

Прогноз распространения радиоволн

Назначение программы.

Программа предназначена для расчетов прогнозов прохождения радиоволн на радиоловительских диапазонах.

Программа позволяет для заданных параметров приема-передающей аппаратуры:

- Производить расчет максимально применимых частот (МПЧ) и оптимально применимых частот (ОРЧ) на трассах любой протяженности и на любые даты.
- Вычислять возможное соотношение сигнал/шум в точке приема.
- Вычислять временные отрезки времени, на которых связь может быть осуществлена.
- Вычислять вероятность связи для заданной трассы.
- При наличии подключенного Интернета получать данные:
 - о текущих индексах геомагнитной активности A_p и K_i ,
 - о текущем состоянии ионосферы,
 - об оценке условий распространения радиоволн,
 - о значении числа Вольфа (W),
 - о значении потока солнечного излучения на частоте 10.7 см (SFI),
 - последние ионограммы зондов вертикального зондирования ионосферы (Москва, Италия, Прага).

Все основные действия выполняются в одном окне. Вспомогательный материал вынесен на отдельные вкладки.

Математическое обеспечение.

Основой расчетов параметров ионосферы является Международная справочная модель ионосферы ИРИ-2016 (IRI-2016). Расчеты максимально применимых частот (МПЧ) и некоторые другие данные выполняются по рекомендациям P.1240 и P.533 Международного Союза Электросвязи (МСЭ – ITU), активным членом которого является Российская Федерация.

Международная справочная ионосфера (International Reference of Ionosphere - IRI) - это международный проект, спонсируемый Комитетом по космическим исследованиям (COSPAR) и Международным союзом радиовещания (URSI). Эти организации создали рабочую группу, которую вошли представители различных стран, в том числе и из России. В конце 60-х годов была создана эмпирическая стандартная модель ионосферы на основе всех доступных источников данных. Выпущено несколько выпусков модели. Для данного местоположения, времени и даты IRI предоставляет среднемесячные значения электронной плотности, электронной температуры, температуры ионов и состава ионов в диапазоне ионосферных высот, критические частоты и другие данные.

Основными источниками данных являются всемирная сеть ионозондов, мощные бесшумные радары рассеяния (Jicamarca, Arecibo, Millstone Hill, Malvern, St. Santin), зонды ISIS и Alouette, а также данные приборов, которые установлены на некоторых спутниках и ракетах. IRI обновляется ежегодно во время специальных семинаров IRI (например, во время общего сбора COSPAR).

Модель и программное обеспечение IRI обновляются в соответствии с решениями Рабочей группы IRI. Пакет программного обеспечения включает в себя подпрограммы FORTRAN, коэффициенты модели (CCIR, URSI, IGRF), файлы индексов (IG_RZ.DAT, APF107.DAT) и файлы README и LICENSE.

Достоинством модели является то, что ее можно встроить в свои программы.

ИРИ-2016 является глобальной медианной моделью ионосферы (т.е. позволяет строить долгосрочные прогнозы в любой точке земного шара).

Несмотря на то, что модель является медианной, т.е. в какой-то степени усредненной, она имеет довольно высокую точность при спокойном текущем состоянии ионосферы. Это подтверждается при сравнении данные модели и данных, полученных зондами вертикального зондирования ионосферы. В представленной программе такая возможность имеется.

Работа с программой.

Основное окно программы условно можно разделить на 3 части:

- Левая часть – ввод исходных данных для расчетов.
- Правая часть – результаты расчетов.
- Вкладки – вспомогательные данные (данные ионозондов, справочные данные).

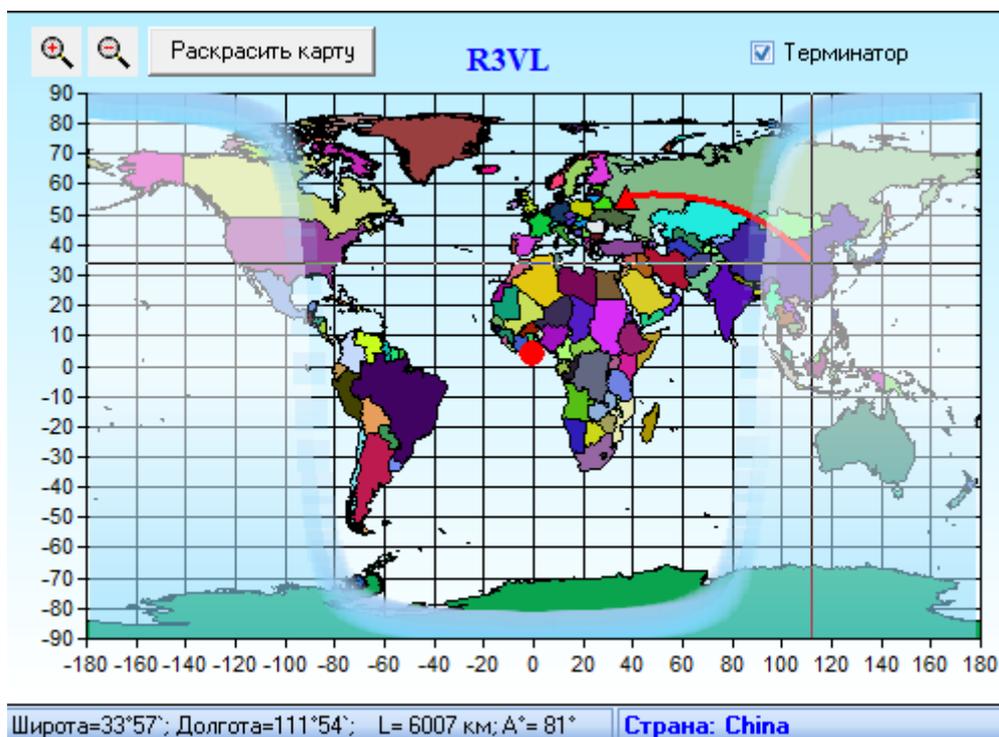
В правой верхней части окна при подключенном Интернете имеется раздел «Текущее состояние ионосферы».

Настройка программы.

При первом запуске программы в поле «Мой позывной» введите свой позывной и свои координаты. Кроме того, желательно ввести данные о чувствительности своего приемника, входном сопротивлении, характеристики места приема. Если у Вас одна антенна, то выберите тип своей антенны. Типу антенны автоматически будет сопоставлен коэффициент усиления. Если Вашей антенны нет в списке, то напишите ее наименование в поле «Антенна» и введите свое значение коэффициента усиления. После закрытия программы все Ваши данные будут сохранены.

Выбор координат корреспондента.

Координаты можно выбрать с помощью карты.



