

ПОЛЯРИМЕТРИЯ НОВОЙ V339 Del

Д.Н.ШАХОВСКОЙ¹, К.А.АНТОНЮК^{1,2}, С.П.БЕЛАН¹

Поступила 13 июня 2016

Принята к печати 14 декабря 2016

В результате поляриметрических *UBVRI* наблюдений Новой V339 Del в период 5-108 дней после максимума вспышки 2013г. обнаружена переменность степени линейной поляризации с амплитудой около 0.2%. Характер переменности параметров поляризации указывает на формирование в период до 30 дней после максимума вспышки несферической рассеивающей оболочки, геометрия которой имеет скорее биполярный, чем дискообразный характер. На ранней небулярной стадии (30-100 дней после максимума) наблюдалась переменность позиционного угла собственной поляризации, что указывает на отклонение формы оболочки от осевой симметрии.

Ключевые слова: *звезды: Новые звезды: кривая блеска: поляризация*

1. *Введение.* Новая N Del 2013 (V339 Del) была открыта 14 августа 2013г. [1], и достигла максимального блеска $V \sim 4^m$. 2 16 августа 2013г. Кривая блеска в полосе *R* по данным AAVSO приведена на рис.1. Кривая блеска типична для "быстрых" новых, однако имеет особенность в виде плато на 20-40 дней после максимума. Спектроскопические исследования [2,3] показывают, что до стадии плато основным источником видимого излучения

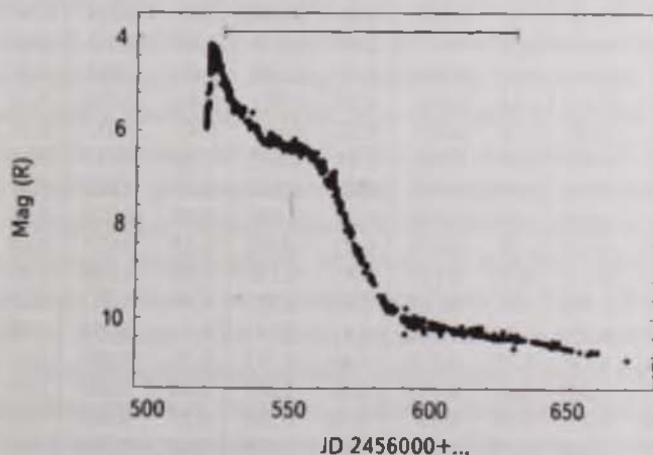


Рис.1. Кривая блеска Новой V339 Del в полосе *R* по данным AAVSO. Горизонтальной линией отмечен интервал поляриметрических наблюдений.

является оптически толстая в континууме оболочка, на плато значительный вклад принадлежит оптически тонкому газу. Стадия быстрого падения блеска после плато соответствует "ранней небулярной фазе" [3]. Анализ профилей спектральных линий на поздних стадиях указывает на довольно сложную, несферическую структуру оболочки, с тремя и более компонентами в профилях спектральных линий [3]. Поляриметрические наблюдения чувствительны именно к отклонениям формы оболочки от сферической симметрии и могут обеспечить дополнительные ограничения и независимые оценки для моделирования параметров оболочки по спектроскопическим данным.

2. *Наблюдения.* Поляриметрические наблюдения V339 Del проводились в интервале дат JD 2456526-2456629 (соответственно с 5 до 108 дней после максимума вспышки), отображенном горизонтальным отрезком на рис.1. Наблюдения проводились на 1.25-м телескопе АЗТ-11 в КрАО с помощью *UBVRI* фотометра-поляриметра. Данный прибор позволяет одновременно проводить фотоэлектрические и поляриметрические наблюдения в пяти полосах с эффективными длинами волн 0.36, 0.44, 0.53, 0.69 и 0.83 мкм. В поляриметре

Таблица 1а

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ (СТЕПЕНЬ
ПОЛЯРИЗАЦИИ) V339 Del

