

## ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ (ТЕМПЕРАТУРЫ) НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН КВ–СВ–ДВ ДИАПАЗОНОВ

Рассматривается влияние температуры окружающего воздуха на жизнедеятельность растений. Наличие водоглицеринового раствора увеличивает электрическое сопротивление древесины, которое, в свою очередь, приводит к вариациям уровня напряженности электромагнитных полей КВ–СВ–ДВ диапазонов.

**Ключевые слова:** температурные вариации напряженности радиополя, температура воздуха, сезонная жизнедеятельность растений, гистерезис электрического сопротивления.

Чародейкою зимою  
Околдован, лес стоит –  
И под снежной бахромою;  
Неподвижною, немою,  
Чудной жизнью он блестит.  
И стоит он околдован, –  
Не мертвец и не живой, –  
Сном волшебным очарован...

Ф.И. Тютчев

Любая система передачи энергии состоит из трех основных частей: источника, линии передачи и приемника энергии. При распространении электромагнитного поля от радиовещательных излучателей линией передачи является естественная окружающая среда (земная и водная поверхности, атмосфера, в широком смысле этого слова), которая, как правило, не контролируется человеком.

Естественная среда подвержена различного рода изменениям: под влиянием солнечной энергии меняются температура воздуха и поверхности Земли, давление, влажность, ионизация воздуха и другие параметры. Процессы, происходящие на самой земной поверхности (образование морского льда, промерзание грунтов, наличие растительного и снежного покровов) являются производными от них. При распространении электромагнитного поля по естественным волноводам из-за рассеяния и поглощения происходит постоянное уменьшение плотности энергии с расстоянием. Мониторингом напряженности радиополя в одной точке наблюдения установлены температурные вариации сигнала в дневное время суток, что обусловлено изменением электропроводности земной поверхности, в частности растительного покрова.

При исследовании данной проблемы контроль за уровнем напряженности радиополя выполнялся для удаленных радиостанций, работающих на частотах 170 (171) кГц (Новосибирский радиопередающий центр (РПЦ), п. Ояш), 218 кГц (Красноярский РПЦ, г. Красноярск), 270 (272) кГц (Новосибирский РПЦ, г. Новосибирск), 281 кГц (Алтайский РПЦ, г. Горно-Алтайск), 576 и 675 кГц (Новосибирский РПЦ, п. Ояш), 1026 кГц (Новосибирский РПЦ, г. Новосибирск). Измерения напряженности радиополя проводились поверенным комплектом аппаратуры FSM-6 на магнитную антенну. Значения температуры снимались со спиртового термометра с контролем по данным гидрометеорологической станции г. Томска, откуда ежедневно поступала информация о температуре, влажности и атмосферном давлении воздуха;

температуре на поверхности почвы; температуре почвы на глубинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м; высоте снежного покрова; глубине промерзания почвы. Электропроводность древесины лиственных (черемухи, березы) и хвойных (сосны) пород деревьев определялась при помощи стационарной симметричной установки Шлюмберже AMNB, где АВ – питающая линия, позволяющая измерять силу тока, подаваемого в ствол дерева; MN – приемная линия, измеряющая разность потенциалов, создаваемую электрическим током в линии АВ. Расстояние между питающими электродами равно 0,1 м, между приемными электродами – 0,03 м. В качестве электродов использовались сантиметровые медные стержни диаметром 2 мм, которые забивались в ствол дерева. Приемная (MN) и питающая (AB) линии, выполненные из изолированного медностального провода марки ГПСМПО, припаивались к медным электродам и «уводились» в помещение, где выполнялись измерения [1].

Для определения электропроводности верхнего слоя земной поверхности разработана стационарная установка вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), позволяющая фиксировать изменение во времени кажущейся электропроводности для различных питающих линий АВ/2 (от 0,05 м до 30 м), так и геоэлектрического разреза в целом до глубины 5 м (изменение во времени мощности и удельной электрической проводимости каждого выделенного слоя) [2].

Изменения физического состояния подстилающей поверхности Земли влияют на уровень напряженности электромагнитного поля, распространяющегося по естественным волноводам. Постоянным контролем уровня напряженности радиополя в одной точке наблюдения установлены температурные вариации сигнала в дневное время суток, что обусловлено изменением электропроводности земной поверхности в целом и растительного покрова в частности.

Годичный цикл жизни растения включает в себя два периода: вегетации, при котором происходят процессы видимого роста вегетативных и генеративных органов и осуществляется непрерывная ассимиляционная деятельность листьев, и покоя, когда приостанавливается рост вегетативных органов, отсутствуют прорастания ростовых, генеративных и зимующих почек. Способность погружаться в состояние покоя выработалась у растений в ходе эволюции – это важное приспособление к периодическому наступлению неблагоприятных внешних условий, в частности к зимнему похолоданию.

лоданию. При понижении температуры ниже нуля накопленный в вегетационный период крахмал преобразуется в жиры, водорастворимые сахара и спирты, в частности в глицерин, который при смешении с водой не только уменьшает объем раствора (контракция), но и понижает температуру замерзания, являясь биоан-

тифризом (водно-глицериновая смесь, содержащая 66,7% глицерина, замерзает при температуре  $-46,5^{\circ}\text{C}$ ). Установлена прямая взаимосвязь температуры воздуха с содержанием водорастворимых сахаров: чем ниже опускается температура воздуха, тем быстрее идет процесс накопления сахаров (рис. 1) [3].

