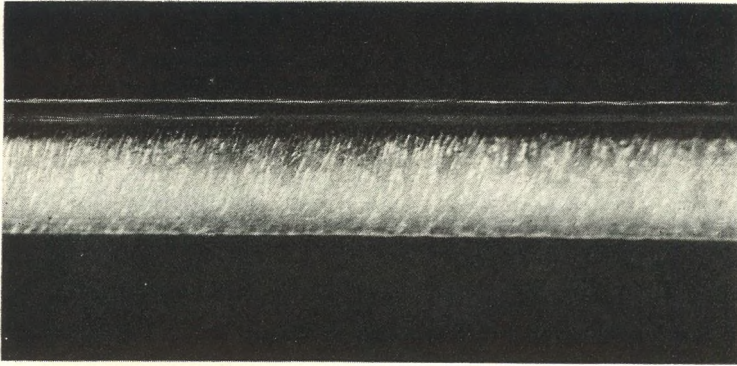


б

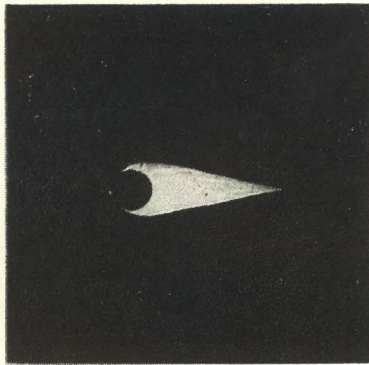
Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 5/1 1952 г. Натуральная величина. Образовался при густом тумане, температуре воздуха $-2,4^{\circ}$ и ветре до 3 м/сек.

В строении отложения, имеющем аморфно-стекловидную структуру, обнаруживается слоистость и неровная шероховатая поверхность (а). Гололед оканчивается ледяными зубьями, обращенными к потоку ветра.

Отложение одностороннее, поперечное его сечение имеет клиновидную форму (б).



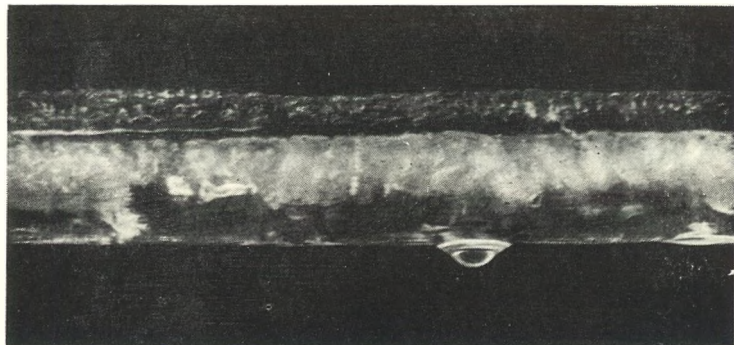
а



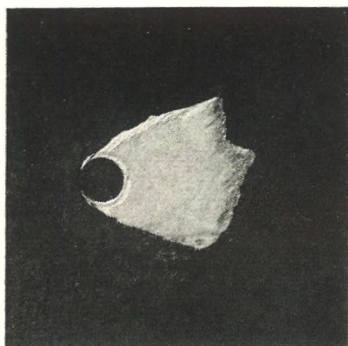
б

Гололед гребнеобразный на 5-мм проводе 7/XII 1946 г. Naturalная величина. Образовался при плотном крупнокапельном тумане, температуре воздуха $-0,6^{\circ}$ и при ветре до 12 м/сек.

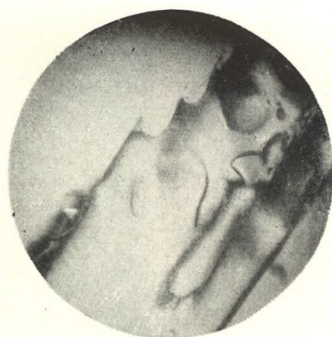
Отложение представляет собой стекловидный слой льда с присутствующей ему слоистостью, но более тонкой, чем у приведенных выше форм (а). Поверхность отложения шероховата, но без выступов (игл, зубьев), характерных для этой разновидности гололеда. Поперечное сечение отложения имеет клиновидную форму (б). Эта разновидность гололеда является переходной к овалообразному гололеду.



а



б

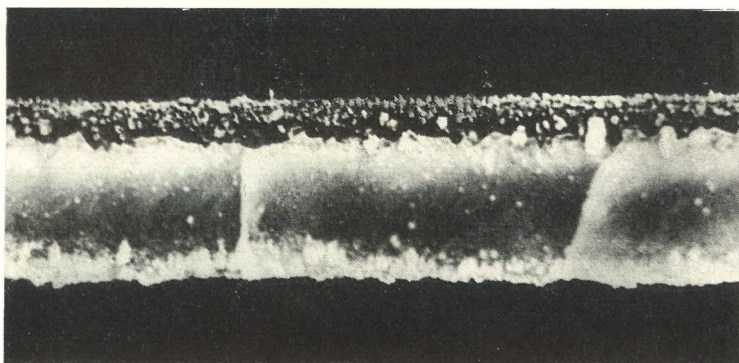


в

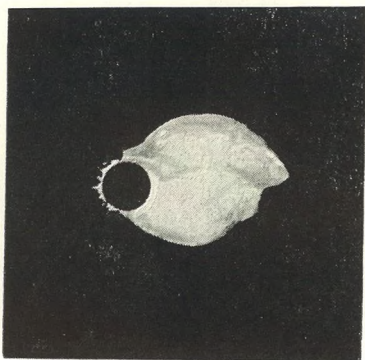
Гололед овалообразный на 5-мм проводе 20/II 1964 г. Натуральная величина. Отложение происходило при выпадении ледяного дождя, перешедшего в жидкокапельный дождь, при температуре воздуха $-3,7^{\circ}$ и ветре 5 м/сек.

Отложение стекловидное, непосредственно у провода белесоватого цвета, а затем прозрачное (а). Основная масса льда отлагается с наветренной стороны провода; подветренная сторона почти чиста (б).

Структура отложения под микроскопом — аморфный лед (в).



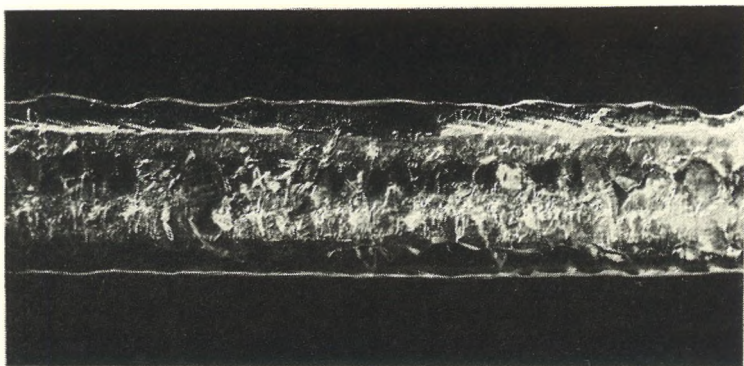
а



б

Гололед овалообразный на 5-мм проводе 7/XII 1938 г. Немного увеличено. Образовался при дожде и мороси, при температуре $-2,0^{\circ}$ и ветре до 5 м/сек.

