

УДК 537.877+537.871.52

ВЛИЯНИЕ АВРОРАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИГНАЛОВ СВЕРХДЛИННОВОЛНОВЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РСДН-20

© 2024 г. А. В. Ларченко¹*, А. С. Никитенко¹, О. М. Лебедь¹, С. В. Пильгаев¹, Ю. В. Федоренко¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Полярный геофизический институт”, Апатиты, Россия

*E-mail: alexey.larchenko@gmail.com

Поступила в редакцию 24.08.2023

После доработки 13.11.2023

Принята к публикации 30.11.2023

Представлены результаты анализа сигналов СДВ-передатчиков радионавигационной системы РСДН-20, зарегистрированных в обсерваториях “Ловозеро”, “Верхнетуломский” (обе на Кольском полуострове) и “Баренцбург” (архипелаг Шпицберген). Обнаружены события нетипичного уменьшения амплитуды горизонтального магнитного поля этих сигналов в ночное время, которое происходило на фоне суббури при значениях AL-индекса от –500 нТл и ниже. Рассмотрены случаи, когда во время суббури были доступны оптические наблюдения, по данным которых регистрировались авроральные высыпания. Обнаруженный эффект может быть связан с локальными изменениями профиля электронной концентрации нижней ионосферы, вызванными высыпаниями заряженных частиц во время суббури.

DOI: 10.31857/S0367676524030093, EDN: QMLAEF

ВВЕДЕНИЕ

Проблема диагностики нижней ионосферы в высоких широтах является актуальной и в настоящее время. Прямые измерения концентрации электронов невозможны, поскольку характерные высоты этой области (70–95 км) слишком высоки для аэростатов и слишком низки для большинства спутников. Использование ионозондов также не позволяет надежно измерять концентрацию электронов нижней ионосферы ввиду ее малых значений. К основным радиофизическим методам мониторинга высокоширотной нижней ионосферы относятся методы кросс-модуляции, частичных отражений и некогерентного рассеяния радиоволн [1, 2].

Для оценки вариаций электронной концентрации нижней ионосферы широко используются данные наземной регистрации сигналов передатчиков, работающих на сверхдлинных волнах (СДВ) [3–5]. Волны данного частотного диапазона хорошо распространяются в волноводе Земля–ионосфера, затухая в среднем всего на 2–3 дБ на 1000 км [1, 6]. При этом амплитуда и фаза радиосигналов СДВ-диапазона чувствительны к изменениям электропроводности нижней ионосферы [7, 8]. Это имеет особое значение в высоких широтах, особенно при изучении внезапных ионосферных возмущений, которые связаны с мгновенным

выходом потока рентгеновского излучения от солнечных вспышек и гамма-всплесков, а также при вторжении в ионосферу высокоэнергичных протонов. Также известно, что сильные геомагнитные возмущения и суббури вызывают большие и глобальные возмущения в ионосфере, которые могут существенно повлиять на распространение СДВ-сигналов в области D ионосферы. Этот факт дает возможность использовать результаты их регистрации для оценки профиля электронной концентрации и обнаружения неоднородностей нижней ионосферы.

Наряду с регистрацией СДВ-сигналов передатчиков широко используются риометры, которые также позволяют диагностировать активность электромагнитного излучения и потоков энергичных протонов от Солнца. Следует отметить, что область высот ионосферы, существенная для распространения СДВ, как правило, лежит немного ниже области, вносящей максимум поглощения космического радишума [3]. Поэтому для более точной оценки профиля электронной концентрации нижней ионосферы измерения СДВ дополняют измерениями значений риометрического поглощения и, таким образом, способствуют увеличению информативности наблюдений.

Наиболее существенное влияние на распространение сигналов СДВ-диапазона в высоких широтах оказывают возмущения типа поглощения в полярной шапке (ППШ) и аврорального поглощения, во время которых может значительно ослабляться или даже полностью пропадать сигнал от СДВ-передатчиков, проходящий через область возмущений [3, 9]. Большинство результатов по исследованиям СДВ-волн были получены при регистрации сигналов радионавигационной системы Omega. Однако в 1997 г. она прекратила свою работу. Альтернативной системе Omega является российская система РСДН-20, передатчики которой продолжают работать и в настоящее время. В данной работе мы исследуем влияние суббулевой активности на амплитуду сигналов системы РСДН-20.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Система РСДН-20 включает в себя четыре СДВ-передатчика, расположенных в Краснодаре (KRS), Новосибирске (NOV), Комсомольске-на-Амуре (КНА) и Ревде. Однако последний используется довольно редко. Особенностью передатчиков является генерация последовательностей монохроматических сигналов без какой-либо модуляции, что значительно упрощает обработку данных измерений. В основном генерация происходит на трех частотах: 11.904, 12.648, 14.880 кГц. В данной работе мы ограничимся рассмотрением только одной частоты — 11.904 кГц.

