



ВСЕСОЮЗНЫЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР
ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ
И АКАДЕМИИ НАУК СССР (ВИНИТИ)

СПРАВКА О ДЕПОНИРОВАНИИ РУКОПИСИ

Выдана настоящая гр. Соколову А. М. и др.
(фамилия, имя, отчество автора)

в том, что ВИНИТИ депонирована в справочно-информационном фонде

его рукопись «Исследование влияния
(название рукописи)

сложного терминатора на на-
раметры чисел и характеристик
и характеристик частот-
но отраженных в сигналах»
№ 2158-В 90 от 23.04.90.

Реферат (библиографическое описание) настоящей рукописи опубликован

в Библиографическом указателе ВИНИТИ "Депонированные научные
работы", 1990, № 8, б/о 428

(наименование и номер реферативного издания, библиографического указателя)

В соответствии с Инструкцией о порядке депонирования рукописных работ по естество-
вечным, техническим и общественным наукам, утвержденной постановлением Государствен-
ного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, Президиума Академии наук
СССР, Министерства высшего и среднего специального образования СССР и Главного
управления по охране государственных тайн в печати при Совете Министров СССР от
14 мая 1971 г. № 157/13, авторы депонированных рукописей сохраняют права, вытекающие
из законодательства об авторском праве, но не могут претендовать на выплату гонорара;
депонированные рукописи приравниваются к опубликованным печатным изданиям.

Директор ВИНИТИ

Зак. 9152

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
ХАРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ И ОРДЕНА
ДРУЗЬЕ НАРОДОВ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. А.М.ГОРЬКОГО

№ 2158-В90

ГАСНТИ 29.35.19

УДК 550.385.37+550.388.2

А.М.Гоков, А.И.Гритчин, В.А.Мисюра

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕРМИНАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ
НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТИЧНО ОТРАЖЕННЫХ КВ
СИГНАЛОВ

Харьков 1990

ПРОГ ПМК ВИДЕЛИ № 8

Дем. 103

Введение. Солнечный терминатор является мощным естественным источником возмущений ионосферы и атмосферы Земли. При восходе и заходе Солнца в ионосфере происходит изменение концентрации электронов N , температуры, химического состава среды и т.д. Наряду с этими сравнительно медленными изменениями, обусловленными медленным изменением потока радиации, в ионосфере возникают слабые квазипериодические колебания её параметров с периодами $T \ll$ суток и различными масштабами [1]. Изучению этих явлений посвящен целый ряд как теоретических, так и экспериментальных работ (смотри например [1 - 6]).

Сравнительно хорошо изучено проявление влияния солнечного терминатора на параметры E и F - областей ионосферы Земли [2 - 6]. Изучение ведется с помощью метода вертикального зондирования (ВЗ) [2,3], доплеровских измерений [7] и т.д.

Значительно хуже изучено влияние солнечного терминатора на параметры D - области ионосферы. Это объясняется, в первую очередь, трудностью проведения длительных (часы-сутки) систематических измерений параметров D - области ионосферы известными методами.

В работе [6] сообщается о динамике искусственных периодических неоднородностей в нижней части D - области ионосферы на восходе и заходе Солнца. Эти единичные измерения проведены в средних широтах (СШ) вблизи г. Горького методом частичных отражений (ЧО).

В [8] приводятся результаты наблюдения вечером при помощи коротковолнового (КВ) радиолокатора в Гус - Бей (Лабрадор) обратного рассеяния от декаметровых неоднородностей в нижней ионосфере.

В [1] указывается еще на несколько более ранних работ, где отмечено проявление солнечного терминатора в D - области ионосферы. Результаты этих работ являются эпизодическими и не дают какого-либо ясного представления о влиянии восходно-заходных явлений на параметры D - области ионосферы.

В данной работе приведены экспериментальные результаты, полученные методом ЧО в СШ в восходно - заходные периоды в различные времена года в течение 1983 - 1989 гг.

2158-90

ИСТОЧНИК ЦИФРОВОЙ КОПИИ № 9

9222.1009

Экспериментальная техника и методика исследований.

