

УДК 533.951

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТИМУЛИРОВАННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

*Г. Н. Бойко, Л. М. Ерухимов, В. А. Зюзин, Г. П. Комраков,  
С. А. Метелев, Н. А. Митяков, В. А. Никонов, В. А. Рыжов,  
Ю. В. Токарев, В. Л. Фролов*

Приведены результаты экспериментального исследования стимулированного излучения ионосферной плазмы, его спектральные характеристики, зависимость интенсивности от мощности волны накачки, времени развития и релаксации.

Как было установлено в первых работах по исследованию стимулированного радиоизлучения (СР) ионосферы [1-3], возникающего при ее возмущении мощными КВ радиоволнами, СР индуцируется вертикальным пучком радиоволн обыкновенной поляризации, частота которых меньше критической частоты ионосферы. Радиоизлучение имеет «шумовой» характер изменения амплитуды, ширина частотного спектра СР примерно составляет  $-80 \div +20$  кГц относительно частоты  $f_{ВН}$  волны накачки (на уровне  $\sim -25$  дБ от уровня СР при  $\Delta f \simeq -12$  кГц). Указанные характеристики СР свидетельствуют о том, что стимулированное излучение, по-видимому, обусловлено трансформацией в электромагнитные волны плазменных волн, возбуждаемых волной накачки (ВН) за счет стрикционной и тепловой неустойчивостей плазмы [4-6]. Учитывая это обстоятельство, можно ожидать, что изучение СР позволит получить новые сведения о процессах, сопровождающих развитие искусственной ионосферной турбулентности на начальных этапах [7]. В связи с этим в марте—июле 1983 г. с помощью нагревных комплексов «Зименки» и «Сура» был проведен цикл исследований динамических характеристик СР при различных мощностях нагрева ионосферы.

**1. Условия проведения экспериментов.** Исследования СР проводились в двух приемных пунктах, один из которых был расположен в п. Зименки, а другой — в 9 км от нагревного комплекса «Сура» (п. Васильсурск). В п. Зименки, где проводились исследования СР, возбужденного над Зименками и Васильсурском, для приема СР использовалась остронаправленная антенна с зенитной диаграммой направленности, имеющей ширину  $9^\circ \times 12^\circ$  (коэффициент усиления  $G \simeq 200$ ), и дипольная антенна круговой поляризации с  $G \simeq 10$  (для приема СР от комплекса «Сура»)\*.

Усиление принимаемых сигналов осуществлялось с помощью радиоприемников с полосой пропускания  $\Delta f_{пр} = 1$  кГц, обладающих большим динамическим диапазоном по уровню входных сигналов, а также

\* Амплитуда земной волны от нагревного передатчика в Зименках (удаленного от приемного пункта на 2 км) была на 15—30 дБ ниже амплитуды волны, отраженной от ионосферы.

спектра-анализатора (подключенного непосредственно к приемной антенне) — для оперативного анализа помеховой обстановки и параметров СР.

Приемный пункт вблизи п. Васильсурск использовался для изучения СР, возбуждаемого нагревным комплексом «Сура». Здесь прием осуществлялся на дипольную антенну круговой поляризации с  $G \approx 10$ , отношение амплитуд земной и отраженной от ионосферы волн (с учетом геометрии расположения нагревного и приемного пунктов) на выходе которой составляло — 50 дБ. На выходе приемника (с  $\Delta f_{\text{пр}} = 1$  кГц) с помощью кварцевого фильтра осуществлялось дополнительное подавление (на 70 дБ) сигналов с частотами вне полосы  $\Delta f \geq \geq 5$  кГц\*.

Регистрация в обоих пунктах велась как на ленте многоканального самописца (с постоянной времени  $\tau \approx 0,01$  с), так и путем фотографирования с экрана осциллографа (при анализе быстродействующих процессов). Параллельно с наблюдениями СР измерялись амплитуды отраженной волны накачки и пробных волн. Последние использовались для оценки линейного поглощения радиоволн в нижней ионосфере и исследования эффекта аномального ослабления радиоизлучения в возмущенной области ионосферы. Нагрев ионосферы в период проведения экспериментов осуществлялся на фиксированных частотах 5,105 (Сура) и 5,75 МГц (Зименки). Остальные параметры нагревных комплексов приведены в табл. 1.

Таблица 1\*\*

Комплекс	Параметры		
	Максимальная эффективная мощность излучения, МВт	Ширина диаграммы направленности антенны	Уровень побочного излучения, дБ
Зименки	20	12°×16°	< -80
Сура	160	11°×11°	< -89

**2. Экспериментальные результаты.** Измерения показали, что имеется несколько характерных этапов развития СР, длительность и интенсивность которых зависят от мощности и предыстории нагрева.

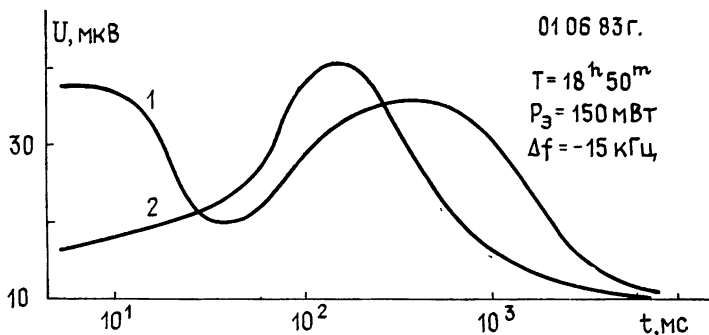


Рис. 1.

