

Министерство высшего и среднего специального образования
РСФСР

Ордена Трудового Красного Знамени
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Т.А.Савинова, В.Т.Федоров

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ИОНОСФЕРУ МОЩНЫМИ РАДИОВОЛНАМИ

Библиографический обзор литературы

Горький - 1974 г.

Целью настоящего библиографического обзора является попытка собрать литературу по вопросу воздействия на ионосферу мощными радиоволнами, а также стремление обратить внимание на взаимосвязь работ и некоторые количественные параметры потока публикаций по этому направлению.

В обзоре почти полностью отсутствует многочисленная библиография по Люксембург-Горьковскому эффекту (нагрев D -слоя) и по нелинейным эффектам в магнитосфере. Основное внимание уделено явлениям, возникающим при воздействии на верхнюю ионосферу (F -область) полем мощных электромагнитных волн.

Если говорить об истории развития направления, то следует, по-видимому, обратиться к работам Бейли, самая ранняя из которых относится к 1925 году (Bailey (1925), Bailey (1937, а и б), Bailey (1938, а и б); Bailey (1939), Bailey (1952), Bailey (1958), Bailey (1959).

В этих работах был предложен нагрев нижней ионосферы мощным передатчиком, работающим вблизи гирочастоты, а также рассмотрены возникающие при этом эффекты.

Систематическое и подробное теоретическое рассмотрение нелинейных явлений в плазме было предпринято в работе Гинзбурга и Гуревича (1960).

В 60-е годы нелинейным явлениям в ионосфере и в особенности при воздействии на нее мощным радиоизлучением было уделено довольно заметное внимание (Clavier (1961), Gordon and Lalonde (1961), Dawson and Oberman (1962, 1963), Lombardini (1965),

Dubois and Goldman (1967), Dawson and Shanny (1968), Nishikawa (1968, a u d), Wong et al (1968), Kaw and Dawson (1969), LeLevier (1969).

Среди отечественных работ следует указать работы Гинзбурга (1960), Гуревича (1965 а и б; 1967), Силина (1965, 1968, 1969), Цытовича (1967), Литвака (1968), Блюха и Бржковецкого (1969).

Особо следует отметить пионерскую работу Farley (1963), где четко рассмотрены возможности искусственного нагрева электронов в F - слое ионосферы и работу Potemra (1963) - сообщение о первой неудачной попытке такого нагрева.

Повышение мощности радиопередатчиков КВ диапазона в конце 60-х годов создало реальные предпосылки для экспериментальных исследований в области искусственного воздействия на ионосферу мощным радиоизлучением.

Первые эксперименты по воздействию и диагностике были проделаны в апреле 1970 г. в Боулдере (штат Колорадо, США), а уже в ноябрьском номере журнала Journal Geophysical Research появилась серия статей, описывающих полученные результаты (Utlaut (1970), Utlaut et al (1970), Biondi et al (1970), Evans et al (1970), Cohen and Whitehead (1970)).

В дальнейшем (в 1971-72 г.г.) снова появились публикации по экспериментам, проведенным в Боулдере (Utlaut and Cohen (1971) (см. также пере-

вод Ютло и Козн (1973, УФН), utlaut and Violette (1972), Weinstock and Bezzerides (1972), Rufenach (1973), Wright (1973)),

и посвященные дальнейшим наблюдениям эффектов воздействия на ионосферу мощными радиоволнами.

В эти же годы были опубликованы работы другой группы исследователей, использующей для нагрева ионосферы 305-метровую в диаметре антенну в Аресибо (Пуэрто-Рико) (Carlson et al (1971), Gordon et al (1971), Wong and Taylor (1971), Carlson et al (1972), Showen (1972) .

Первое сообщение об экспериментальных работах в Советском Союзе появилось в 1973 году (Гетманцев и др. 1973).

Как и в США эксперименты проводятся с помощью двух экспериментальных установок: в Горьком (Гетманцев и др. (в печати), Беликович и др. (ЖЭТФ, в печати), Беликович и др. (УФН, в печати), Васьков и др. (в печати)) и в Москве (Шлегер (1974), Шлегер (а и б, в печати), Грач и др. (в печати), Матюгин и др. (в печати), Мисюра и др. (в печати))

Эксперименты стимулировали дальнейшие расчеты, теоретические исследования и интерпретацию полученных результатов. Обобщение и подведение итогов работ по тепловой нелинейности отображено в книге Гуревича, Шварцбурга (1973).

Эксперименты показали также важную роль развития параметрической неустойчивости в ионосфере.

Этому вопросу посвящены, в частности, работы Lee et al (1973), Perkins et al (1974), Васькова, Гуревича (в печати), Митякова и др. (1974), Альбера и др. (в печати).