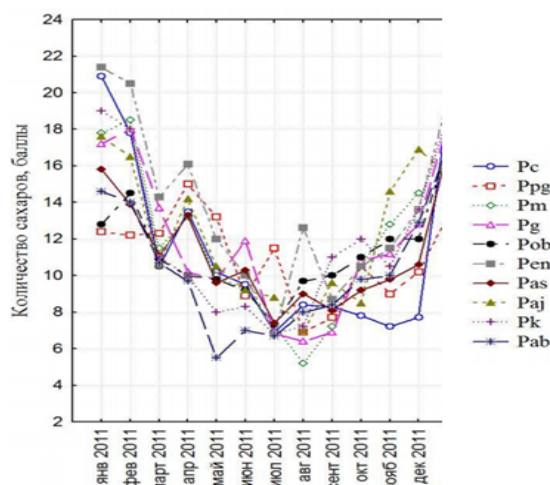


Рис. 1. Содержание водорастворимых сахаров в клетках тканей годичных побегов древесных видов рода *Picea* L.: Pc — ель канадская (*P. canadensis*); Ppg — ель колючая (*P. pungens*); Pm — ель черная (*P. mariana*); Pg — ель Глена (*P. glehnii*); Pob — ель сибирская (*P. obovata*); Pen — ель Энгельмана (*P. engelmannii*); Pas — ель шероховатая (*P. asperata*); Paj — ель аянская (*P. ajanensis*); Pk — ель корейская (*P. koraiensis*); Pab — ель обыкновенная / европейская (*P. abies*) [3].

Не затрагивая механизма преобразования глицерина из крахмала, отметим, что крахмал и водорастворимые сахара, из которых образуется глицерин, ведут себя как антиподы — в зимнее время количество водорастворимых сахаров резко увеличивается, в то же время количество крахмала уменьшается вплоть до полного отсутствия; в летнее время, наоборот, количество крахмала увеличивается, водорастворимые сахара почти полностью отсутствуют (рис. 2).

Согласно наблюдениям, полученным Е.Ю. Ребровой [4], накопление сахаров в зимний период находится в прямой зависимости от морозоустойчивости вида. Наиболее морозоустойчивыми по данному показателю являются сосны (максимум содержания сахара в зимний период составляет 20 баллов).

У морозоустойчивых видов в период подготовки к зиме снижается количество крахмала до полного отсутствия (у ели обыкновенной — *P. abies*, пихты белой — *A. nephrolepis*, кедрового стланика — *P. pumila*). У менее морозоустойчивых видов в тканях побегов в течение зимы сохраняется некоторое количество запасного полисахарида, не превышающее 1–3 баллов [Там же].

Повышенное содержание глицерина в растворе приводит к увеличению электрического сопротивления раствора, так как удельное электрическое сопротивление чистого глицерина при  $20^{\circ}\text{C}$  равно  $1,6 \cdot 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Процесс преобразования крахмала в глицерин неустойчив — при каждом повышении температуры излишнее количество глицерина снова переходит в крахмал, уменьшая таким образом электрическое сопротивление раствора. В теплое время года электрическое сопротивление дерева составляет пер-

вые сотни Ом·м (рис. 3), что сопоставимо с сопротивлением почвы (рис. 4). Однако электрическое сопротивление центральной части дерева на порядок ниже сопротивления коры (рис. 5).

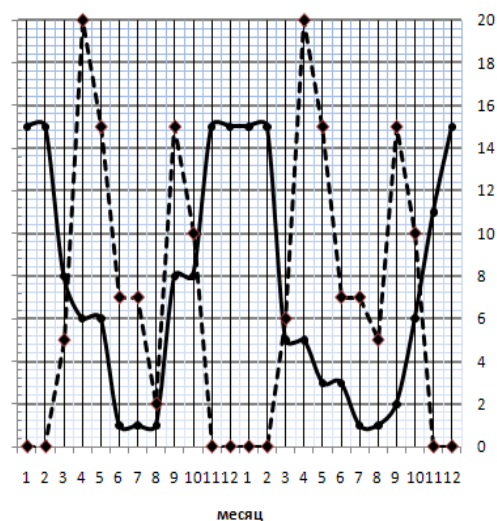


Рис. 2. Динамика содержания водорастворимых сахаров (сплошная линия) и крахмала (пунктирная линия) в ели аянской — *P. ajanensis* Lindl. & Gordon, в баллах (графики построены по данным [4])

Согласно исследованиям специалистов Института физического материаловедения СО РАН (г. Улан-Удэ) у всех деревьев наблюдается одна и та же картина — чем больше диаметр ствола, тем большим сопротивлением обладает внешняя часть дерева. Центральная часть ствола обладает меньшим сопротивлением по сравнению с периферией (корой) — менее 50 Ом·м.

Для каждой группы деревьев с разными радиусами стволов кривые зависимости кажущегося удельного электрического сопротивления от полуразноса питающих электродов  $AB/2$  выходят на асимптоту. Так, для сосны  $\rho = 31 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , для лиственницы  $\rho = 19,6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , для черемухи  $\rho = 11 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , для березы  $\rho = 7 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , для ильма  $\rho = 6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  и тополя  $\rho = 1,1 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  [5].