\* При резком включении нагревного передатчика переходные процессы в приемной системе через 4 мс не превышали суммарного уровня естественных шумов.

\*\* Уровень побочного излучения  $g = 10 \lg [P(f_{\text{ВН}} + \Delta f) / P(f_{\text{ВН}})]$  при  $|\Delta f| \geq 5$  кГц, где  $\Delta f = f_{\text{СР}} - f_{\text{ВН}}$ ,  $f_{\text{СР}}$  — частота наблюдаемого СР, а  $f_{\text{ВН}}$  — частота ВН.

При мощностях ВН  $P_0 \approx 150 \text{ МВт}$  стимулированное излучение появляется уже в первые миллисекунды после ее включения (в силу указанных выше технических причин регистрация СР могла осуществляться только спустя 4 мс после включения ВН). Это можно видеть из рис. 1, на котором приведены характерные зависимости уровня СР ( $\Delta f = -15 \text{ кГц}$ ) от времени. Кривая 1 здесь соответствует первому после длительной паузы нагрева включению ВН, кривая 2 — включению ВН после короткой (в данном случае  $T_{\text{п}} = 5 \text{ с}$ ) паузы. Обращает на себя внимание тот факт, что уровень СР на временах  $t \leq 10 \text{ мс}$  (по аналогии с [7] эту фазу мы будем называть «стрикционной») может превышать при первом включении уровень СР на временах  $t \sim 0,1 - 1 \text{ с}$ ,

12.05.83г.

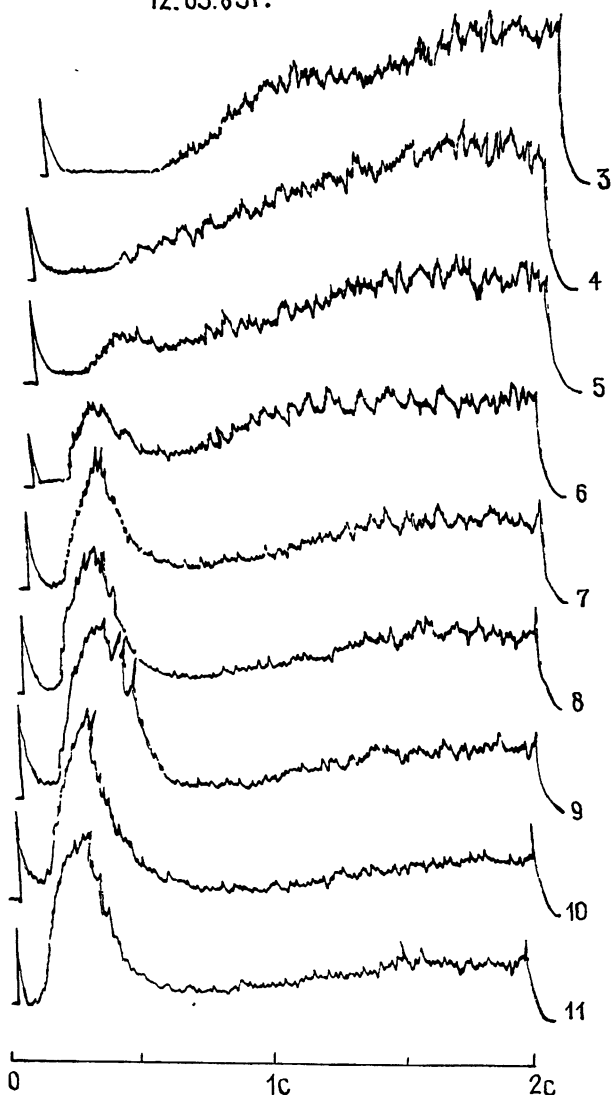


Рис. 2.

а наблюдаемая во времени картина очень напоминает имеющую место при регистрации плазменной линии с помощью станции некогерентного рассеяния [8, 14] на ИИТ с большими  $|K|$ . Кроме того, из рис. 1 можно видеть, что при повторных включениях ВН имеет место подавление «стрикционной фазы».