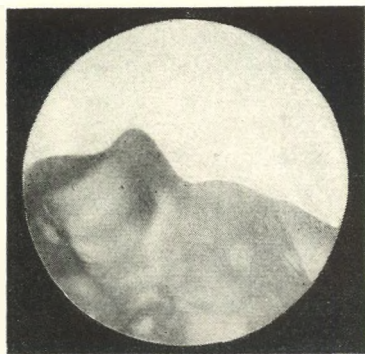
Отложение представляет собой однородный слой плотного стекловидного льда, имеющего гладкую поверхность (а). Отложение одностороннее, с наветренной стороны провода. Поперечное его сечение напоминает овал (б).



а



б

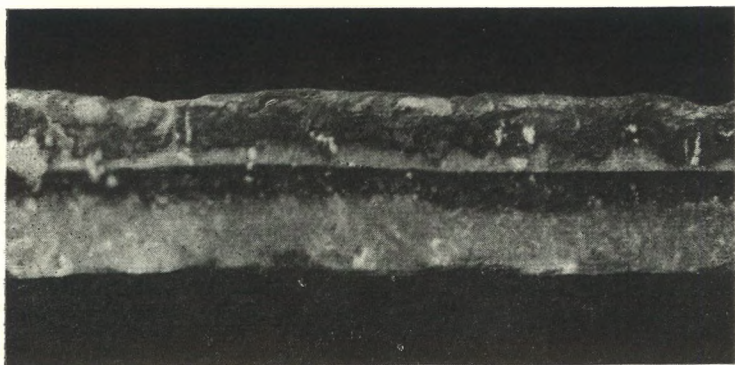


в

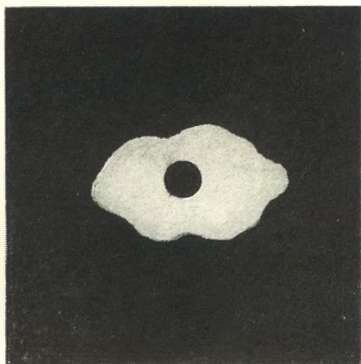
Гололед овалообразный на 15-мм тросе 22/XI 1951 г. Половина натуральной величины. Образовался при морозящем дожде и тумане, температуре воздуха $-2,6^{\circ}$ и ветре до 7 м/сек.

Отложение представляет собой слой плотного прозрачного льда с гладкой поверхностью (а). Отложение одностороннее. Поперечное сечение его напоминает овал (б).

Увеличенная под микроскопом часть отложения дает ясное представление о его аморфном строении (в).



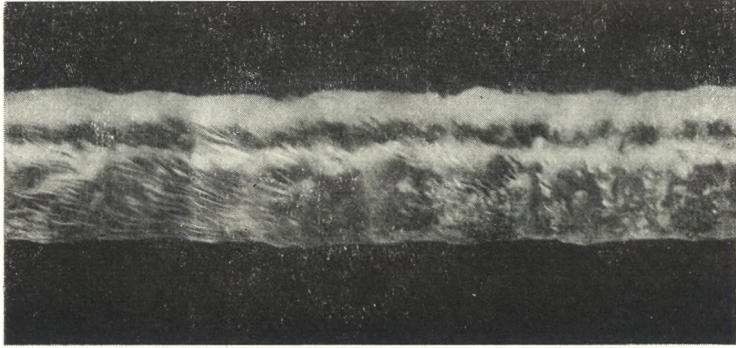
а



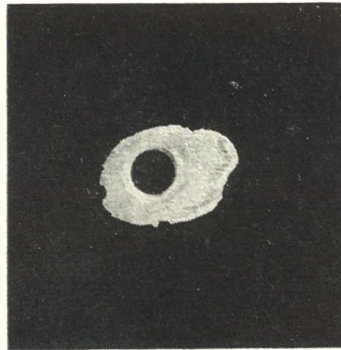
б

Гололед футлярообразный на 5-мм проводе 5/XII 1952 г. Naturalная величина. Образовался при дожде, температуре воздуха $-4,2^{\circ}$ и ветре до 2 м/сек.

На фотографии изображен типичный случай плотного льда матового цвета (а). Отложение покрывает провод более или менее равномерным слоем. Провод находится как бы в ледяном футляре (б).



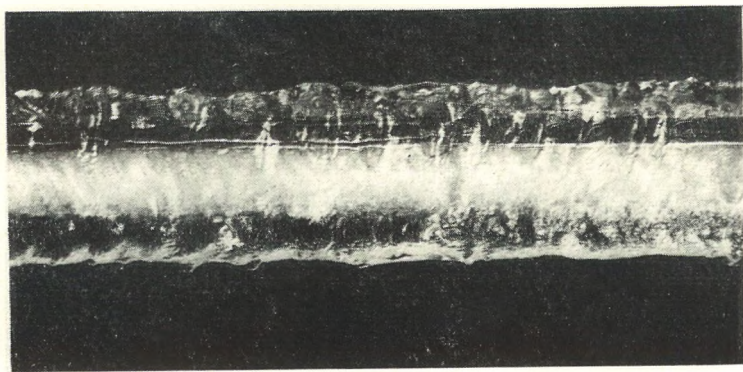
а



б

Гололед футлярообразный на 5-мм проводе 9/1 1963 г. Натуральная величина. Образование происходило при тумане с дождем, температуре воздуха $-0,7^{\circ}$, ветре 5 м/сек.

Несмотря на различие условий образования, отложение гололеда очень сходно с приведенным в табл. 41. Это стекловидный мутный гололед с гладкой поверхностью (а). Отложение окаймляет провод почти равномерно по всей его окружности. Провод находится в ледяном футляре.



а



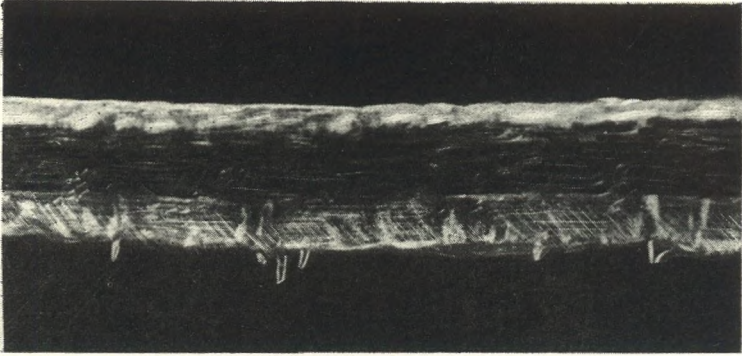
б



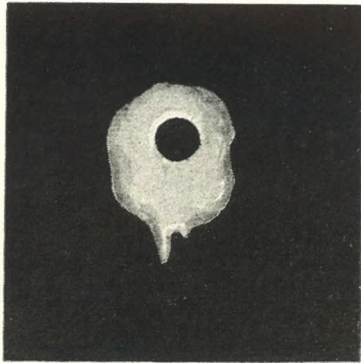
в

Гололед футлярообразный на 5-мм проводе 18/Г 1951 г. Натуральная величина. Образовался при дожде, температуре воздуха $-0,4^{\circ}$ и ветре до 4 м/сек.