Библиография обзора насчитывает 130 работ, найденных на основе изучения списков литературы (ссылок), приведенных в конце каждой работы. Все 130 работ охватывают период приблизительно равный 50 годам (1925-1974 г.г.). На протяжении этого периода появление публикаций было неравномерным.

На рис. I виден нарастающий, взрывной характер роста количества публикаций во времени, что свидетельствует о бурном развитии направления в последние годы.

Для изучения взаимосвязи работ было построено дерево цитируемости, по которому были определены наиболее важные, узловые работы. Фрагмент дерева с обозначением этих работ приведен на рис. 2.

Интересно отметить соотношение зарубежных и отечественных работ и его эволюцию (см. Таблицу)

Т а б л и ц а

			До	1960-	1970-	1973-
			1960	1969	1972	1974 и
						в печ.
Число	: Заруб.	: II	: I5	: 39	: 9	
публи-	: Отечеств.:	: 0	: I2	: 8	: 36	
каций						

До первых экспериментальных работ число публикаций в 60е годы за рубежом и в СССР примерно одинаково, далее следует пик загубежных публикаций в период 1970-72 г.г., связанный с проведением основных экспериментальных работ, их интерпретацией и развитием теории. Примерно такой же пик (по числу публикаций) наблюдается сейчас в СССР в период 1973-1974 г.г.

Авторы выражают благодарность Н.А.Митякову и В.Ю.Трахтенгерцу за ценные советы и замечания, а также В.В.Васькову, С.М.Грачу, Э.Е.Митяковой и И.С.Шлигеру за помощь в составлении библиографии.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Кривая роста числа публикаций в зависимости от времени.

Рис. 2. Фрагмент дерева цитируемости публикаций с обозначением наиболее важных работ.

БИБЛИОГРАФИЯ

1925

Bailey V.A. Phyl.Mag., 1925, 50, 825.

1937

Bailey V.A. The motions of electrons in a gas in presence of variable electric field and a constant magnetic field. Phyl.Mag., 1937, 23, 774, *a*

Bailey V.A. On some effects caused in the ionosphere by electric waves. Phyl.Mag., 1937, 23, 929, *σ*

1938

Bailey V.A. Nature, 1938, 142, 613, *a*

Bailey V.A. On some effects caused in the ionosphere by electric waves. Phyl. Mag., 1938, 26, 425, *σ*

1939

Bailey V.A. A.W.A.Tech.Rev., 1939, 4, 1.

1952

Bailey V.A. , R.A.Smith, K.Landecker, A.J.Higgs, F.H.Hibberd. Resonance in gyro-interaction of radio waves. Nature, 1952, 169, 911.

1956

Hibberd F.H. On the observation of ionospheric self-interaction. J.Atmosph.Terr.Phys., 1956, 8, 120.

1958

Bailey V.A. Some methods for studying wave-propagation in a uniform magneto-ionic medium. J.Atmosph.Terr.Phys., 1958, 12, 118.

Bailey V.A., Goldstein L. Control of the ionosphere by means of radio waves. J.Atmosph.Terr.Phys., 1958, 12, 216.

1959

Bailey V.A. Some possible effects caused by strong gyro-waves in the ionosphere-I. J.Atmosph.Terr.Phys., 1959, 14, 299.

1960

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме,
М., Наука, 1960.

Гинзбург В.Л., Гуревич А.В. Нелинейные явления в плазме. УФН, 1960, 70, 202

1961

Clavier P.A. Man-made heating and ionization of the upper atmosphere. J.Appl.Phys., 1961, 32, 570 (and erratum 1961, 2651).

Gordon W.E., L.M.Lalonde. The design and capabilities of an ionospheric radar probe. IRE Trans.Antennas Propagation, 1961, 9, 17.

1962

Dawson J.M., C.R.Oberman. High-frequency conductivity and the emission and absorption coefficients of a fully ionized plasma. Phys. Fluids, 1962, 5, 517.

1963

Dawson J.M., C.R.Oberman. Effect of ion correlations on high-frequency plasma conductivity. Phys. Fluids, 1963, 6, 394.

Farley D.T. Artificial heating of the electrons in the F-region of the ionosphere. J. Geophys. Res., 1963, 68, 401.

Potemra T. Heating of the electrons in the F-region of the ionosphere. Stanford Electronics Lab. Tech. Rep., 1963, 75, SEL-63-036, April.