Регистрация компонент электромагнитного поля передатчиков велась на сети высокоширотных станций Полярного геофизического института. Две точки наблюдения расположены на Кольском полуострове в обсерватории “Ловозеро” (LOZ) и на радиофизическом полигоне “Верхнетуломский” (TUL). Третья точка расположена на научной станции Баренцбург (BAV), архипелаг Шпицберген. Одновременная регистрация трех компонент электромагнитного поля (двух горизонтальных магнитных и вертикальной электрической) в широком диапазоне частот (от 300 Гц до 15 кГц) в точках наблюдения велась с помощью разработанного в ПГИ ОНЧ-приемника [10]. Калибровка измерительных каналов каждого из используемых ОНЧ-приемников была выполнена с помощью устройства и методики, описанных в [11].

Ориентация антенн приемников соответствует системе координат с осью X , направленной на север, осью Y , направленной на восток, и осью Z — вниз. При обработке данных измерений мы перешли в систему координат, связанную с трассой передатчик-приемник, путем поворота системы координат приемника на величину угла азимута на передатчик. Таким образом осуществляется переход к радиальной (r) и тангенциальной (t) компонентам поля.

В данной работе мы ограничимся рассмотрением только компонент магнитного поля.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Регулярная регистрация сигналов передатчиков системы РСДН-20 на высокоширотной сети станций ПГИ ведется с 2012 г. по настоящее время. В результате анализа данных регистрации было выявлено множество случаев ослабления амплитуд компонент магнитного поля в периоды геомагнитной активности. Для примера рассмотрим случаи, произошедшие в 2017 г.

Случай 1

На рис. 1 приведены амплитуды радиальной и тангенциальной компонент магнитного поля передатчиков KRS, NOV и КНА, зарегистрированные в LOZ в марте 2017 г. Затемнением показано время ночи для средин радиотрасс. На панели ниже приведены индексы геомагнитной активности: SYM-H и Кр (рис. 1а), AE и AL (рис. 1б).

Из рис. 1 видно, что в компонентах поля всех рассматриваемых передатчиков наблюдается суточный ход. Тангенциальная компонента поля во всех случаях преобладает, что говорит о распространении преимущественно на поперечной магнитной моде (TM). У TM-волны вектор напряженности магнитного поля лежит поперек плоскости падения. Величина амплитуды в ночное время значительно превышает ее дневные значения. Однако в периоды возрастания геомагнитной активности (на рис. 1 этот участок отмечен вертикальными сплошными линиями) для передатчика KRS наблюдается снижение амплитуды поля вплоть до величины дневных значений. В эти периоды значения индекса SYM-H достигают -40 нТл, Кр — до 5, AL — до -1000 нТл. Менее выражен эффект ослабления амплитуд в ночное время для передатчика КНА (рис. 1в). Для передатчика NOV в это же время наблюдается скорее обратная ситуация: здесь величина компоненты B_t как в ночные часы, так и в дневные увеличивается относительно значений в спокойных условиях. Отметим, что исходя из сравнительно небольших значений SYM-H-индекса такое событие является суббулей, развивающейся вне магнитной бури.

На рис. 2 приведены амплитуды компонент поля передатчиков, зарегистрированные в этот же период в BAV. Как видно из рисунка, эффект, наблюдаемый в амплитудах в период геомагнитной активности, отличается от наблюдений в LOZ. Здесь наибольшее снижение ночных амплитуд наблюдается в компонентах передатчика NOV. Однако в то же время увеличиваются и дневные значения. Относительно наблюдений в LOZ в BAV значительно слабее выражено снижение амплитуд сигналов передатчика KRS.

