

Нарны соронзон фокус тодорхойлох асуудалд К вопросу определения магнитного фокуса Солнца

Ч.Лхагважав^{1,2}, Д.Батмөнх², Д.Улам-Оргих¹, Б.Бат-Отгон¹, С.А.Языв^{3,4}, А.В.Мордвинов³,
Е.Г.Рыкова³, В.С.Пещеров³, Д.В.Семенов⁴

¹Монгол Улсын Их Сургууль (Монгольский Государственный Университет, Улаанбаатар, Монголия)

²Одон Орон Геофизикийн Судалгааны Төв (Исследовательский центр астрономии и геофизики МАН, Улаанбаатар, Монголия)

³Нар-Дэлхийн Физикийн Хүрээлэн (Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия)

⁴Одон Орон Судлах Оргил (Астрономическая обсерватория ИГУ, Иркутск, Россия)

Абстракт. Вкратце рассмотрены задачи о причинах взаимной зависимости солнечной активности и его общего магнитного поля. И по результатам наблюдений короны во время полных солнечных затмений 29 марта 2006 г., 1 августа 2008 г. и 22 июля 2009 г. определено положение магнитных фокусов глобального магнитного поля Солнца для этих моментов. Предложена качественная модель, связывающая динамику магнитных фокусов в ходе цикла солнечной активности с процессами пересоединения в околополярных областях Солнца.

Abstract. The problems on the reasons of interdependence of solar activity and its global magnetic field were briefly reviewed. Also, on the basis of coronal observations during total solar eclipses on 29 March 2006, 1 August 2008 and 22 July 2009, position of magnetic of the Sun's global magnetic field for these moments detected. A qualitative model is proposed to associate dynamics of magnetic focuses during a solar cycle with connection processes at Sun near-polar regions.

I. Идэвхжил соронзон орны өөрчлөлтөөс хамаарах таамналын үндэслэл

Орчин үеийн хэмжилтийн нарийвчлал өндөр сайн тоног төхөөрөмжийн тусламжтай хийж байгаа ажиглалтаар Нарны идэвхжил бол зөвхөн цацраг зөөлтийн механизмаар бүрэн тайлагдашгүй, харин бусад олон хүчин зүйлээс, түүний дотор соронзон орны орон зай дахь түгэлт, үүсгүүрийн хүчин чадлын далайц, байршилт, хувьсал өөрчлөлтөөс хүчтэй хамаардаг нь илэрхий болсон юм. Өөрөөр хэлбэл, цахилгаан соронзон хүч л эгэл бөөмс, бодисын шидэгдэлтийн даялал замын шинж чанарыг тодорхойлдог нь ойлгомжтой, иймээс электродинамикийн онолыг Нарны агаар мандалд хэрэглэх чиглэл хүчтэй хөгжсөн юм. Ийм судалгааны олон эрдэмтдийн ажлаар Нарны идэвхжлийн өрнөл хувьсал нь, ялангуяа, 11 жилийн үет орчил нь түүний соронзон оронтой нарийн нийлмэл холбоотойг харуулдаг.

Нарны агаар мандлын электродинамикийн физик үндэсээс авч үзэн энэ холбоог үзүүлье. Цахилгаан орны $\vec{E}$ хүчдэлтэй, соронзон орны $\vec{H}$ хүчдэл бүхий плазмын орчинд $\vec{v}$ гэсэн хурдаар хөдөлж буй e цэнэгт ионд үйлчлэх хүч:

$$\vec{f} = e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{H} \right) \quad (1)$$