1965

Гуревич А.В., Проникновение электромагнитной волны в плазму при учете нелинейности. ЖЭТФ, 1965, 48, 701, а

Гуревич А.В., К теории нелинейных эффектов при распространении радиоволн в ионосфере. Геомагнетизм и аэрномия, 1965, 5, 70, с

Силин В.П., Параметрический резонанс в плазме, ЖЭТФ, 1965, 48, 1679.

DuBois D.F., Goldman M.V. Radiation induced instability of electron plasma oscillations. Phys. Rev. Lett., 1965, 14, 544.

Lombardini P. Alteration of the electron density of the lower ionosphere with ground-based transmitters. J.Res.Nat.Bur.Stand., 1965, 69D, 83.

1966

Силин В.П., Кинетическая неустойчивость плазмы, находящейся в сильном высокочастотном поле. ЖЭТФ, 1966, 51, 1842.

1967

Гуревич А.В., Воздействие радиоволн на ионосферу в области F-слоя. Геомагнетизм и аэрномия, 1967, 7, № 2, 291.

Цытович В.Н., Нелинейные эффекты в плазме, М., Наука, 1967.

DuBois D.F., M.V.Goldman. Parametrically excited plasma fluctuations. Phys.Rev., 1967, 164, 207.

1968

Литвак А.Г., Возможность самофокусировки электромагнитных волн в ионосфере. Изв.ВУЗов, Радиофизика, 1968, II, 1433.

Силин В.П., Диссипативно-параметрическая раскочка колебаний с аномальной дисперсией в плазме, находящейся в высокочастотном поле. Письма в ЖЭТФ, 1968, 7, 242.

Dawson J.M., R.Shanny. Some investigations of nonlinear behavior in one-dimensional plasmas. Phys.Fluids, 1968, 11, 1506.

Nishikawa K. Parametric excitation of coupled waves. 1. General formulation. J. Phys. Soc. Japan., 1968, 24, 916, *a*

Nishikawa K. Parametric excitation of coupled waves. 2. Parametric plasma-photon interaction. J. Phys. Soc. Japan., 1968, 24, 1152, *d*

Wong A.Y., M.V. Goldman, F. Hai, R. Rowberg. Parametric excitation from thermal fluctuation at plasma-drift wave frequencies. Phys. Rev. Lett., 1968, 21, 518.

1969

Блиох П.В., Брюховецкий А.С., Фокусировка радиоволн искусственно созданной ионосферной линзой. Геомagnetизм и аэрoномия, 1969, 9, 545.

Силин В.П., К теории параметрического взаимодействия СВЧ-поля с плазмой, ЖЭТФ, 1969, 57, 183.

Kaw P.K., J.M. Dawson. Laser-induced anomalous heating of a plasma. Phys. Fluids, 1969, 12, 2586.

Le Levier R.E. Modification of the ionosphere by radiowaves. RAND Rep. P-4125, June 1969.

1970

Кингсеп А.С., Рудаков Л.И., Эволюция спектра волн в плазме в результате индуцированного рассеяния, ЖЭТФ, 1970, 58, 582.

Biondi M.A., D.P.Sipler, R.D.Hake. Optical (λ 6300) detection of radio frequency heating of electrons in the F-region. J.Geophys. Res., 1970, 75, 6421.

Cohen R., Whitehead J.D. Radio reflectivity of artificial modification of the ionospheric F-layer. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6439.

Evans W.F.J., E.J.Llewellyn, J.C.Haslett, L.R.Megill. Preliminary results from the 1.27-micron measurements in the Boulder ionospheric modification experiment. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6425.

Georges T.M. Amplification of ionospheric heating and triggering of spread F by natural irregularities. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6436.

Hai F., A.J.Wong. Parametric mode-mode coupling between drift waves in plasmas. Phys. Fluids, 1970, 13, 672.

Kaw P.K., E.J.Valeo, J.M.Dawson. Interpretation of an experiment on the anomalous absorption of an electromagnetic wave in a plasma. Phys.Rev.Lett., 1970, 25, 430.

Kruer W.L., P.K.Kaw, J.M.Dawson, C.Oberman. Anomalous high frequency resistivity and heating of a plasma. Phys.Rev.Lett., 1970, 24, 987.

Le Levier R.E. Artificial heating of the ionosphere-Earlytime phenomena. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6419.

Meltz G., R.E.LeLevier. Heating the F region by deviation absorption of radio waves. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6406.

Sanmartin J.R. Electrostatic plasma instabilities excited by a high-frequency electric field. Phys.Fluids, 1970, 13, 1533.

Thomson J.A. Energy deposition in artificial ionospheric heating experiments. J.Geophys. Res., 1970, 75, 6446.

Utlaut W.F. Radio-wave modification of the ionosphere (an ionospheric modification experiment using very high power, high frequency transmission). J.Geophys.Res., 1970, 75, 6402.