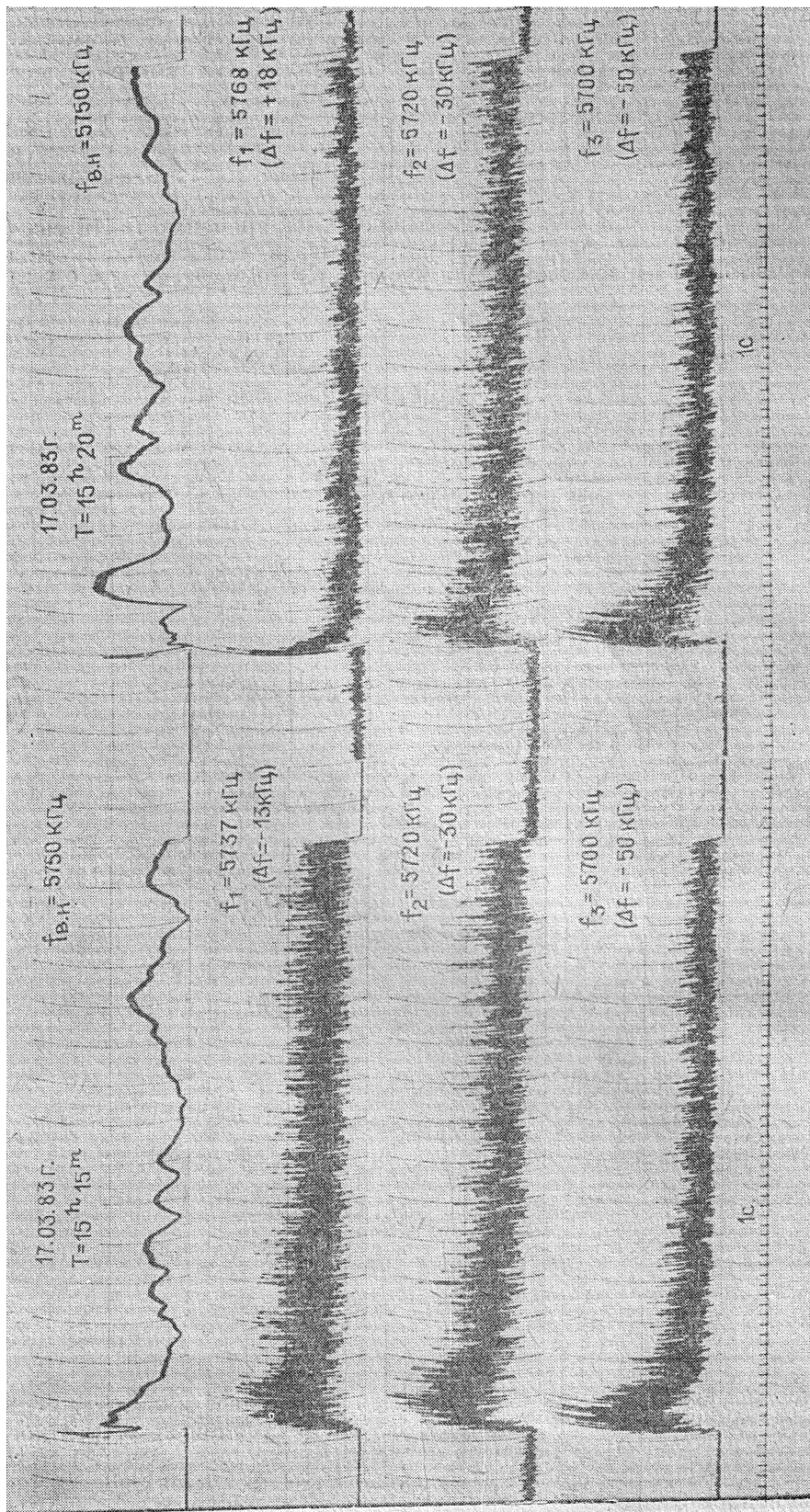


Рис. 3

Влияние предыстории нагрева проявляется также и в особенности поведения СР на временах  $t \geq 0,1$  с. Последнее, в частности, следует из рис. 2, на котором приведена последовательность записей СР при  $\Delta f = -35$  кГц ( $P_0 = 150$  МВт) для десятисекундных циклов воздействия с облучением ионосферы в течение 2 с (наблюдения проводились 12.05.1983 г. в 18<sup>h</sup>16<sup>m</sup>). Временной ход уровня СР при первом включении после длительной паузы по своим характеристикам примерно соответствует кривой 1 рис. 1 для соответствующей расстройки  $\Delta f$ . Однако при повторных включениях вместе с уменьшением интенсивности основного максимума возникает предмаксимум СР на  $t_{\text{пм}} \sim 10^{-1}$  с, амплитуда которого увеличивается с номером цикла включения ВН наряду со смещением времени  $t_{\text{пм}}$  его появления.

При малой мощности ( $P_0 \leq 20$  МВт) воздействия на ионосферу «стрикционная фаза» также имеет место, однако ее появление носит более спорадический характер. Менее регулярно (по сравнению с большими величинами  $P_0$ ) и появление при  $P_0 \leq 20$  МВт предмаксимума, уровень которого в этом случае, как правило, в несколько раз меньше следующего за ним главного максимума, а запаздывание относительно момента включения ВН примерно составляет  $t_{\text{пм}} \simeq 0,3-0,5$  с.

Динамику СР при  $P_0 = 20$  МВт на временах  $t \geq 0,2$  с (чисто условно эту фазу развития СР мы будем называть «тепловой») хорошо иллюстрирует рис. 3. Видно, что для любых  $\Delta f$  радионизлучение достигает своего максимального значения  $U_m$ , после чего уменьшается до некоторого стационарного уровня  $U_c$ . Характеризуя эти особенности развития СР временами  $\tau_m$  и  $\tau_c$  достижения максимального и стационарного уровней соответственно, а также параметром  $\eta = U_m/U_c$ , нетрудно установить, что для  $\Delta f < 0$  величина  $\tau_m$  уменьшается от 3 до 0,5 с ( $\tau_c$  от 10 до 2 с) при изменении  $\Delta f$  от  $-10$  до  $-80$  кГц. Кроме того, в среднем независимо от знака отстройки величина  $\eta$  резко увеличивается для значений  $\Delta f$ , для которых малы  $\tau_m$  и  $\tau_c$ .