байна гэдгийг дэлхий нийтээр мэднэ. Тооллын зохистой тогтолцоонд тодорхой өгөгдсөн нөхцөлд ийм хүчний үйлчлэлийн нөлөөллөөр цахилгаан соронзон орон дахь ионы хөдөлгөөний зүй тогтол ямар байхыг шууд үнэлж болно. Тогтмол нэгэн төрөл соронзон орон доторх ионы хөдөлгөөн циклоид хэлбэрийн замаар хөдөлнө. Эргэх тойргийн радиус: $R = \frac{cm_i v_{\perp}}{eH}$, эргэлтийн өнцөг хурд: $\omega_i = \frac{eH}{m_i c}$ байх бөгөөд энд m_i -ионы масс, c - гэрлийн хурд болно. Өөрөөр хэлбэл, ийм хүчний үйлчлэл бүхий нэгэн төрөл тогтмол орон дахь ионы хөдөлгөөн бол $\vec{H}$ -ийн дагуух $v_{\parallel}$ хурд бүхий жигд хөдөлгөөнөөс болон $\vec{H}$ -д перпендикуляр хавтгайд тойргоор хөдлөх $v_{\perp}$ хурд бүхий жигд эргэлтээс бүрдэх нийлмэл хөдөлгөөн байдаг. Цахилгаан соронзон орны гүйдэл дамжуулагч чанар, шилжих гүйдэл, өөрийн индукц гэх мэт бусад олон хүчин зүйлийн нөлөөллийг бодит байдалд дөхүүлэн тооцох шаардлагатай. Үүний тулд Максвеллын тэгшитгэлийн системийг гидродинамикийн тэгшитгэлтэй хамтатган шийдэх хэрэгтэй. Нарны агаар мандалд шилжих (байршилт шилжилтээс үүдэлт) гүйдэл нь дамжууламжийн гүйдлээс хавьгүй бага, мөн соронзон нэвтрэмж НЭГ-тэй тэнцүү гэсэн нөхцөлд:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} \quad (2)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\vec{j} = \lambda \left(\vec{E} + \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{H} \right) \quad (4)$$

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{1}{c} \vec{j} \times \vec{H} - \operatorname{grad} \vec{p} \quad (5)$$

гэсэн мэдээжийн тэгшитгэлийн системийг шийдэх хэрэгтэй болдог. Энд $\vec{j}$ -гүйдлийн нягт, λ -дамжууламж буюу гүйдлийн нягт нь цахилгаан оронгийн хүчдэлтэй шууд пропорциональ чанарыг илэрхийлэгч коэффициент ($\vec{j} = \lambda \vec{E}$), ρ -плазмын нягт, $\vec{p}$ -даралт болно. Ийм тэгшитгэлийн системийн тоон шийдэл нь Нарны плазмын соронзон орон царцанги-зуурамтгай чанараараа идэвхжлийн үйл хөдлөлийг тодорхойлогч болохыг шууд харуулдаг.

II. Бодлогын тавил

Тэгвэл ийм тооцоо хийхэд ажиглалтын мэдээ баримтын нарийвчлал өндөр байх явдал маш



Нэгдүгээр зураг. Нарны соронзон орон бол идэвхт үзэгдэл, идэвхжлийн муж талбаруудтай харилцан хамааралтайг илтгэсэн симуляци тооцоо[1].

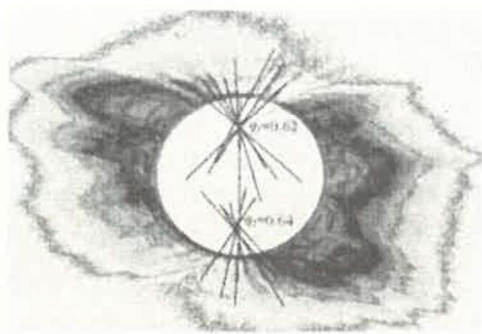
чухал, мөн орчин үед “амьт загварчилгаат” (симуляция - simulation) тооцоо хийж энэ чанарыг үзүүлэхэд боломжтой болсон хэдий ч бодит зарим нөхцөл байдлын онцлогийг бүрэн дүүрэн тайлбарладаггүй. Жишээлбэл, Нарны идэвхжлийн хамгийн бага байх үе – “минимум”-ийн мөчлөг энэ удаагийн 23, 24-р орчил завсар үе-мөчлөг онцгой удаашран үргэлжилж байгаагийн мөн чанарыг соронзон гидродинамикийн тэгшитгэлүүдийн систем бодсон шийдээр тайлбарласан ажил одоохондоо байхгүй байгаа юм. Иймд өөр аргаар, тухайлбал, Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалтаар энэхүү удаашралын онцлогийг болон идэвхжлийн 11 жилийн орчлын өрнөлтийн мөн чанарыг тайлбарлах