Наблюдения ЧО сигналов и шумов проводились на стационарном радиотехническом комплексе аппаратуры для исследования нижней ионосферы [9] методом ЧО в СШ вблизи г. Харькова ($\varphi \approx 49,5^\circ N$, $\lambda \approx 36,3^\circ E$). Основные параметры комплекса были: рабочие частоты $f = 2 - 4$ МГц, длительности зондирующих импульсов $\tau = 25$ мкс с частотой повторения $F = 10$ Гц; эффективная излучаемая мощность $P_G \approx 10$ МВт. Регистрация амплитуд смеси ЧО сигнала и шума $A_{с,н,с+ш}$ (раздельно регистрировались амплитуды обыкновенной "о" и необыкновенной "н" компонент принятых сигналов) проводилась на перфоленту с помощью специализированных устройств и на магнитную ленту с помощью модернизированной ЭВМ "Напри 3 - I" и СМ - I420 с 14 высотных уровней начиная с 45 км (или 60 км) через 3, 6, 12 км. Для выделения ЧО сигнала (с целью получения параметров нижней ионосферы) одновременно с регистрацией $A_{с,н,с+ш}$ регистрировались амплитуды шума $A_{о,н,ш}$ принимаемого на данной рабочей частоте, в момент времени, предшествующий излучению зондирующего импульса.

Измерения выполнялись в период 1983 - 1989 гг. в различные времена года, длительность регистраций составляла 2 - 8 часов в восходно - заходные периоды. Кроме того проведено несколько круглосуточных сеансов наблюдений в различные сезоны года.

Условия проведения экспериментов указаны в таблице I, где W - относительное число солнечных пятен и F - плотность потока радиоизлучения на частоте 3000 МГц - характеризуют солнечную активность.

Для каждого периода измерений вычислялись моменты восхода и захода солнца, отнесенные к различным высотам D-области ионосферы и уровню поверхности земли.

Контроль за вышележащими E и F - областями ионосферы осуществлялся с помощью установки вертикального зондирования.

Иногда наряду с анализом поведения параметров D-области и принимаемых шумов, рассматривалось поведение спорадического слоя E_s в восходно - заходные периоды.

Экспериментальные результаты.

После обработки экспериментальных данных получали и анализировали массивы $\overline{A_{0,нс}^2}(t)$, $\overline{A_{0,нш}^2}(t)$ (здесь t - время, черта сверху означает усреднение за 30 или 60 с), их дисперсии $D A_{0,нс}^2(t)$, $D A_{0,нш}^2(t)$ и коэффициентов взаимной корреляции $\rho_{A_{0с}A_{нс}}(t)$, $\rho_{A_{0ш}A_{нш}}(t)$ для каждого эксперимента из табл. I.

Анализ полученных данных показал, что в утренние часы во время прохождения солнечного терминатора примерно в 50% случаев наблюдаются ЧО сигналы от неоднородностей D-области ионосферы, которые существуют (проявляются на фиксированных рабочих частотах из диапазона $f = 2 - 4$ МГц), как правило, 10 - 25 минут, затем исчезают и регистрируются вновь с этих высот через 1,5 - 2,5 часа после прохождения терминатора (летом на ~ 1 час раньше, чем зимой). Часто наблюдаемые ЧО сигналы (примерно в 70 - 80 % случаев) имеют квазипериодический характер, нижняя граница их опускается по высоте на несколько (~ 5 - 7) км, высотный диапазон, в котором возникают ЧО сигналы ~ 12 - 15 км, редко больше 15 км.

Заметных отличий в характере поведения ЧО сигналов в период прохождения утреннего терминатора в различные сезоны года по нашим данным не обнаружено.

По методике [10] проводился анализ природы ЧО сигналов, возникающих после прохождения утреннего терминатора. Практически во всех случаях в принимаемых ЧО сигналах доминировала рассеянная составляющая, френелевская (когерентная) составляющая существовала редко и по интенсивности была значительно меньше рассеянной составляющей. Этот факт наводит на мысль о том, что утренний терминатор не вызывает резких (сильных) градиентов электронной концентрации в D-области ионосферы.

Электронная концентрация, которая вычислялась для этих случаев в диапазоне существования ЧО по методике [11], не превышала $4 - 5 \cdot 10^2$ см⁻³.