Utlaut W.F., E.J.Violette, A.K.Paul. Some ionosonde observations of ionosphere modification by very high power, high frequency ground-based transmission. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6429.

Whitehead J.D. Some F-region parameters measurable in the Boulder heating experiment. J.Geophys.Res., 1970, 75, 6417.

Wong A.J., Baker D.R., Booth M. Efficient modulation coupling between electron and ion resonances in magnetoactive plasmas. Phys.Rev. Lett., 1970, 24, 804.

Гуревич А.В., Возмущение ионосферы радиоволнами, Геомагнетизм и аэрономия, 1971, II, 953.

Литвак А.Г., Трахтенгерц В.Ю., Об индуцированном рассеянии волн и нагреве плазмы когерентным излучением, ЖЭТФ, 1971, 60, 170.

Carlson H.C., R.L.Showen, W.E.Gordon. Plasma line enhancements induced by an HF transmitter at Arecibo. Trans.Amer.Geophys.Union, 1971, 52, 535(A).

Fejer J.A. Effect of ionospheric heating by radio waves on the absorption of probing waves of different polarization. J.Geophys.Res., 1971, 76, 285.

Gordon W.E., R.L.Showen, H.C.Carlson Ionospheric heating at Arecibo: First Tests. J.Geophys.Res., 1971, 76, 7808.

Perkins F.W., J.Flick. Parametric instabilities and inhomogeneous plasmas. Phys.Fluids, 1971, 14, 2012.

Perkins F.W., Kaw P.K. On the role of plasma instabilities in ionospheric heating by radio waves. J.Geophys.Res., 1971, 76, 282.

Utlaut W.F., R.Cohen. Modifying the ionosphere with intense radio waves. Science, 1971, 174, 245.

Отло У, Р.Коэн, Изменение ионосферы под действием мощных радиоволн, УФН, 1973, 109, 371.

A.Y.Wong, R.J.Taylor. Parametric excitation in the ionosphere. Phys.Rev.Lett., 1971, 27, 644.

1972

Гуревич А.В., Движущиеся возмущения ионизации в поле сильных электромагнитных волн. Известия ВУЗов, Радиофизика, 1972, 15, II.

Гуревич А.В., Самовоздействие радиоволн в слоях ионосферы E и F₁. Геомагнетизм и аэрномия, 1972, 12, 24.

Гуревич А.В., Изотермическая ионизация нижней ионосферы под воздействием радиоволн. Геомагнетизм и аэрномия, 1972, 12, 631.

Литвак А.Г., В.Ю.Трахтенгерц, Об индуцированном рассеянии волн в магнитоактивной плазме, ЖЭТФ, 1972, 62, 228.

Силин В.П., Аномальная нелинейная диссипация высокочастотных радиоволн в плазме, УФН, 1973, 108, 425.

Bezzerrides B., J.Weinstock. Nonlinear saturation of parametric instabilities. Phys. Rev.Lett., 1972, 28, 481.

Carlson H.C., Gordon W.E., Showen R.L. High frequency induced enhancements of the incoherent scatter spectrum at Arecibo. J.Geophys.Res., 1972, 77, 1242.

Dubois D.F., M.V.Goldman. Nonlinear saturation of parametric instability: basic theory and application to the ionosphere. Phys. Fluids, 1972, 15, 919.

Dubois D.F., M.V.Goldman. Spectrum and anomalous resistivity for the saturated parametric instability. Phys.Rev.Lett., 1972, 28, 218.

Fejer J.A. Variability of plasma line enhancement in ionospheric modification experiments. J.Geophys.Res., 1972, 77, 273.

Fejer J.A., E.Leer. Excitation of parametric instability by radio waves in the ionosphere. Radio Sci., 1972, 7, 481.

Harker K.J. Induced enhancement of the plasma line in the backscatter spectrum by ionospheric heating. J.Geophys.Res., 1972, 77, 6904.

Kruer W.L., J.M.Dawson. Anomalous high-frequency resistivity of a plasma. Phys.Fluids, 1972, 15, 415.

Kuo Y.Y., J.A.Fejer. Spectral-line structures of saturated parametric instabilities. Phys.Rev.Lett., 1972, 29, 1667.

Lee K., P.K.Kaw, C.S.Kennel. External production and control of electrojet irregularities. J.Geophys.Res., 1972, 77, 41.

Meltz G., N.Tomlyanovich. Deviative and anomalous absorption of electromagnetic waves by parametrically excited regions. Bull.Amer. Phys.Soc., 1972, 17, 1061.