При перемещении мыши по карте строится путь от Вашего местоположения до заданного места. В нижней части карты отражаются координаты курсора на карте и

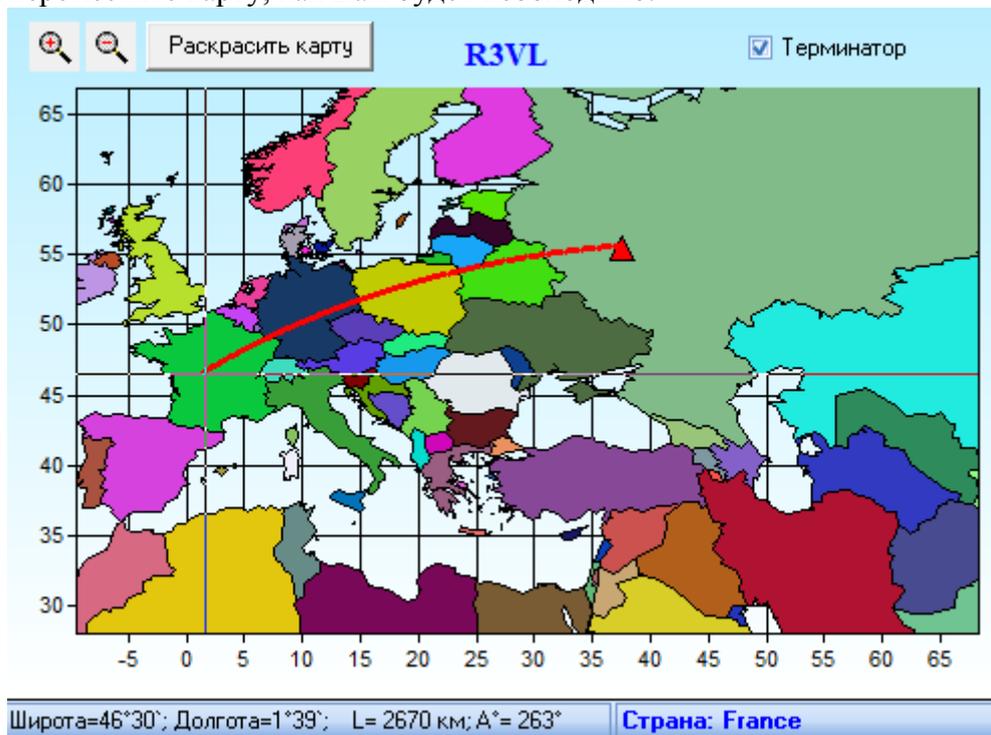
наименование страны. При щелчке по карте нужные координаты и название страны будут введены соответствующие поля в разделе «Корреспондент».

На карте отображается линия терминатора, т.е. линия раздела дня и ночи. Также отображается положение Солнца. Данные меняются каждые 10 минут. При желании линию терминатора можно отключить, сняв галку в поле «Терминатор» в верхней части карты. Или включить после снятия.

Кнопка «Раскрасить карту» нужна для изменения цветов стран.

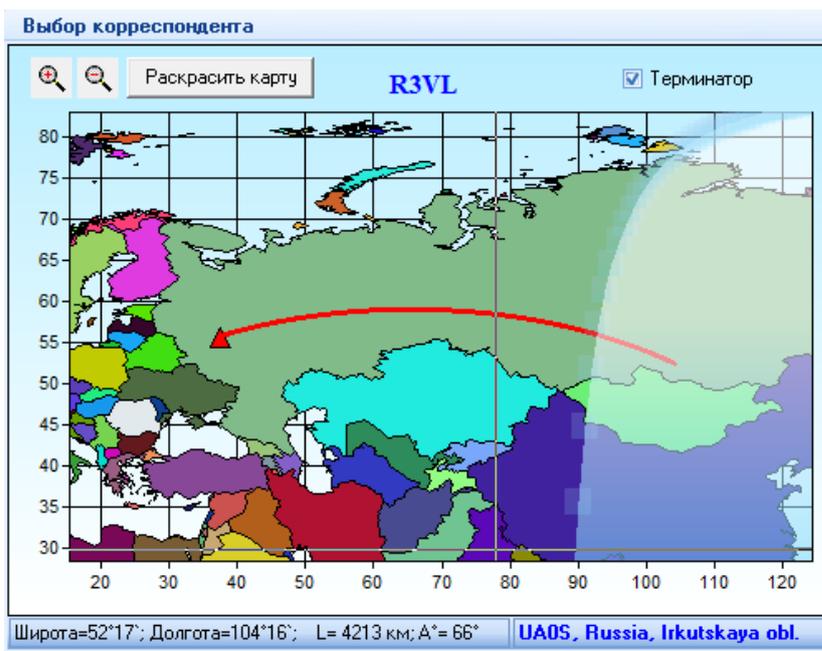
Кнопки «Увеличить/Уменьшить» нужны для изменения масштаба карты.

После увеличения карты, встаньте на нее мышью, нажмите правую кнопку мыши и переместите карту, как Вам будет необходимо.

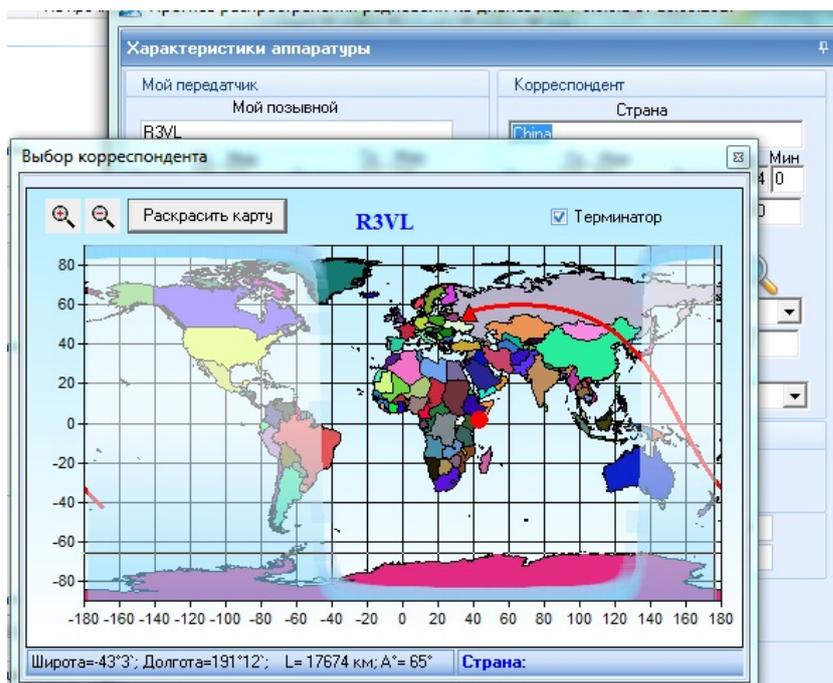


Вторым способом ввода координат корреспондента является поиск его по префиксу позывного. Необходимо встать в поле «Поиск по префиксу» и ввести позывной. Например, UA0S.

Характеристики аппаратуры	
Мой передатчик Мой позывной: R3VL	
Широта	Гр Мин Долгота Гр Мин
	55 32 37 35
Азимут на корреспондента	
Чувствительность приемника, мкВ	0.5 Рвх, Ом 50
Мощность, кВт	0.1
Антенна	W3DZZ
Козф. усиления, дБ	3
Характеристика места приема	
Большое количество помех	
Корреспондент Страна: Russia, Irkutskaya obl.	
Широта	Гр Мин Долгота Гр Мин
	52 17 104 16
Азимут на передатчик	
Поиск по префиксу UA0S	
Антенна	Диполь
Козф. усиления, дБ	2
Класс излучения	
Телеграф (CW)	