На рис. I приведены типичные высотные профили $N(z)$ (z - высота в км), соответствующие утренним терминаторным условиям 8.06.89 (кривая I) и 25.09.86 (кривые 2,3). Профили $N(z)$ вычислены за период в 10 минут (профили 2 и 3 вычислены за первые и последующие 10 минут существования ЧО в терминаторный период). Отличия в значениях N находятся в пределах погрешности метода ЧО (она $\sim 30\%$ [12]).

Отметим, что ЧО от неоднородностей D-области ионосферы появляются с задержкой от единиц до десятков минут ко времени прохождения утреннего терминатора, т.е. реакция D-области на этот источник возмущения не мгновенная.

В вечерние часы перестройка в D-области ионосферы начинается задолго до прохождения терминатора (примерно за 1-1,5 часа), интенсивность ЧО сигналов уменьшается и сразу после захода солнца нижняя высотная граница существования ЧО поднимается на $\sim 10-20$ км в течение 30-60 минут. При этом область, в которой происходят ЧО радиоволн, постепенно сужается до 12-18 км (верхняя высотная граница ЧО поднимается на 8-12 км), а частичные отражения на фиксированных высотах носят часто квазиволнистый характер как и в утренние часы.

Электронная концентрация N уменьшается по сравнению с полуденными значениями почти на порядок. Это иллюстрирует пример на рис.2, где приведены профили $N(z)$, полученные 19.03.83 г. вблизи г. Харькова (кривые: 1 - соответствует околополуденному времени, 2 - в период прохождения солнечного терминатора через D-область ионосферы, 3 - примерно через 40 минут после захода Солнца).

Представляет интерес также поведение шумов в периоды восхода и захода Солнца, так как, в отличие от частично отраженных сигналов, они уверенно, но по-разному для "о" и "н" составляющих, регистрируются круглосуточно.

Анализ $A_{o,н}^2(t)$ указанного в табл. I массива данных позволил выявить некоторые особенности. Практически всегда после прохождения терминатора наблюдаются квазиволнистые изменения

$\overline{A_{0,нш}^2}(t)$. Можно предположить, что они вызваны прохождением акустико-гравитационных (АГВ) волн, генерируемых солнечным терминатором [1] также как и квазипериодические изменения $A_{0,нс}^2(t)$ в этот период.

Отметим, что в период захода Солнца квазипериодические изменения $A_{0,нс}^2(t)$ и $A_{0,нш}^2(t)$ начинаются практически в момент прохождения терминатора или даже за некоторое время до него.

Для выявления характерных периодов T акустико-гравитационных волн, генерируемых терминатором, проводилась спектральная обработка массивов значений $A_{0,нс}^2(t)$ и $A_{0,нш}^2(t)$, полученных в различные сезоны года, методом Блэкиена - Тьюки (смотри [13]).

Характерные периоды T , соответствующие отдельным пикам в энергетических спектрах волнообразных возмущений $A_{0,нс}^2(t)$ и $A_{0,нш}^2(t)$, приведены в таблице 2.

В спектрах, как правило, доминируют периоды волнообразных возмущений $4 < T < 15$ минут, но в общем случае периоды изменяются от ~ 2 до ~ 40 минут.

В этой же таблице приведены характерные длительности t этих волновых процессов, полученные из анализа экспериментальных данных.

Поскольку анализу подвергались длительные массивы экспериментальных данных (по 1 - 2 часа и более до и после прохождения терминатора), то было обнаружено, что терминатор усиливает иногда некоторые спектральные составляющие акустико-гравитационных волн, существующие в ионосфере до прохождения терминатора, некоторые же, наоборот - уменьшает. Четкой картины установить не удалось.

Анализ нашего массива экспериментальных данных позволяет установить, что с уменьшением солнечной активности возрастает влияние терминатора в нижней ионосфере. Однако для окончательного выявления влияния солнечной активности на проявление терминатора в нижней ионосфере необходимо значительное дополнение имеющегося массива данных.

