

RED INTERNACIONAL DE OBSERVACIONES OPTICAS “ISON FAC”

Molotov I.E., Agapov V.M., Kuprianov V.V., Jutorovski Z.N., Titenko V.V., Litvinyenko E.A., Aliev A., Voropaev V.A., Varda D.C., Sinyakov E.V., Rusakov O.P., Kruglii Yu.N., Elenin L.V., Ivaschenko Yu.N., Salles R., Grebetskaya O.N., Vijristienko A.M., Rumyantsev V.V., Biryukov V.V., Borisova N.N., Irmambetova T.P., Minikulov N.J., Gulyamov M.I., Abdulloev C.J., Inasaridze R. Ya., Matkin A.A., Kornienko G.I., Erofeeva A.V., Erofeev D.V., Erofeev A.D., Napreenko K.S., Jarevich V.I., Levshunov A.S., Kashuba S.G., Kashuba V.I., Andrievski S.M., Shevchenko V.G., Konstantinova O.A., Epishev V.P., Kudak V.I., Chestnov D.N., Yudin A.N., Borisov G.V., Chekalin O.N., Yazikov V.P., Lapshin A.Yu., Pozanenko A.S., Yurkov V.V., Dorojov N.I., Movchan A.I., Linkov V.I., Kokina T.N., Mendoza A.D., Celaya A.R., Beltrán G.J.C.

Traductor **Daniel Mendoza A.
CA UAS**

Capturado por **J. Carlos Beltrán G.
CA UAS**

RESUMEN

En el periodo 2005 – 2012, se ha construido una red mundial de telescopios ópticos ISON AFN, la cual cubre todas las longitudes alrededor del planeta. La red consta de 24 observatorios y estaciones de observación. Para equipar a estos observatorios se han preparado 21 instrumentos ópticos modernos con apertura de 19.2 a 60 centímetros y se han adquirido 21 cámaras CCD modernas. La tarea fundamental de la red actualmente consiste en la observación a objetos cósmicos de origen tecnológico y a asteroides, que se acercan a la Tierra. Por primera vez en la historia a lo largo de toda Órbita Geoestacionaria se realizan mediciones a objetos de basura cósmica. **Los resultados obtenidos se acumulan y generalizan en el Centro de Control del procesamiento de la ISON que se encuentra en Centro de Balística del Instituto de Matemáticas Aplicadas M. V. Keldish de la Academia de Ciencias Rusa (en Moscú),** donde se han acumulado cerca de 7 000 000 de mediciones hechas a 3,300 objetos ubicados en órbita alta. De estos objetos 750 han sido detectados por primera vez. La ISON FAC ha acumulado una colosal información de objetos con **relación grande entre el área con respecto a la masa.** La cantidad de objetos detectados es tan grande, que se requiera una revisión de los modelos existentes sobre la distribución dinámica de la basura cósmica en el espacio cercano a la Tierra. Regularmente se realizan observaciones fotométricas a los asteroides. En la red hay dos observatorios de subsistemas de reconocimiento de asteroides que son los de Andrushiovk y Nuevo México, donde se han detectado dos cometas, dos asteroides, que se acercaron a la Tierra y 600 asteroides pertenecientes al Gran Cinturón de Asteroides.

I. INTRODUCCIÓN

En los años 90 dio inicio un gran estancamiento de Rusia en el campo de la investigación del espacio cercano a la Tierra. La red de estaciones y observatorios que poseían telescopios ópticos estaban destruidos, (los mejores telescopios fueron a parar en el extranjero y muchos de ellos se descuidaron), los equipos de los telescopios que quedaron utilizables resultaron ya obsoletos, y era imposible utilizarlos para observar si es que no se modernizaban. Por lo que prácticamente no se efectuaron observaciones regulares a asteroides peligrosos cercanos a la Tierra. **La información masiva acerca de los objetos cósmicos orbitales cayó a un nivel crítico, con el cual era imposible abastecer: la seguridad de los vuelos cósmicos, controlar la tendencia evolutiva de la población de la basura tecnológica espacial, elaborar medidas para disminuir la contaminación del**

espacio cósmico. Rusia no poseía un catálogo público de objetos orbitales cósmicos, al alcance de los científicos, tampoco se tenía un centro oficial de recolección y procesamiento de las pocas mediciones rusas acerca de asteroides y basura tecnológica espacial.