JD	U		B		V		R		I	
	P, %	σ_P	P, %	σ_P	P, %	σ_P	P, %	σ_P	P, %	σ_P
2456000+...										
526.43	0.58	0.044	0.57	0.023	0.56	0.034	0.50	0.014	0.36	0.017
527.39	0.49	0.023	0.57	0.025	0.46	0.031	0.51	0.013	0.33	0.015
528.41	0.43	0.029	0.43	0.021	0.34	0.038	0.45	0.013	0.32	0.017
529.40	0.41	0.058	0.44	0.033	0.40	0.044	0.46	0.014	0.34	0.021
530.41	0.34	0.026	0.38	0.03	0.40	0.035	0.45	0.014	0.31	0.019
531.42	0.50	0.047	0.47	0.031	0.45	0.045	0.48	0.014	0.35	0.019
532.38	0.40	0.051	0.44	0.036	0.36	0.051	0.44	0.016	0.32	0.024
534.38	0.40	0.040	0.45	0.029	0.33	0.048	0.41	0.017	0.28	0.023
537.47	0.56	0.131	0.48	0.066	0.45	0.052	0.36	0.017	0.31	0.023
541.46	0.47	0.104	0.45	0.045	0.42	0.062	0.36	0.019	0.27	0.024
547.35	0.41	0.059	0.35	0.049	0.27	0.069	0.30	0.023	0.22	0.029
563.35	0.43	0.123	0.38	0.075	0.43	0.082	0.34	0.027	0.28	0.045
577.25	0.55	0.133	0.39	0.127	0.41	0.156	0.39	0.034	0.40	0.059
586.28	0.52	0.193	0.57	0.128	0.85	0.215	0.34	0.053	0.23	0.086
591.25	0.30	0.137	0.32	0.108	0.42	0.181	0.31	0.054	0.08	0.081
598.24	0.17	0.185	0.27	0.112	0.44	0.212	0.51	0.057	0.34	0.113
607.19	0.37	0.203	0.61	0.133	0.42	0.207	0.44	0.061	0.57	0.152
612.19	0.65	0.257	0.69	0.18	0.74	0.261	0.27	0.065	0.65	0.144
616.29	0.91	0.548	0.77	0.305	0.61	0.429	0.69	0.100	0.41	0.235
617.21	0.56	0.210	0.53	0.132	0.23	0.235	0.34	0.054	0.28	0.139
629.20	0.45	0.286	0.65	0.145	0.81	0.231	0.32	0.067	0.62	0.163

Таблица 16

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ
(ФАЗОВЫЙ УГОЛ) V339 Del

JD 2456000+...	U		B		V		R		I	
	$\Theta, ^\circ$	$\sigma\Theta$	$\Theta, ^\circ$	$\sigma\Theta$	$\Theta, ^\circ$	$\sigma\Theta$	$\Theta, ^\circ$	$\sigma\Theta$	$\Theta, ^\circ$	$\sigma\Theta$
526.43	51.6	2.1	49.6	1.1	50.9	1.7	50.1	0.8	49.6	1.3
527.39	48.2	1.3	46.7	1.2	47.1	1.9	49.1	0.7	49.6	1.3
528.41	48.4	1.9	48.2	1.3	47.5	3.0	50.2	0.8	48.0	1.5
529.40	46.7	3.9	51.8	2.0	49.2	3.1	50.5	0.8	49.4	1.7
530.41	45.2	2.1	46.7	2.2	48.0	2.4	47.8	0.8	49.4	1.7
531.42	40.1	2.6	47.4	1.8	48.2	2.7	50.5	0.8	54.8	1.5
532.38	43.4	3.5	50.1	2.2	41.2	3.9	50.4	1.0	50.4	2.1
534.38	33.9	2.8	46.5	1.8	44.8	4.1	51.2	1.1	49.1	2.2
537.47	49.0	6.5	63.5	3.8	42.1	3.2	48.5	1.3	47.1	2.0
541.46	45.5	6.2	49.4	2.8	49.2	4.1	50.8	1.4	48.2	2.5
547.35	36.4	4.0	50.8	3.9	48.2	7.0	41.6	2.1	50.0	3.6
563.35	31.6	7.9	49.8	5.4	55.4	5.3	45.5	2.2	59.2	4.5
577.25	40.5	6.7	39.0	8.9	21	10	47.4	2.4	44.4	4.1
586.28	53	10	59.9	6.3	57.7	7.0	50.3	4.3	37.0	9.8
591.25	46	12	52.0	9.2	46	11	39.8	4.8	57	21
598.24	81	34	26	10	46	12	48.7	3.1	51.3	9.0
607.19	7	14	29.2	6.0	53	12	45.7	3.9	47.4	7.4
612.19	70	10	62.9	7.3	63.2	9.6	47.4	6.7	27.8	6.2
616.29	73	11	68	10	45.8	7.4	42.3	4.0	28	14
617.21	31	10	39.4	6.9	1	22	31.4	4.5	79	13
629.20	33	20	49.7	6.2	50.2	7.9	42.5	5.7	54.7	7.2

[4] используется пластина Савара как поляризационный анализатор; пятикомпонентная ахроматическая полуволновая фазовая пластинка, вращающаяся с шагом 22.5 градуса, установленная перед анализатором и механический модулятор, перебрасывающий поочередно, с частотой 25 Гц, обыкновенный и необыкновенный лучи анализатора на пять ФЭУ, с делением пучка на спектральные полосы с помощью дихроичных фильтров.