Исследование корреляционных характеристик шумов и ЧО
 сигналов (их коэффициентов корреляции $\rho_{A_{0,нш}}(t)$ и $\rho_{A_{0,нс}}(t)$)
 в восходно - заходные периоды показало, что они, в основном,
 (также как и $D_{A_{0,нш}}^2(t)$ и $D_{A_{0,нс}}^2(t)$) повторяют времен-
 ной ход $A_{0,нш}^2$ и $A_{0,нс}^2$.

2158-80

ЦИОНТ ЦИК ВЕНТИЛ № 3

Фен. 103

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сомсиков В.М. Солнечный терминатор и динамика атмосферы. Алма-Ата: Наука, 1983.- 192 с.
2. Чернышева С.П., Шефтель В.М., Царенская Э.Г. Волновые возмущения электронной концентрации в ионосфере вблизи солнечного терминатора. Геомагнетизм и аэрномия, 1985, т.25, №1, с.143-146.
3. Кебсаин В.В., Нагорский П.М., Таращук Ю.В., Цыбиков Б.Б. Волновые возмущения в области , вызываемые солнечным терминатором. В кн.: Волновые возмущения в ионосфере. 1987, Алма-Ата, с.84-89.
4. Антонова В.П., Гусейнов Ш.Ш., Дробжев В.И. и др. Комплексное экспериментальное исследование волн в атмосфере, генерируемых солнечным терминатором. Физика атмосферы и океана. 1988, №2, с.134-143.
5. Депенев В.Х., Фаткуллин М.Н. Доплеровские измерения вблизи солнечного терминатора при вертикальном зондировании на станции Москва в условиях периода низкой активности Солнца. Препринт ИЗМИР АН СССР, № 50/664, 1986, 12 с.
6. Беликович В.В., Бенедиктов Е.А. Искусственные периодические неоднородности в нижней части D-области На восходе и заходе солнца. Геомагнетизм и аэрномия, 1986, т.26, №5, с. 837-839.
7. Антонова В.П., Аушев В.М., Зусманович А.Г., Толстопатов Н. Вариации космических лучей, связанные с терминаторными волнами в ионосфере. Ионосферные волновые возмущения. Алма-Ата, 1988, с.90-97.
8. Ruohomemi J.M., Greenvald R.A., Villian I.P. et.al. Coherent HF-radar backscatter from small-scale irregularities in the dusk sector of the subauroral ionosphere. J. of Geophys. Res. A.-1988, V 93, pp.12871-12882.
9. Гритчин А.И., Дорохов В.Л., Концевая Л.Г. и др. Стационарный комплекс аппаратуры для исследования нижней ионосферы методом частичных отражений. Вестн. Харьк. ун-та, 1988, № 318,

26.8.87

Рем. 103

- Радиофизика и электроника, с. 21-24.
- Ю. Мисюра В. А., Пивень Л. А., Федоренко Ю. П. О природе частично отраженных сигналов. В кн.: Ускорение частиц и плазменные эффекты в космосе. Киев, Наукова думка, 1978, с. 21-24.
- П. Гоков А. М., Пивень Л. А., Федоренко Ю. П. К определению электронной концентрации D-области ионосферы по амплитудным измерениям частично отраженных сигналов. Радиотехника. Харьков, 1990, вып. 93, с. 17-21.
- Г. Беликович В. В., Бенедиктов Е. А., Вяхирев В. Д., Гончаров Н., Гришкевич Л. В. О погрешностях определения концентрации электронов D-области ионосферы методом частичных отражений. Геомагнетизм и аэронавтика, 1983, т. 23, № 2, с. 202-207.
- Г. Дженкинс Г., Ватс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971, вып. 2, 288 с.

Таблица I
Сведения об экспериментах.