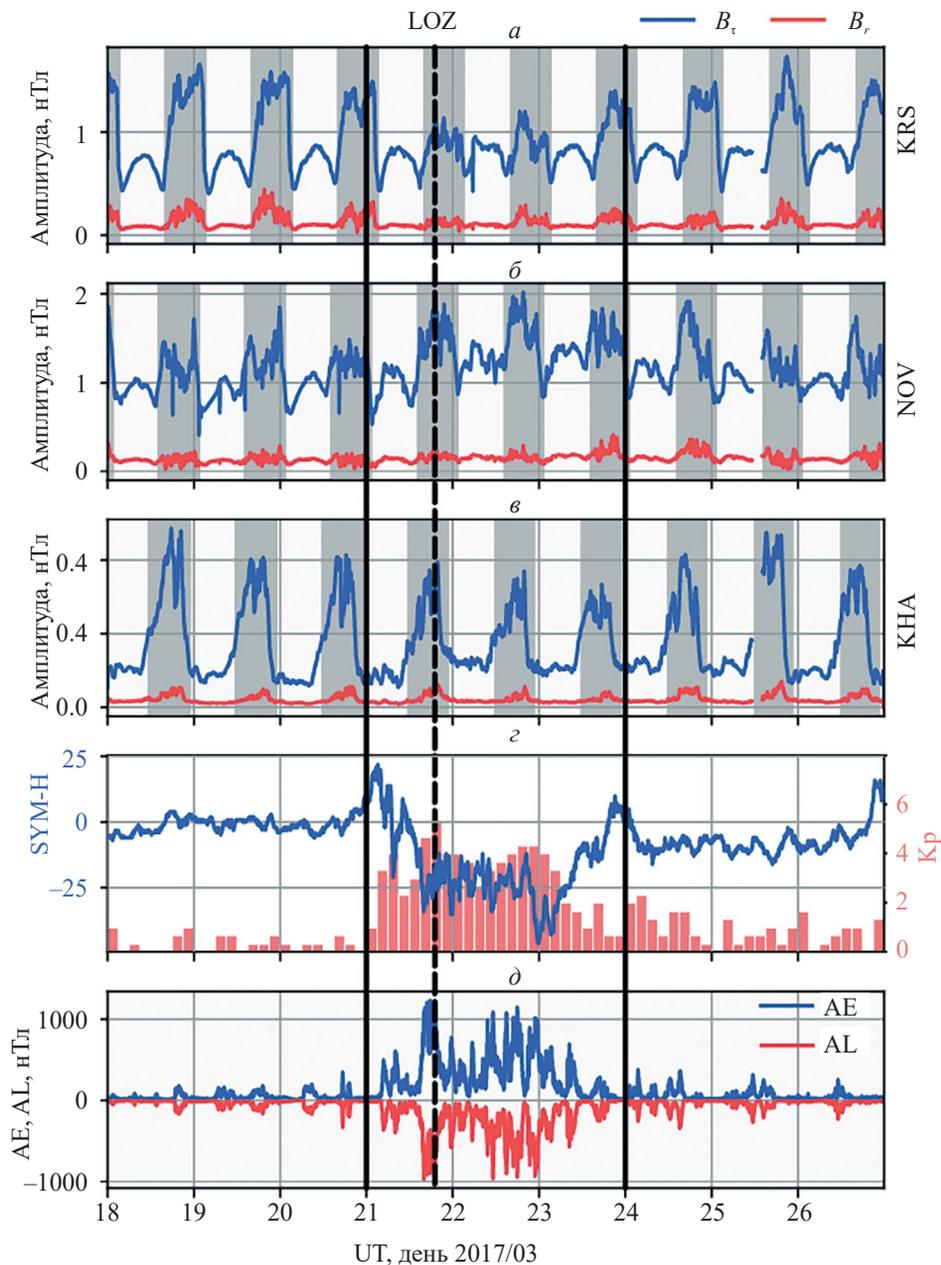


Рис. 1. Случай 1: радиальная (красная линия) и тангенциальная (синяя) компоненты магнитного поля передатчиков KRS (а), NOV (б), KHA (в), зарегистрированные в LOZ, и индексы геомагнитной активности: (г) SYM-H (синяя линия) и Kp (красные столбцы), (д) индексы AE (синяя линия) и AL (красная).

Погодные условия в LOZ позволили вести и оптические наблюдения. В период с 21 по 23 марта по данным камеры всего неба обсерватории “Ловозеро” в ночные часы наблюдались интенсивные сияния. Область локации диффузных и дискретных форм сияний чаще располагалась в зените или южнее точки наблюдения. Наиболее интенсивные сияния наблюдались с 18:00 UT 21 марта по 01:00 UT 22 марта, с 22:00 UT 22 марта по 01:00 UT 23 марта.

По данным сети риометров геофизической обсерватории “Соданкюля” (SGO) [12], в наиболее

близкой по геомагнитной широте к LOZ точке наблюдения в SGO в период с 22:00 UT 21 марта по 06:00 UT 23 марта регистрировались всплески риометрического поглощения, достигавшие величины 3.5 дБ.

Случай 2

Случай 2 от 07.09.2017 интересен тем, что в этот период было зарегистрировано солнечное протонное событие, вызвавшее увеличение счета наземных нейтронных мониторов. События такого рода