Рис. 3. Изменение кажущегося электрического сопротивления древесины черёмухи обыкновенной (*Prunus padus*) в зависимости от температуры воздуха (полуразнос питающей линии  $AB/2 = 10 \text{ см}$ )

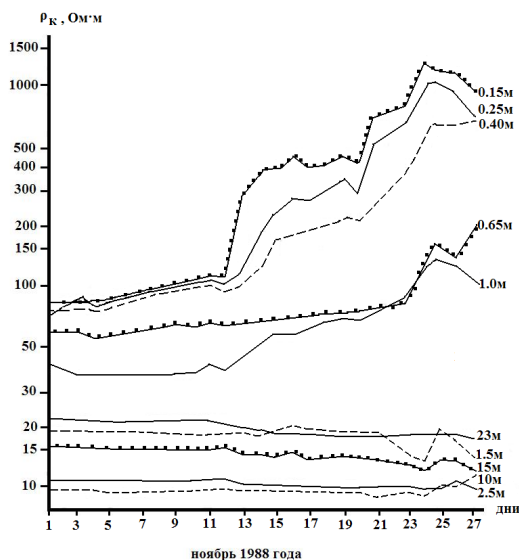


Рис. 4. Изменение кажущегося электрического сопротивления почвы ( $\rho_k$ ) в осенний период времени (г. Томск). Полуразнос питающей линии  $AB/2$  обозначен цифрами

Такие значения электрического сопротивления центральной части стеблей деревьев соответствуют теории осмоса, т.е. способности молекул воды (растворителя) уходить из менее концентрированного (земля) в более концентрированный раствор (стебель дерева). Так как более концентрированный раствор обладает меньшим электрическим сопротивлением, то эту фразу можно изложить по-иному: способность

молекул воды уходить из среды с большим электрическим сопротивлением (земля) в среду с меньшим электрическим сопротивлением (стебель дерева).

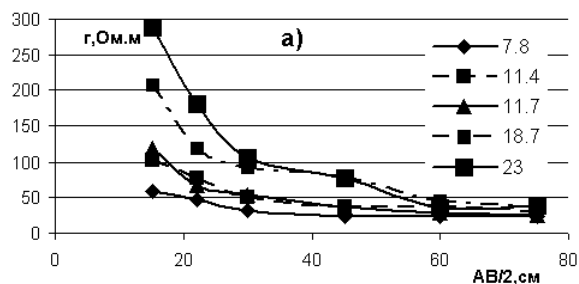


Рис. 5. Кривые ВЭЗ на стволах деревьев (а – сосна) при различных значениях радиуса ствола. Радиусы ствола (см) обозначены цифрами [5]

У сосудистых растений передвижение веществ осуществляется по двум системам: ксилеме (вода и минеральные соли) и флоэме (органические вещества). Передвижение веществ по ксилеме направлено от корней к наземным частям растений; по флоэме питательные вещества движутся от листьев. И ксилема, и флоэма находятся в центральной части ствола дерева (рис. 6).

В интервале температур  $+5-0^\circ\text{C}$  электрическое сопротивление дерева и почвы имеют примерно равные значения – момент перехода дерева в состояние покоя (получается, что дерево, теряя минерализацию, увеличивает свое сопротивление, и осмостический механизм прекращает работать).

Еще в середине прошлого столетия установлено anomальное поведение в зимний период времени напряженности радиополя СВ–ДВ диапазонов. Согласно имеющимся в то время представлениям о распространении радиоволн, напряженность электромагнитного поля в зимнее время должна быть меньше летней. Экспериментальные наблюдения показывали противоположное поведение радиополя (рис. 7).

F.R. Gracely [7] связывал флуктуацию в дневное время радиосигнала СВ диапазона с температурой. В.Е. Кашпровский и Ф.А. Кузубов [8], исключив значения напряженности радиополя, полученные F.R. Gracely в переходные периоды года, пришли к выводу об отсутствии роста напряженности радиополя с понижением температуры, объясняя такое поведение напряженности поля влиянием лесной растительности (рис. 8).

«Если нанести на график значения  $E$  в зависимости от температуры  $t$  только для летнего и зимнего периодов, как это сделано на рис. 2, и тем самым исключить влияние переходных процессов в деревьях, то не удастся обнаружить закономерной связи между ними, несмотря на довольно значительные пределы изменения температуры» [8. С. 101]. «Поскольку свойства земной поверхности (электропроводность, рельеф, растительность, геологическое строение) остаются неизменными в течение длительного времени, то возможной причиной флуктуации сигнала в дневное время может быть только влияние атмосферы» [Там же. С. 99].

Таким образом, вариации подразделяются на сезонные и суточные, имеющие совершенно разные причины образования: сезонные вариации обусловле-

ны переходными процессами в деревьях, а суточные – наличием ионизированного слоя в атмосфере на высоте 2,0–2,5 км.

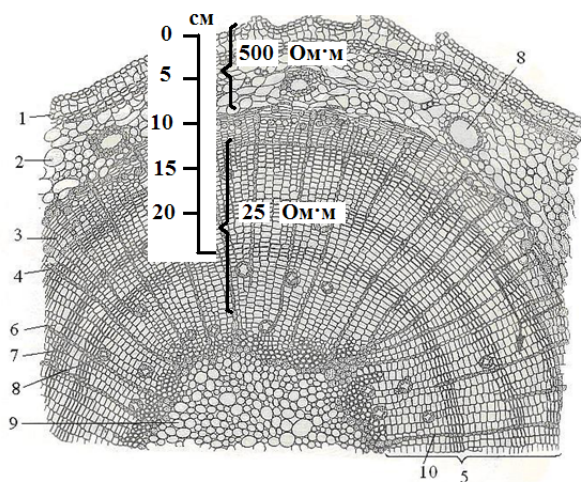


Рис. 6. Стебель сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в поперечном разрезе: 1 – пробка, 2 – паренхима первичной коры, 3 – флоэма, 4 – камбий, 5 – ксилема, 6 – весенние трахеиды, 7 – осенние трахеиды, 8 – смоляной ход, 9 – сердцевина, 10 – сердцевинный луч (по: [6] с добавлениями авторов)