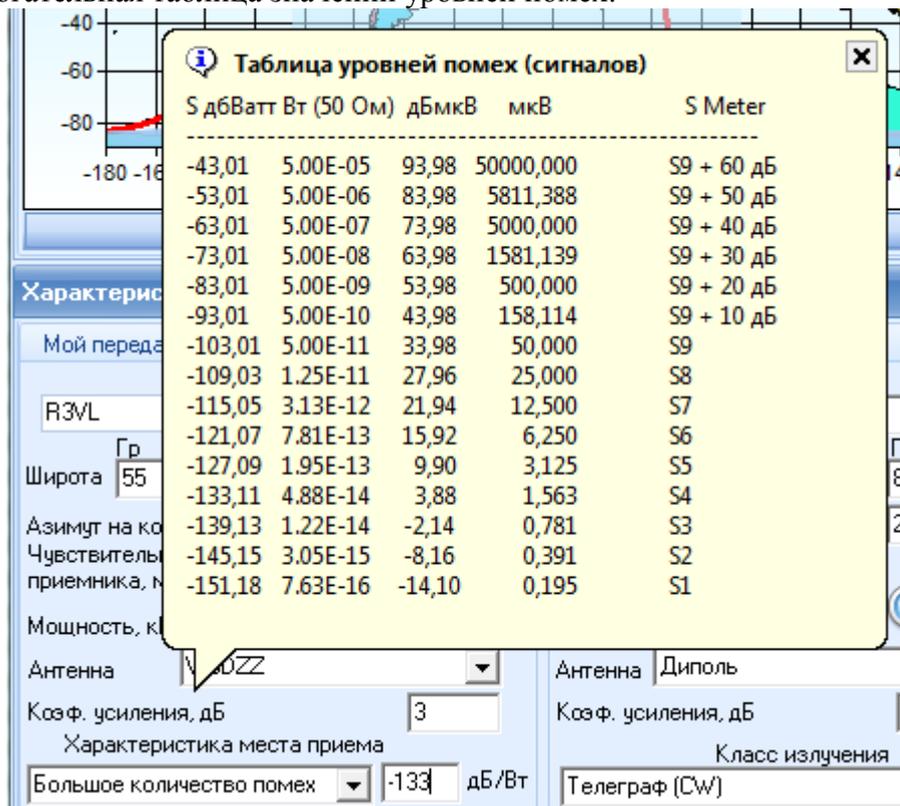
Карту можно вытащить за пределы основной формы, а затем увеличить размеры окна и производить любые манипуляции. Для этого надо взять карту мышью за «Выбор корреспондента» и потащить за пределы основного окна.



Выберите тип антенны у корреспондента.

Важное значение при расчетах имеет характеристика места приема по уровню помех. Выберите соответствующую характеристику своего места приема. Рядом с Вашим выбором в поле появится соответствующее значение уровня помех. Подходите к выбору осознанно. Например, у Вас уровень помех для работы на диапазоне 3,5 МГц около 5 баллов, что соответствует уровню -133 дБВт. Вы можете ввести это значение. А на диапазоне 21 МГц в Вас может вообще не быть помех. Тогда выбирайте сельскую или отдаленную местность.

Если щелкнуть мышью по полю с значениями уровней помех, то появится вспомогательная таблица значений уровней помех.



Ввод параметров связи.

Необходимо выбрать класс излучения и списка.

После выбора класса излучения в поле «Требуемое соотношение сигнал/шум, дБ» появляется соответствующее значение. Например, для телеграфной работы 25 дБ. Это уровень сигнала, который можно услышать. Но не факт, что Вы сможете сработать с корреспондентом. Эти значения мною выбраны на основе практической работы в эфире и некоторых рекомендаций для профессиональной связи. Вы можете изменить эти значения на свои.

Классу излучения автоматически ставится в соответствие и необходимая полоса пропускания приемника. Например, для телеграфа узкая полоса в 150 Гц, а для телефонии 2700 Гц. От выбора полосы пропускания приемника и требуемого соотношения сигнал/шум будут меняться и результаты расчетов. В этом Вы сами убедитесь после опробования программы. Вводите реальную полосу пропускания своего приемника. В телеграфе это, как правило 300 – 500 Гц.

Дата связи по умолчанию выбирается текущая, но Вы можете посмотреть, что будет впереди, и что было раньше. Но следует иметь в виду, что это только по тем данным, которые накоплены учеными, и эти данные усредненные. Так что не стоит ожидать, что данные совпадут 100%, допустим, за 12 сентября 2007 года.

Рабочий диапазон выбирается из выпадающего списка.

По умолчанию число Вольфа выбирается из данных, которые заложены в модель ИРИ. Например, для 13 сентября 2017 г. Число Вольфа=26.5.

Но если Интернет подключен, то мы видим в разделе «Текущее состояние ионосферы» что число Вольфа = 11.

Текущее состояние ионосферы	
Индекс геомагнитной активности на 11 часов 13.9.2017 Ap=26; Ki=4	
Состояние ионосферы - ВОЗМУЩЕННОЕ	
Условия распространения РВ: Плохое	
W = 11; SFI = 76	

Поэтому лучше его ввести в модель для повышения точности расчетов. Вводится число в разделе «Параметры связи». Нажимаем в подразделе «Число Вольфа» радиокнопку «Вручную» и появившемся окне вводим нужное число.

Параметры связи		Число Вольфа	
Дата связи	13.09.2017	<input type="radio"/> Из модели ИРИ	
Рабочая частота, МГц	10.1	<input checked="" type="radio"/> Вручную	11
Требуемое соотношение сигнал/шум, дБ	25	Полоса пропускания, Гц	150
		Требуемая надежность связи [0.1, 0.5 - средняя, 0.9 - высокая]	0.8
 Рассчитать			

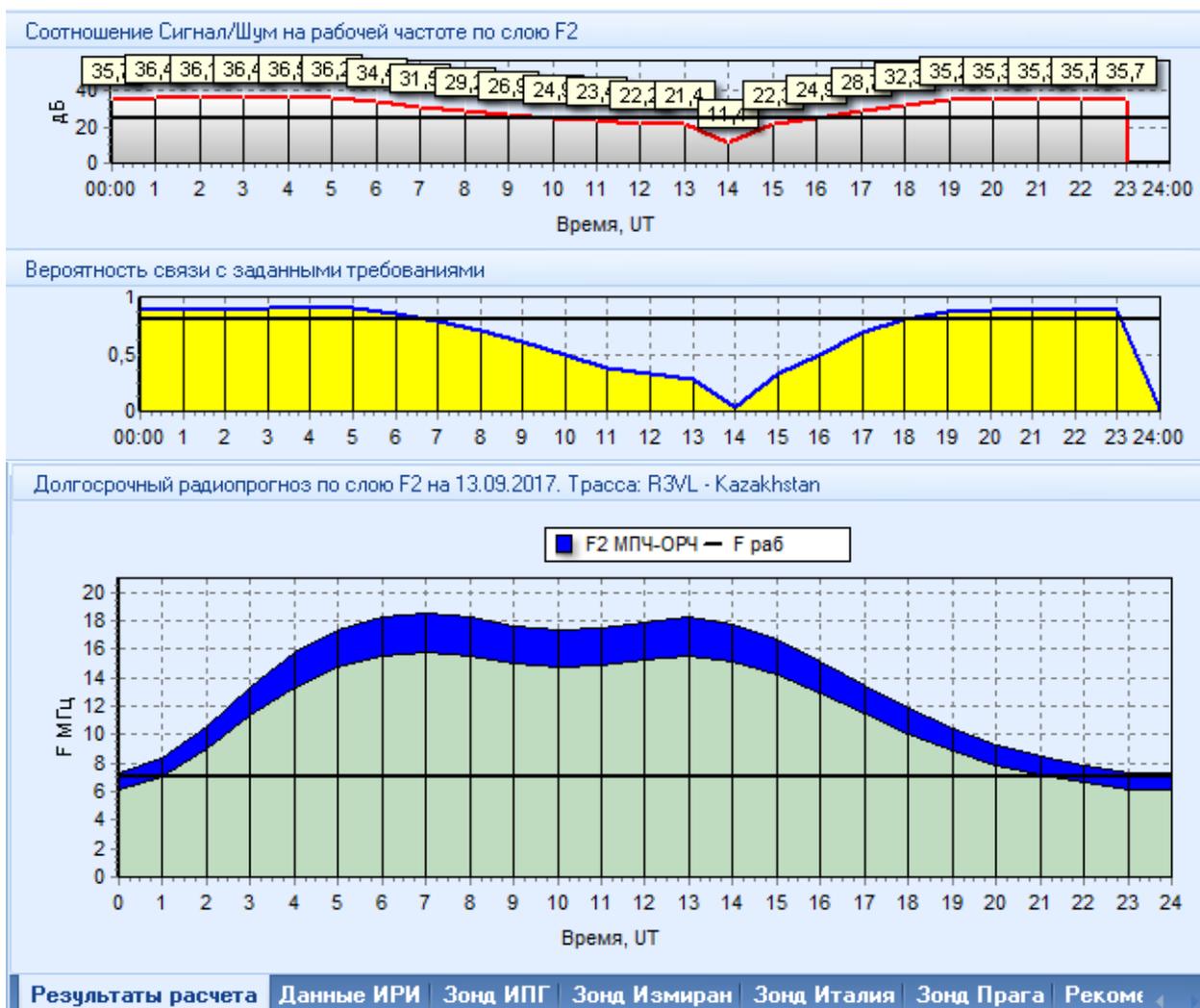
Осталось выбрать требуемую надежность связи. Чем выше требование, тем более высокие уровни сигналов потребуются. 0.6 – 0.7 для радиодлюбительской связи будет достаточно.