Дата	Период измерений	φ , МГц	F	W
23.01.85	7.38- 20.01	2,098	81	41
24.01.85	14.37- 21.56	2,098	76	46
28.03.85	18.00-20.17	2,9	75	33
29.05.85	18.25 22.30	2,31	67	0
20.09.85	18.22- 20.02	2,31	64	11
05.06.86	21.00- 22.51	2,2	30	5
18.09.86	14.26- 24.00	2,2	60	40
25.09.86	4.54- 10.07	2,02	69	47
	17.53- 21.40			
02.10.86	14.50- 22.48	2,62	66	27
15.10.86	13.40- 23.15	2,3	70	19
17.10.86	14.38- 22.13	2,3	72	19
23.12.86	15.40- 20.31	2,2	62	0
19.06.87	00.21- 08.15	2,2	0	16
20.06.87	02.01- 05.45	2,2	10	22
13.08.87	18.30- 21.20	2,2	88	44
28.09.87	16.30- 21.36	2,21	102	-
01.10.87	17.46- 24.00	2,3	77	33
16.10.87	15.23- 20.32	2,2	90	38
28.10.87	17.40- 20.35	2,2	102	-
17.12.87	06.00- 08.30	2,098	92	36
15.03.88	18.30- 22.43	2,31	90	59
14.09.88	07.20- 10.20	2,31	97	99
	16.57- 23.33			
21.09.88	04.56- 07.00	2,31	129	217
15.11.88	06.13- 08.41	2,7	128	150
-1-	-2-	-3-	-4-	-5-

ПРОТ ДЕК ВИННИ № 3

Dem. 103

25 8517

II

Таблица I (продолжение)

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-
21.03.-				
22.03.89	суточный	2,2	-	-
07.06-				
08.06.89	суточный	2,31	-	-
26.06-				
27.06.89	суточный	2,31	-	-
17.10-				
18.10.89	суточный	2,2	-	-

ПРОГН. ЛИС ВЕНЕЦИИ № 9

Фев. 109

26.8.89

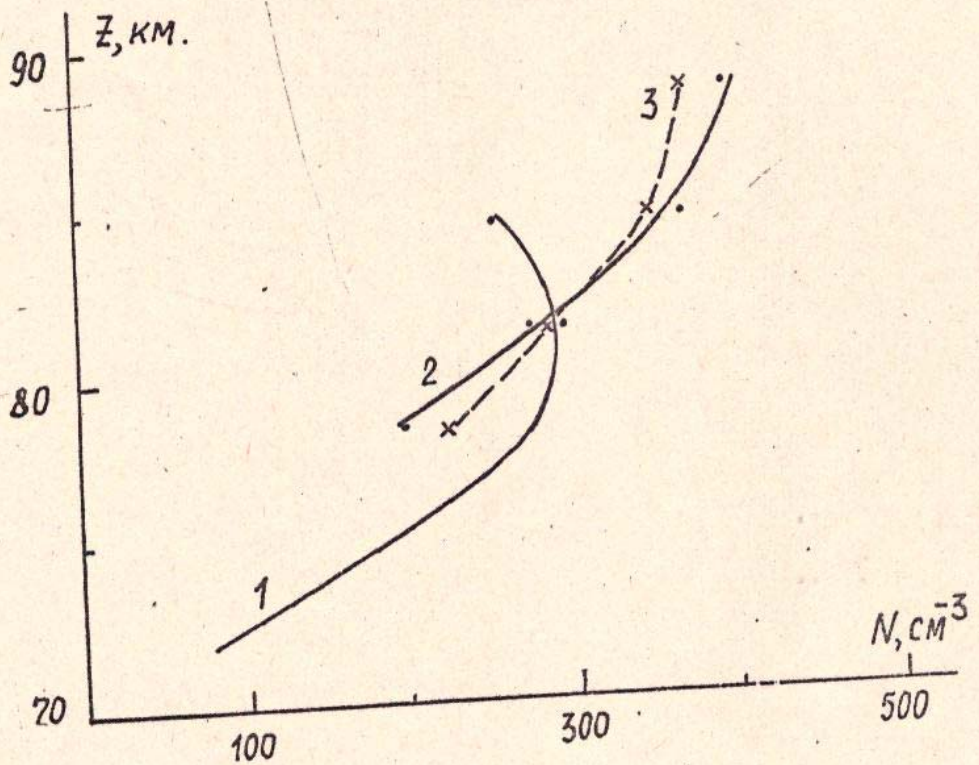


Рис 1. Профили Электронной концентрации, полученные по измерениям методом частичных отражений в околотерминальное время утром 08.06.89 (кривая 1) и 25.09.86 (кривые 2,3) в СШ.