Отложение представляет собой плотный стекловидный лед с гладкой поверхностью (а). Слой льда на проводе наблюдается по всей его окружности, но больший по размеру с наветренной стороны (б). Увеличенное под микроскопом отложение льда показывает аморфное строение (в).



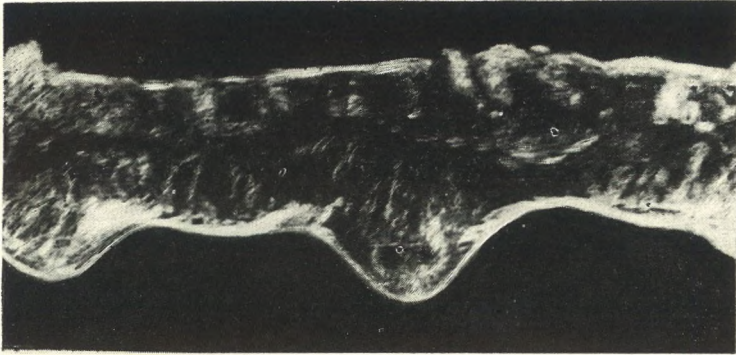
а



б

Гололед футлярообразный на 5-мм проводе 2/11 1938 г. Натуральная величина. Образовался при дожде, температуре воздуха $-0,5^{\circ}$ и ветре до 3 м/сек.

Отложение представляет собой плотный прозрачный слой льда (а). Оно равномерно распределяется по всей окружности провода (б). В нижней части отложения видны отдельные небольшие замерзшие сосульки. Эта форма гололеда является переходной к волнистообразной.



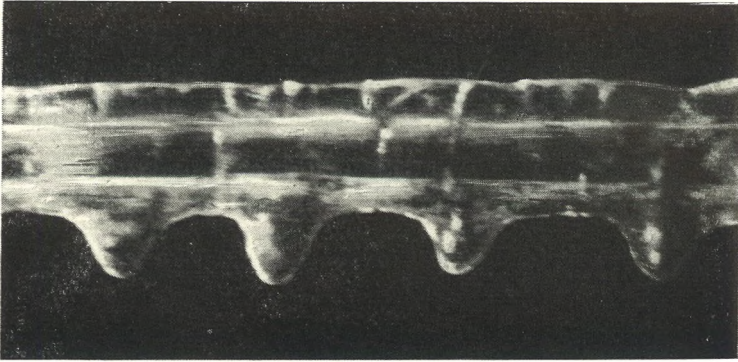
а



б

Гололед волнистообразный на 5-мм проводе 3/II 1938 г. Увеличено вдвое. Образовался при крупнокапельном дожде, температуре воздуха $-0,5^{\circ}$ и ветре до 3 м/сек.

Отложение представляет собой плотный прозрачный слой льда с гладкой поверхностью (а). Отложение распределяется более или менее равномерно по всей окружности провода. В нижней части отложения наблюдаются замерзшие сосульки, придающие отложению волнистый вид.



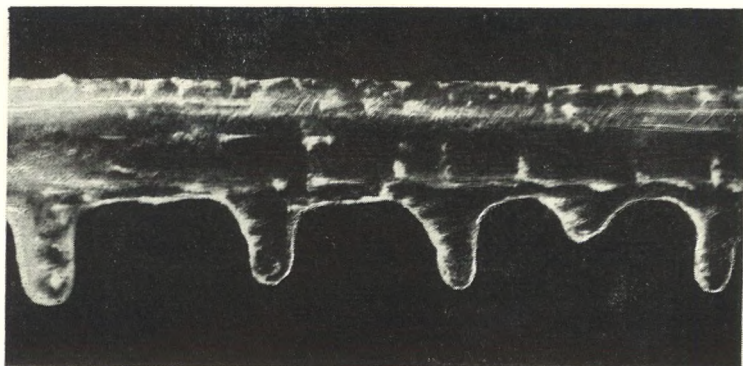
а



б

Гололед волнистообразный на 5-мм проводе 30/1 1945 г. Немного увеличено. Образовался при дожде, температуре воздуха от $-2,6$ до $-0,4^{\circ}$ и ветре до 14 м/сек.

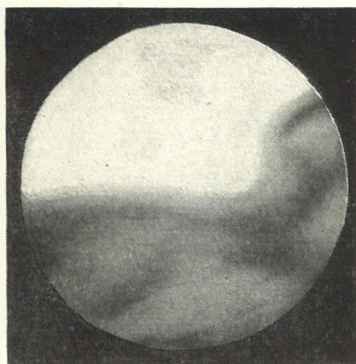
Отложение представляет собой плотный прозрачный слой льда с гладкой поверхностью (а). Провод находится в ледяном футляре, но свисающие вниз сосульки придают отложению волнистый вид. В отличие от формы, приведенной в табл. 45, волнистость выражена более рельефно. Отмечается также отклонение сосулес от вертикального положения, что связано с большей скоростью ветра в период их образования.



а



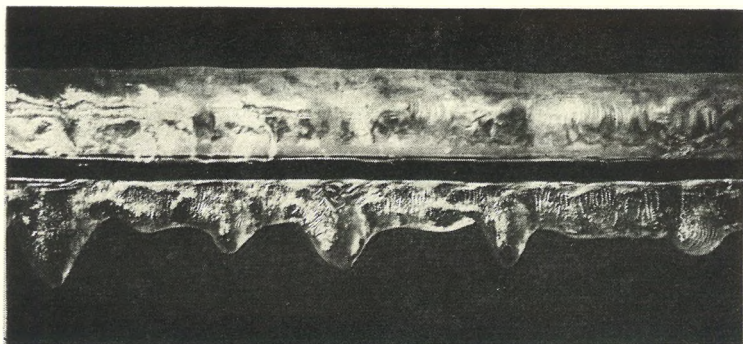
б



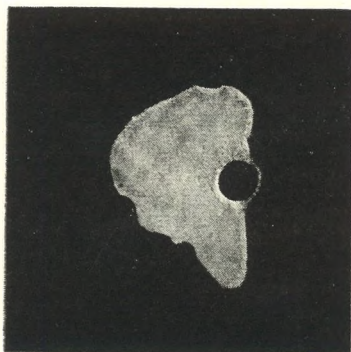
в

Гололед волнистообразный на 5-мм проводе 7/11 1947 г. Naturalная величина. Образовался при крупнокапельном дожде, температуре воздуха $-0,6^{\circ}$ и ветре до 12 м/сек.

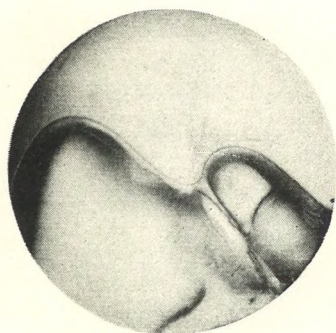
Отложение, как и формы, приведенные в табл. 45 и 46, большой плотности и стекловидно-прозрачное (а). Форма его на проводе волнистая из-за свисающих сосулек. Увеличенная под микроскопом небольшая часть отложения дает ясное представление о его аморфном строении (в).