Все данные для расчетов введены. Нажимаем кнопку «**Рассчитать**». Вам не придется долго ожидать результатов.

Результаты расчетов.

На графиках ниже представлен пример расчетов при заданных параметрах связи. Вы можете изменять параметры связи и наблюдать как будут меняться результаты расчетов.





Общее правило: чем ближе рабочая частота к МПЧ и ОРЧ (оптимальные рабочие частот = 0.85МПЧ – закрашенная синяя область), тем качество связи будет лучше.

Небольшое пояснение по «Доступности связи». В нашем случае это с 00:00 – 09:00 и 17:00 – 23:00. Это время, когда соотношение сигнал/шум будет выше заданного (черная линия – это заданный порог). И обратите внимание: вероятность связи по времени будет отличаться. И это закономерно, т.к. чем ближе к уровню порога, тем качество связи будет хуже.

Получение текущих ионосферных данных.

При загрузке программы в случае наличия соединения с Интернетом текущие ионосферные данные автоматически загружаются в программу. Данные отображаются в правом верхнем углу окна в виде:

Текущее состояние ионосферы

Индекс геомагнитной активности на 15 часов 13.9.2017 $A_p=25$; $K_i=2$

Состояние ионосферы - СПОКОЙНОЕ

Условия распространения РВ: **Плохое**

W = 11; SFI = 76

Одновременно с этими данными загружаются данные ионозондов в соответствующие вкладки.

Каждые 15 минут предусмотрено автоматическое обновление ионосферных данных и данных ионозондов на вкладках. Вы можете самостоятельно обновить текущие ионосферные данные, нажав на кнопку принудительной загрузки данных в правом верхнем углу окна.

При отсутствии Интернета программа работает без него. На качество и скорость расчетов отсутствие Интернета не влияет.

На вкладках представлены дополнительные данные. Рассмотрим некоторые из них.

Вкладка «Данные ИРИ».

На этой вкладке отражены расчетные данные из модели ИРИ в точке отражения и данные московского ионозонда института прикладной геофизики им. академика Федорова.

Модель ИРИ выдает необходимые данные для дальнейшего расчета в диапазоне от 0 до 24 часов. Выдаются критические частоты и коэффициент пересчета M3000. Это коэффициент показывает: во сколько раз необходимо увеличить критическую частоту foF2, чтобы получить максимально применимую частоту (МПЧ) для дальности связи 3000 км.

Мы считали на 13 часов.

Расчетные параметры ионосферы в первой точке отражения по ИРИ-2016									
Solar Zenith Angle/degree		104.5							
Dip (Magnetic Inclination)/degree		70.12							
Modip (Modified Dip)/degree		57.39							
Solar Sunspot Number (12-months running mean) Rz12		11.0							
HOUR	M3000	B0	B1	E-VALLEY		PLASMA FREQUENCIES / MHz			
U.T.		km		w/km	Depth	foF2	foF1	foE	foD
0.0	2.8606	85.6	2.5	44.4	0.5219	2.478	0.000	0.391	0.180
1.0	2.9410	85.3	2.5	32.6	0.7061	2.757	0.000	0.768	0.180
2.0	3.0546	83.7	2.4	24.1	0.8387	3.362	0.000	1.529	0.180
3.0	3.1583	81.6	2.2	19.7	0.9065	4.101	0.000	2.127	0.180
4.0	3.2199	81.0	2.1	17.9	0.9352	4.747	0.000	2.484	0.180
5.0	3.2335	83.5	2.0	17.1	0.9464	5.219	0.000	2.716	0.180
6.0	3.2151	88.8	1.9	16.9	0.9505	5.530	0.000	2.866	0.191
7.0	3.1883	95.0	1.9	16.8	0.9520	5.665	4.062	2.950	0.201
8.0	3.1724	99.8	1.9	16.8	0.9523	5.606	4.083	2.974	0.204
9.0	3.1794	101.5	2.0	16.8	0.9519	5.422	4.055	2.942	0.200
10.0	3.2137	99.6	2.2	16.9	0.9502	5.253	0.000	2.849	0.189
11.0	3.2690	95.2	2.3	17.2	0.9454	5.191	0.000	2.690	0.180
12.0	3.3248	90.3	2.3	18.0	0.9326	5.220	0.000	2.443	0.180
13.0	3.3516	87.1	2.3	20.1	0.8999	5.262	0.000	2.061	0.180
14.0	3.3257	86.8	2.3	25.0	0.8238	5.231	0.000	1.416	0.180
15.0	3.2478	88.5	2.2	34.2	0.6806	5.074	0.000	0.683	0.180
16.0	3.1461	89.1	2.1	46.2	0.4937	4.779	0.000	0.373	0.180
17.0	3.0597	87.7	2.1	56.1	0.3391	4.370	0.000	0.373	0.180
18.0	3.0111	85.6	2.1	61.7	0.2525	3.896	0.000	0.373	0.180
19.0	2.9914	84.2	2.1	64.1	0.2142	3.432	0.000	0.373	0.180
20.0	2.9717	83.6	2.2	65.1	0.1991	3.063	0.000	0.373	0.180
21.0	2.9304	83.7	2.3	63.9	0.2183	2.821	0.000	0.373	0.180
22.0	2.8754	84.3	2.4	61.0	0.2622	2.647	0.000	0.373	0.180
23.0	2.8409	85.0	2.5	54.9	0.3586	2.499	0.000	0.373	0.180
24.0	2.8606	85.6	2.5	44.4	0.5219	2.478	0.000	0.391	0.180