На рис. 4 в качестве иллюстрации влияния предыстории нагрева для трех значений  $\Delta f$  приведены зависимости времени развития СР  $\tau_c$  от длительности паузы  $T_{\text{п}}$  между двумя последовательными циклами воздействия. Эти данные свидетельствуют о двух важных фактах. Во-первых, для  $T_{\text{п}} \leq 10$  с время достижения стационарного уровня примерно одно и то же для разных  $\Delta f$ , а, во-вторых, даже для  $T_{\text{п}} \geq 1$  мин это время продолжает зависеть от  $T_{\text{п}}$ . Следует заметить, что характерное время релаксации собственно амплитуды СР после выключения ВН составляет  $\sim 5$  мс и соответствует времени столкновительной диссипации плазменных волн.

Наиболее полно динамику спектра СР можно проследить на рис. 5, где изображен динамический спектр излучения для нескольких последовательных моментов времени (кривые 0, 1, 3 и 8 соответствуют временам 0,2; 1; 3 и 8 с после включения ВН, а кривая с — стационарному уровню)\*. К сожалению, здесь отсутствуют данные о величинах отстройки, меньших 5 кГц. Тем не менее можно сказать, что уже

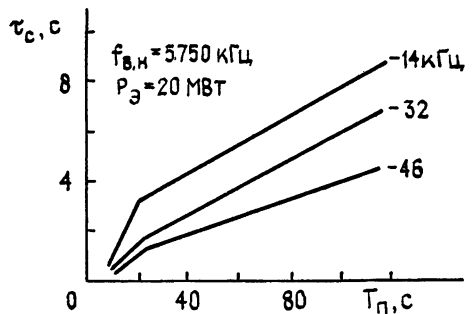


Рис. 4.

Наиболее полно динамику спектра СР можно проследить на рис. 5, где изображен динамический спектр излучения для нескольких последовательных моментов времени (кривые 0, 1, 3 и 8 соответствуют временам 0,2; 1; 3 и 8 с после включения ВН, а кривая с — стационарному уровню)\*. К сожалению, здесь отсутствуют данные о величинах отстройки, меньших 5 кГц. Тем не менее можно сказать, что уже

\* На рисунке приведена зависимость логарифма безразмерной спектральной плотности потока энергии  $\lg S = \lg \left[ \tilde{S} / 1 \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot \text{Гц}} \right]$  от величины отстройки  $\Delta f$ .

спустя 0,2 с после включения ВН наряду с «широкополосным» излучением при  $\Delta f = -(20 \div 50)$  кГц в области малых отрицательных отстроек наблюдается выделяющаяся «линия» СР. Следует отметить и появление с развитием аномального ослабления ВН максимума в спектре на  $\Delta f = -12$  кГц, который хорошо прослеживается, начиная с  $t \approx 3$  с, а также трансформацию спектра во времени в области  $\Delta f = -(50 \div 70)$  кГц и в области положительных отстроек (о чем подробнее речь пойдет ниже).

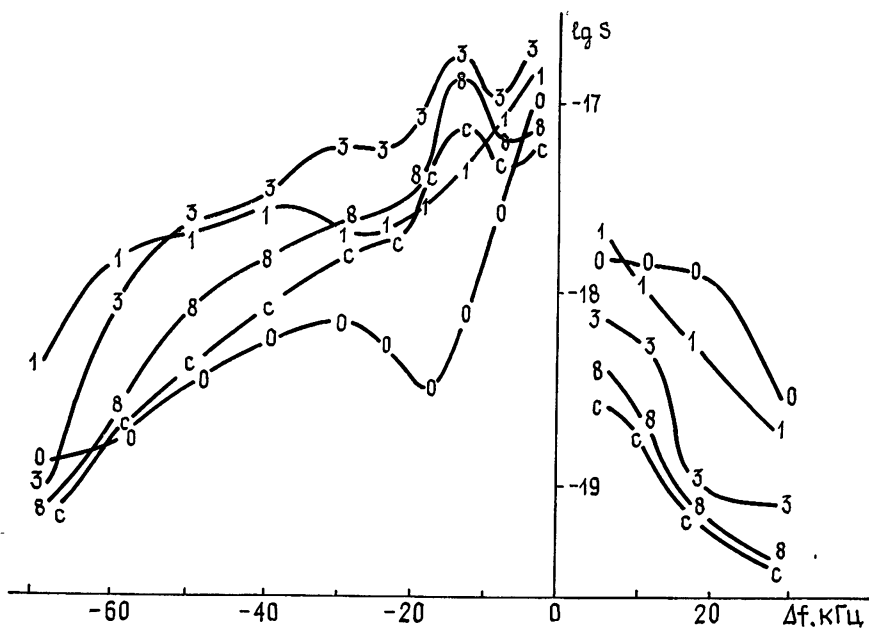


Рис. 5.