Rosenbluth M.N. Parametric instabilities in inhomogeneous media. Phys.Rev.Lett., 1972, 29, 565.

Showen R.L. Artificial heating of the lower ionosphere. J.Geophys.Res., 1972, 77, 1923.

Utlaut W.F., E.J.Violette. Further ionosonde observations of ionospheric modification by a high-powered HF transmitter. J.Geophys.Res., 1972, 77, 6804.

Valeo E., C.Oberman, E.W.Perkins. Saturation of the decay instability for comparable electron and ion temperatures. Phys.Rev.Lett., 1972, 28, 540.

Weinstock J., B.Bezzerides. Threshold of ionospheric modification by radio waves. J.Geophys.Res., 1972, 77, 761.

1973

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Параметрическое возбуждение ленгмюровских колебаний в ионосфере в поле сильных радиоволн. Известия ВУЗов, Радиофизика, 1973, 16, 188.

Васьков В.В., Гуревич А.В., Самовоздействие радиоволн в окрестности плазменного резонанса, ЖЭТФ, 1973, 64, 1272.

Гуревич А.В., Шварцбург А.Г., Нелинейная теория распространения радиоволн в ионосфере, М., Наука, 1973.

Литвак А.Г., Петрухина В.И., Трахтенгерц В.Ю., К нелинейной теории индуцированного рассеяния монохроматической волны в плазме, Письма в ЖЭТФ, 1973, 18, 190.

Силин В.П., Параметрическое воздействие излучения большой мощности на плазму, М., Наука, 1973.

Гетманцев Г.Г., Г.П.Комраков, Ю.С.Коробков, Л.Ф.Мироненко, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц, В.Л.Фролов, В.А.Череповицкий. Некоторые результаты исследований нелинейных явлений в F слое ионосферы, Письма в ЖЭТФ, 1973, 18, 621.

Fejer J.A., Yu-Yun Kuo. Structure in the nonlinear saturation spectrum of parametric instabilities. Phys.Fluids, 1973, 16, 1490.

Jones T.W., P.J.Kellogg. Plasma waves artificially induced in the ionosphere. J.Geophys.Res., 1973, 78, 2166.

Kruer W.L., E.J.Valeo. Nonlinear evolution of decay instability in plasma with comparable electron and ion temperatures. Phys.Fluids, 1973, 16, 675.

Rufenach C.L. Radio scintillation on stellar signals during artificial ionospheric modification. J.Geophys.Res., 1973, 78, 5611.

Valeo E., C.Oberman. A model of parametric excitation by an imperfect pump. Phys.Rev.Lett. 1973, 30, 1035.

Vas'kov V.V., A.V.Gurevich. Self-action of electromagnetic wave in plasma under parametric instability. Phys.Lett., 1973, 45A, 47.

Willis J.W., Davis J.R. Radio frequency heating effects on electron density in the lower E region. J.Geophys.Res., 1973, 78, 5710.

Wright J.W. Kinesonde observations of ionosphere modification by intense electromagnetic fields from Plateville, Colorado. J.Geophys.Res., 1973, 78, 5622.

1974 и "в печати"

Альбер Я.И., З.Н.Кротова, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц, Об эффектах индуцированного рассеяния при падении электромагнитного импульса на слой плазмы, ЭТФ, 1974, 66, 574.

Беликович В.В., Е.А.Бенедиктов, Г.Г.Гетманцев, Л.М.Ерухимов, Н.А.Зуйков, Г.П.Комраков, Ю.С.Коробков, Д.С.Котик, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, Ю.А.Сазанов, В.Ю.Трахтенгерц, В.Л.Фролов, В.А.Череповицкий, Нелинейные явления в верхней ионосфере, УФН (в печати).

Беликович В.В., Е.А.Бенедиктов, Г.Г.Гетманцев, Л.М.Ерухимов, Н.А.Зуйков, Г.П.Комраков, Ю.С.Коробков, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц, В.Л.Фролов, Новые результаты исследований нелинейных явлений в ионосфере, ЖЭТФ, (в печати).

Васьков В.В., Самомодуляция сильной электромагнитной волны при параметрическом возбуждении плазмы. Геомагнетизм и аэрномия, 1974, 14, 277.

Васьков В.В., Г.Г.Гетманцев, В.С.Караванов, Ю.С.Коробков, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, В.А.Рыжов, В.Ю.Трахтенгерц, И.С.Шлюгер, К.И.Юрин, Самовоздействие мощного электромагнитного импульса в верхних слоях ионосферы, Письма в ЖЭТФ (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Самовоздействие электромагнитной волны в плазме при возбуждении параметрической неустойчивости, ЖЭТФ, 1974, 66, № 5, 1673.