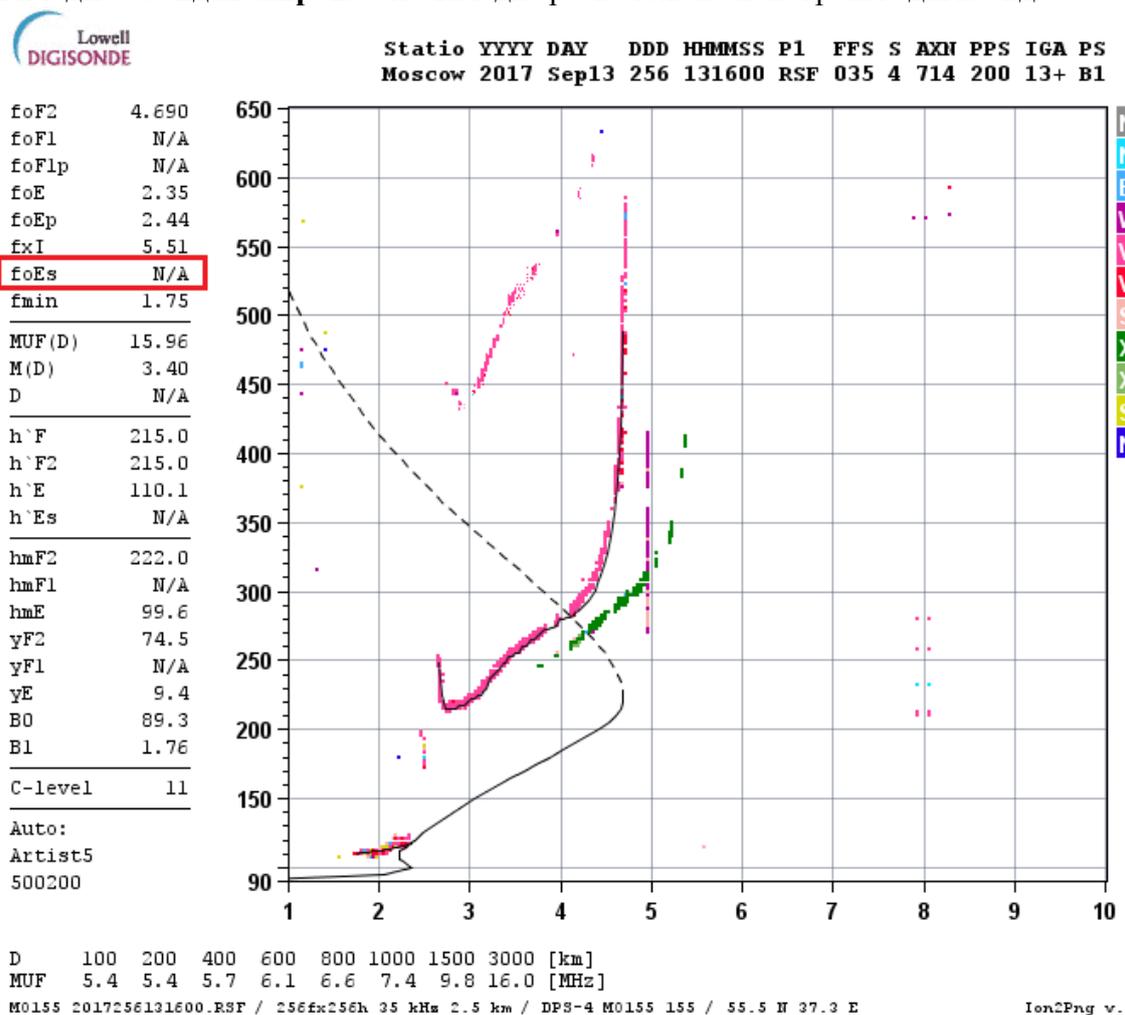
Табличные данные ионозонда "Парус" института прикладной геофизики		
Moscow (lat: +55.5, lon: 037.3) - DATE: 2017 09 13 - TIME (UT): 13:15		
AUTOSCALA 2007		
foF2	04.7	MHZ
MUF(3000)F2	15.7	MHZ
M(3000)F2	03.34	
fxI	05.4	MHZ
foF1	03.7	MHZ
ftEs	NO	
h'Es	NO	

AIP output		
hmF2	226	km
foF2	04.7	MHZ
foF1	03.7	MHZ [AY]
hmF1	191	km
D1	00.5	
foF	2.7	MHZ
hmE	110	km
ymE	020	km
h_ve	141	km
Ewidth	045	km
DelN_ve	00.0	m ⁻³
B0	057.0	km
B1	02.5	

В таблице ионозонда есть значение MUF(3000)F2= 15.7 МГц. Это значение МПЧ, полученное путем умножения foF2 на M(3000)F2. $4.7 \cdot 3.34 = 15.7$.

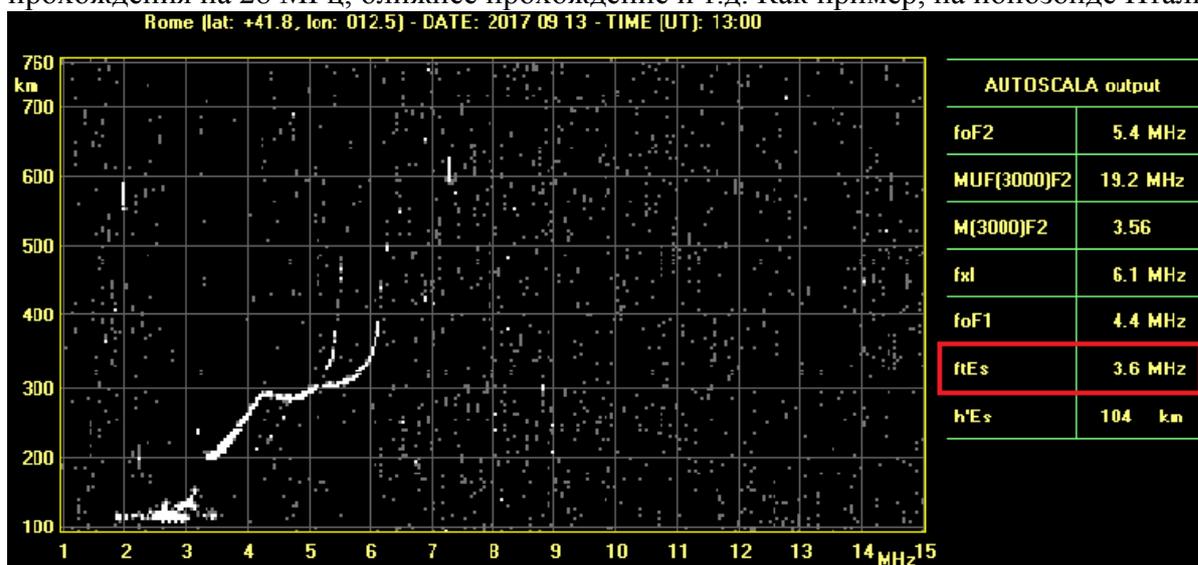
По данным ИРИ МПЧ получается 17.6 МГц. Или точность около 89%. Учитывая, что в дни написания этого материала идет магнитная буря, довольно неплохой результат.

Вкладка «Зонд Измиран». На вкладке расположена ионограмма дигизонда.