Динамика СР при меньшей мощности воздействия может иметь характер, отличный от рассмотренного выше. Из рис. 6, на котором для разных  $\Delta f$  показан временной ход уровня СР при мощностях воздействия  $\tilde{P}_3 = 3$  МВт (рис. 6а),  $\tilde{P}_3 = 2,5$  МВт (рис. 6б) и  $\tilde{P}_3 = 1,9$  МВт (рис. 6в), видно, что при  $\tilde{P}_3 \leq 2$  МВт в поведении СР не наблюдается максимума и отсутствует аномальное ослабление ВН. Указанное значение  $\tilde{P}_3 = 2$  МВт близко к пороговому значению  $P_{3,п}$ , необходимому для возбуждения вытянутых вдоль силовых линий геомагнитного поля мелкоштатных ( $l_{\perp} < 50$  м) неоднородностей, ответственных за аномальное ослабление отраженных от ионосферы сигналов и ракурсное рассеяние радиоволн [9]. Исследования показали, что пороговая мощность возбуждения (при условии, что СР является пороговым эффектом) не превышает значения  $\tilde{P}_3 \approx 1$  МВт и заведомо ниже пороговой мощности появления аномального ослабления ВН ( $\tilde{P}_3$  — мощность ВН с учетом поглощения в нижней ионосфере).

Связь характера развития СР с генерацией искусственных неоднородностей в возмущенной области ионосферы можно проследить на рис. 7, где вместе с осциллограммами амплитуд ВН и СР приведено изменение амплитуд пробных волн при разных отстройках от частоты ВН. Видно, что характерное время роста СР при  $\Delta f = -35$  кГц соответствует времени развития аномального ослабления собственно мощ-

ного радиоизлучения и пробных волн на близких к ВН частотах ( $f_{пв} = 4875$  кГц на рис. 7) [10]. Времена уменьшения амплитуды пробной волны на частоте 4985 кГц значительно превышают времена аномального ослабления и являются результатом рассеяния волн на средне-масштабных ( $l_{\perp} \approx 50 \div 200$  м) искусственных неоднородностях плазмы [11]. Эти времена примерно соответствуют спаду интенсивности СР при переходе к стационарному уровню.

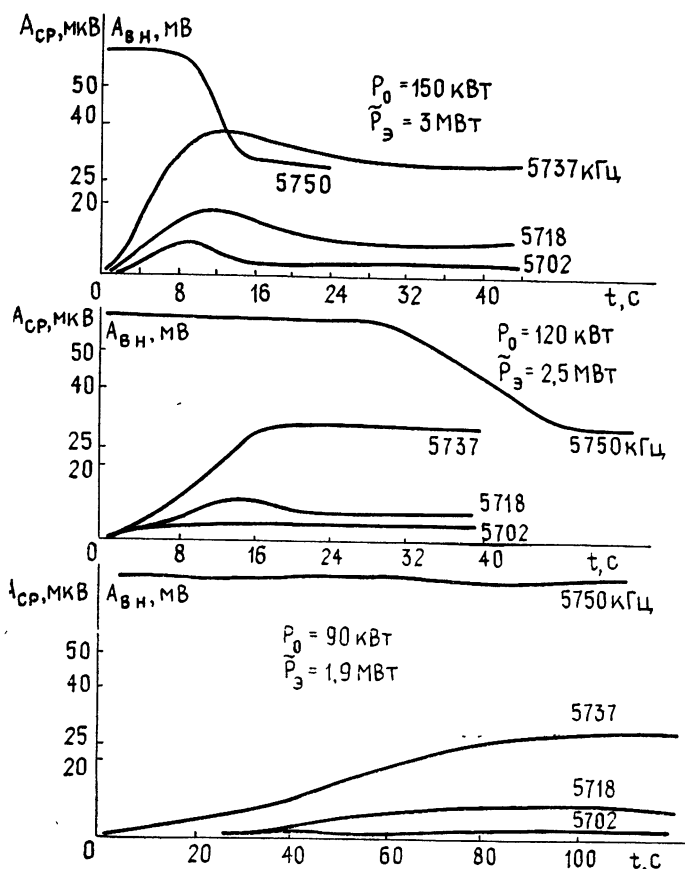


Рис. 6.

При небольшом превышении мощности ВН порогового значения генерации СР излучение возникает главным образом в области частот  $\Delta f \approx -8 \div -15$  кГц. Существует характерное значение мощности  $P_0^*$ , при котором изменяется характер зависимости спектральной интенсивности СР  $S_f$  (для максимума излучения и стационарного уровня) от  $P_0$ . В среднем при аппроксимации зависимости  $S_f(P_0)$  (на стационарной фазе) степенным законом показатель степени  $\alpha$  уменьшается с ростом мощности ВН. Однако при этом на всех фазах для  $P_0 > P_0^*$  ( $P_0^*$  увеличивается с ростом отстройки и составляет 0,75; 1,5 и 4,5 МВт для  $\Delta f = -5; -30$  и  $-50$  кГц соответственно) показатель  $\alpha \leq 1$ , в то время как для  $P_0 < P_0^*$  он близок к 2. Следует также заметить, что при увеличении мощности ВН выше  $P_0 \approx 5$  МВт, как правило, наблюдается отсутствие зависимости уровня стационарного значения интенсивности СР от  $P_0$  (см., например, рис. 6).