ЦИОНЛ ПИК ВИННИПИГ № 9

28-95/2

724.109

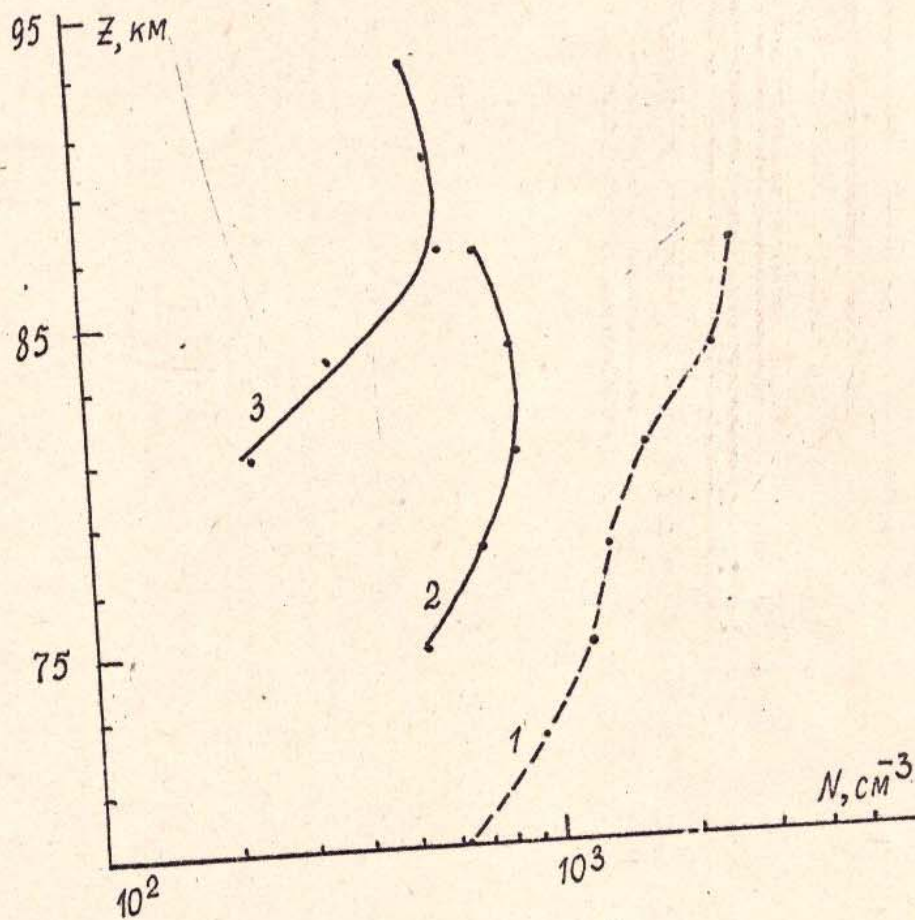


Рис. 2. Профили электронной концентрации, полученные 19.03.83 в различные времена дня: кривая 1 - вблизи местного полдня, кривая 2 - во время прохождения терминатора, кривая 3 - через 40 минут после захода солнца.

2158-90
 ПИОНЕР ПИК ВЫИТИИ № 3

Den. 103

Фен. 103

8 ч. ІЛІНІЯ МІЛІ ЛНОМІ

2158.50

таблица 2.
Параметры волновых возмущений, вызываемых терминатором.

Время года	Утро		Вечер	
	T, мин.	t, мин.	T, мин.	t, мин.
Время года				
зима	3 - 5	20 - 25	7 - 15	35 - 50
весна	4 - 6	20	2 - 3	15
			7 - 9	35 - 40
лето	2 - 3	10 - 15	15 - 20	80 - 120
	6 - 10	60		
осень	3 - 5	20 - 25	4 - 7	40

25-8512

ИЗДАТЕЛЬСТВО ВИНИТИ № 3

Печатается в соответствии с решением Совета радиофизического факультета Харьковского государственного университета им. А.М.Горького от 16 марта 1990 года.

В печать 27.03.90

Зак. 32792

Тир. 1

Производственно-издательский комбинат ВИНИТИ
Люберцы, Октябрьский пр., 403

Дев. 103