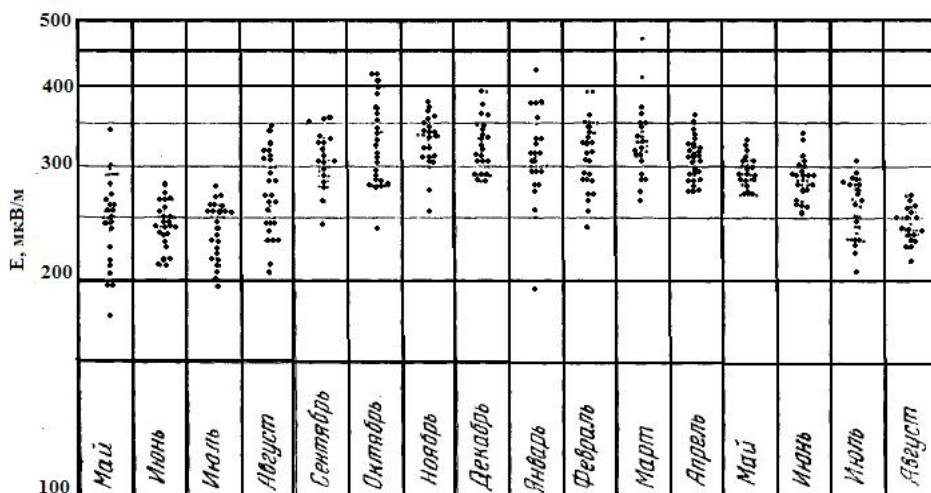


Рис. 7. Изменение напряженности радиополя  $E$  по месяцам [7]

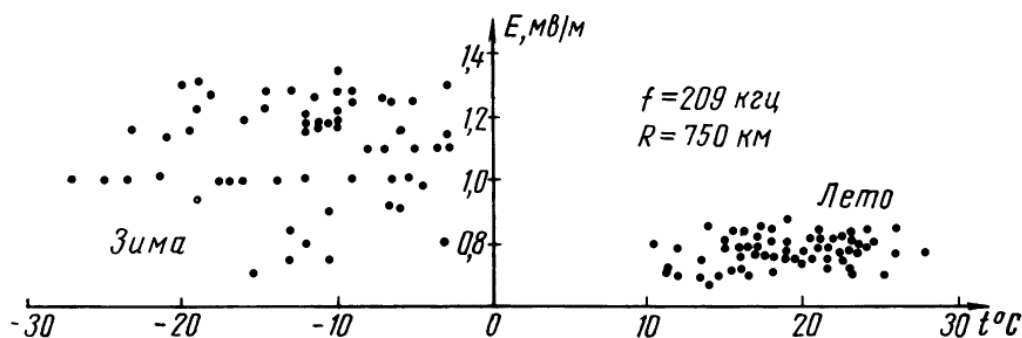


Рис. 8. Сопоставление значений напряженности поля ( $E$ , мВ/м) и температуры ( $t$ , °C) по данным для летнего [7] и зимнего [8] времени

Как показали более поздние исследования, природа этих вариаций одна – температура, так как любое изменение температуры воздуха приводит к изменению электропроводности подстилающей поверхности,

которая, в свою очередь, изменяет уровень радиосигнала (рис. 9) [7].

Изучение опубликованных и полученных в Научно-исследовательском институте радио (г. Москва)



данных позволило В.А. Чернову [10] сделать вывод, что изменения напряженности поля на большом временном интервале характеризуются таким понятием, как размах ( $H$ , дБ), т.е. разностью между наибольшим месячным значением в зимний период и наименьшим значением в летний период (рис. 10).

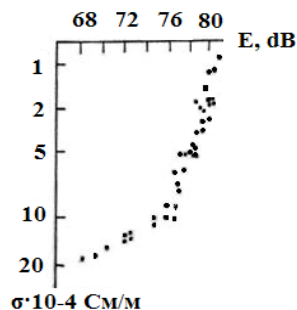


Рис. 8. Изменение напряженности радиополя для частоты 576 кГц ( $E$ , дБ) в зависимости от электропроводности подстилающей среды ( $\sigma$ , См/м) [9]

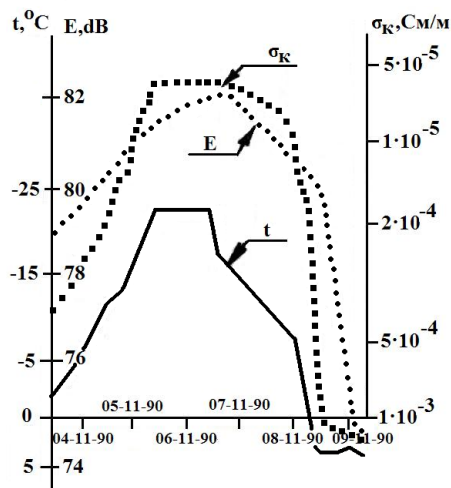


Рис. 9. Изменение напряженности радиополя для частоты 576 кГц ( $E$ , дБ), электропроводности дерева ( $\sigma$ , См/м), и температуры окружающего воздуха ( $t$ , °C) во времени [9]