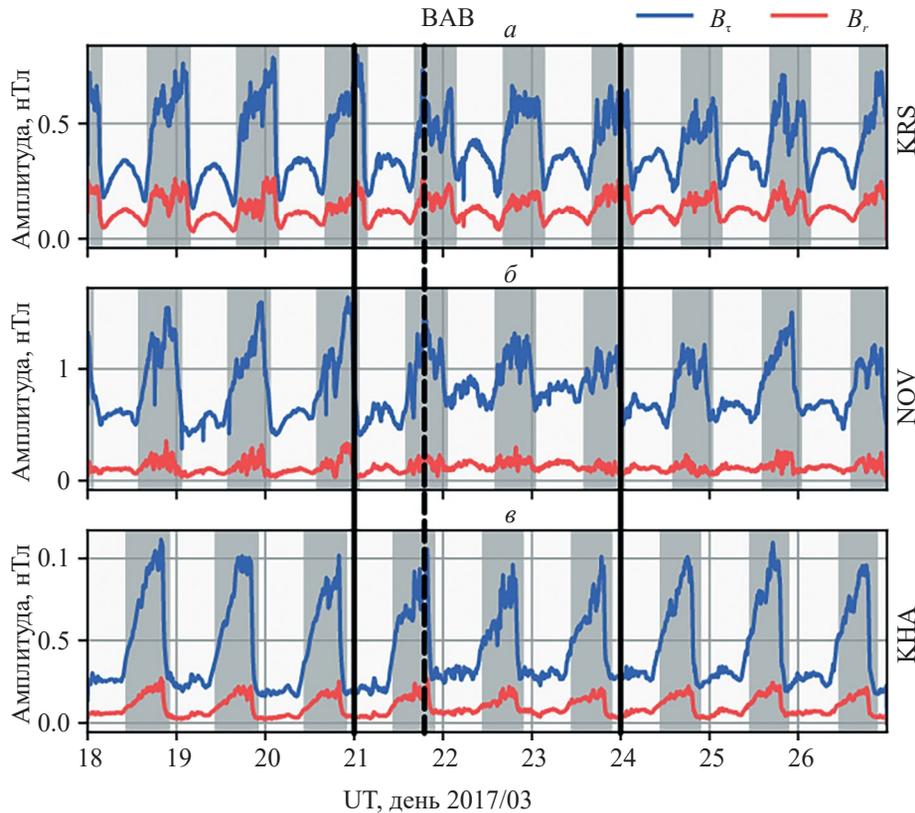


Рис. 2. Случай 1: радиальная (красная линия) и тангенциальная (синяя) компоненты магнитного поля передатчиков KRS (а), NOV (б), KHA (в), зарегистрированные в ВАВ.

носят название GLE (ground level enhancement) [13]. В данном случае 10 сентября 2017 г. произошло событие GLE72 со сравнительно небольшим увеличением счета нейтронных мониторов до 6% [14]. По данным спутника GOES15 [15] были зарегистрированы две волны протонных высыпаний: первая с энергиями до 120 МэВ произошла с 5 по 9 сентября, вторая с энергиями более 435 МэВ (GLE72) — с 10 сентября около 12 UT по 15 сентября. Событие GLE72 началось в 15:35 UT, а его максимум был достигнут в 16:06 UT.

На рис. 3 приведены амплитуды компонент поля СДВ-передатчиков, зарегистрированные в LOZ, и геомагнитные индексы в период с 1 по 14 марта 2017 г. Вертикальными сплошными линиями выделен участок повышенной геомагнитной активности. Индекс K_p в это время достигал значений более 8, $SYM-H < -140$ нТл, $AL < -2000$ нТл. Время максимума события GLE72 обозначено на рис. 3 вертикальной штриховой линией.

Из рисунка видно, что до момента сильных геомагнитных возмущений в тангенциальных компонентах поля всех трех передатчиков наблюдается хорошо выраженный суточный ход. Амплитуды компонент в ночное время значительно выше дневных значений. В период же высокой геомагнитной

активности, так же как и в предыдущем случае, наблюдается снижение амплитуд в ночное время до дневных значений. Особенно это выражено в амплитудах передатчиков KRS и NOV. В дневное время амплитуды компонент поля также немного уменьшились относительно невозмущенного периода.

Отметим, что дневные значения амплитуды передатчика KHA становятся явно ниже после времени наступления максимума события GLE72 (см. рис. 3, штриховая линия), в то время как влияние возмущений на амплитуды в ночное время здесь было выражено менее всего.

К сожалению, работа СДВ-передатчиков прекратилась 11 марта около 12 UT, что не позволило наблюдать динамику поведения амплитуд компонент поля передатчиков после протонных высыпаний.

В TUL амплитуды компонент поля передатчиков в данный период ведут себя практически аналогично наблюдаемым в LOZ. Этот факт исключает вероятность ошибки сбора и обработки данных измерений. Единственное отличие заключается в том, что в период повышенной геомагнитной активности амплитуда сигнала передатчика KRS ночью снизилась несколько меньше, чем это было в LOZ.