үндэслэлийг тодотгож олох, загварчлалын параметр сонгох, Нарны ерөнхий соронзон орны туйлын цацрагийн бүтэцийг судлах зорилт ихээхэн ач холбогдолтой юм. Орчин үед олон судлаачид Нарны идэвхжлийн 11 жилийн орчил дахь үйл явцын өрнөлтийг Нарны том орон зайн масштаб бүхий соронзон орон тодорхойлдог гэж үзэж байгаа юм. Нарны туйл орчимд хүчтэй соронзон орон ажиглагддаггүй ч энэхүү туйл дахь соронзон орон идэвхжилд чухал үүрэгтэй бөгөөд түүнийг ерөнхий (глобаль) полоидаль (давхцмал туйлт буюу туйл дахь) нарны соронзон орны илрэл гэж үзэж болно. Нарны бөмбөрцгийн дифференциаль эргэлтийн улмаас энэ полоидаль соронзон орноос соронзон орны тороидаль (эргэлтээр үүсэх битүү цагираг олгой гадаргуу) байгуулагч үүсдэг. Соронзон тороидаль орны хөвөгч сегментүүд гэрэлт мандлаас эхлээд дээшилж Нарны идэвхт үзэгдлүүдийн хэлбэрээр харагддаг. Идэвхжлийн орчлын 2 дугаар мөчлөгт тороидаль соронзон орноос эргээд полоидаль орон үүсэхдээ соронзон орны туйлын тэмдгийг эсрэгээр нь өөрчилдөг. Тэгвэл Нарны титэмийн бүтэц нь түүний ерөнхий соронзон орны байгуулагчийн хэлбэрээр бүтэн хиртэлтийн үед илүү тод харагддаг. Энэ нь Нарны идэвхжлийн хамгийн бага байх үе – минимумийн ойролцоо үед улам илүү тодорсон байдлаар илэрдэг. Ингэж ажиглагдах Туйлын Цацраг Бүтэц (ТЦБ) – туйлын “сойз” буюу туйлын “өдөнцөр дэвүүр” бүтэцээр Нарны төвөөс тооллын эх бүхий соронзон фокусын зайг тодорхойлох, энэ зайн өөрчлөлтийн онцлогоор минимум утгын удаашралтай ямар физик параметр холбоотой, мөн ямар нь хамааралгүй тухайг шинжих, цаашилбал, ерөнхий соронзон орны загварчлалд хамаарах бодлогын тавил боловсруулах нөхцөл сонирхолтой бөгөөд энд Нарны бүтэн хиртэлтийн сайн чанарын материал ашиглах нь шинэлэг ажил болох ёстой гэж үзсэн. Нарны бүтэн хиртэлтийн материал бүртгэн авах явдал дахин давтагдашгүй үзэгдлийн түүхэн баримт учир шинэ материал хурамтлалыг хэрхэн хийх нь ажлын хувьд бас нэг чухал бодлого байв.