При обработке поляриметрических наблюдений учитывалась инструментальная поляризация, определявшаяся по наблюдениям стандартных звезд с малой и большой поляризацией, отдельно для каждого фильтра и усредняемая за 1-2 месяца. Точность ее определения была не хуже $\sim 0.02\%$ в полосах R1 и $\sim 0.04\%$ в полосах UVV. Для каждой ночи наблюдений вычислялись средние значения нормализованных параметров Стокса $P_x = U/I$, $P_y = Q/I$, и их среднеквадратичные ошибки. Степень линейной поляризации и позиционный угол, представленные в табл. 1, вычислялись из усредненных нормализованных параметров Стокса.

Для анализа переменности поляризации более подходящими, чем степень

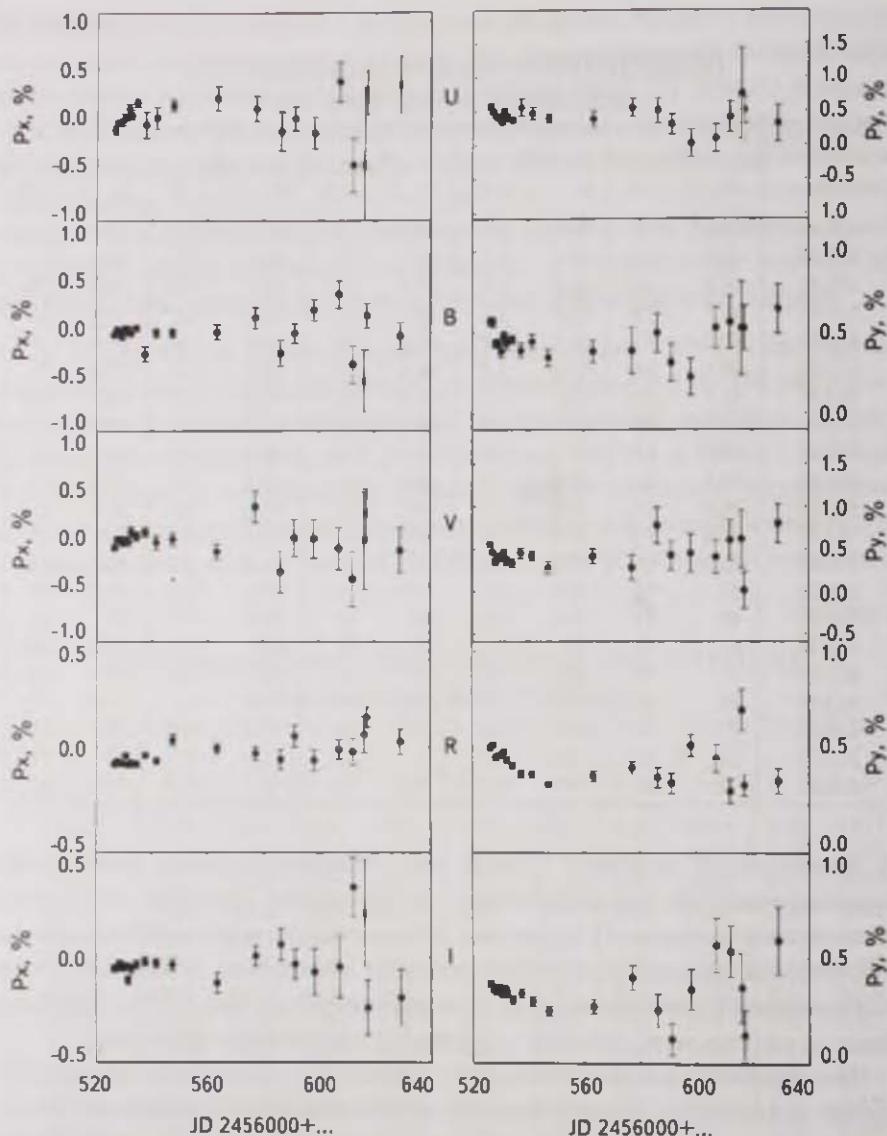


Рис.2. Переменность нормализованных параметров Стокса в полосах *UBVRI*.

