

Исследование условий распространения аврорального хисса в магнитосфере и ионосфере Земли

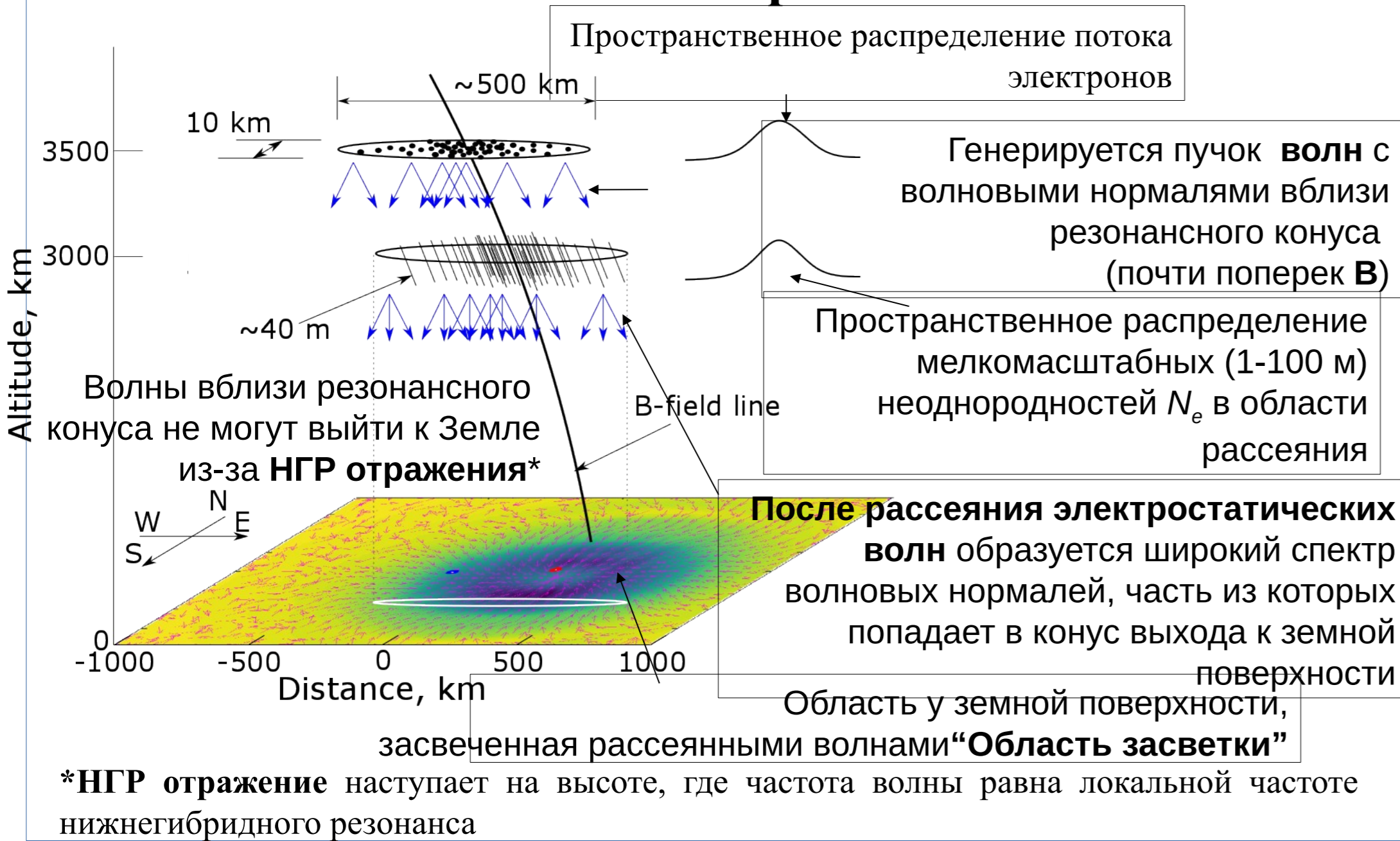
Никитенко А.С., Федоренко Ю.В., Лебедь О.М., Ларченко А.В.

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты численного моделирования генерации и распространения аврорального хисса в магнитосфере и ионосфере Земли, способные объяснить его одновременные наблюдения в авроральной и приполярной зонах. Модель источника учитывает распределение по высоте и широте актов генерации квазиэлектростатических волн, представляющих авроральный хисс, а также распределение азимутальных углов поперечных компонент их волнового вектора в диапазоне 0-360 градусов. Показано, что авроральный хисс, распространяясь к земной поверхности, формирует совокупность квазиэлектростатических волн, которая в меридиональной плоскости представляет собой два пучка. Один из этих пучков распространяется на более низких геомагнитных широтах относительно силовой линии, на которой происходила генерация, другой — на более высоких. Данный эффект способен обусловить одновременную регистрацию аврорального хисса в авроральных и приполярных широтах.