III. Арга зүй

Нарны соронзон фокусын үйл хөдлөлийн талаар олон судалгаа бий. Зарим судлаачид хойт, өмнөт соронзон фокус хоорондын зайг үндсэн параметр болгож судалгаандаа хэрэглэсэн байдаг. Харин бид Д.В.Клепиков [2], Д.В.Клепиков, Б.Н.Филиппов [3] нарын

ашигласан аргаар Нарны төвөөс тооллын эхлэл бүхий q_1, q_2 гэсэн параметруудийг сонгож, туйлын цацрагт шүргэгчүүдийн огтлолцлол цэг – соронзон фокусыг хойт болон өмнөт туйлын хувьд тус тусад нь тодорхойлсон болно. Эдгээр параметрийн утга нь Нарны радиустай харьцуулсан жишиц тоо болно. Энэхүү судалгаандаа 2006, 2008, 2009 онд Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалтаар Оросын ШУА-ийн Нар-Дэлхийн Холбооны Физикийн Хүрээлэн, Монголын ШУА-ийн Одон Орон Геофизикийн Судалгааны Төв, Монгол Улсын Их Сургуулийн Физик Электроникийн Сургууль, Чехийн ШУА-ийн судлаачдын авсан титэмийн зургуудыг ашигласан. Соронзон фокусын цэг,

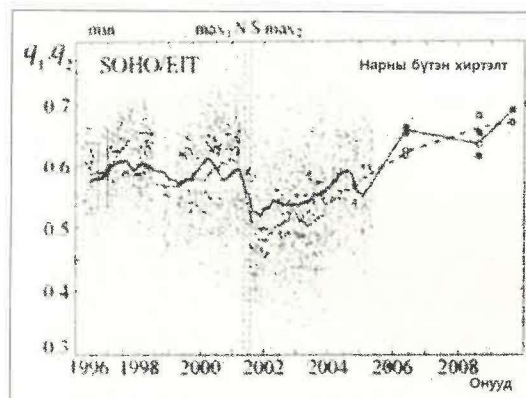


Хоёрдугаар зураг. 2006 оны 3-р сарын 29, бүтэн хиртэлтийн үеийн соронзон фокусууд.[4-7].

параметруудийн утгыг тодорхойлсон аргыг 2006 оны 3 дугаар сарын 29-нд ажигласан Нарны бүтэн хиртэлтийн үеийн титэмийн зургаар жишээлэн хоёрдугаар зурагт үзүүлэв. Эндээс соронзон фокус тодорхойлолтын болон Нарны бүтэн хиртэлтийн үеийн титэмийн бүтэц үзүүлсэн фото зураг боловсруулалтын арга зүйг шууд ойлгож болно. Нарны бүтэн хиртэлтийн орчин үеийн ажиглалтаар соронзон фокусын байршлын өөрчлөлтийг ийнхүү тодорхойлох нь хавьгүй өндөр нарийвчлалтай үр дүн болох нь олон судлаачдын ажлаас харагддаг. Титэмийн цагаан гэрэл дээр авсан зураг дээр ТЦБ-ийг дүрслэснээр соронзон фокусыг тодорхойлохдоо “бүтэн хиртэлт”-ийн үед янз бүрийн “шаралт” бүхий олон зургийн нийлүүлэлтээр титэмийн бүтэц байгууламж, ялангуяа, туйл орчмын цацрагийн тухайн агшинууд дахь хэлбэршлийг тодруулсан болно. Дараа нь туйлын цацрагуудад шүргэгч татах замаар хойт болон өмнөт бөмбөрцөг дэх соронзон фокусын байрших цэг, Нарны радиустай жишиц утгыг тодорхойлсон.

IV. Үр дүн

Нарны идэвхжлийн хамгийн бага байх үе дэх ТЦБ нь Нарны тэргэлийн ирмэгээс нэг радиус хүртэлх зайд бүтэн хиртэлтийн агшины зураг дээр тодорсон байдаг тул туйлыг цацрагийн байршлыг энэ үед маш итгэл дүүрэн, мөн илүү өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох боломж олгодог давуу талтай. Энэхүү он оны хувьслыг илэрхийлэгч q_1, q_2 гэсэн параметруудийн утгыг тодорхойлохдоо Нарны радиусын нэгжээр илэрхийлснээр 1996 оноос 2009 онд хооронд энэхүү тодорхойлсон үзүүлэлтийг гуравдугаар зурагт үзүүлэв.