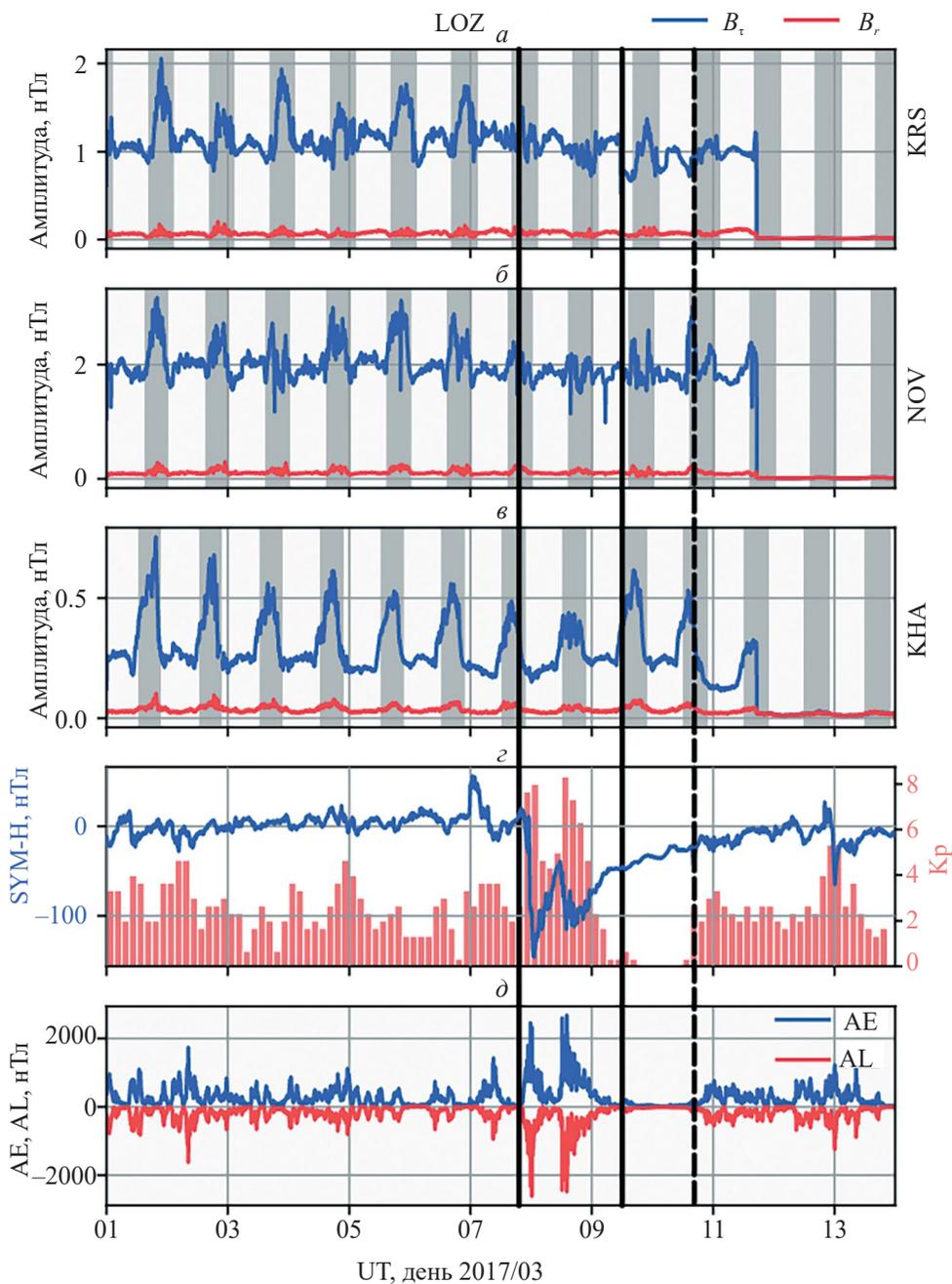


Рис. 3. Случай 2: радиальная (красная линия) и тангенциальная (синяя) компоненты магнитного поля передатчиков KRS (а), NOV (б), KHA (в), зарегистрированные в LOZ, и индексы геомагнитной активности: (г) SYM-H (синяя линия) и Kp (красные столбцы), (д) AE (синяя линия) и AL (красная) индексы.

Случай 3

На рис. 4 приведены амплитуды компонент поля передатчиков, зарегистрированные в LOZ и ВАВ в период с 25 февраля по 14 марта 2017 г. Здесь в период резкого возрастания геомагнитной активности (SYM-H < -50 нТл, AL до -1000 нТл), начавшийся 1 февраля 2017 г., в LOZ регистрируется резкое снижение ночных амплитуд сигнала передатчика KRS вплоть до уровня дневных

значений. При этом на уровне сигналов остальных передатчиков данный всплеск геомагнитной активности практически никак не отразился. Несколько иная ситуация наблюдалась на станции ВАВ. Здесь в амплитудах сигналов всех трех передатчиков эффекта влияния геомагнитной активности не наблюдалось вовсе.

Важно отметить, что радиотрассы KRS—LOZ и KRS—ВАВ проходят достаточно близко друг