Интересен эффект гистерезиса в зависимости интенсивности СР от  $P_0$ , который иллюстрируется рис. 8. Можно видеть, что при величинах  $P_0 < 9$  МВт интенсивность СР после перехода от максимальной мощ-

ности нагрева к ее первоначальному значению  $P_1$  быстро уменьшается до значений  $S_f$ , соответствующих уровню  $P_1$ . При этом с увеличением  $P_1$  происходит и значительное увеличение времени перехода  $S_f$  к прежнему уровню\*. Вместе с тем, при  $P_3 \geq 9$  МВт после перехода к мощности нагрева  $P_1$  излучение через время  $\tau_p \sim 30-50$  с устанавливается на новом, более высоком стационарном уровне. Таким образом, эффект гистерезиса в зависимости  $S_f$  от мощности воздействия на ионосферу имеет место только при превышении  $P_3$  некоторого значения, которое в нашем случае было близко к 7—10 МВт.

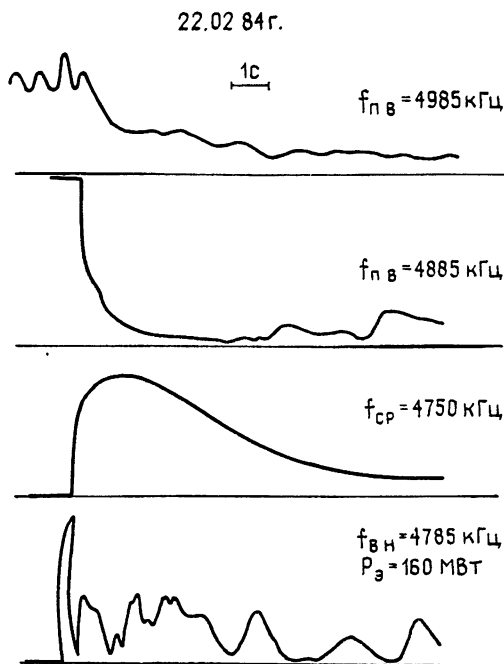


Рис. 7.

Весьма интересным, с точки зрения интерпретации характеристик СР, может оказаться наблюдавшееся различие в развитии излучения при возмущении ионосферы радиоволнами на частотах 4,785 МГц (5,105 МГц) и 5,750 МГц (5,828 МГц): на более низких частотах ВН в первые моменты времени после ее включения наблюдалось более быстрое увеличение интенсивности излучения [12].

Остановимся коротко на характеристиках СР при положительных отстройках частоты. Из рис. 5 можно видеть, что СР при  $\Delta f > 0$  уже на временах  $t < 0,2$  с имеет максимальный уровень\*\*. В некоторых случаях  $\tau_m$  ( $\Delta f > 0$ ) достигает 0,5—1 с (рис. 3), оставаясь при этом всегда меньше  $\tau_m$  ( $\Delta f < 0$ ). Если исключить излучение на  $|\Delta f| < 5$  кГц, то для примера спектра на рис. 5 на долю СР с  $\Delta f > 0$  на малых временах приходится не менее 25% всей принимаемой интенсивности. Затем  $S_f$  ( $\Delta f > 0$ ) резко уменьшается, особенно при больших  $\Delta f$ . В итоге в стационарной фазе вклад интенсивности излучения в области положи-

\* При  $P_1 = 1,5$  МВт это время перехода (распада)  $\tau_p$  составляет 1—2 с, для  $P_3 = 4,5$  МВт оно увеличивается до 20—40 с. Напомним, что время жизни плазменных волн (в линейном приближении) составляет несколько миллисекунд.

\*\* По техническим причинам СР при  $\Delta f > 0$  регистрировалось только на временах, больших 40 мс, и часто уже на этих временах имело максимальное значение.