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Возбуждение неустойчивости F-области ионосферы в поле мощных радиоволн, УФН (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Возбуждение в ионосфере параметрической неустойчивости гидродинамического типа. Геомагнетизм и аэрномия (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Расслоение ионосферной плазмы в области отражения сильной обыкновенной радиоволны, Письма в ЖЭТФ (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Нестационарные явления при отражении сильной волны от ионосферы. Геомагнетизм и аэрномия (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Самовоздействие сильного электромагнитного импульса при его отражении от ионосферы. Геомагнетизм и аэрномия, (в печати).

Васьков В.В., А.В.Гуревич, Самовоздействие электромагнитного импульса при гидродинамическом возбуждении параметрической неустойчивости^В ионосфере. Геомагнетизм и аэрномия (в печати).

Гетманцев Г.Г., Н.А.Зуйков, Д.С.Котик, Л.Ф.Мироненко, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, Ю.А.Сазонов, В.Ю.Трахтенгерц, В.Я.Эйдман, Обнаружение комбинационных частот при взаимодействии мощного коротковолнового излучения с ионосферной плазмой. Письма в ЖЭТФ (в печати).

Грач С.М., Ю.С.Коробков, Ю.И.Юрин, Сопоставление результатов нелинейного воздействия на F-слой ионосферы на частотах 5,75 и 1,34 Мгц. Известия ВУЗов, Радиофизика (в печати).

Грач С.М., А.Г.Литвак, Н.А.Митяков, В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц, К теории нелинейных эффектов в ионосфере, УФН (в печати).

Жислин Г.М., А.Г.Литвак, Н.А.Митяков, В.Н.Петручина, В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц, Деформация электромагнитного импульса при развитии параметрической неустойчивости в слое плазмы. Письма в ЖЭТФ (в печати).

Матюгин С.Н., Н.А.Митяков, В.А.Рыжов, И.С. Шлюгер, Самовоздействие мощных радиоволн в D-области ионосферы, Письма в ЖЭТФ (в печати).

Митяков Н.А., В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц,
Нагрев ионосферы электромагнитным полем в условиях
развитой параметрической неустойчивости.
Известия ВУЗов, Радиофизика (в печати).

Митяков Н.А., В.О.Рапопорт, В.Ю.Трахтенгерц,
Индукцированное рассеяние радиоволн в слое F ионо-
сферы. Геомагнетизм и аэрномия. 1974, 14, 36.

Милих Г.М., Излучение кислорода в нижней
ионосфере в поле сильной электромагнитной волны.
Геомагнетизм и аэрномия (в печати).

Мисюра В.А., И.С.Шлюгер, Ю.К.Часовитин,
Л.А.Пивень, Л.Ф.Черногор, В.Т.Сомов, Техника, ме-
тодика и результаты комплексных исследований ниж-
ней ионосферы. Космические исследования на Украин-
не (в печати).

Мисюра В.А., Л.А.Пивень, Л.Ф.Черногор, Ю.К.Часо-
витин, И.С.Шлюгер, Л.В.Гришкевич, В.А.Иванов,
В.Т.Сомов, Л.Б.Волков, Комплексное исследование
нижней ионосферы различными методами.
Известия ВУЗов, Радиофизика (в печати).

Рыжов В.А.; К теории тепловых эффектов в ионо-
сфере. Известия ВУЗов, Радиофизика (в печати).

Шлюгер И.С., Самомодуляция мощного электромаг-
нитного импульса, отраженного от верхних слоев ионо-
сферы. Письма в ЖЭТФ, 1974, 19, 274.

Шлюгер И.С., Экспериментальные исследования
нелинейных эффектов в E и F -слоях ионосферы.
УФН, (в печати), а

Шлюгер И.С., Некоторые результаты исследований нелинейных эффектов в E -слое ионосферы. Письма в ЖЭТФ (в печати), σ

Шлюгер И.С., В.В.Васьков, Г.М.Милих, В.С.Князюк, Кроссмодуляция импульсных радиоволн в нижней ионосфере при большой мощности возмущающего импульса. Известия ВУзов, Радиофизика (в печати).

Arnush D., B.D.Fried, C.F.Kennel. Convective parametric amplification of electron plasma waves in the ionosphere. J.Geophys.Res., 1974, 79, (in press).

Mityakov N.A., V.O.Rapoport, V.Yu.Trakhtengerts. Induced wave scattering in ionospheric plasma. Planet.and Space Sci., 1974, 22, 95.