а



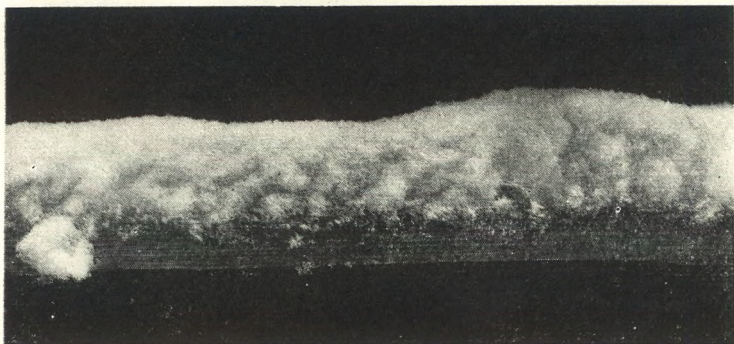
б



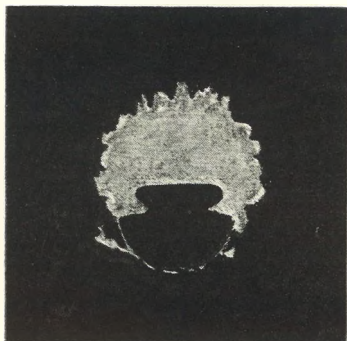
в

Гололед волнистообразный на 5-мм проводе 27/III 1962 г. Naturalная величина. Образовался при дожде, температуре воздуха $-0,7^{\circ}$ и ветре 14 м/сек.

Отложение (а) представляет собой плотный прозрачный слой льда с гладкой поверхностью. В нижней части отложения наблюдаются замерзшие сосульки, придающие отложению волнистый вид. Отложение большей частью покрывает провод с наветренной стороны (б). Микроскопическая структура отложения — аморфный лед (в).



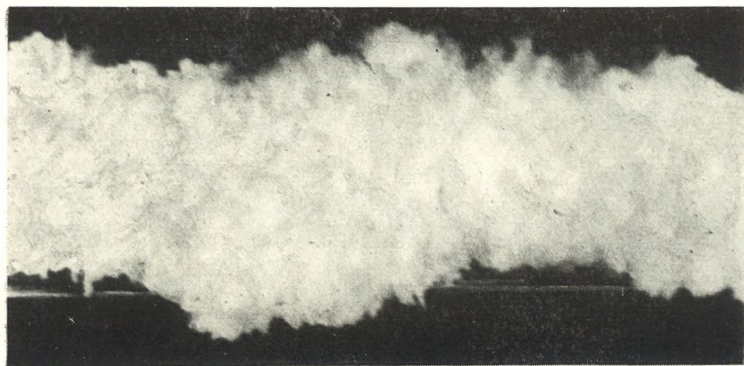
а



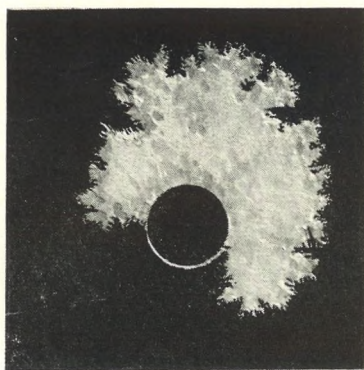
б

Отложение мокрого снега на контактном проводе 15/III 1963 г. Образовалось при выпадении снега, температуре воздуха $-0,1^{\circ}$ и ветре 1 м/сек.

Отложение представляет собой слой налипшего на проводе мокрого снега. В отдельных местах наблюдается сползание его вниз (а). В отложении отсутствует упорядоченность строения, оно очень напоминает пушистую изморозь. Основная масса снега сконцентрирована в верхней части провода (б).



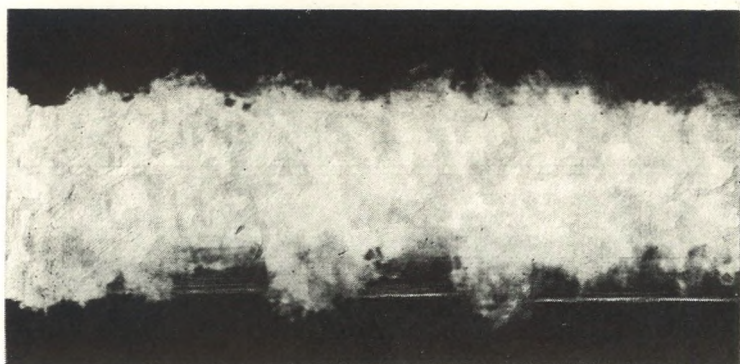
а



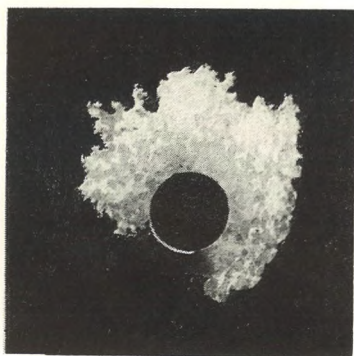
б

Отложение мокрого снега на 5-мм проводе 26/III 1948 г. Увеличено вдвое. Образовалось при температуре воздуха $-0,2^{\circ}$ и слабом ветре до 3 м/сек.

Отложение представляет собой слой налипшего снега сверху провода, сползающего вниз (а). В отложении отсутствует упорядоченное строение, как у зернистой изморози, в то же время оно напоминает осадок пушистой изморози (см. табл. 9, 10), имеющей внешне бесструктурный вид.



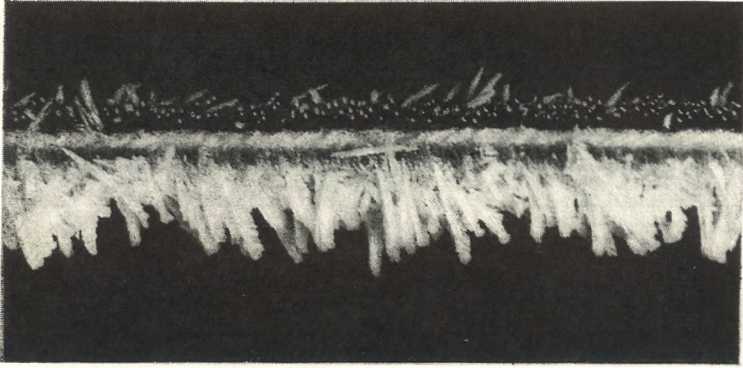
а



б

Замерзшее отложение мокрого снега на 5-мм проводе 27/III 1946 г. Увеличено вдвое. Возникло из налипшего слоя мокрого снега при сравнительно быстром понижении положительной температуры воздуха от величины $0,7^{\circ}$ до отрицательных значений.

Отложение представляет собой слой льда, образовавшийся в результате замерзания налипшего мокрого снега (а). Характерной особенностью отложения является его внешняя бесструктурность и хаотичность в нагромождении снеговидной массы льда. Отложение у провода имеет вид льда, а по мере удаления от него представляет собой сmerzшуюся массу рыхлого снеговидного льда.