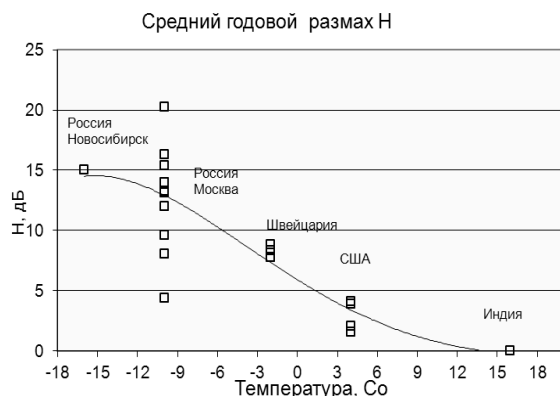


Рис. 10. Средний годовой размах ( $H$ , дБ) в регионах с различной средней январской температурой (частоты в полосе 500–1000 кГц) [10]

Кроме сезонного размаха уровня напряженности радиополя имеется еще одна особенность поведения электромагнитного поля: независимо от сезона года наблюдается разброс значений напряженности поля, в отдельных случаях значения напряженности радиополя в зимнее время близки к летним значениям (рис. 11, 12).



Рис. 11. Температурный ход напряженности радиополя для частоты 549 кГц в период с июля 1999 г. по май 2005 г. (Московская область) [11]



Рис. 12. Температурный ход напряженности радиополя для частоты 576 кГц в период 1988–1990 гг. (Томск)

Такой разброс значений напряженности радиополя нами объясняется наличием гистерезиса электропроводности, для которого характерно явление «насыщения», благодаря чему напряженность радиополя при одной и той же температуре может иметь различные значения (рис. 13, 14).

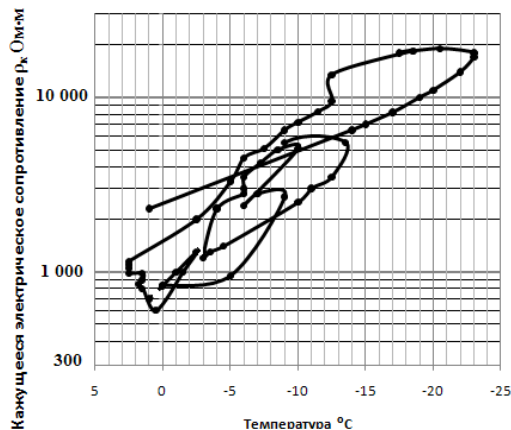


Рис. 13. Изменение кажущегося электрического сопротивления дерева от температуры окружающей среды – экспериментальный график

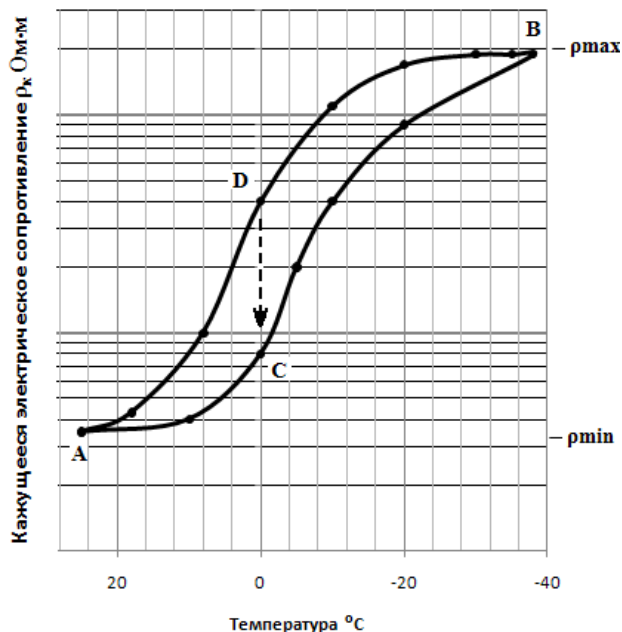


Рис. 14. Изменение кажущегося электрического сопротивления дерева от температуры окружающей среды — теоретический график

При понижении температуры окружающего воздуха от точки А до точки В кажущееся электрическое сопротивление увеличивается до момента насыщения (рис. 14). При дальнейшем понижении температуры электрическое сопротивление остается постоянным. При повышении температуры электрическое сопротивление имеет несколько большие значения, чем при той же температуре, но в момент ее понижения. Если температура остается постоянной (точка D), то электрическое сопротивление начинает уменьшаться, пока не достигнет значения, равного для этой же температуры, но в момент ее понижения (точка C).

Как указано выше, это обусловлено тем, что природа «разработала» способ повышения морозоустойчивости тканей и клеток растений, позволяющий им переносить температуры ниже 0°C. При понижении температуры часть крахмала переходит в водорастворимые спирты (глицерин), что и приводит к увеличению электрического сопротивления дерева; чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше образуется глицерина. При повышении температуры этот процесс происходит в обратном порядке — глицерин снова переходит в крахмал.

Как следует из рис. 2 и 3, при положительной температуре окружающего воздуха электрическое сопротивление земной поверхности и лесослоя имеют близкие значения — 50–200 Ом·м. С понижением температуры воздуха электрическое сопротивление подстилающей поверхности начинает расти и при отрицательных значениях температуры достигает 10 кОм·м. Как известно, напряженность электромагнитного поля с ростом электрического сопротивления однородной среды падает, в частности для диапазона частот 270–330 кГц на расстоянии 135 км от излучателя изменение электрического сопротивления с 30 Ом·м до 1000 Ом·м уменьшает напряженность поля с 3 до 0,1 мВ/м (рис. 15).