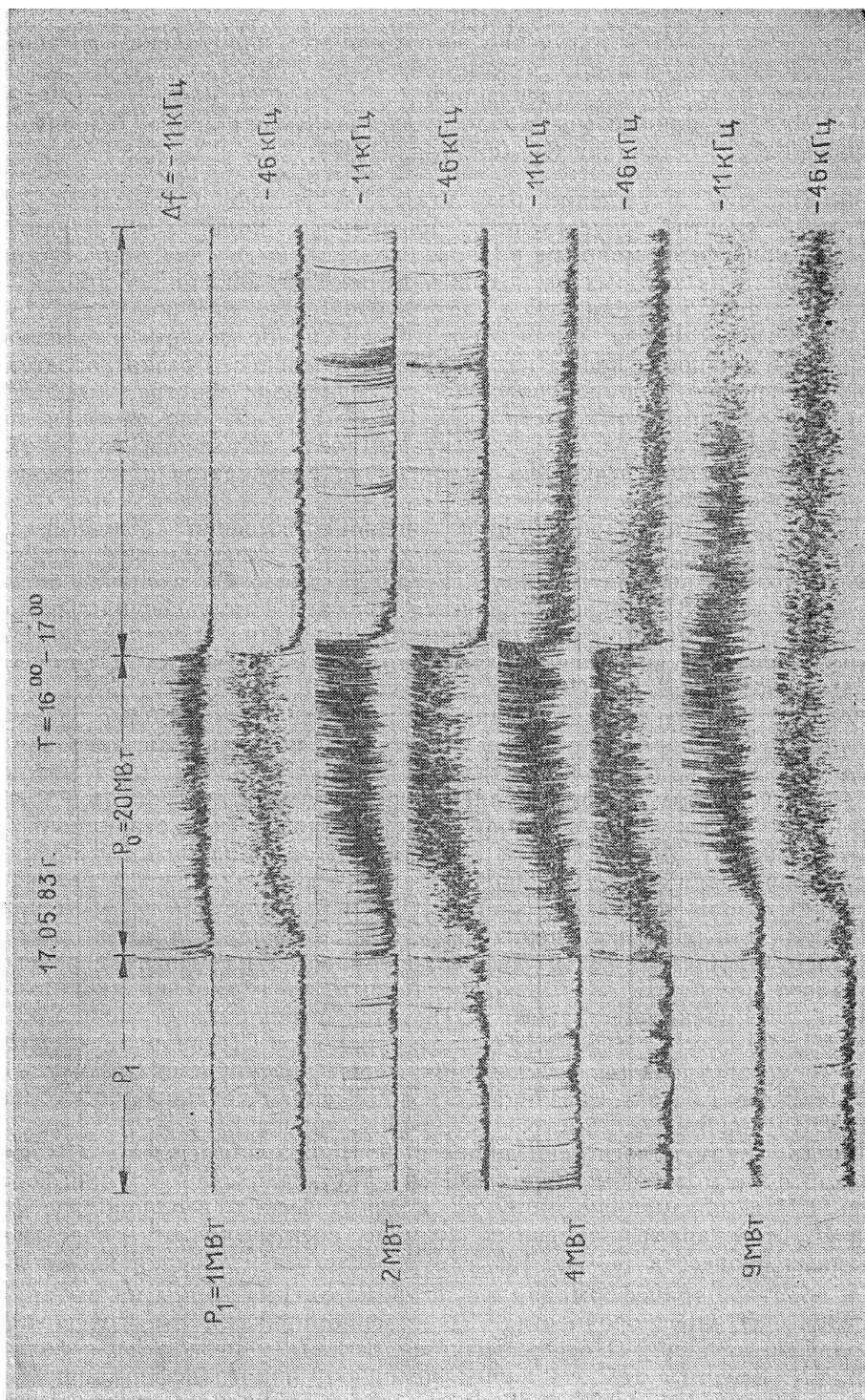


Рис. 8.

тельных отстроек существенно уменьшается. СР на частотах  $f > f_{\text{ВН}}$  — спорадическое явление. Однако наблюдались случаи, когда интенсивность излучения на частотах, больших частоты ВН, превышала интенсивность СР при  $\Delta f < 0^*$ .

При  $P_3 = 150 \text{ МВт}$  излучение регистрируется на удалении до 100—150 км от пункта расположения нагревного стенда, хотя на таких расстояниях оно носит нерегулярный характер, особенно при  $P_3 \approx 20 \text{ МВт}$ . Эти данные могут свидетельствовать о ширине диаграммы направленности источника СР (см. также [1]).

**3. Краткое обсуждение результатов.** Согласно измерениям [8], частотный спектр искусственных плазменных волн, возбуждаемых в  $F$ -слое ионосферы мощным радиоизлучением, имеет два острых максимума, один из которых расположен на частоте накачки, а другой — сдвинут на величину, близкую к частоте ионно-звуковых колебаний  $\Omega = (\kappa V_s)$ . Эта последняя линия в спектре НР наиболее ярко выражена, и с ростом мощности волны накачки ее интенсивность резко возрастает по сравнению с широкополосной особенностью спектра, имеющей место при отрицательных отстройках 15—30 кГц. «Ионно-звуковая линия» появляется в первые миллисекунды после включения волны накачки, а спустя еще несколько миллисекунд развивается и широкополосная особенность.

Поскольку стимулированное излучение естественно прежде всего связать с трансформацией плазменных волн в электромагнитные, то вряд ли должен вызывать удивление тот факт, что СР в случае больших мощностей ВН также появляется в первые миллисекунды после начала воздействия. При этом минимум на рис. 1 на временах  $\sim 0,1 \text{ с}$  можно связать с аналогичным эффектом «miniovershoot» в записях «плазменной линии» НР [14].

Ввиду того, что в наших измерениях на временах  $t < 0,2 \text{ с}$  частотный спектр СР подробно не исследовался, эту начальную стадию вряд ли следует обсуждать более детально. В первом приближении можно считать выясненным, что при малых отрицательных отстройках ( $\Delta f \leq 10 \div 20 \text{ кГц}$ ) излучение связано как с аperiodической стрикционной неустойчивостью ( $\Delta f = 0$ ), так и с распадной стрикционной неустойчивостью, приводящей на нелинейной стадии к сателлитной перекачке плазменных волн по спектру частот [4]. Уменьшение СР на временах 0,5—1 с при первом включении ВН большой мощности объясняется развитием вытянутых вдоль  $H_0$  неоднородностей на уровне верхнего гибридного резонанса (ВГР), которые приводят к экранировке уровня  $\epsilon = 0$ , где преимущественно развивается стрикционная неустойчивость [7]. В силу того же эффекта экранировки СР не наблюдается на  $t \leq 10 \text{ мс}$  при повторном включении (после кратковременной паузы) ВН, а «тепловая» фаза, связанная с возбуждением неоднородностей на уровне ВГР, начинается быстрее (см. рис. 1, кривая 2).