Данные ионозонда практически полностью совпадают с данными зонда ИПГ.

Обратите внимание на значение foEs на данных дигизондов (Измиран, Прага) и ftEs на ионограммах ИПГ и Италии. Наличие этого значения говорит о зафиксированном спорадическом слое Es. А, следовательно, могут быть непредсказуемое появление прохождения на 28 МГц, ближнее прохождение и т.д. Как пример, на ионозонде Италии.



Посмотрите, и МПЧ на юг повыше, чем в нашей средней полосе. Дигизонд Праги также показывает наличие Es.

foF2	4.975
foF1	4.12
foFlp	4.26
foE	3.11
foEp	3.07
fxl	5.90
foEs	3.00
fmin	1.95
<hr/>	
MUF(D)	16.58
M(D)	3.35
D	N/A
<hr/>	
h`F	200.0
h`F2	321.0
h`E	103.3
h`Es	105.0

Сравнить полученные результаты с результатами, которые получаются при расчетах по текущим данным ионосферы на основе зондов вертикального зондирования, Вы можете на сайте НПФ «Радан-М» по адресу <http://kv.radian-m.ru/>.

Работа с этой программой Вам будет тоже понятна. Пользуйтесь Краткосрочным или Оперативным прогнозами. Краткосрочный – до 5 суток, оперативный – на 6 часов вперед от текущего времени.

На вкладке «О программе» вы можете получить сведения о действующих информационных файлах ig_rz.dat и apf107.dat из состава модели ИРИ-2016. Они могут изменяться. Для проверки предусмотрен переход на сайт изготовителя. Если дата файлов на этом сайте будет больше даты нашей модели, то скачайте новые файлы и замените старые в папке DATA программы.

Ионограммы зондов вертикального зондирования ионосферы.

Прежде всего, вспомним некоторые базовые понятия.

Ионосферная радиосвязь – радиосвязь, использующая отражение радиоволн от ионосферы или их рассеяние на неоднородностях ионосферы.

Радиоволны – электромагнитные волны с частотами до 3 ТГц, распространяющиеся в среде без искусственных направляющих линий.

Радиочастоты – частоты радиоволн.

Диапазон радиоволн – определенный непрерывный участок длин радиоволн, которому присвоено условное наименование.

Декаметровые волны – радиоволны длиной 10 - 100 м.

Поляризация радиоволны – характеристика радиоволны, определяющая направление вектора напряженности электрического поля.

Отраженная радиоволна – радиоволна, распространяющаяся после отражения от поверхности раздела двух сред или от неоднородностей среды.

Ионосферная радиоволна – радиоволна, распространяющаяся в результате отражения от ионосферы или рассеяния в ней.

Рассеяние радиоволн – преобразование распространяющихся в одном направлении радиоволн в радиоволны, распространяющиеся в различных направлениях.

Многолучевое распространение радиоволн – распространение радиоволн от передающей к приемной антенне по нескольким траекториям.

Область D – часть ионосферы, расположенная приблизительно между 50 и 90 км над поверхностью Земли.

Область E – часть ионосферы, расположенная приблизительно между 90 и 150 км над поверхностью Земли.

Область F – часть ионосферы, расположенная над поверхностью Земли на высоте более 150 км.

Ионосферное рассеяние радиоволн – рассеяние радиоволн, обусловленное неравномерностями и неоднородностями ионизации ионосферы.

Ионизированный слой – область повышенной ионизации ионосферы, интенсивность которой изменяется в течение суток, сезона и 11-летнего его солнечного цикла.

Действующая высота отражения слоя – гипотетическая высота отражения радиоволны от ионизированного слоя, зависящая от распределения электронной концентрации по высоте и длине радиоволны, определяемая через время между передачей и приемом отраженной ионосферной волны при вертикальном зондировании в предположении, что скорость распространения радиоволны на всем пути равна скорости света в вакууме.

Минимальная действующая высота отражения слоя – наименьшая действующая высота отражения слоя, определяемая из высотно-частотной характеристики.

Ионизированный слой F₂ – верхний ионизированный слой из двух слоев, на которые иногда распадается слой F.

Спорадическая ионизация – ненормально интенсивная ионизация, которая появляется случайно во времени, по месту распределения и плотности ионизации.

Спорадический слой E – слой со спорадической ионизацией, расположенной в области E.

Ионосферный скачок – траектория распространения радиоволны от одной точки на поверхности Земли к другой, прохождение по которой сопровождается одним отражением от ионосферы.

Расстояние ионосферного скачка – расстояние на поверхности Земли по дуге большого круга от точки выхода радиоволны до точки ее прихода для одного скачка.

Критическая частота радиоизлучения – наивысшая частота радиоизлучения, при которой вертикально направленная радиоволна отражается от ионизированного слоя ионосферы.

Максимальная применимая частота (МПЧ) – наивысшая частота радиоизлучения, на которой существует ионосферное распространение радиоволн между заданными пунктами, в заданное время в определенных условиях.

Коэффициент максимальной применимой частоты – отношение максимальной применимой частоты при передаче на расстояние ионосферного скачка к критической частоте радиоизлучения, определяемой в средней точке расстояния скачка.

Оптимальная рабочая частота радиоизлучения (ОРЧ) – частота радиоизлучения ниже максимальной применимой частоты, на которой может осуществляться устойчивая радиосвязь в определенных геофизических условиях.

Прогноз ионосферного распространения – предсказание условий ионосферного распространения радиоволн в виде таблиц или графиков.

Ионосферное зондирование – определение условий ионосферного распространения радиоволн или характеристик ионосферы с помощью передачи и приема специальных радиосигналов.

Высотно-частотная характеристика – кривая, выражающая зависимость действующих высот отражения слоя от частоты излучаемых радиоволн.

Ионограмма – высотно-частотная характеристика, полученная путем ионосферного зондирования.

Гирочастота – частота вращения свободных электронов вокруг силовых линий магнитного поля Земли.

Ионосферное возмущение – нарушение в распределении ионизации в слоях ионосферы, которое превосходит обычно изменения средних характеристик ионизации для данных географических условий.

Внезапное ионосферное возмущение – ионосферное возмущение, появляющееся внезапно, длящееся от нескольких минут до несколько часов в виде аномального увеличения или уменьшения ионизации в областях F или E.

Зонд вертикального зондирования ионосферы – это приемо-передатчик с антеннами зенитного излучения. Принцип действия основан на излучении вертикально вверх радиоимпульсов в диапазоне частот от 1.5 до 25 МГц. Импульсы излучаются в диапазоне частот в очень короткое время. Отраженные от ионосферных слоев импульсы принимаются и обрабатываются специальной программой. В результате получается высокочастотная характеристика, которая называется **ионограммой**.

Ионозонды бывают различных типов, но принцип действия у всех одинаков. И расшифровка ионограмм также одинакова.

С помощью станций ВЗ получают следующие данные: критические частоты слоя F2 (f_0F2), действующие высоты отражения критических частот f_0F2 ($hF2$), коэффициент пересчета для дальности связи по слою F2 на расстояние 3000 км ($M3000$), критические частоты и действующую высоту слоя E (f_0E , hE), критические частоты и действующую высоту слоя F1 (f_0F1 , $hF1$), критические частоты и действующую высоту спорадического слоя Es (f_0Es , hEs), минимальную частоту отражения (f_{min}) и ряд других параметров.