поляризации являются параметры P_x , P_y , поскольку наличие постоянного межзвездного компонента поляризации сказывается на них только как сдвиг нуля-пункта. Переменность этих параметров со временем представлена на рис.2.

3. *Оценка степени и позиционного угла собственной поляризации.* Как видно из рис.2, переменность, значительно превышающая ошибки наблюдений, наблюдается только в полосах R и только у параметра P_u . Амплитуда этого спада P_u , наблюдавшегося на начальном этапе вспышки, до 30 дней после максимума, составляет примерно 0.2%. Она может служить лишь оценкой снизу для степени собственной поляризации, поскольку значение межзвездной поляризации неизвестно. Более того, неизвестно какое из экстремальных значений P_u соответствует максимуму и минимуму собственной поляризации. Исследование межзвездной поляризации по звездам окрестности, скорее всего, не намного улучшило бы ситуацию, поскольку такое исследование, как правило, не позволяет оценить межзвездную поляризацию с точностью более чем 0.2%.

Существуют методы определения межзвездного (или любого постоянного) компонента наблюдаемой поляризации с большей точностью, основанные на моделях переменного компонента. Они применимы, если удастся обнаружить некоторые ограничения для него, например, если и позиционный угол переменного компонента и его спектральная зависимость постоянны. Анализ графиков на рис.3 и 4 дает основания считать такие условия выполняющимися для начального этапа вспышки, где наблюдался спад параметра P_u . Корреляция параметра P_u в полосах R и I (рис.4) указывает на постоянство волновой зависимости переменного компонента. Наблюдения в этом интервале на плоскости параметров Стокса ложатся на прямую линию (рис.3), что указывает на постоянство

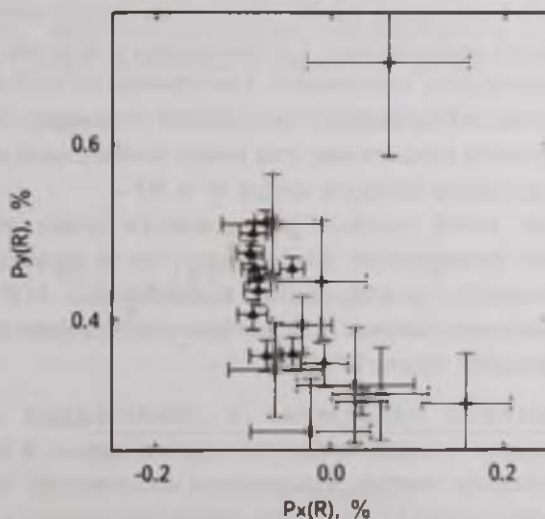


Рис.3. Данные наблюдений в полосе R на плоскости нормализованных параметров Стокса P_x , P_u . Кружки - наблюдения после JD 2456563.

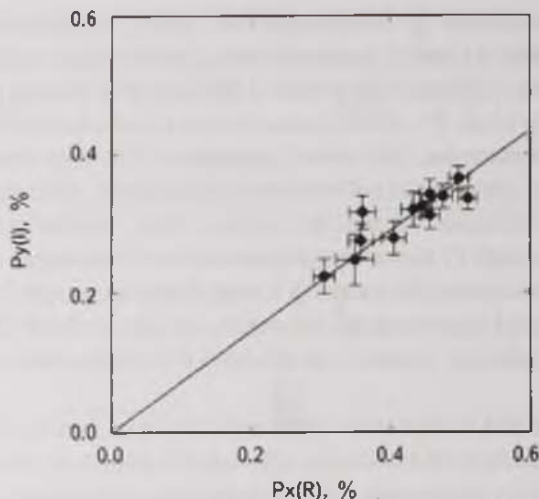


Рис.4. Корреляция нормализованного параметра Стокса P_y в полосах R и I в интервале JD 2456526-2456547.

позиционного угла переменного компонента.