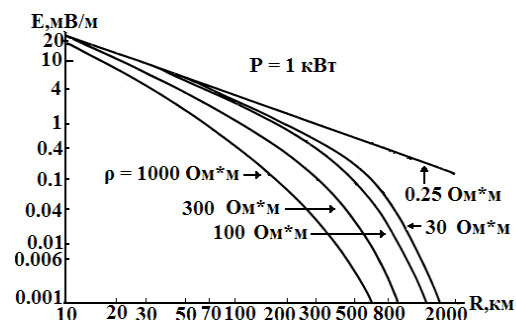


Рис. 15. Изменение напряженности радиополя от расстояния для диапазона частот 270–330 кГц при различных электрических сопротивлениях подстилающей поверхности

Реально наблюдается противоположная картина: увеличение электрического сопротивления подстилающей поверхности приводит к росту напряженности радиополя (рис. 8–11). Для объяснения природы такого феномена существует несколько различных точек зрения:

1. Переизлучение от лесного покрова, когда полное поле определяется как сумма первичного поля  $E_{\text{перв}}$ , которое было бы в отсутствие деревьев, и поля переизлучения самих деревьев  $E_{\text{изл}}$  [8, 11].

2. Отражение от тропосферного гипотетического слоя С, находящегося на высоте примерно 2–2,5 км. В этом случае полное поле получается как результат интерференции первичного и отраженного полей [8].

3. При наличии сильноиндуктивного приведенного поверхностного импеданса (двухслойная структура подстилающей поверхности с выполнением обязательного условия: электрическое сопротивление первого слоя много больше электрического сопротивления второго слоя) появляется поверхностная волна Ценника. Модуль функции ослабления в этом случае оказывается больше единицы [8, 12–15 и др.].

4. Образование поверхностной волны Нортон. Температура — не главное, главное — влажность: чем больше воды, тем выше диэлектрическая проницаемость, которая и приводит к повышенным значениям напряженности радиополя [16].

5. Наличие продольной электромагнитной волны. График напряженности поля египетских антенн легко объясним, если предположить, что антенна-мачта хорошо излучает поперечные волны, а мачта CFA — плохо, поскольку мала высота. Но зато она создает интенсивную продольную волну на поверхности земли, поскольку ток в ее заземленном основании велик [17].

6. Вариации электромагнитного поля обусловлены интерференцией поверхностной и подземной радиоволн [18].

7. Итальянцами сделана попытка установления связи между количеством солнечных пятен и величиной напряженности радиополя ДВ диапазона для зимнего периода времени [19].

Таким образом, установлено довольно интересное и сложное взаимодействие различных природных процессов, приводящих в итоге к флуктуациям уровня напряженности электромагнитного поля КВ–СВ–ДВ диапазонов.

Благодаря наклону оси вращения Земли происходит смена времен года, что для средних широт определяет смену положительных и отрицательных температур на поверхности Земли. Наличие отрицательных температур заставляет живой мир приспосабливаться к морозу. Деревья вынуждены защищаться от неблагоприятного воздействия отрицательной температуры на воду, которая, как известно, при замерзании сильно увеличивает свой объем, что приводит к нарушению целостности закрытых сосудов. В результате химических процессов, происходящих в стволе дерева, крахмал гидролизует в глицерин. При этом не только уменьшается объем водоглицеринового раствора, но и понижается точка замерзания воды. Появление водоглицеринового раствора увеличивает электрическое сопротивление древесины, замедляя работу осмоса. Деревья переходят из вегетационного периода развития в стадию покоя. Изменение электрического сопротивления деревьев приводит к вариациям уровня напряженности электромагнитных полей КВ–СВ–ДВ диапазонов.

В заключение можно привести примеры практического использования вариаций электромагнитного поля:

1. Температурные вариации напряженности радиополя обуславливают изменение методики полевых работ, связанных с измерением уровня сигнала от радиовещательных передатчиков, особенно в осенне-весенние периоды года. В этом случае необходимо организовывать параллельные наблюдения на контрольном пункте, позволяющем фиксировать такие вариации и вносить поправки в данные, полученные при изучении объектов.

2. Переход на цифровое радиовещание в СВ–ДВ диапазоне потребует значительного увеличения мощности передающих излучателей (в отдельных районах страны – на порядок), что приведет к неконкурентоспособности радиопередающих центров СВ–ДВ диапазонов.

3. Практическое использование вариаций электромагнитного поля позволяет дистанционно следить за жизнедеятельностью как лесных массивов в целом (мониторинг электромагнитного поля), так и конкретного дерева (методом электросопротивления) с целью прогнозирования неблагоприятных последствий.