Причина, по которой радиозондирование занимает ключевое место в ионосферных измерениях, являясь беспрецедентным по точности, проста: информацию приносит резонансное отражение радиоволн от структурных особенностей ионосферы.

В результате зондирования получают ионограммы в виде высокочастотных характеристик ионосферы (ВЧХ). Цифровые ионозонды можно условно разделить на 3 группы: дигизонды, диназонды и кинезонды.

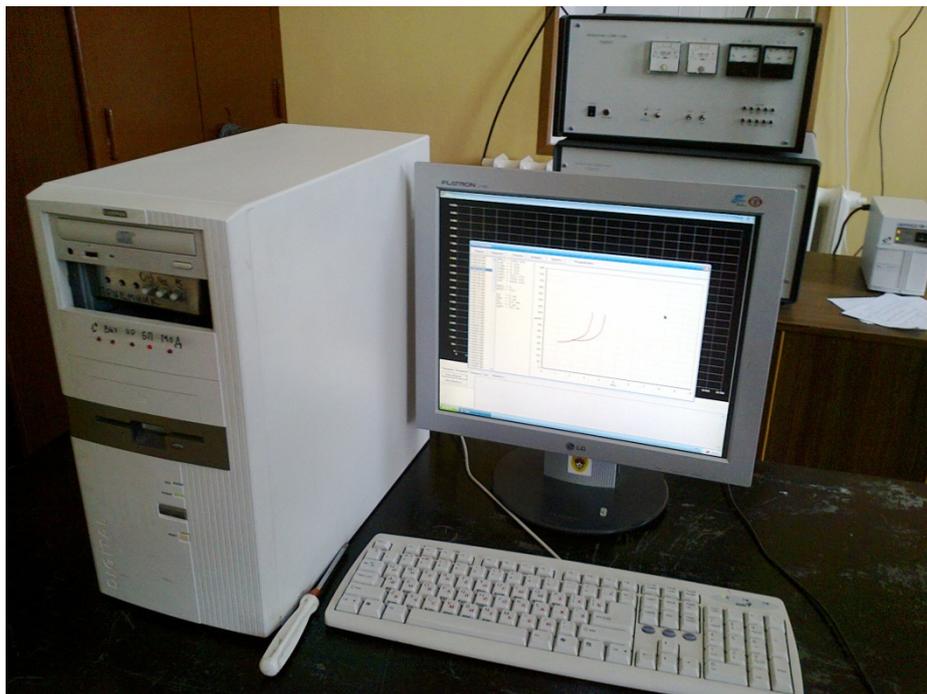
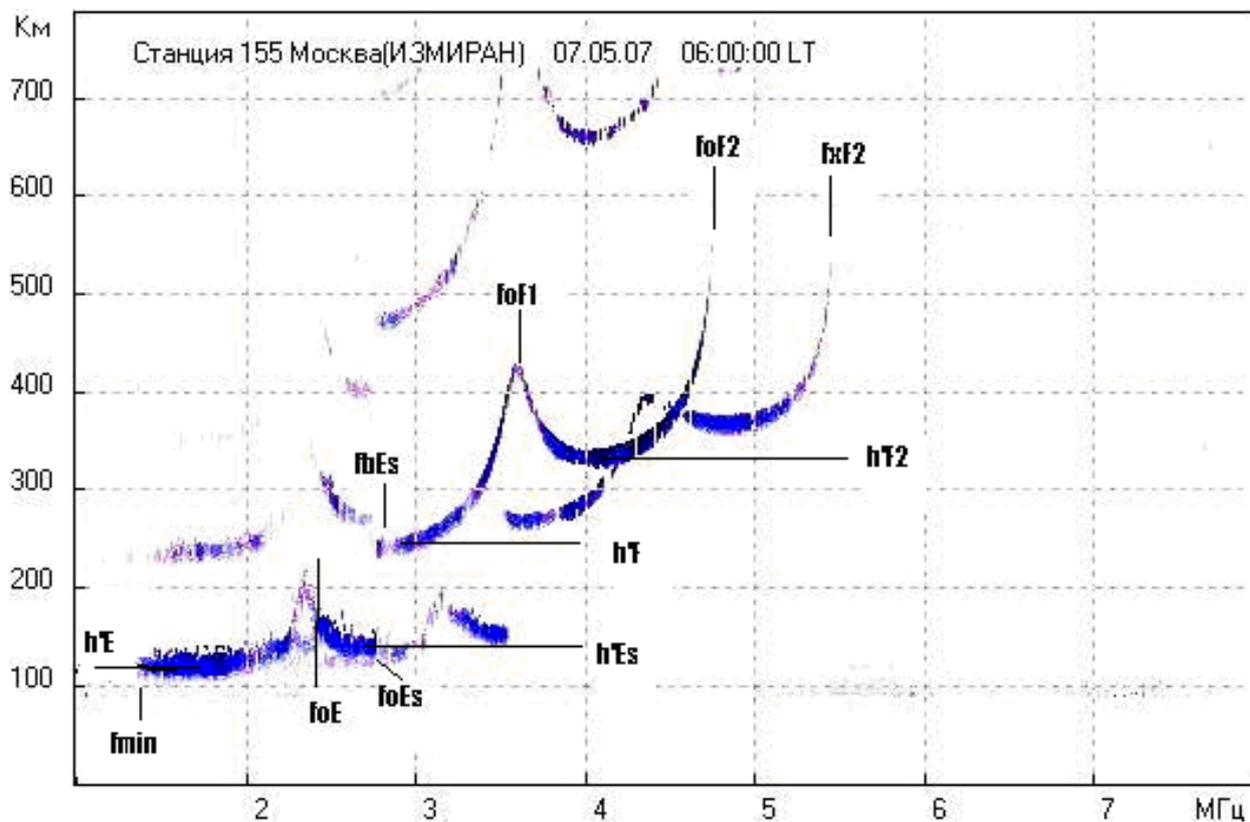


Рис. Ионозонд «Прогноз» производства «ИЗМИРАН»