Чисто феноменологически процесс формирования спектра СР на тепловой фазе может быть представлен следующей схемой: трансформация ВН в плазменную моду на аperiodических неоднородностях с  $\kappa \perp H_0$ , перекачка плазменных волн по спектру частот вследствие распадных процессов ( $\omega_r \rightarrow \omega_l' + \Omega$ , где  $\Omega$  — частота низкочастотной волны) и обратная трансформация в электромагнитные волны на вытянутых вдоль  $H_0$  неоднородностях. Естественно принять, что перекачка на большую величину  $\Omega$  осуществляется для плазменных волн с большими  $K_{\text{пл}}$ . Вместе с тем эти волны возникают при трансформации на неоднородностях с  $\kappa_{\perp} \sim K_{\text{пл}}$ . В то же время в процессе распадного

\* Самое большое значение  $S_f$  ( $\Delta f > 0$ ) было зарегистрировано в случае, когда отражение ВН имело место вблизи высоты максимума слоя  $F_1$ .

процесса  $K_{\text{пл}}$  в среднем должно уменьшаться, т. е. обратная трансформация осуществляется на неоднородностях с меньшими  $\kappa_{\perp}$ . Необходимо также учесть тот факт, что при прямой и обратной трансформации электромагнитное излучение испытывает как аномальное ослабление (АО), так и рассеяние на крупномасштабных неоднородностях ( $l_{\perp} \geq 50$  м). При этом АО для малых отстроек  $\Delta f$  (во всяком случае, при прямой трансформации) должно быть больше, так как трансформация на неоднородностях с малыми  $\kappa_{\perp}$  происходит на более высоких уровнях.

Указанную схему можно проверить, создавая неоднородности с помощью двухчастотной накачки (на разных высотах) или проводя воздействие модулированным излучением с разными частотами модуляции и различной скважностью излучения. Такие исследования нами начаты, и первые результаты показали, что указанная схема в среднем может оказаться непротиворечивой.

При интерпретации этих результатов возникает интересный вопрос о том, какой вклад в образование неоднородностей малых масштабов может вносить нелинейная перекачка энергии из более крупных масштабов. Предварительные результаты говорят о том, что этот вклад может быть существенным. Однако для более точного вывода необходимо сопоставление этих результатов с выводами количественной теории СР. Механизм формирования СР на тепловой стадии предложен и рассчитан в [15].

Существование максимумов интенсивности СР при расстройках  $-(10 \div 15)$  кГц и  $-(25 \div 40)$  кГц может указывать на существенную роль распадных процессов в формировании спектра плазменной турбулентности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Thide B., Корка Н., Stubbe P. — Phys. Rev. Lett., 1982, 49, № 21, p. 1561.
2. Stubbe P. et al. — J. Atm. Terr. Phys., 1982, 44, № 12, p. 1025.
3. Метелев С. А., Фролов В. Л. В кн: Эффекты искусственного воздействия мощным радиоизлучением на ионосферу Земли. — М.: ИЗМИРАН, 1983, с. 66.
4. Perkins F. W., Oberman C. R., Valeo E. J. — J. Geophys. Res., 1974, 79, № 10, p. 1478.
5. Грач С. М. и др. — Физика плазмы, 1978, 4, № 6, с. 1321, 1330.
6. Васьков В. В., Гуревич А. В. — ЖЭТФ, 1977, 73, № 3, с. 923.
7. Ерухимов Л. М. и др. — Геомагнетизм и аэронавигация, 1983, 23, № 3, с. 433.
8. Carlson H. C., Dupon L. M. — Radio Sci., 1977, 12, № 6, p. 1001.
9. Ерухимов Л. М. и др. — В сб.: Тепловые нелинейные явления в плазме. — Горький. ИПФ АН СССР, 1979, с. 7.
10. Беликович В. В. и др. — Изв. вузов — Радиофизика, 1975, 18, № 4, с. 516.
11. Ерухимов Л. М., Комраков Г. П., Фролов В. Л. — Геомагнетизм и аэронавигация, 1980, 20, № 6, с. 1112.
12. Березин И. В. и др. Тезисы докладов 14-й Всесоюзной конференции по распространению радиоволн. — М., 1984.
13. Электродинамика плазмы. / Под ред. А. И. Ахнезера. — М.: Наука, 1974.
14. Showen R. L., Kim D. M. — J. Geophys. Res., 1978, 83, № 2A, p. 623.
15. Грач С. М. — Изв. вузов — Радиофизика (в печати).

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию  
3 мая 1984 г.

#### DYNAMIC CHARACTERISTICS OF STIMULATED RADIATION OF THE IONOSPHERIC PLASMA

G. N. Bojko, L. M. Erukhimov, V. A. Zyuzin, G. P. Komrakov, S. A. Meteleu, N. A. Mityakov, V. A. Nikonov, V. A. Ryzhov, Yu. V. Tokarev, V. L. Frolov

Properties and spectral characteristics of stimulated radiation of the ionospheric plasma are presented for modification experiments. Its intensity versus the heater power and the times of development and decay are defined.