Los astrónomos rusos preocupados con tal situación realizaron un profundo análisis dirigiendo la atención: en primer lugar el estado deplorable de la gran infraestructura observacional de la era soviética y la real carencia de foto-receptores provistos con matrices modernas. **La oscura situación arriba mencionada fué el incentivo para dar inicio a los trabajos para la elaboración de la Cooperación del Observatorio Pulkov** (Leningrado <<actual San Petersburgo>>), “Observaciones ópticas Pulkov”.

Como fué mencionado en el periódico (**El Sol de Sinaloa**) en los artículos aparecidos el 12 y 13 de octubre del 2009; y 22 y 23 de abril del 2012 donde se habló del problema de la **Basura Tecnológica Espacial**, y donde con fin de tratar este fenómeno existe actualmente interés y compromiso contraído por muchos países del mundo y dentro de estos países esta **Rusia, quien con el fin de crear una Red Internacional** (en la que actualmente México participa a través de la Universidad Autónoma de Sinaloa), de **Monitoreo de Basura Tecnológica Espacial se dio el apoyo a principio de los 90 del siglo pasado al Observatorio de Pulkov para que creara una red con este fin la cual se denominó PulCON que significa Cooperación de Observaciones Ópticas Pulkov. Esta red tuvo los siguientes objetivos:**

- apoyo a los astrónomos rusos y readaptación a los observatorios de la antigua URSS con instrumental moderno
- conservación y modernización de los telescopios pertenecientes a los gobiernos de la Unión de Países Independientes (que son las antes repúblicas soviéticas socialistas)
- buscar países del mundo que se interesaron en pertenecer y cooperar con dicha red
- incorporación a los entusiastas y aficionados a la astronomía para que participen en la construcción de la red
- organización de una extensa cooperación a los observatorios para su autofinanciación
- solución de trabajos científicos y prácticos, requeridos por los observatorios que participan en la red

La red Pulkov se creó por iniciativa propia de los astrónomos del Observatorio de Pulkov y bajo las normas científicas que requiere la astronomía en la actualidad. En el año 2005 la red ya la componían 5 observatorios y en el 2007 ya se había realizado observaciones a objetos a lo largo de la órbita Geoestacionaria. Debido a la integración del observatorio de Tarija en Bolivia y otro ubicado en la Kamptchatka, para estos observatorios fue necesario construir telescopios con gran campo visual y con monturas de movimiento automatizado, provistos con amarre del tiempo a las mediciones se elaboró un complejo software tipo programado para abastecer al procesamiento de las fotografías realizadas con cámaras CCD. A los observadores de todos los observatorios de la red se les impartieron cursos de capacitación. También se realizó y se realiza la modernización de telescopios antiguos a los cuales se les colocó lentes correctores (para el abastecimiento del campo visual de magnitud determinada y calidad), y la automatización de aditamentos de giro.

En el año 2007 se elaboró un nuevo tipo de telescopio gran-angular pequeño adaptado de una cámara CCD de gran formato (36 x36) con montura automatizada y abastecida con un programa moderno lo cual permitió, obtener un nuevo telescopio de reconocimiento de calidad. Se elaboró una metodología de ejecución “ininterrumpida” de reconocimiento de la zona geoestacionaria con un ancho de 18°. Estos telescopios automatizados permiten realizar en orbitas altas elípticas y geoestacionarias realizar miles de mediciones en cientos de seguimientos de los cuales 300

– 400 objetos tienen magnitud estelar de 15.5. Esto permitió que la ISON realizara mediciones de reconocimiento en toda la Órbita Geoestacionaria y obtuviera resultados en un año, los cuales con la metodología y telescopios tradicionales se hubieran obtenido en 40 años. Fue en el año del 2008 cuando a la red Pulkon se transformó en la actual red de instrumentos ópticos, es decir, la ISON FAC. Esta red inicio con 17 puntos de observación, lo que convirtió al ISON FAC en la red más grande del mundo que realiza observaciones a objetos que se encuentran en la órbita geoestacionaria. La red ocupa cierto tiempo también para la investigación de asteroides.

II. LA ISON FAC EN NUESTROS DIAS

Actualmente la ISON FAC la componen 27 observatorios y estaciones de observación ubicados en 11 países que cubren todas las latitudes del planeta fig. 1.