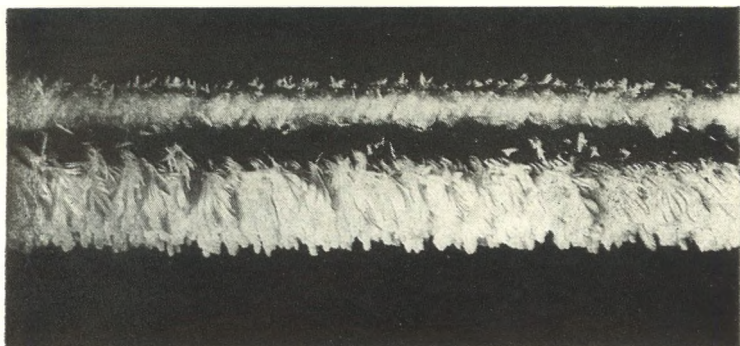
а



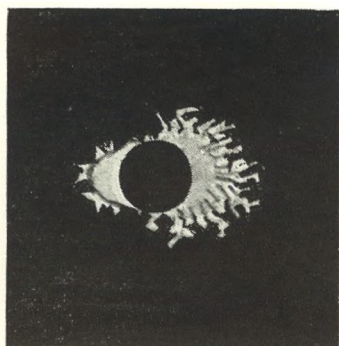
б

Зернистая изморозь на гололеде на 5-мм проводе 25/II 1951 г. Половина натуральной величины. Образование происходило при тумане и температуре воздуха в начале образования около $-3,4^{\circ}$ с последующим ее понижением до $-5,6^{\circ}$. Скорость ветра от 1 до 4 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) изображено это сложное отложение льда, образованное двумя видами обледенения: гололедом и зернистой изморозью. Отложение одностороннее. Подветренная сторона провода покрыта лишь отдельными образованиями зернистой изморози (б).



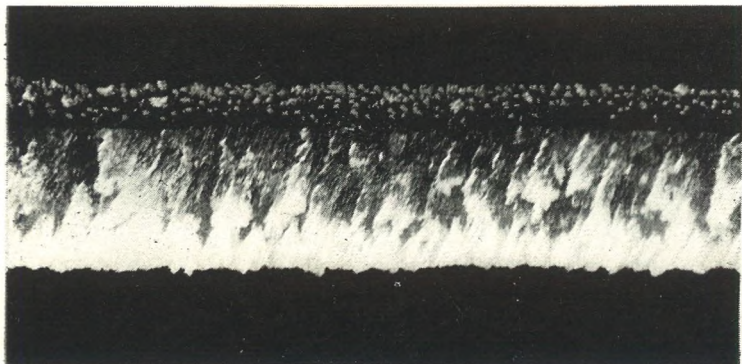
а



б

Зернистая изморозь на гололеде на 15-мм тросе 4/XII 1957 г. Несколько меньше натуральной величины. Образование происходило при морозящем дожде, сменившемся в конце процесса плотным туманом при понижении температуры воздуха от $-1,0$ до $-8,0^{\circ}$ и переменном направлении ветра. Скорость ветра от 1 до 6 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) видны два слоя льда: гололед и зернистая изморозь. Отложение двухстороннее, возникшее вследствие перемены ветра на противоположное направление.



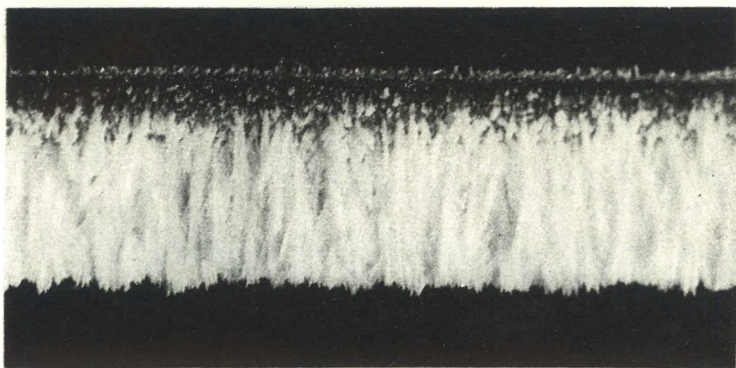
а



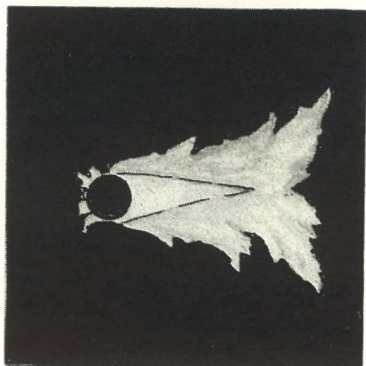
б

Зернистая изморозь на гололеде на 5-мм проводе 13/1 1953 г. Натуральная величина. Отложение возникло при переохлажденном дожде, сменившемся затем туманом, при понижении температуры воздуха от $-5,4$ до $-9,6^{\circ}$ и ветре от 6 до 7 м/сек.

В отложении достаточно четко видны два слоя льда: гололед и зернистая изморозь, имеющие одностороннее наслоение (а). Подветренная сторона провода покрыта лишь незначительным слоем зернистой изморози (б).



а

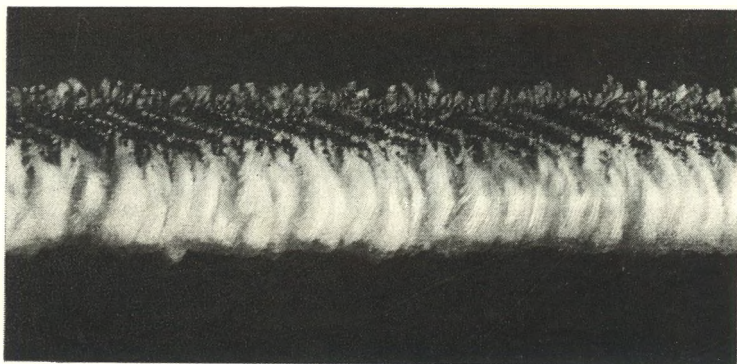


б

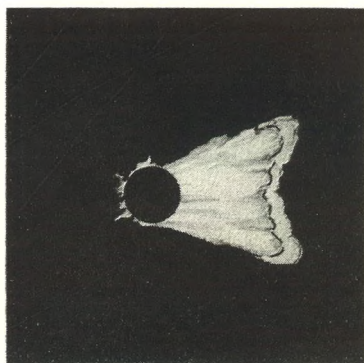
Зернистая изморозь на гололеде на 5-мм проводе 9/XII 1946 г. Натуральная величина. Образование происходило при тумане и температуре воздуха от $-0,6^{\circ}$ в начале процесса до $-6,0^{\circ}$ в конце. Ветер 12 м/сек.

Это обледенение, как и приведенное в табл. 54, является двухслойным, образованным последовательным отложением на проводе слоев гололеда и изморози.