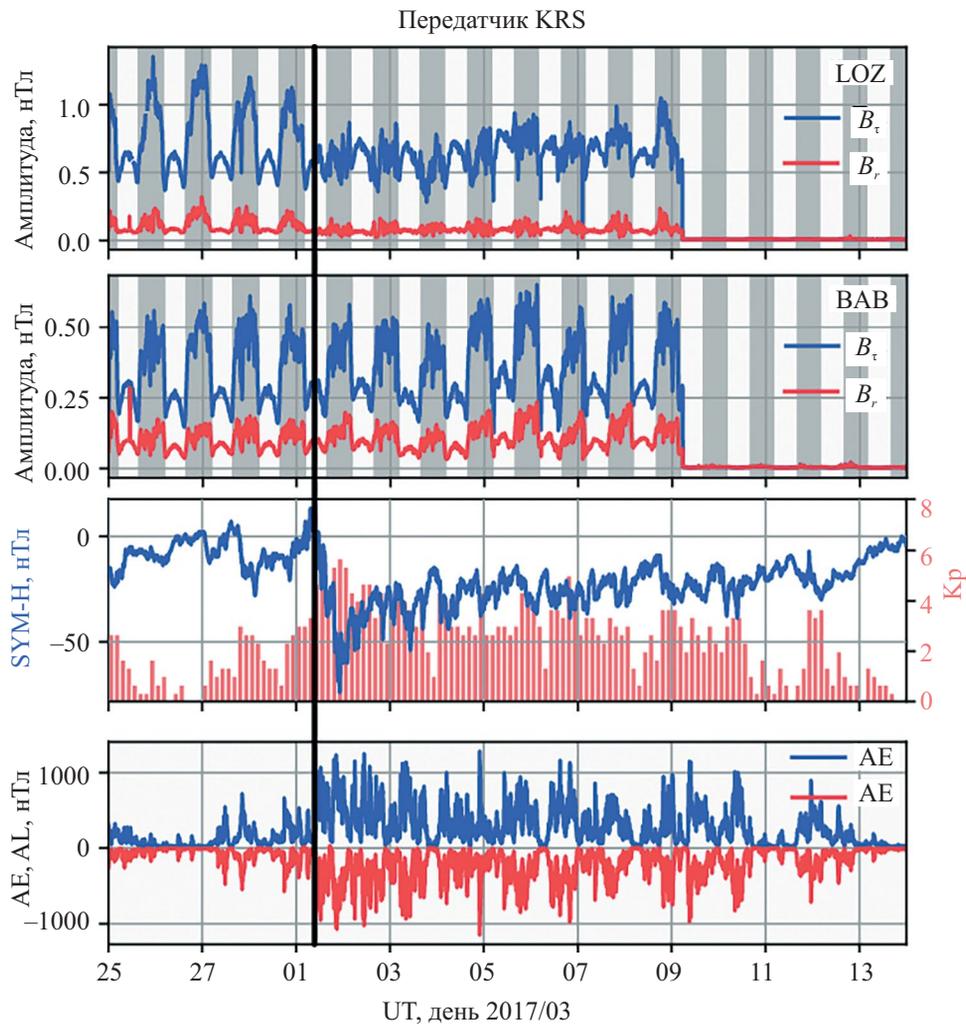


Рис. 4. Случай 3: амплитуды компонент поля передатчика KRS, зарегистрированные в LOZ и BAB в период с 25 февраля по 14 марта 2017 г. и индексы геомагнитной активности.

к другу. В авроральных широтах расстояние между трассами по долготе не превышает 200–300 км и точка LOZ расположена практически на трассе KRS–BAB. Однако поведение амплитуды СДВ-сигнала в BAB передатчика KRS в период геомагнитной активности не изменилось. В сигналах передатчиков NOV и KHA, зарегистрированных как на станции LOZ, так в BAB, эффектов влияния геомагнитной активности не наблюдалось.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Только в одном из всех рассмотренных случаев геомагнитная активность сопровождалась протонными высыпаниями. В остальных же случаях, как в приведенных в предыдущем разделе, так и в не включенных в рассмотрение в данной работе, изменения в поведении амплитуд сигналов передатчиков происходили только в случаях суббуревой активности. В связи с этим можно заключить, что

суббури оказывают влияние на амплитуды регистрируемых СДВ-сигналов в высоких широтах. Это вероятно происходит из-за изменений профиля электронной концентрации в высокоширотной части радиотрасс, вызванных электронными высыпаниями.

Для проверки данной гипотезы мы привлекли модель овала полярных сияний, построенную по данным эмпирической модели авроральных электронных высыпаний [16, 17] для случаев авроральной активности, наблюдаемых в эксперименте. В качестве примера рассмотрим случай суббуревой активности 21–24 марта 2017 г. (см. рис. 1, интервал отмечен вертикальными сплошными линиями). Для иллюстрации положения овала полярных сияний был выбран момент времени, отмеченный на рис. 1 штриховой линией (19:00 UT). В данное время по данным камеры всего неба обсерватории “Ловозеро” область высыпаний располагалась над точкой наблюдения и закрывала

все поле зрения (рис. 5а). Индексы геомагнитной активности, использованные в качестве входных параметров модели в этот момент времени, составляли: $AL = -827$ нТл, $SYM-H = -18$. На рис. 5б приведено положение овала полярных сияний, полученное по данным модели высыпаний относительно трасс распространения сигналов передатчиков. Синим отмечена зона дискретных высыпаний, зеленым — зона диффузных. Сплошной черной линией и затемнением показаны положение солнечного терминатора и ночной сектор соответственно.

Как видно из рис. 5б, все трассы расположены на ночной стороне, а область высыпаний полностью закрывает LOZ, последнее хорошо согласуется с данными оптических наблюдений в LOZ (см. рис. 5а). По данным камеры всего неба, область высыпаний занимает практически все поле зрения. Этот факт говорит о том, что область высыпаний простирается во всех направлениях более чем на 600 км от станции LOZ. По данным модели (см. рис. 5б), трассы NOV—LOZ и NOV—BAB перекрыты овалом полярных сияний практически полностью. Трассы от передатчиков КНА и KRS перекрыты частично.