Гуравдугаар зураг. Параметр q_1, q_2 -ийн өөрчлөлт [4-7].

Зургийн зүүн гар талын хэсэгт Д.В.Клепиков, Б.Н.Филиппов нарын [3] ажлаар, харин баруун гар талд бол 2006, 2008, 2009 оны Нарны бүтэн хиртэлтийн материал ашиглан тодорхойлсон утгууд болно. Зураг дээр тасархай шугамаар өмнөт тал бөмбөрцөг дэх (q_2), тасралтгүй шугамаар хойт тал бөмбөрцөг дэх (q_1) параметруудийн дундаж утгуудын өөрчлөлтийг (Гуравдугаар зураг [4-7], мөн дараах хүснэгт [4-7]) тэмдэглэв.

№	Бүтэн хиртэлт: огноо	q_1	q_2
1	2006-3-29	0.62 (0.61)*	0.64 (0.66)
2	2008-8-01	0.63 (0.68)	0.61 (0.64)
3	2009-7-22	(0.67)	(0.69)

*Хаалт доторх утга нийлэгжүүлэн бүтээсэн дүрслэл зургаар тодорхойлсон утга[4-7]

1871 оноос хойш ажигласан бүх бүтэн хиртэлт (1954 оны 6 дугаар сарын 30-ны бүтэн хиртэлтийн хувьд $q_1 = 0.74$) дотроос $q_2 = 0.69$ бол (2009 оны 7 дугаар сарын 22) өмнөт

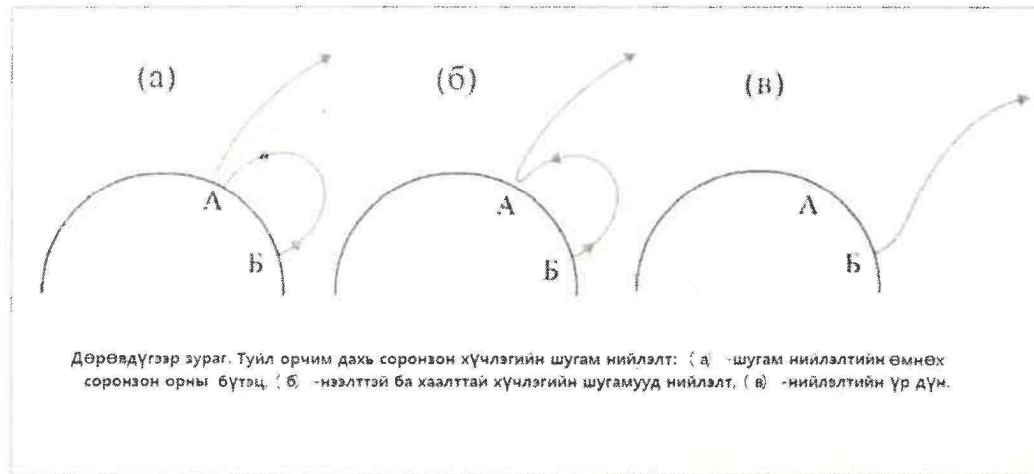
бөмбөрцөг дэх соронзон фокусын хувьд хамгийн өндөр утга байлаа. Энэ нь юуг илэрхийлнэ вэ гэвэл зургийн хавтгай дээр проекц буулгавал өмнөт туйл дахь соронзон фокус нь хойт туйлынхтай харьцуулахад Нар луу арай гүн биш, конвектив бүс мужийн дээд суурь орчим байршилтай байгаа гэсэн үг.

Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалт бол энэхүү энэ судалгааны томоохон бие даасан бүрэлдэхүүн хэсэг бөгөөд эдгээр 3 удаагийн экспедицийн судалгааны үр дүнг тусгайлан материал боловсруулалтын болон ажиглалтын бүрэн өгөгдөл, зарим урьдчилсан үр дүнгийн хамт тусгасан хэлбэрээр энэ экспедицийн тайланд [8] болон хавсралтаар өгсөн, бас зарим үр дүнг өгүүлээр нийтлүүлсэн [9] бөгөөд тэндээс экспедицийн судалгааны бусад үр дүнг үзэж болно. Бүтэн хиртэлтийн ажиглалтын эдгээр материал (2006 оны 3 дугаар сарын 29-ны бүтэн хиртэлт) монголын Одон орон судлалын түүхэнд анхны бүрэн дүүрэн анхдагч мэдээлэл бүхий материал. Энэ хиртэлтээр мөн Нарны хэт ягаан цацрагийн хэмжилт, улаан болон ногоон шүүлтүүр бүхий аппаратын тусламжтай авсан зургууд нь анхдагч давтагдахгүй мэдээ баримт бөгөөд ийм иж бүрдэл мэдээлэл хуримтлуул нь манай ажиглалтын шинэлэг тал болно. Монгол орны баруун өмнөт нутаг- Ховд аймгийн Алтай сумын “Өвдгийн үзүүр”-т 2008 оны 8 дугаар сарын 1-нд ажигласан бүтэн хиртэлтийн үед, мөн өмнөх хойдох хугацаанд нийтдээ Дэлхийн ерөнхий соронзон орны утгыг 5 өдөр турш 8.00-15.00 цагийн хооронд 2-5 минут зайтай хийсэн хэмжилт дүнг бас дээрх өгөгдлүүд дээр нэмж авсан.

V. Дүгнэлт

Нарны идэвхжлийн 23-24 дүгээр орчлын минимум – хамгийн бага байх мөчлөг удаан үргэлжилж байгаа Соронзон фокусын физик утга юу вэ гэвэл энэ асуултын хариуд хоёр хувилбар байна. Нэг нь хэрэв Нарны экватор эклиптийн хавтгайтайгаа “тэг” бус

налалттай нь холбоо бүхий эффектийг үл тооцвол Нарны тэргэлийн төвөөс холдох соронзон фокусын алслагд нь эргэлтийн тэнхлэгийн хувьд тэгш хэмт полоидал соронзон орны хүчлэгийн шугамуудын квазипараллель багцаас параллель биш болж салж байгаа эхлэлийн цэг хаана байгааг илэрхийлж байгаа хэрэг. Тэгвэл соронзон фокусын байрлал бол Нарны гүн дэх соронзон орны глобаль топологийг тодорхойлогч нэгэн үзүүлэлт болох нь илэрхий. Тэгэхлээр энэ цэгээс тороидал орны үүсэл эхлэлтэй. Орчин үеийн судалгааны үр дүн – төсөөллөөр бол энэ үйл явц конвектив бүс мужийн суурь орчимд өрнөдөг бөгөөд түүний доод хил хязгаар нь Нарны гүний $0.713R_{\odot}$ орчимд, хаана өнцөг хурдын хамгийн их градиенттай байгаа тэр хэсэгт гэсэн үнэлгээ бий. Гэтэл соронзон фокусын байрлал зөвхөн орны геометрээр бус, Нарны агаар мандал дахь бусад физик үйл явцтай холбоотой байх, үүгээр тодорхойлогдох боломжтой. Эндээс бид асуултын шинэ хариуг хоёр дахь хувилбараар санал болгож байгаа болно. Үүнийг дөрөвдүгээр зургаар илэрхийлэн үзүүлээ. Энэ бүдүүвчийн үндэс нь соронзон орны хүчлэгийн нээлттэй болон хаалттай шугамуудын өөр хоорондоо “уусах нийлэлт” – туйл солигдолт (англиар “interchange reconnection”) юм. Энэ бол нийтэд хүлээн зөвшөөрөгдмөл мэдээжийн бодит механизм. Нөхцөл л бүрдвэл ажиллана. Хэрэв экватор орчим дахь хэсгээр идэвхжилтэт мужууд экватор луу нүүлт – дрейф хийж байгаа бол соронзон диполийн толгойн хэсэг энэ үед сүүл хэсгээсээ илүү хурдтай шилждэг болох нь орчин үед илэрхий болсон баримт юм. Нарны өргөргийн 70° -аас дээш утгатай хэсэгт идэвхжил тийм их биш, уртраг дагуух плазмын циркуляц болон нэвчилт (диффуз)-ийн үйл хөдлөл соронзон мужийн үлдэц хэсгийг туйл руугаа нүүхэд – дрейф хийхэд хүргэнэ. Зургаас [4-7] үзэхэд нээлттэй соронзон хүчлэгийн шугам руу эсрэг тэмдэг бүхий туйлт “хаалттай – битүү гогцоо” шугамууд (a) нүүлт-дрейфээр очиж нийлнэ.