Авроральный хисс

Генерация и распространение аврорального хисса к земной поверхности



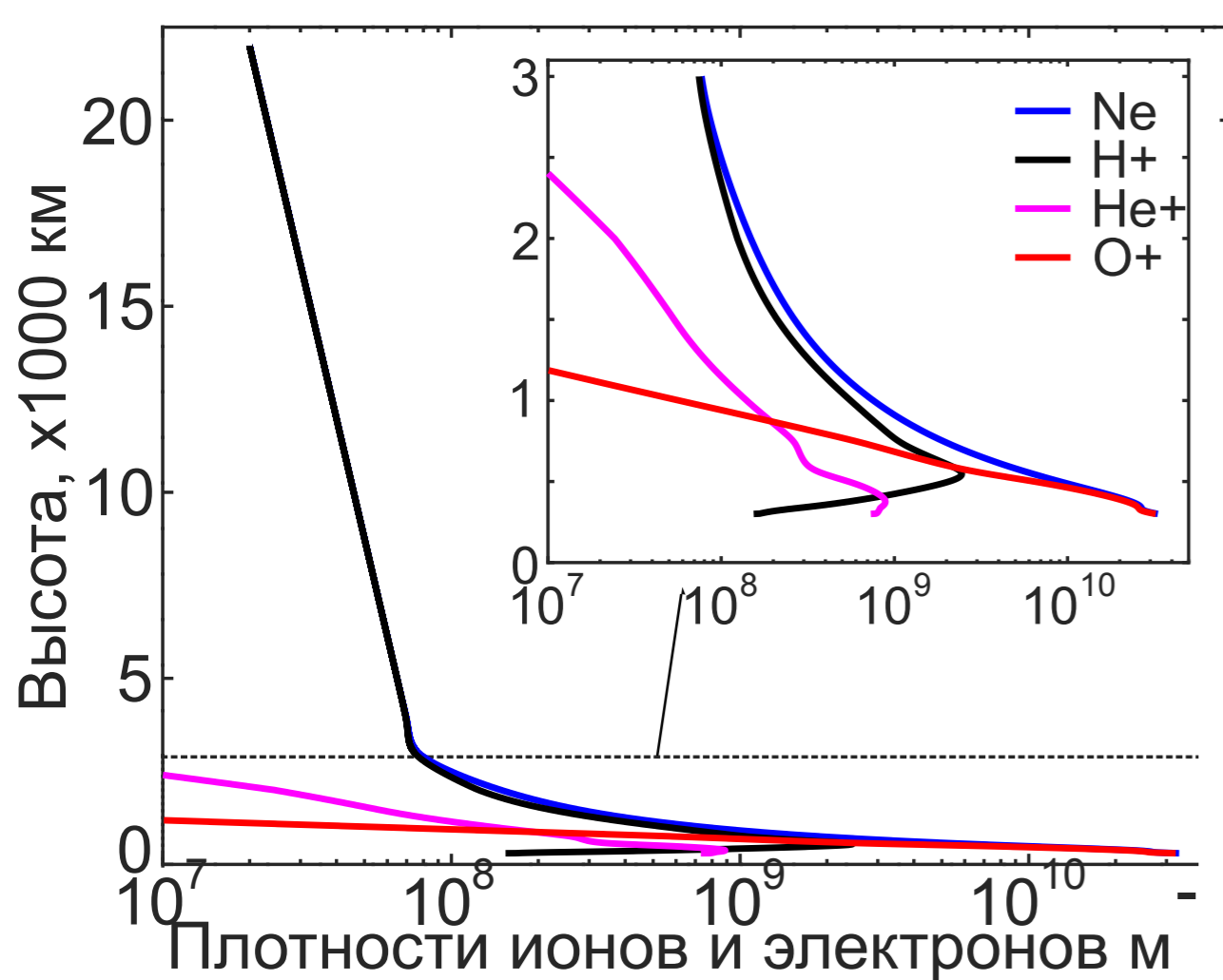
Моделирование распространения до высот НГР отражения.

