

УДК 524.387, 524.354.4-735

Оценка магнитных полей массивных звезд в тесных двойных системах на основе анализа рентгеновского излучения их вырожденных компаньонов

Н.Р. Ихсанов, Н.Г. Бескровная

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Пулковское шоссе, 65-1,
Санкт-Петербург, Россия, 196140
ikhсанov@gao.spb.ru

В 1971 году В.Ф. Шварцманом было впервые отмечено, что процесс аккреции в массивной рентгеновской двойной системе существенно зависит от величины магнитного поля в веществе, захватываемом компактной звездой (которая определяется напряженностью магнитного поля на поверхности массивного компонента). В аккреционном потоке, находящемся в режиме свободного падения, магнитное поле приобретает радиальное направление. Поэтому при условии сохранения магнитного потока плотность магнитной энергии в свободно падающем веществе, по мере его приближения к компактному объекту, увеличивается пропорционально r^{-4} , в то время как кинетическая энергия аккреционного потока растет как $r^{-5/2}$.

На некотором расстоянии, которое называется радиусом Шварцмана, плотность магнитной энергии в аккреционном потоке достигает плотности его кинетической энергии. Аккреция вещества в области пространства внутри радиуса Шварцмана может происходить лишь по мере диссипации его магнитного поля, в противном случае магнитная энергия в аккреционном потоке оказывалась бы превосходящей гравитационную энергию, что противоречит закону сохранения энергии.

Время диссипации магнитного поля в потоке остается существенно меньше времени свободного падения на протяжении всего аккреционного процесса. Это означает, что на радиусе Шварцмана происходит торможение аккреционного потока его собственным магнитным полем и переход аккреции в диффузионный режим, при этом картина аккреции существенно зависит от эффективности процессов охлаждения аккрецируемого вещества.

Если характерное время охлаждения потока на радиусе Шварцмана превосходит время его нагрева вследствие диссипации магнитной энергии, то аккреция под радиусом Шварцмана происходит из горячей турбулентной сферической оболочки, часть вещества которой покидает систему в форме джетов. В противном случае поток трансформируется в магнитную пластину, параметры которой зависят, в частности, от геометрии крупномасштабного поля в аккрецируемом веществе. Подробно сценарий магнитной аккреции и основные этапы его развития описаны в работах Ихсанова и Бескровной (2012) и Ихсанова и др. (2012).

Возможность реализации сценария магнитной аккреции в рентгеновских пульсарах определяется соотношением между радиусом Шварцмана и радиусом магнитосферы нейтронной звезды. Если $R_{Ш} < R_M$, то аккреционный поток достигает границы магнитосферы звезды в режиме свободного падения и процесс аккреции в этом случае можно рассматривать в

квазисферическом приближении. В противном случае картину аккреции на нейтронную звезду следует описывать с учетом магнитного поля аккреционного потока.

Сценарий магнитной аккреции позволяет объяснить многие из свойств рентгеновских пульсаров, считавшихся загадочными на протяжении последних 40 лет. В качестве примера можно привести предложенное нами объяснение исключительно высокого темпа торможения нейтронной звезды в долгопериодическом рентгеновском пульсаре GX301-2. Возможность использования сценария магнитной аккреции для построения картины переноса массы в этой системе определяется, в частности, выполнением одного из основных предположений этой модели о том, что плотность магнитной энергии в веществе, захваченном нейтронной звездой на радиусе Бонди, сравнима с плотностью тепловой энергии. Последняя определяется темпом захвата вещества и параметрами звездного ветра массивного компаньона, а плотность магнитной энергии зависит, в частности, от напряженности магнитного поля на его поверхности. Использование значений, полученных из рентгеновских наблюдений GX 301-2 и оптической спектроскопии его массивного компаньона Wray 977 (сверхгиганта раннего спектрального класса) приводит к оценке величины магнитного поля на поверхности массивной звезды, при которой в этой системе возможна реализации сценария магнитной аккреции – порядка нескольких сотен гаусс.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что применение модели магнитной аккреции к построению картины обмена массой между компонентами двойных систем с рентгеновскими источниками позволяет не только объяснить их наблюдательные проявления, но и выделить системы, в которых массивные звезды имеют значительные магнитные поля, а в некоторых случаях выполнить независимую оценку величины поверхностного магнитного поля этих объектов.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 21, Программы ОФН РАН № 17, Программы «Ведущие научные школы» (грант № НШ-1625.2012.2) и Федеральной Целевой Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (XXXVII очередь, мероприятие 1.2.1).

Литература

Ихсанов Н.Р, Бескровная Н.Г. // Астрон. журн. 2012. Т. 89. С. 652.

Ихсанов и др. (Ikhsanov N.R., Pustil'nik L.A., Beskrovnyaya N.G.) // AIP Conf. Proc. 2012. V. 1439. P. 237.