Үр дүнд нь тэнд нийлмэл нарийн хэлбэр бүхий соронзон орны хүчлэгийн шугам (б) тэрхэн агшинд бий болж, дараа нь энгийн нээлттэй шугам (в)-д шижинэ. Соронзон хүчлэгийн шугамын таталдалтын хүчээр нээлттэй хүчлэгийн шугамуудын суурь ч байршлаа солино. Ингэснээр соронзон фокусын байрлалд бас өөрчлөлт орно. Олон удаагийн цувралаар давтагдах ийм үйл явц соронзон фокусын цэг Нарны гүний төвд ойртох холдох хүчин зүйл болж нөлөөлөх боломжтой. Сансар дахь “SOHO” станцаас хийж буй ультра ягаан цацрагийн ажиглалтаар Нарны туйл орчимд нэмэлт халалт болж байгааг илрүүлж байгаа нь энэ механизм – соронзон хүчлэгийн “нээлттэй” болон “битүү” шугамууд нийлж уусах үзэгдэл соронзон фокусын байрлал, өөрчлөлтөд нөлөөтэйг илэрхийлэх баримт болно. Асуултын хоёр хувилбар хариу аль нь илүү бодит байдалд нийцэх тухайд бол нэмэлт судалгаа хэрэгтэй бөгөөд энэ хоёр механизм хоёулаа үйлчидэг байх боломжийг ч үгүйсгэх аргагүй. Нөгөөтэйгүүр, Нарны идэвхжлийн 11 жилийн үет 23-24 дүгээр орчил хоорондох минимумын онцгой удаан үргэлжлэлт нь соронзон фокусын жишиц утга хамгийн их байгаа үед тохиож байгааг тэмдэглэх ёстой. Өөрөөр хэлбэл, энэ фокусын байрлал хэдийчинээ гадаргууд ойр байна, тэр хэрээр идэвхжлийн минимум мөчлөг удаан үргэлжилж байгаа хандлага байв. Соронзон фокусын байршлын хувьсал, жишиц утгын өөрчлөлтийн зүй тогтол нь идэвхжлийн орчлын ийм зарим онцлогийг урьдчилан таамаглахууц илрүүлэх заалтуур үзүүлэлт болох тун магадлалтайг бидний судалгааны дүн [4-7] харууллаа. Цаашид Нарны бүтэн хиртэлтийн материалаар түүний титэм дэх электроны болон ионы нягтын орон зай дахь тархалт – түгэлтийг тодорхойлох, мөн бусад

төрлийн зэрэгцүүлсэн судалгааны, тухайлбал, Нарны титэмийн цахилгаан соронзон орны хэмжилтийн дүнг ашиглах замаар энэ ажлын “Нарны идэвхжил соронзон орны өөрчлөлтөөс хамаарах таамналын үндэслэл” хэсэгт сийрүүлсэн (1) болон (2), (3), (4), (5) тэгшитгэлүүдийг хамтатгахдаа Нарны титэм орчмын орон зай дахь плазмын бодисын үйл хөдлөл, зарим идэвхт үзэгдлийн үүсэл, хувьсал, хөдөлгөөний зүй тогтолыг судлах бодлогын тавил боловсруулж шийдвэл, энэ нь астрофизикийн салбарт сонирхол татах шинэ ажил болно.