4. Появляется возможность прогноза вариаций электромагнитного поля с целью установления зоны уверенного приема конкретного (отдельного) радиопередатчика.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по электроразведке. Л. : Недра, 1984. 352 с.
2. Захаренко В.Н. Авторское свидетельство СССР на изобретение SU 1484125, 1989 г.
3. Воробьев Р.А. Эколого-физиологические особенности видов рода ель (*Picea* L.) при оценке перспективности интродукции в нижегородской области : дис. ... канд. биол. наук. М., 2014. 247 с.
4. Реброва Е.Ю. Оценка морозостойчивости местных и интродуцируемых хвойных пород в условиях Южного Приморья : автореф. ... дис. канд. биол. наук. Уссурийск, 2003. 25 с.
5. Авокатов В.Р., Баикуев Ю.Б., Балханов В.К. Электрические характеристики разных типов лесной среды // ЭВЭС. 2012. № 1. С. 47–50.
6. URL: [http://e-lib.gasu.ru/eposobia/papina/bolprak/R\\_4\\_2.html](http://e-lib.gasu.ru/eposobia/papina/bolprak/R_4_2.html).
7. Gracely F.R. Temperature Variations of Ground-Wave Signal Intensity at Standard Broadcast Frequencies. Proc. I.R.E., April, 1949. P. 360–363.
8. Кашировский В.Е., Кузубов Ф.А. Распространение средних радиоволн земным лучом. М. : Связь, 1971. 200 с.
9. Захаренко В.Н. Влияние вариаций электропроводности подстилающей поверхности на амплитуду напряженности земной волны диапазонов СВ и ДВ // Электросвязь. 1992. № 1. С. 34–35.
10. Чернов Ю.А. Прогресс в изучении распространения средних, длинных и сверхдлинных радиоволн // Труды НИИР. 2014. № 3. С. 91–103.
11. Чернов Ю.А. Вариации уровня сигнала земной волны на средних и низких частотах в дневное время // Труды НИИР. 2013. № 4. С. 90–105.
12. Егоров В.А., Макаров Г.И. Влияние растительного покрова на распространение электромагнитных волн с учетом сезонных и суточных изменений температуры. // Вестник Петербургского университета. Сер. 4. Физика-химия. Вып. 1. 2006. С. 10–20.
13. Мельчинов В.П., Давыдов Д.Е. Сезонные вариации модуля функции ослабления над мерзлотными трассами // Известия вузов: Физика. 2010. № 9/2. С. 6–10.
14. Дацко В.Н., Копылов А.А. О поверхностных электромагнитных волнах // УФН. 2008. Т. 178, № 1. С. 109–110.
15. Баикуев Ю.Б., Халтанов В.П., Дембелов М.Г., Нагулаева И.Б. Поверхностные ЭМ волны в естественных условиях, результаты эксперимента // III конференция «Радиолокация и радиосвязь». ИПЭ РАН. М., 2009.
16. Blomquist A. A comparison of measurements and predictions of HF groundwave propagation. Hvidsten Knut Inge. Norwegian Defence Research Establishment. Kjeller, Norway. 2005. 89 с.
17. Поляков В.Т. Продольные электромагнитные волны на земной поверхности. CQ-QRP. 2008. № 24. С. 8–16. URL: <http://qrp.ru/files/literature/category/15-cqqrpf?download=37%3Acq-qrp-24&start=20>
18. Захаренко В.Н., Краковецкий Ю.К., Попов Л.Н., Парначев В.П. Влияние естественных подземных волноводов на распространение радиоволн СДВ–СВ диапазонов // XXIV конференция «Распространение радиоволн». РРВ-24, Иркутск, 2014. Т. 2. С. 243–246.
19. Biagi P.F., Castellana L., Maggipinto T., Ermini A., Perna G., and Capozzi V. Electric field strength analysis of 216 and 270 kHz broadcast signals recorded during 9 years // Radio science. 2006. Vol. 41, is. 4.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 22 октября 2015 г.

## INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS (TEMPERATURE) ON SW-MW-LW PROPAGATION

Tomsk State University Journal, 2015, 400, 337–344. DOI: 10.17223/15617793/400/54

Zakharenko Vladimir N. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: [dingeo@ggf.tsu.ru](mailto:dingeo@ggf.tsu.ru)

Parnachev Valery P. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: [dingeo@ggf.tsu.ru](mailto:dingeo@ggf.tsu.ru)

**Keywords:** temperature variations of rf intensity; air temperature; seasonal life of the plants; electrical resistance of hysteresis.

Changes in the radio field (rf) strength at a large time interval are characterized by the term magnitude (H, dB), i.e., the difference between the highest monthly value in winter and the lowest one in summer. In addition to the seasonal swing of rf-tension, there is another feature in the behavior of the electromagnetic field: independent of the season, there has been observed the spread of values of field intensity. In some cases, rf strength values in the winter are close to summer ones. We can explain this scatter of rf-

intensity due to the presence of the hysteresis of electro-conductivity, thanks to which rf-tension has a different meaning at the same temperature. Therefore, the terms – seasonal and diurnal variation of the radio field – are to be combined into one term: temperature variation of rf-tension, since they have one reason for formation. It is known that the electromagnetic field strength drops with increasing electrical resistance in the homogeneous medium. In reality, the opposite pattern is observed: an increase in electrical resistance of the underlying surface leads to increased rf-tension. There are several different points of view for explaining this phenomenon: impact of forest vegetation; presence of an additional ionized layer in the atmosphere; appearance of the surface Cennik wave; appearance of the surface Norton wave; presence of longitudinal electromagnetic waves; interference of the surface and underground radio waves; influence of the Sun spots number on the value of rf-tension of LW range for the winter period. The analysis of the published literature and the data obtained by the authors allowed to establish a very interesting and complex interaction of various natural processes, leading eventually to the level of fluctuations of the electromagnetic field of SW-MW-LW ranges. A change of seasons takes place because of the angle of the Earth's rotation axis, which determines the change of positive and negative temperatures in the middle latitudes on the Earth's surface. The presence of negative temperatures makes the living world adapt to the frost. Trees have to be protected from the adverse effects of negative temperatures on the water. It is well known that its volume increases greatly at freezing, which leads to disruption of the integrity of the closed vessel. As a result of the chemical processes occurring in the trunk of the tree, starch is hydrolyzed into soluble sugars, in particular, glycerol. Thus, not only the volume of the water-and-glycerol solution reduces, but also the freezing point of water decreases. The emergence of the water-and-glycerol solution increases the electrical resistance of wood to 200 Ohm-m to 10,000 Ohm-m, slowing down osmosis. Trees are moving from the development of the growing season in the resting stage. Changes in the electrical resistance of trees leads to temperature variations of tension of electromagnetic fields of SW-MW-LW ranges.