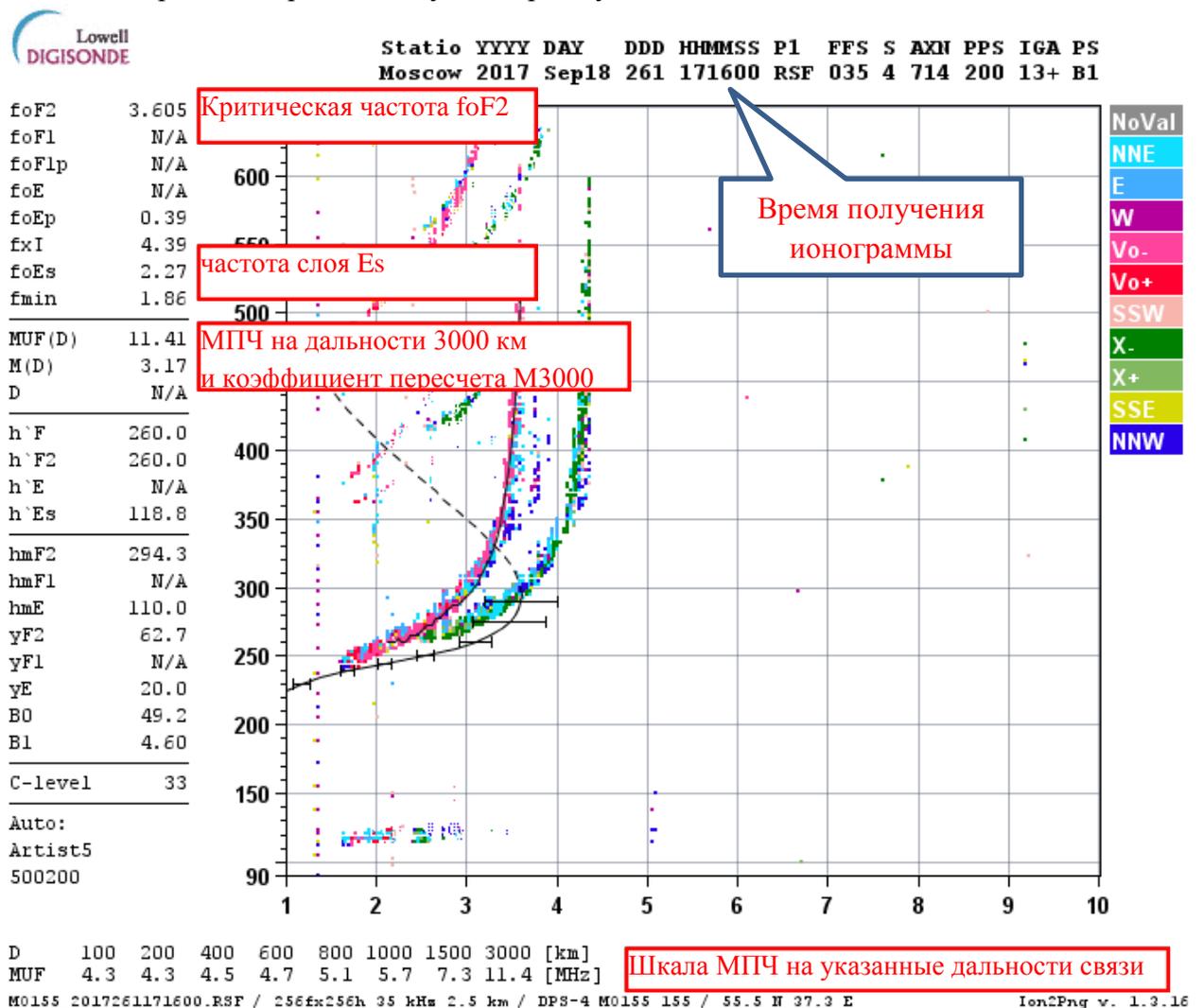
Важно: зона обслуживания ионозонда составляет +/- 1500 км по долготе и +/- 500 км по широте. Т.е. например, московский зонд может обслужить трассы до 3000 км.

Обозначения на ионограммах.



- f_{min} – наименьшая частота, при которой на ионограмме наблюдаются следы отражения от ионосферы;
- f_oE – критическая частота O-компоненты самого низкого толстого слоя в области E;
- f_oF1 – критическая частота O-компоненты, отраженной от слоя F1;
- f_oF2 – критическая частота O-компоненты, отраженной от самого высокого слоя - F2;
- f_xF2 – критическая частота X-компоненты, отраженной от слоя F2;
- f_xI – наибольшая частота, на которой имеются отражения от области F, независимо от того, отражаются ли они от ионосферы над головой или при наклонном падении;
- f_bEs – экранирующая частота слоя Es, т.е. наименьшая частота, на которой наблюдаются отражения первого порядка O-компоненты от вышележащего слоя;
- $h'E$ – минимально действующая высота слоя E;
- $h'F$ – минимально действующая высота следа отражений O-компоненты от взятой в целом области F;
- h_pF2 – действующая высота следа отражений O-компоненты на частоте, равной $0,834 f_oF2$;
- $h'Es$ – минимально действующая высота следа Es, используемого для определения f_oEs ;

Теперь посмотрим на саму ионограмму. Что там нам полезно?

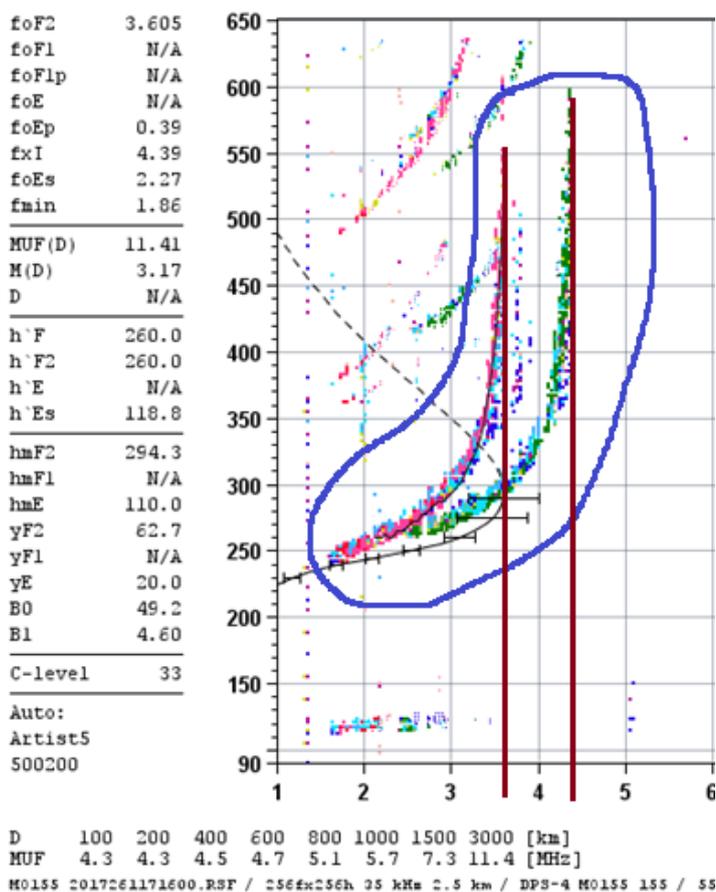


Таким образом, рассчитав параметры для связи на заданное время, можем сравнить расчетные параметры (вкладка «Результаты расчета») с реальными данными и ориентировочно оценить точность прогнозируемого МПЧ.

Обратите внимание на следующий рисунок. Толстой синей линией обведено два следа отражения: один след (левый) отражение от слоя F2 обыкновенной волны, другой (правый) – необыкновенной. Дело в том, что радиоволна в силу своего электромагнитного характера при прохождении через ионосферу расщепляется на 2 луча: обыкновенный и необыкновенный. Увидеть это можно только на ионограмме. И получается, что МПЧ на дальность 3000 км для данного примера = $3.605 \cdot 3.17 = 11.4$ МГц (обыкновенная волна), и $4.39 \cdot 3.17 = 13.9$ МГц. Вот почему зачастую бывает, что прогноз говорит об отсутствии связи, а она вдруг появилась. И появилась за счет того, что мы приняли необыкновенный луч. Все-таки разница в МПЧ 2 МГц.

Обычно все расчеты ведутся для обыкновенной волны.

Следует учесть, что подобное сравнение с реальными данными можно выполнять подобным образом при наличии данных ионозонда для точки отражения и при дальности связи до 3000 км. Для дальностей свыше 3000 км должен быть другой подход.



Другие вкладки в пояснениях не нуждаются.

На этом описание возможностей программы заканчивается.

Автор будет благодарен всем пользователям, которые будут работать с программой, за отзывы и предложения, направленные на мой адрес radiokontrol@narod.ru или r3vl@mail.ru
Ладанову Михаилу Васильевичу.