Авроральный хисс генерируется электронами с энергиями 0.1-10 кэВ на высотах ~5000-20000 км вследствие черенковского резонанса; скорость электронов рассчитывалась из максвелловского распределения по энергиям, $p(E) = E \exp(E/E_0)$, $E_0 = 5$ кэВ:

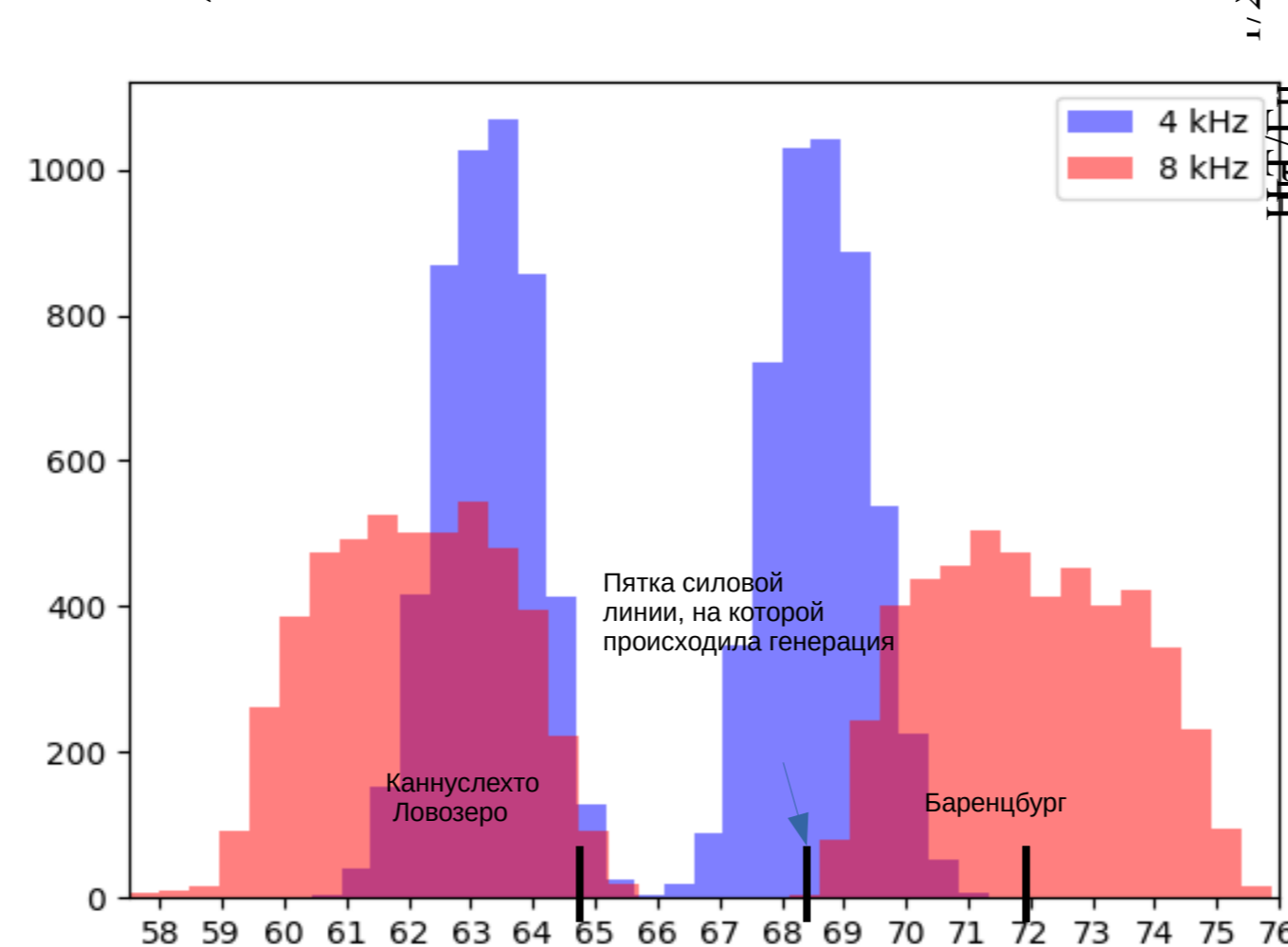
$$v_e \cos \theta = v_{ph} = c/n_z; \quad \partial F / \partial v \parallel 0$$

- Компонента n находится из дисперсионного уравнения: $\det(n^2 I - n \cdot n^T - \hat{\epsilon}) = 0$
- Поток электронов имеет конечную ширину, поэтому акты генерации распределены не только по высоте, но и по широте и долготе.
- Распределение актов генерации по высоте считалось равномерным в промежутке от 3000 до 20000 км
- Распределение плотности электронов пучка было задано в виде распределения Гаусса с центром на силовой линии магнитного поля, пересекающей земную поверхность на широте 68 градусов и среднеквадратичным отклонением 0.25 градуса
- Вследствие цилиндрической симметрии задачи направления волновых нормалей не определены и считались равномерно распределенными в интервале $[0, 2\pi]$