Отложение одностороннее с явным преобладанием в нем осадка зернистого строения (изморози).



а

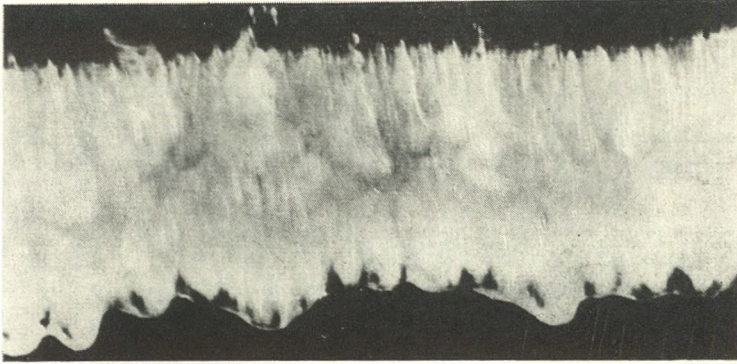


б

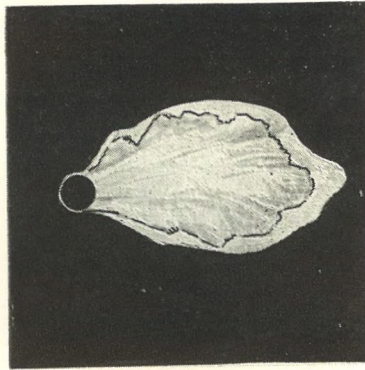
Гололед на зернистой изморози на 15-мм тресе 18/1 1951 г. Половина натуральной величины. Отложение возникло при тумане, сменившемся в конце процесса переохлажденным дождем, повышении температуры воздуха от $-5,2$ до $-2,6^{\circ}$ и ветре до 10 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) изображено это сложное отложение льда, образованное двумя видами обледенения: зернистой изморозью и гололедом.

Двухслойность хорошо обнаруживается лишь на стороне отложения, обращенной к ветровому потоку. Вся остальная часть осадка состоит из зернистого льда со свойственным ему строением.



а

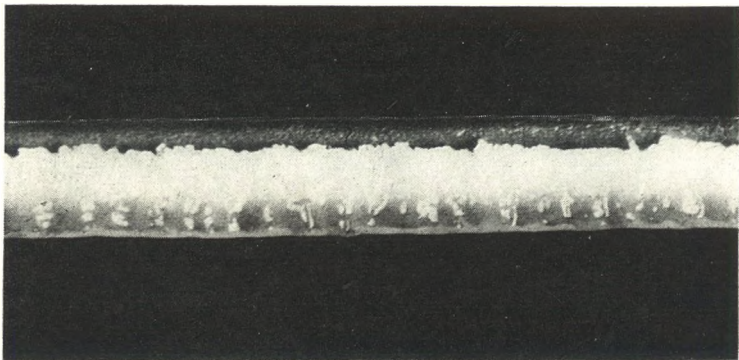


б

Гололед на зернистой изморози на 5-мм проводе 2/II 1938 г. Немного меньше натуральной величины. Отложение возникло при тумане, сменившемся переохлажденным дождем; температура воздуха в начале образования была $-3,6^{\circ}$ с последующим повышением до $-1,6^{\circ}$, скорость ветра от 3 до 5 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) изображен этот типичный случай сложного отложения льда, образованного двумя видами обледенения: зернистой изморозью и гололедом.

В отличие от формы, приведенной в табл. 56, в этом отложении двухслойность наблюдается по всей его поверхности, отчего внешняя структура первого слоя (изморози) сильно искажена.



а

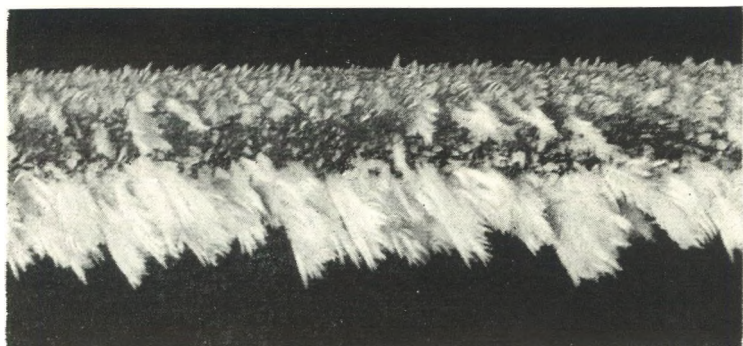


б

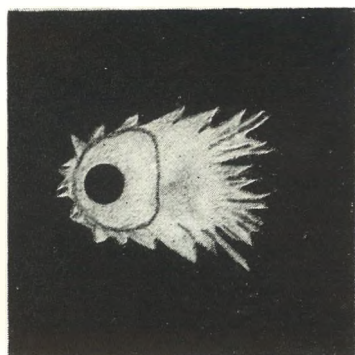
Гололед на зернистой изморози на 5-мм проводе 11/XII 1953 г. Натуральная величина. Образование происходило при тумане, сменившемся переохлажденным дождем, температуре воздуха $-2,4^{\circ}$ и ветре 3 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) изображено это сложное отложение льда, образованное двумя видами обледенения: зернистой изморозью и гололедом.

Характерной особенностью этого отложения является преобладание в нем слоя гололеда.



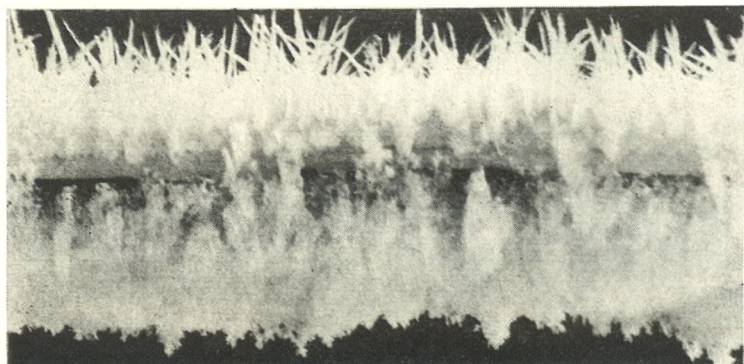
а



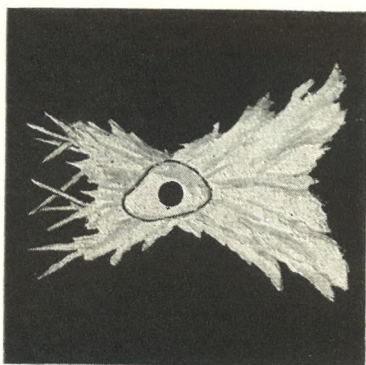
б

Кристаллическая изморозь на замерзшем отложении мокрого снега на 5-мм проводе 2/II 1960 г. Натуральная величина. Отложение возникло при выпадении мокрого снега, сменившегося в конце процесса легкой дымкой, понижении температуры от 0 до $-12,3^{\circ}$ и ветре до 4 м/сек.

На фотографии (а) и зарисовке (б) довольно четко видны два слоя льда этого сложного отложения. Первым слоем (у провода) является замерзшее отложение мокрого снега, вторым — кристаллическая изморозь.