При рассмотрении динамики положения овала относительно трасс распространения сигналов передатчиков в период высокой геомагнитной активности с 21 по 24 марта 2017 г. (см. рис. 1 и 2) общая картина остается прежней. Овал полярных сияний по большей части перекрывает трассы NOV—LOZ и NOV—BAB, чуть в меньшей степени — КНА—LOZ и КНА—BAB и менее всего — трассы KRS—LOZ и KRS—BAB. При этом важно отметить, что средние значения энергий высыпавшихся электронов по данным модели при заданных входных

параметрах не превышали величины 8 кэВ. Такие значения энергий высыпавшихся электронов незначительно ниже верхнего допустимого уровня модели [16, 17] 10 кэВ.

В эксперименте же наибольшее влияние геомагнитной активности на амплитуды СДВ-сигналов обнаруживается для трасс KRS—LOZ и NOV—BAB (см. рис. 1 и 2), что не согласуется с относительной величиной перекрытия трасс овалом полярных сияний, рассчитанной по модели. К тому же, судя по расчетам из [18], полученная в модели величина энергий высыпавшихся электронов является (до 10 кэВ) недостаточной для модификации профиля электронной концентрации ионосферы в области высот ионосферы, существенной для распространения СДВ < 90 км [3]. Из [18] следует, что электронные высыпания с энергиями 10 кэВ способны вызвать изменения профиля электронной концентрации на высотах от 95 км и выше. Существенный вклад в ионизацию области D на высотах около 80 км вносят потоки электронов с энергией более 30—40 кэВ. Однако близость полученных в модели значений энергий высыпавшихся электронов к предельным для данной модели значениям говорит о возможности существования потоков более высокоэнергичных электронов. Таким образом, объяснить наблюдаемый эффект в амплитудах СДВ положением овала полярных сияний относительно трасс распространения не представляется возможным. Этот факт может быть объяснен как отличием среднестатистического предсказания положения области высыпаний от ее реального положения в рассмотренных случаях, так и сильным влиянием высыпаний высокоэнергичных электронов (> 10 кэВ), которые не учитываются моделью.

В последнем рассмотренном случае (см. рис. 4) наблюдается наиболее интересная ситуация. Здесь

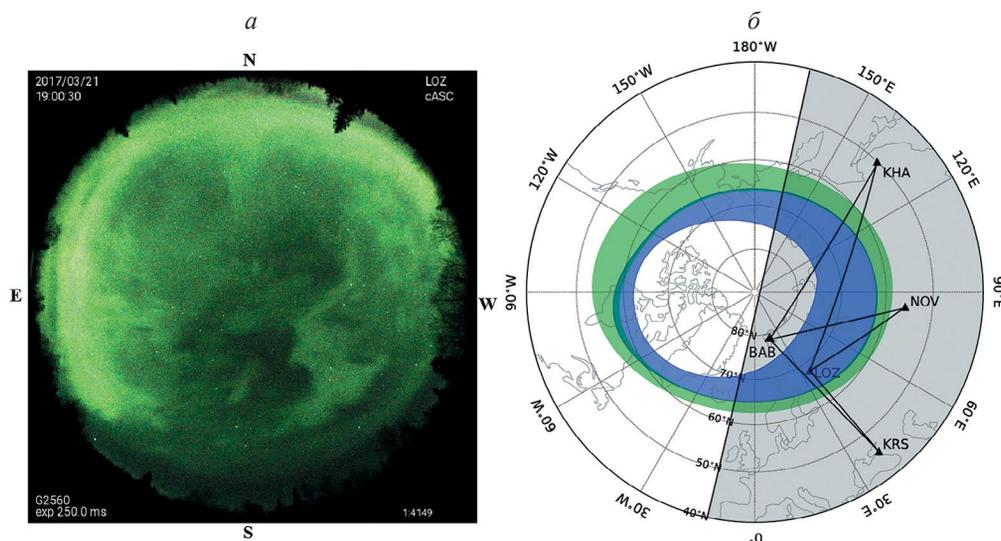


Рис. 5. Для 19:00 UT 21 марта 2017 г.: снимок камеры всего неба обсерватории “Ловозеро” (а) и положение овала полярных сияний относительно трасс распространения сигналов передатчиков, полученное по модели высыпаний (б).

ночные значения амплитуды СДВ-сигнала передатчика KRS в LOZ, которая расположена на радиотрассе KRS—BAB, во время всплеска геомагнитной активности уменьшились в несколько раз, в то время как амплитуда сигнала передатчика KRS в BAB не изменилась совсем.

Можно предположить, что значительные изменения амплитуд сигналов СДВ-передатчика KRS в LOZ в ночных условиях во время суббури по сравнению с невозмущенным периодом вызваны тем, что в окрестностях LOZ расположена локальная область ослабления сигнала, вызванная интерференцией TM_0 - и TM_1 -нормальных волн. О существовании интерференции мод СДВ-волн, особенно сильно выраженной в ночных условиях, известно, например, из работ [3, 19]. К тому же в работе [3] говорится о том, что СДВ-поле в окрестности интерференционного минимума обладает максимальной чувствительностью к возмущениям нижней ионосферы.