Misyra V.A., N.P.Svetlitchny, Yu.K.Chasovitin, I.S.Shlyger, L.V.Bezrodnaya, N.D.Gerasimow, L.A.Piven, I.F.Chernogor. Statistical characteristics and dynamics of ionospheric irregularities as investigated using satellite signal records and ground-based methods at middle and high latitudes. Second General Assembly of IAGA (Kyoto, Japan), 9-21 IX 1973, Preprint.

Perkins F.W., C.Oberman, E.J.Valeo. Parametric instabilities of ionospheric modification. J.Geophys.Res., 1974, 79, 1478.

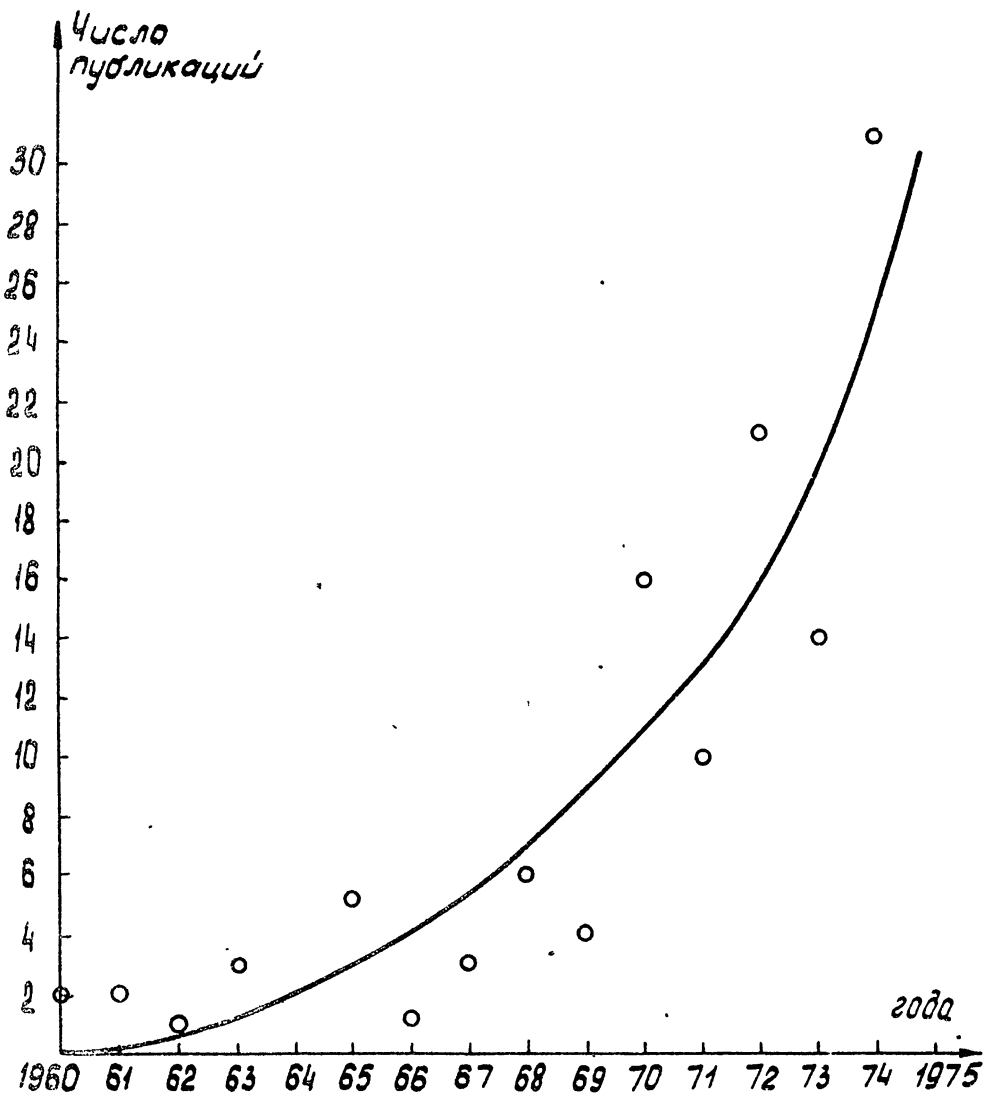
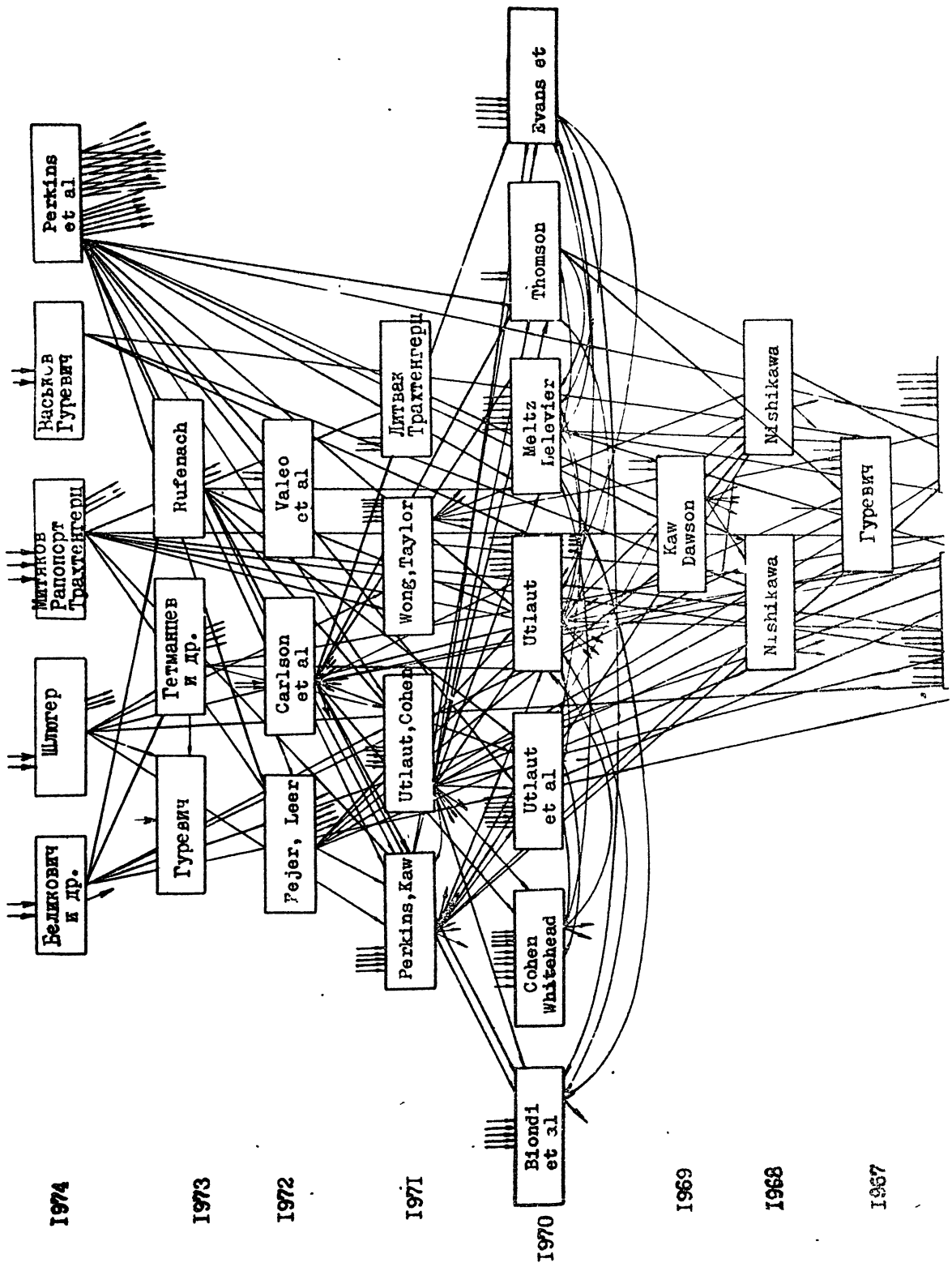


Рис. 1.



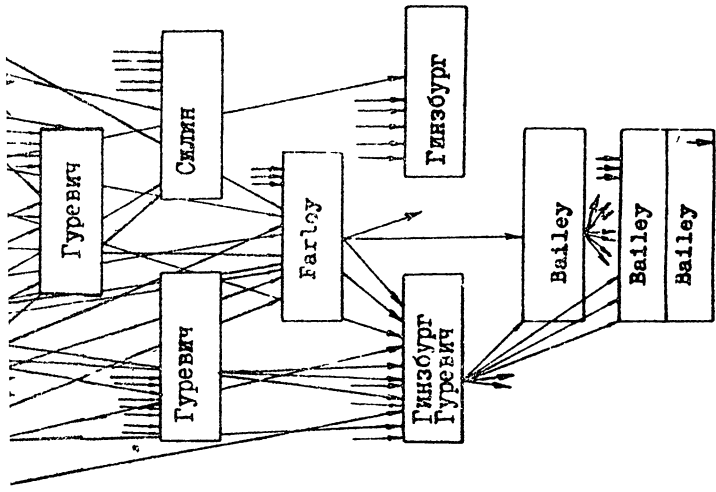


Рис 2

1967

1965

1963

1960

1959

1937

1925