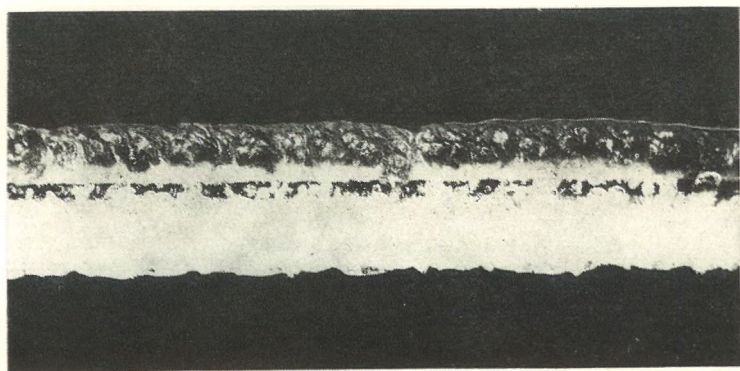
а



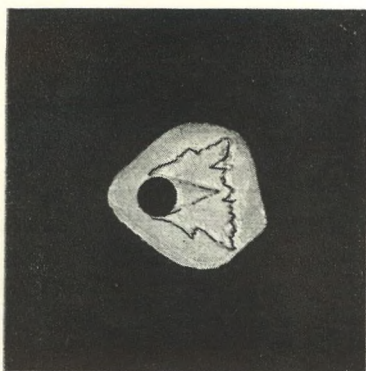
б

Зернистая изморозь с наслоением кристаллической изморози, осевшей на гололеде на 5-мм проводе 18/1 1938 г. Половина натуральной величины. Образование происходило при переохлажденном дожде, сменявшемся в течение процесса туманом, при температуре воздуха от $-1,0$ до $-5,0^{\circ}$, переменном направлении ветра и уменьшении скорости ветра от 17 до 2 м/сек.

Это сложное отложение льда. На фотографии (а) и зарисовке (б) видна трехслойность отложения. В начале провод покрылся гололедом, на котором образовалась зернистая изморозь, впоследствии покрытая кристаллической иглообразной изморозью.



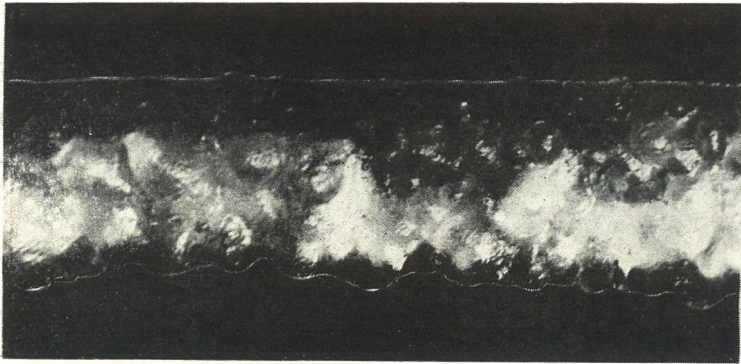
а



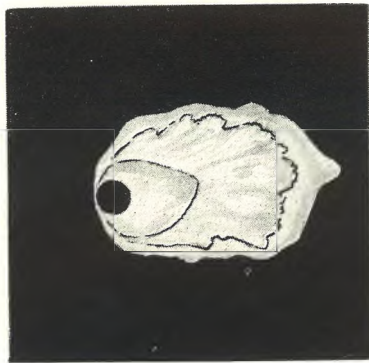
б

Ряд чередующихся слоев гололеда и зернистой изморози на 5-мм проводе 23/XII 1952 г. Натуральная величина. Такое отложение возникло при смене погодных условий, характерных для образования явлений гололеда и зернистой изморози.

Характерной особенностью отложения (а) является его трехслойность, схематически изображенная на зарисовке (б). Первый слой отложения — гололед, второй — зернистая изморозь и третий — гололед. В совокупности это обледенение представляет собой плотное отложение льда, напоминающее футлярообразный гололед (см. табл. 41).



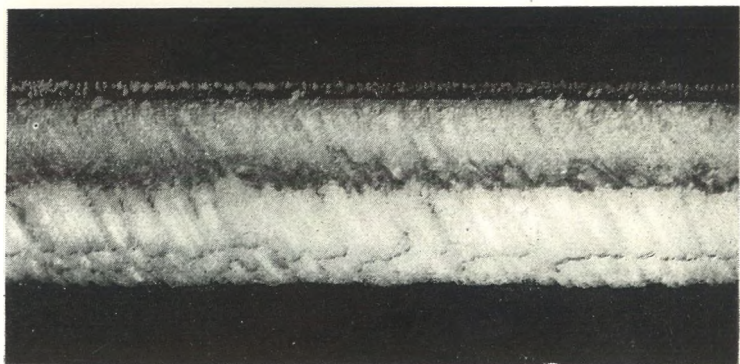
а



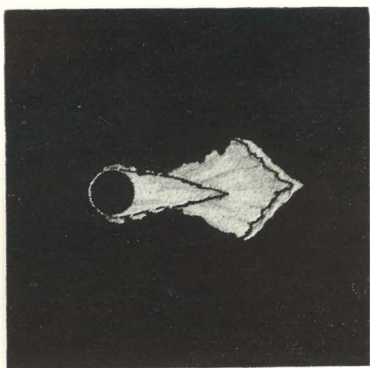
б

Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на 5-мм проводе 14/XI 1951 г. Немного меньше натуральной величины. Условия образования характерны для гололеда и изморози при их чередовании.

Трехслойное отложение льда, напоминающее приведенное в табл. 61, отличается от него односторонностью отложений и большими размерами. Трехслойность льда видна на зарисовке (б): первый слой от провода — гололед, второй — зернистая изморозь и третий — гололед. Внешне отложение напоминает плотный стекловидный гололед.



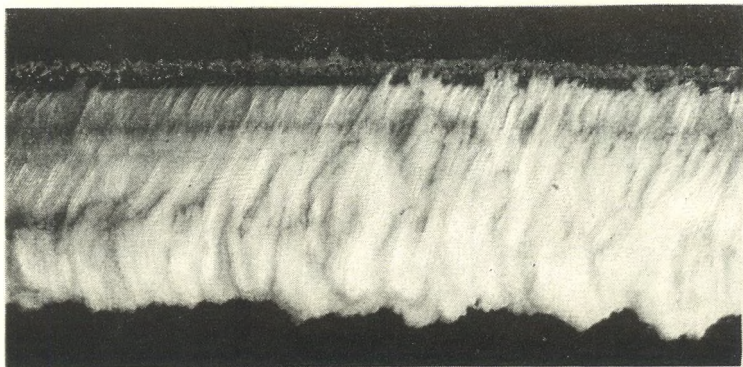
а



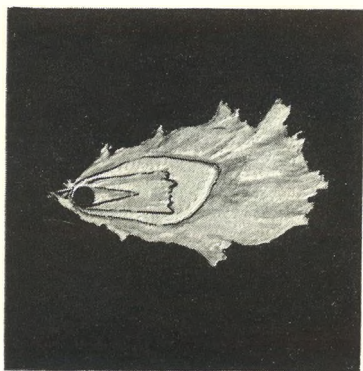
б

Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на 5-мм проводе 25/XII 1951 г. Около натуральной величины. Условия образования соответствуют условиям отложения гололеда и изморози при их чередовании.