Для проведения дальнейших исследований необходимо привлечение модели распространения СДВ в неоднородном волноводе Земля—ионосфера с пространственными масштабами неоднородностей, соответствующими размерам неоднородностей, вызванных дискретными и диффузными электронными высыпаниями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа компонент магнитного поля сигналов передатчиков радионавигационной системы РСДН-20 по данным наземных наблюдений в обсерваториях “Ловозеро”, “Верхнетуломский” и “Баренцбург” показано, что часто во время повышения геомагнитной активности значение амплитуды тангенциальной к трассе компоненты магнитного поля в ночное время снижается до дневных значений. Такой эффект наблюдается для трасс Краснодар — “Ловозеро” и Краснодар — “Верхнетуломский”.

Наблюдаемые вариации амплитуды могут быть результатом локальных изменений профиля проводимости ионосферы, возникающих в результате высыпаний электронов с энергиями более 30 кэВ во время суббури.

Связать величину относительного понижения амплитуд сигналов в ночное время в периоды суббури с величиной перекрытия радиотрасс овалом полярных сияний затруднительно. Для интерпретации наблюдаемого эффекта необходимо привлечение модели распространения СДВ в неоднородном волноводе Земля—ионосфера.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-12-20017; <https://rscf.ru/project/22-12-20017/>; Ларченко А. В., Никитенко А. С., Лебедь О. М., Федоренко Ю. В.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hunsucker R.D., Hargreaves J.K.* The high-latitude ionosphere and its effects on radio propagation. Cambridge Atmospheric and Space Science Series. Cambridge University Press, 2003. 617 p.
2. *Ратклифф Дж.* Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975. 296 с.
3. *Белоглазов М.И., Ременец Г.Ф.* Распространение сверхдлинных радиоволн в высоких широтах. Л.: Наука, 1982. 240 с.
4. *Ременец Г.Ф., Белоглазов М.И.* // Изв. вузов. Радиофиз. 1985. Т. 28. № 12. С. 1491.
5. *Cummer S.A., Bell T. F., Inan U.S., Chenette D.L.* // JGR. 1997. V. 102. No. A4. P. 7477.
6. *Cummer S.A.* // IEEE Trans. Antennas Propag. 2000. No. 48. P. 1420.
7. *Wait J.R.* // IEEE Trans. Antennas Propag. 1991. No. 39. P. 1051.
8. *Barr R., Jones D.L., Rodger C.J.* // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. 2000. No. 62. P. 1689.
9. *Westerlund S., Reder F.H., Abom C.* // Planet. Space Sci. 1969. V. 17. P. 1329.
10. *Пильгаев С.В., Ларченко А.В., Федоренко Ю.В. и др.* // ПТЭ. 2021. № 5. С. 115; *Pil'gaev S.V., Larchenko A.V., Fedorenko Y.V. et al.* // Instr. Exper. Tech. 2021. V. 64. No. 5. P. 744.
11. *Пильгаев С.В., Ларченко А.В., Филатов М.В. и др.* // ПТЭ. 2018. № 6. С. 49; *Pil'gaev S.V., Larchenko A.V., Filatov M.V. et al.* // Instr. Exper. Tech. 2018. V. 61. No. 6. P. 809.
12. www.sgo.fi/Data/Riometer/riometer.php.
13. *Meyer P., Parker E.N., Simpson J.A.* // Phys. Rev. 1956. V. 104. No. 3. P. 768.
14. *Perez-Peraza J.A., Márquez-Adame J.C., Caballero-Lopez R.A. et al.* // Adv. Space Res. 2020. V. 65. No. 1. P. 663.
15. <https://www.ncei.noaa.gov/archive>.
16. <http://apm.pgia.ru>.
17. *Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Katkalov Y.* // J. Atm. Sol.-Terr. Phys. 2013. V. 102. No. 9. P. 157.
18. *Kaeppler S.R., Marshall R., Sanchez E.R. et al.* // Front. Astron. Space Sci. 2022. V. 9. Art. No. A1028042.
19. *Morfit D.G.* Effective electron density distributions describing VLF/ELF propagation data. Naval Ocean Systems Center Technical Report NOSC/TR 141. NTIS Accession No. ADA047508. National Technical Information Service Springfield, 1977. 86 p.

The effect of auroral disturbances on the propagation of very low frequency signals from the RSDN-20 radio navigation system

A. V. Larchenko¹, *, A. S. Nikitenko¹, O. M. Lebed¹, S. V. Pilgaev¹, Yu. V. Fedorenko¹

¹Polar Geophysical Institute, Apatity, 184209 Russia

**e-mail: alexey.larchenko@gmail.com*

We presented the results of the analysis of VLF signals of the RSDN-20 radio navigation system recorded at Lovozero, Verkhnetulomsky (both on the Kola Peninsula) and Barentsburg (Svalbard Archipelago) observatories. We found events of an unusual decrease in the amplitude of the horizontal magnetic field at night ionospheric conditions, which occurred during substorms with the AL index below -500 nT. The cases, when optical observations were available during the substorm according to which auroral precipitation were registered, are considered. The observed effect is probably associated with local fluctuations in the electron density profile of the lower ionosphere caused by auroral precipitations during a substorm.