Однако на тех же рисунках видно, что соответствующие регрессионные прямые, к которым тяготеют наблюдаемые точки данных, проходят через, или очень близко к началу координат. То есть "показатель цвета" переменного компонента равен показателю постоянного компонента, а их позиционные углы либо совпадают, либо отличаются на 90° . Это делает использование модели переменного компонента невозможным. Согласованным с моделью оказывается любое положение параметров постоянного компонента на соответствующих линиях регрессии. Однако для дальнейших соображений о геометрии и ориентации оболочки важным является ограничение угла между плоскостями межзвездной и собственной поляризации выбором между 0° и 90° .

Не противоречит такой картине переменности также возможность пренебрежимо малой межзвездной поляризации, но ее можно отбросить, исходя из значительного межзвездного покраснения $E(B - V) = 0.18$, определенного по спектрофотометрии [3,5], которое статистически соответствует межзвездной поляризации около 1.5% [6].

4. Предполагаемая геометрия и ориентация оболочки.

Предположив совпадение позиционных углов межзвездного и переменного компонентов, необходимо считать максимум собственной поляризации начальный момент наблюдений (5 дней после максимума блеска), а минимум - момент, соответствующий стадии плато (30 дней после максимума блеска). Это противоречит известным из спектроскопии характеристикам оболочки

Новой. Действительно, любые механизмы рассеяния обеспечивают деполаризацию при многократном рассеянии в оптически толстой оболочке, наблюдающейся вблизи максимума вспышки. Напротив, наблюдающееся на стадии плато сочетание оптически толстого источника континуума и ионизованной оболочки, излучающей в линиях, обеспечивает максимально благоприятные условия для однократного рассеяния на свободных электронах в оболочке и, следовательно - для максимума наблюдаемой поляризации. Таким образом, более вероятным вариантом следует признать ортогональность межзвездного и собственного компонентов наблюдаемой поляризации.

Такая взаимная ориентация оболочки Новой и галактического магнитного поля вряд ли является случайной. Новые являются сравнительно молодыми объектами, с большой вероятностью сформировавшимися при современном направлении магнитного поля и с предпочтительной ориентацией оси вращения вдоль поля. В таком случае ортогональность поляризации при рассеянии в оболочке и межзвездной поляризации обеспечивается при биполярной геометрии оболочки, а совпадение плоскостей межзвездной и собственной поляризации - при дисковой геометрии.

Таким образом, доминирующей структурой в оболочке на стадии плато, где наблюдается максимум поляризации, видимо, являются полярные полости, что вполне соответствует выводам спектроскопических исследований [2,3].

5. *Возможные отклонения от осевой симметрии.* При рассеянии осесимметричной оболочкой, с изменением ее формы и других параметров позиционный угол результирующей поляризации может либо оставаться постоянным, либо скачкообразно поворачиваться на 90° . В плоскости параметров Стокса наблюдаемые параметры поляризации остаются на одной

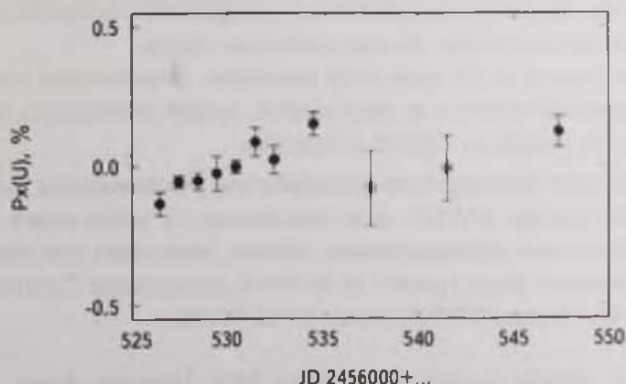


Рис.5. Переменность нормализованного параметра Стокса P_x в полосе U на начальном этапе затухания вспышки

линии. Это действительно имеет место для полос IR на начальном этапе затухания вспышки (рис.4).

В случае наших данных, поскольку такая линия для этого периода вертикальна (рис.3), любая значимая переменность параметра P_x является признаком отклонения от осевой симметрии. В полосе R после JD 2456547 (21 день после максимума блеска) заметно значимое увеличение P_x : все наблюдения, полученные позже, лежат справа от вертикальной линии, образованной точками наблюдений на раннем этапе развития вспышки. Смещение среднего этой группы точек составляет $0.09 \pm 0.02\%$, и не обнаруживается для остальных полос, где ошибки наблюдений в несколько раз превышают ошибки в полосе R.