Результаты моделирования и сравнение с результатами наблюдений

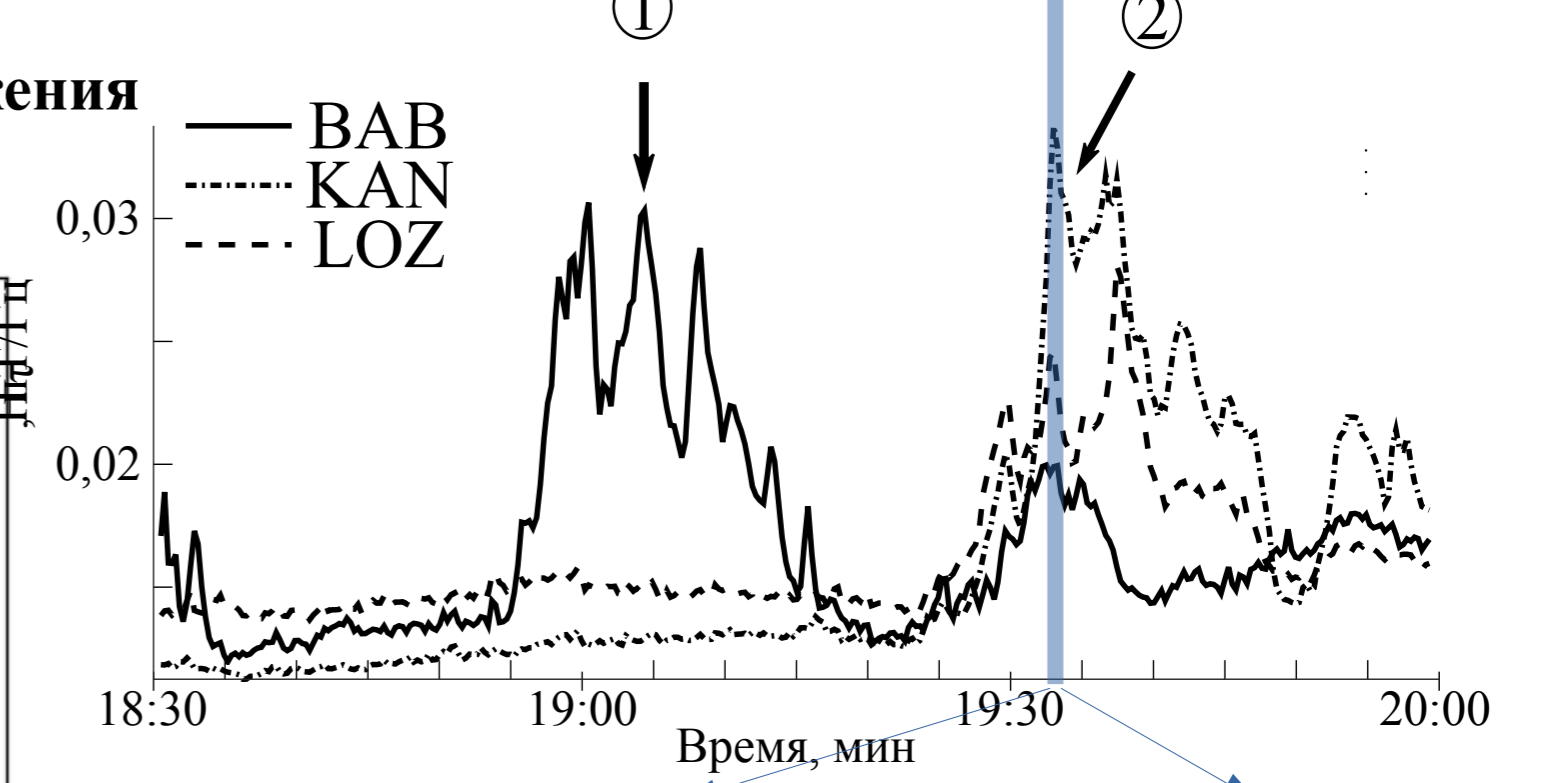


распределения широт, на высоте НГР отражения (800 км для 8 кГц и 1300 км для 4 кГц)