## REFERENCES

1. Frantov, G.S. (ed.) (1984) *Instruktsiya po elektrorazvedke* [Instructions for electrical prospecting]. Leningrad: Nedra.
2. Zakharenko, V.N. (1989) *Avtorskoe svidetel'stvo SSSR na izobretenie SU 1484125* [USSR Author's Certificate for the invention SU 1484125].
3. Vorob'ev, R.A. (2014) *Ekologo-fiziologicheskie osobennosti vidov roda el' (Picea L.) pri otsenke perspektivnosti introduksii v Nizhegorodskoy oblasti* [Ecological-physiological features of species Picea L. in assessing the prospects of the introduction in Nizhny Novgorod Oblast]. Biology Cand. Diss. Moscow.
4. Rebrova, E.Yu. (2003) *Otsenka morozoustoychivosti mestnykh i introdutsiruemykh khvoynykh porod v usloviyakh Yuzhnogo Primor'ya* [Evaluation of frost resistance of local and introduced softwood in the conditions of Southern Primorye]. Biology Cand. Diss. Ussuriysk.
5. Advokatov, V.R., Bashkuev, Yu.B. & Balkhanov, V.K. (2012) *Elektricheskie kharakteristiki raznykh tipov lesnoy sredy* [The electrical characteristics of various types of forest environment]. *EVES*. 1. pp. 47–50.
6. *The anatomical structure of the stem*. Available from: [http://e-lib.gasu.ru/eposobia/papina/bolprak/R\\_4\\_2.html](http://e-lib.gasu.ru/eposobia/papina/bolprak/R_4_2.html). (In Russian).
7. Gracely, F.R. (1949) Temperature Variations of Ground-Wave Signal Intensity at Standard Broadcast Frequencies. *Proc. I.R.E.* April. pp. 360–363.
8. Kashprovskiy, V.E. & Kuzubov, F.A. (1971) *Rasprostranenie srednikh radiovoln zemnym luchom* [Distribution of the average terrestrial radio waves by ray]. Moscow: Svyaz'.
9. Zakharenko, V.N. (1992) *Vliyanie variatsiy elektroprovodnosti podstilayushchey poverkhnosti na amplitudu napryazhennosti zemnoy volny diapazonov SV i DV* [The impact of variations in the electrical conductivity of the underlying surface on amplitude of the vector of the ground-wave voltage ranges MW and LW]. *Elektrosvyaz'*. 1. pp. 34–35.
10. Chernov, Yu.A. (2014) Progress v izuchenii rasprostraneniya srednikh, dlinnykh i sverkhdlinnykh radiovoln [Progress in the study of the propagation of medium, long and extra-long radio waves]. *Trudy NIIR*. 3. pp. 91–103.
11. Chernov, Yu.A. (2013) Variatsii urovnya signala zemnoy volny na srednikh i nizkikh chastotakh v dnevnoe vremya [Variations in the level of ground-wave signal in the middle and low frequencies in the daytime]. *Trudy NIIR*. 4. pp. 90–105.
12. Egorov, V.A. & Makarov, G.I. (2006) *Vliyanie rastitel'nogo pokrova na rasprostranenie elektromagnitnykh voln s uchedom sezonnykh i su-tochnykh izmeneniy temperatury* [Effect of vegetation on the propagation of electromagnetic waves, taking into account seasonal and daily temperature variations]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 4: Fizika. Khimiya – Vestnik of St. Petersburg State University. Series 4: Physics. Chemistry*. 1. pp. 10–20.
13. Mel'chinov, V.P. & Davydov, D.E. (2010) Sezonnye variatsii modulya funktsii oslableniya nad merzlotnymi trassami [Seasonal variations in the attenuation function module over permafrost]. *Izvestiya vuzov: Fizika*. 9/2. pp. 6–10.
14. Datsko, V.N. & Kopylov, A.A. (2008) O poverkhnostnykh elektromagnitnykh volnakh [On surface electromagnetic waves]. *UFN*. 178:1. pp. 109–110.
15. Bashkuev, Yu.B. et al. (2009) Poverkhnostnye EM volny v estestvennykh usloviyakh, rezul'taty eksperimenta [Surface EM wave in vivo, experiment results]. *Radiolokatsiya i radiosvyaz'* [Radar location and radio communication]. III International Conference. Moscow: IRE RAN. (In Russian).
16. Blomquist, A. (2005) *A comparison of measurements and predictions of HF groundwave propagation*. Kjeller, Norway: Hvidsten Knut Inge. Norwegian Defence Research Establishment.
17. Polyakov, V.T. (2008) Prodol'nye elektromagnitnye volny na zemnoy poverkhnosti [Longitudinal electromagnetic waves on the Earth surface]. *CQ-QRP*. 24. pp. 8–16. Available from: <http://qrp.ru/files/literature/category/15-cqqr?download=37%3Acq-qrp-24&start=20>.
18. Zakharenko, V.N. et al. (2014) [Influence of natural underground waveguides on propagation of MLW-MW ranges]. *Rasprostranenie radiovoln* [Wave Propagation]. XXIV Conference. V. 2. Irkutsk: RRV-24. pp. 243–246. (In Russian).
19. Biagi, P.F. et al. (2006) Electric field strength analysis of 216 and 270 kHz broadcast signals recorded during 9 years. *Radio Science*. 41:4. DOI: 10.4236/ijg.2012.324086

Received: 22 October 2015