Другой значимый эпизод переменности P_x наблюдался в полосе U в самом начале периода наблюдений, до JD 2456535 или до 14-го дня после максимума блеска (рис.5). В данном случае отсутствие такого эффекта в других полосах не может быть следствием ошибок наблюдений. Возможной интерпретацией этого эффекта является наличие "горячих пятен" на поверхности оптически толстой оболочки, существующей на этой стадии, с механизмом образования поляризации аналогичным используемому в моделях для запятненных звезд [7].

6. *Заключение.* В целом картина эволюции новой V339 Del по данным поляризационных наблюдений такова:

На ранней стадии спада блеска, до 25 дней после максимума, происходил рост собственной поляризации, связанный с уменьшением оптической толщи биполярной, осесимметричной оболочки. В начале этого периода есть основания предполагать наличие несимметричных "горячих пятен" в фотосфере оптически толстой оболочки. Максимальная собственная поляризация составляет не менее 0.2% и наблюдалась на стадии фотометрического плато.

После фазы плато и до 100 дней после максимума существенных изменений свойств рассеивающей оболочки не происходило, однако наблюдались признаки отклонения ее геометрии от осевой симметрии.

Авторы выражают благодарность наблюдателям, участвовавшим в создании всемирной базы данных AAVSO, за использование их наблюдений. Данная работа, в части анализа наблюдательных данных, выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 14-50-00043, направление "Экзопланеты") и при поддержке фонда РФФИ (грант 15-02-06178).

¹ Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым

² Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, Россия, e-mail: kirillantoniuk@gmail.com

POLARIMETRY OF THE NOVA V339 Del

D.N.SHAKHOVSKOY, K.A.ANTONYUK, S.P.BELAN

In course of our *UBVRI* polarimetric observations of the Nova V339 Del, during 5-108 days after the outburst maximum, we observed variability of linear polarization with amplitude of about 0.2%. The pattern of polarization parameters variation is consistent with the formation of a non-spherical scattering shell in 30 days after the maximum. The shell is more likely to be bipolar than disk-like. During early nebular stage (30-100 days after the maximum) the PA of intrinsic polarization changes, indicating shell's geometry deviating from axial symmetry.

Key words: *stars: Nova stars: luminosity curve: polarization*

ЛИТЕРАТУРА

1. *E.O.Waagen*, AAVSO Alert Notice, **489**, 2013.
2. *A.Skopal, H.Drechsel, T.Tarasova et al.*, Astron. Astrophys., **569**, 112, 2014.
3. *Т.Н.Тарасова, А.Скопал*, ПАЖ, **42**, 13, 2016, (Astron. Lett., **42**, 10, 2016).
4. *V.Pirola*, Observ. Astrophys. Labor. Univ. Helsinki Rept., **6**, 151, 1984.
5. *Т.Томов, К.Илкiewicz, Е.Сwierczynski et al.*, ATel, 5288, 2013.
6. *С.А.Каплан, С.Б.Пикельнер*, Физика межзвездной среды, М., Наука, 1979.
7. *J.Huovelin, S.H.Saar*, Astrophys. J., **374**, 319, 1991.

PUBLISHED WEEKLY
535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill., U.S.A.
Subscription price, Five Dollars Per Annum in Advance

Entered as Second-Class Matter, October 3, 1917, Post Office at Chicago, Ill., under No. 383,661. Accepted for mailing at special rate of postage provided for in Act of October 3, 1917, authorized on July 16, 1918. Postage paid at Chicago, Ill., and at additional mailing offices. Postmaster: Send address changes in this journal to THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. Change of address of subscriber must be accompanied by old address. Second-class postage paid at New York, N.Y., and at additional mailing offices. Postmaster: Send address changes in this journal to THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. Change of address of subscriber must be accompanied by old address.

Copyright, 1918, by American Medical Association
All rights reserved. Reproduction by any means without permission is prohibited.

Published by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610
Editor: J. C. Thompson
Business Manager: J. C. Thompson
Circulation Manager: J. C. Thompson

THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION is published weekly, except on Sundays and public holidays. It is published by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. The Journal is published for the American Medical Association by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. The Journal is published for the American Medical Association by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610.

THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION is published weekly, except on Sundays and public holidays. It is published by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. The Journal is published for the American Medical Association by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610.

THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION is published weekly, except on Sundays and public holidays. It is published by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. The Journal is published for the American Medical Association by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610.

THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION is published weekly, except on Sundays and public holidays. It is published by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610. The Journal is published for the American Medical Association by the American Medical Association, 535 N. Dearborn Ave., Chicago, Ill. 60610.