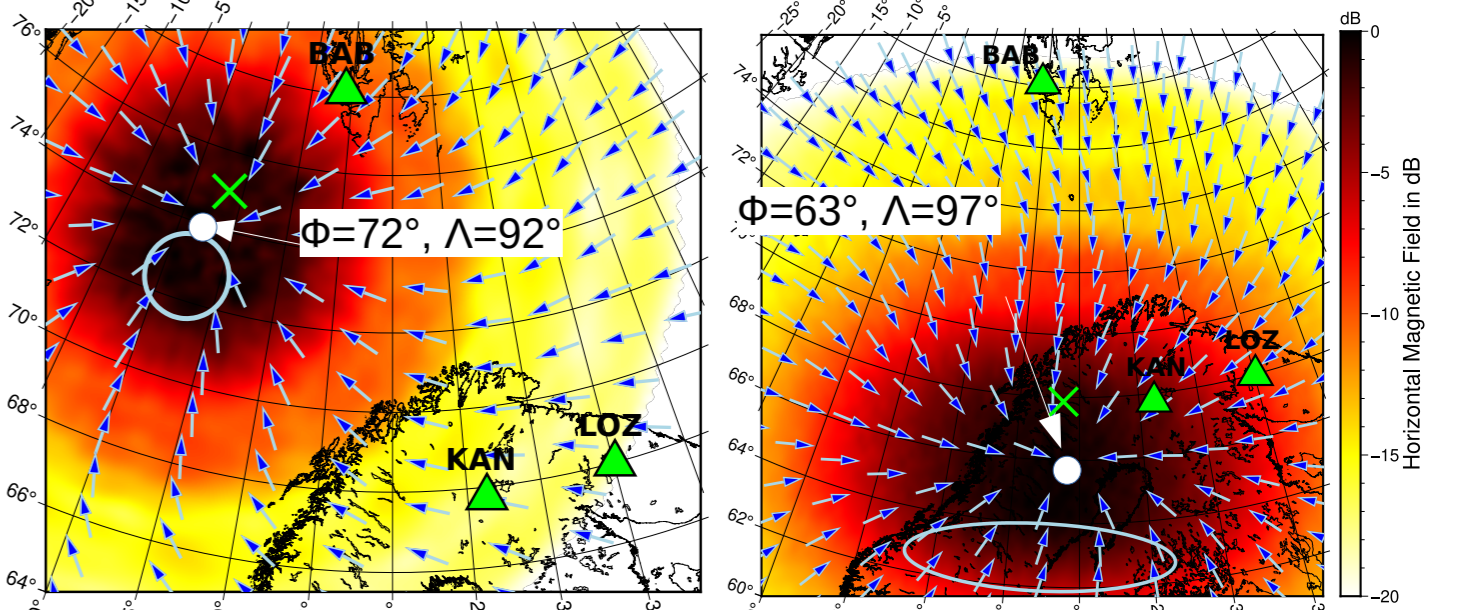


При учете случайного характера генерации электростатических волн в меридиональной плоскости формируется два пучка лучей к югу и северу от силовой линии, на которой произошла генерация. Ширина пучков по широте и отклонение лучей от силовой линии генерации на частоте 8 кГц на высоте НГР отражения выше по сравнению с 4 частотой кГц.

3 февраля 2019, 18:30-20:00 UT.



Оценка положения и размеров "области засветки"



Формирование двух пучков волн позволяет объяснить одновременную регистрацию всплесков аврорального хисса в авроральной и приполярной зонах на станциях Ловозеро и Баренцбург 3 февраля 2019 года

- Дипольная модель геомагнитного поля.
- Концентрации электронов и ионов из IRI 2016
- Частота столкновений электронов и ионов с нейтралами рассчитывалась из [1,2].
- Концентрации нейтралов - модель NRLMSIS 2.0.
- Концентрации на высотах до 20 тыс. км — экстраполяция профилей IRI-2016 от 3 тыс. км так, чтобы $N_e = 10^6$ м⁻³ на 22 тыс. км.

Выводы. С помощью моделирования распространения аврорального хисса от источника к земной поверхности исследованы ионосферные условия, обуславливающие одновременные наблюдения аврорального хисса в авроральных и приполярных широтах. Выявлено, что при учете случайного характера генерации электростатических волн в меридиональной плоскости формируется два пучка лучей к югу и северу от силовой линии, на которой произошла генерация. Ширина пучков по широте и отклонение лучей от силовой линии генерации на частоте 8 кГц на высоте НГР отражения выше по сравнению с 4 частотой кГц. Возникновение двух пучков волн позволяет объяснить результаты одновременных наблюдений аврорального хисса в авроральных и приполярных широтах 03 февраля 2019 18:30-20:00 UT, когда регистрация всплесков была обусловлена существованием двух областей с неоднородностями. Рассеяние электростатических волн на высотах НГР отражения (800-1200 км) могло вызвать малые размеры области засветки, наблюдаемые в Каннуслахто и Ловозеро 20 декабря 2018 года 19:17-19:37 UT.