Одностороннее сложное отложение, в отличие от форм, приведенных в табл. 61 и 62, характерно чередованием слоев льда, родственных по своему происхождению (от намерзания капель тумана) и строению. Первый слой отложения — гребнеобразный гололед, второй — пластинчатая изморозь и третий — гребнеобразный гололед (б).

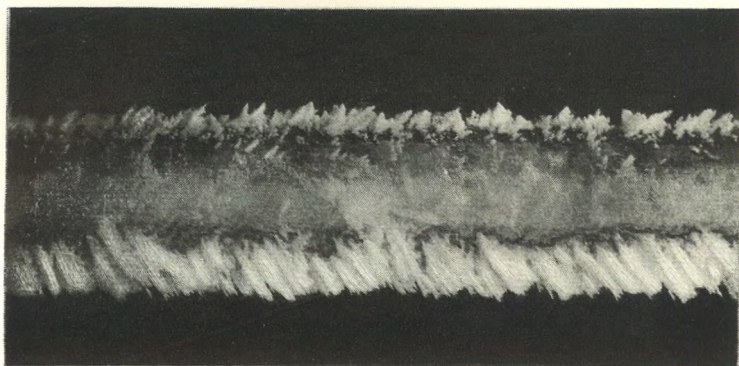


а

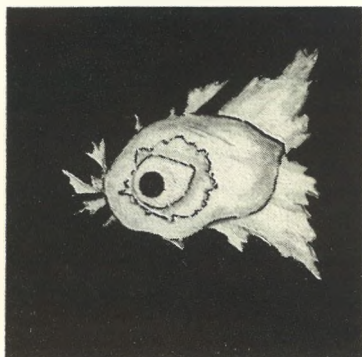


б

Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на 5-мм проводе 26/XII 1950 г. Уменьшено втрое. Образование связано с наличием переохлажденного морозящего дождя и тумана при различных значениях температуры воздуха и скорости ветра. Отложение состоит из четырех слоев льда (а), достаточно четко изображенных на зарисовке (б): первый слой — гололед, второй — изморозь, третий — гололед, четвертый — изморозь.



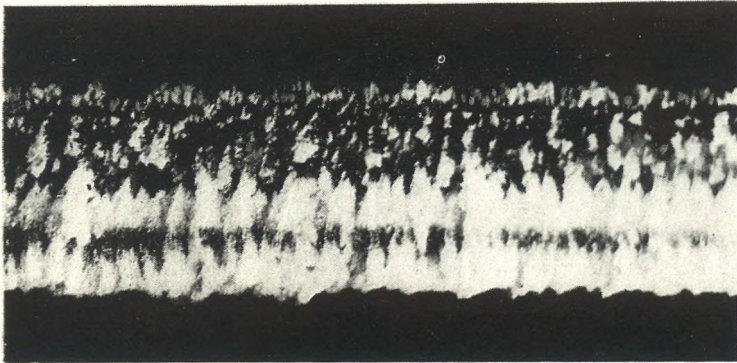
а



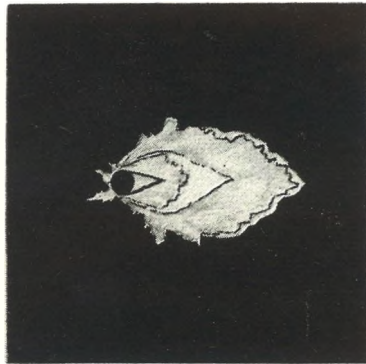
б

Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на 5-мм проводе 1/IV 1952 г. Половина натуральной величины. Условия образования характерны для гололеда и изморози при их чередовании.

Отложение состоит из четырех слоев льда (а), достаточно четко изображенных на зарисовке (б): первый слой — гололед, второй — зернистая изморозь, третий — гололед, четвертый — изморозь. Характерная особенность этого отложения — равномерное осаждение его на проводе почти со всех сторон.



а



б

Ряд чередующихся слоев гололеда и изморози на 5-мм проводе 25/XII 1952 г. Половина натуральной величины. Образование связано с наличием переохлажденной мороси и тумана при различных значениях температуры воздуха и скорости ветра.

Отложение сложное — состоит из пяти слоев льда. На фотографии (а) и особенно на зарисовке (б) эта многослойность изображена достаточно четко. Вначале провод был покрыт гололедом, на котором осел второй слой — зернистая изморозь, третий слой — гололед, четвертый — изморозь и пятый — гололед.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
От автора	5
Введение	6
I. Физико-метеорологические процессы обледенения проводов	8
Сублимационный лед	8
Водный лед	10
Мокрый снег	12
II. Классификация видов и разновидностей обледенения проводов	14
III. Определение и описание видов и разновидностей обледенения проводов	17
Обледенения, возникающие в результате сублимации водяного пара	17
Иней (17). Кристаллическая изморозь (18).	
Обледенения, возникающие в результате осаждения и замерзания переохлажденных капель воды	21
Зернистая изморозь (21). Гололед (24).	
Обледенения, возникающие в результате налипания и замерзания мокрого снега	27
Отложение мокрого снега (27). Замерзшее отложение мокрого снега (28).	
Сложные отложения льда	28
Зернистая изморозь на гололеде (28). Гололед на зернистой изморози (29). Кристаллическая изморозь на замерзшем отложении мокрого снега (29). Зернистая изморозь и осевшая на ней кристаллическая изморозь на гололеде (30). Ряд чередующихся слоев гололеда и зернистой изморози (30).	
IV. Виды обледенения проводов и их связь с атмосферными процессами	32
Внутримассовое обледенение проводов	32
Радиационное обледенение (32). Адвективное обледенение (35).	
Фронтальное обледенение проводов	38
Обледенение проводов, связанное с теплыми фронтами (38).	
Обледенение проводов, связанное с холодными фронтами (41).	
V. Методические указания по определению видов и разновидностей обледенения проводов	44
Литература	45
Таблицы	47—114

Бучинский Василий Евстафиевич
АТЛАС ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ

Редактор М. М. Ясногородская

Художник А. А. Ежов

Техн. редактор И. К. Грейвер

Корректор А. В. Хюркес

Сдано в набор 17/III 1966 г. Под-
писано к печати 12/IX 1966 г.
Бумага 60×90¹/₁₆. Бум. л. 3,625.
Печ. л. 7,25. Уч.-изд. л. 6,5.
Тираж 3100 экз. М-11342.

Индекс МЛ-203

Гидрометеорологическое изда-
тельство. Ленинград, В-53, 2-я ли-
ния, д. № 23. Заказ 2356. Цена
85 коп.

Ленинградская типография № 4
Главполиграфпрома Комитета по
печати при Совете Министров
СССР. Ленинград, Ф-68, Садовая
ул., д. № 55/57.

85 к.