VI. Ашигласан хэвлэл

- [1]. <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/Movies/animations.html> (Animation of how the Sun's magnetic field winds up and loops out.)
- [2]. Д.В.Клепиков, Изменение положения магнитных фокусов полярного поля в цикле солнечной активности. Квазипериодические процессы на Солнце и их геоэффективные проявления. //Труды X Пулковской Международной конференции по физике Солнца. С.-Петербург, ГАО РАН, 2006, сс.291-296.
- [3]. Д.В.Клепиков, Б.Н.Филиппов, Поведение магнитных фокусов полярного поля в цикле солнечной активности по данным SOHO/EIT. //Известия РАН. Серия физическая, 2006, том 70, №10, сс.1436-1438.
- [4]. Язев С.А., Мордвинов А.В., Пещеров В.С., Семенов Д.В., Лхагважав Ч., Улам-Оргих Д., Бат-Отгон Б., Тувшинтур П., Даваахуу Г., Батмунх Д., Вашаа С., Структура короны по наблюдениям полных солнечных затмений на предминимальной

- фазе 23-го цикла солнечной активности, В кн. "Циклы активности на Солнце и звёздах", М., 2010, сс.135-142.
- [5]. Язев С.А., Мордвинов А.В., Пещеров В.С., Семенов Д.В., Лхагважав Ч. Батмунх Д., Вашаа С., Улам-Оргих Д., Бат-Отгон Б., Тувшинтур П., Даваахуу Г., Структура короны по наблюдениям полных солнечных затмений, Современная геодинамика и опасные природные процессы в центральной Азии, выпуск 6, Иркутск, 2010, сс.152-156.
- [6]. А.В.Мордвинов, В.С.Пещеров, С.А.Язев, Д.В.Семенов, Ч.Лхагважав, Д.Батмунх, Г.Даваахуу, С.Ваша, Д.Улам-Оргих, Б.Бат-Отгон, П.Тувшинтур, "Структура короны по наблюдениям полных солнечных затмений и аномальное развитие активности Солнца в циклах 23 и 24" Труды VII Российско-Монгольской конференции по астрономии и геофизике, Иркутск, 2009.
- [7]. С.А.Язев, А.В.Мордвинов, Е.Г.Рыкова, Ч.Лхагважав, Д.Батмунх, Магнитные фокусы Солнца в XX веке, Всероссийская конференция, "Солнечно-земная физика", Иркутск, 2010, сс.42-43.
- [8]. Экспедицийн тайлан: 2006 оны 3-р сарын 29-ний Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалт (Терскол), Д.Батмунх, Ч.Лхагважав, Г.Даваахуу; 2008 оны 8-р сарын 01-ний Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалт (Ховд, Алтай сум, "Өвдгийн үзүүр"), Д.Батмунх, Ч.Лхагважав, С.Вашаа, Д.Улам-Оргих, Б.Батбаяр, Б.Түвшинжаргал, Т.Насан-Очир; 2009 оны 7-р сарын 22-ны Нарны бүтэн хиртэлтийн ажиглалт (Шанхай, Жиншань), Д.Батмунх, Ч.Лхагважав, С.Вашаа, Г.Даваахуу, Д.Улам-Оргих, Б.Бат-Отгон, Улаанбаатар хот, 2010, 92х.
- [9]. Батмунх Д., Лхагважав Ч., Даваахуу Г., Некоторые предварительные результаты наблюдений полного солнечного затмения 29 марта 2006 года, Избранные проблемы астрономии, Материалы науч.-практ. Конф. "Небо и Земля", Иркутск, 2006, сс.137-143.