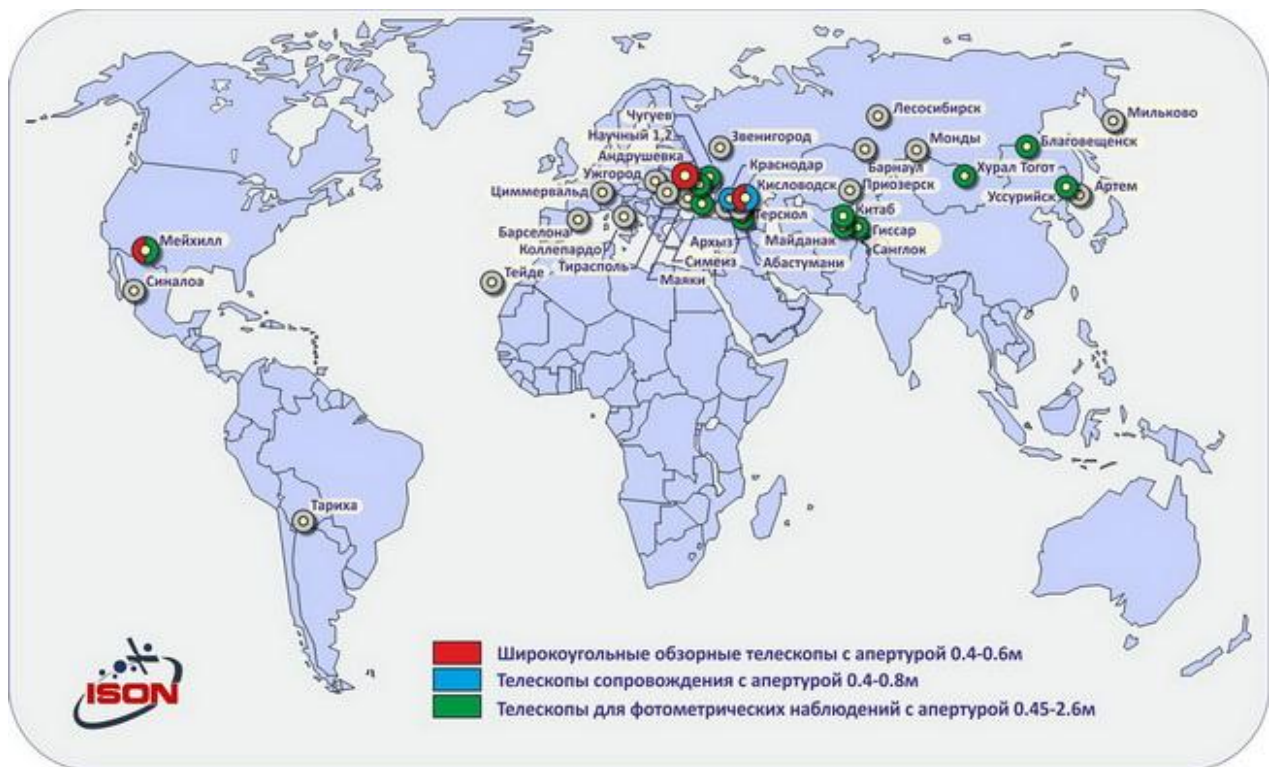


Figura 1. Mapa de ubicación de los observatorios que componen la red ISON FAC.



Figura 2. Telescopio ORI-22 con apertura de 22-cm y campo visual 5.5x5.5 grados, la cámara CCD PL4301E con montura EQ6Pro. Estos telescopios están ubicados en los observatorios de Milkovo, Usurisk, Blogovschensk, Lesosibirsk, Kitab, Naushni-1, Tiraspol.

La red posee 43 telescopios con aperturas que van de 19.2 cm fig. 2 hasta 2.6 metros tabla 1.

Tabla 1.

No.	Observatorio	Telescopio	Apertur	Campo	Subsistema
1	Milkovo	ORI-22 (fig. 2)	22 cm.	4°	Reconocimiento
2	Artem	ORI-25 (fig. 3)	25. cm.	3.4°	Reconocimiento
3	Ussurisk	ORI-22	22 cm.	5.5°	Reconocimiento
4		GAS-250 (fig. 4)	25 cm.	2.8°	*
5		ORI-50 (fig. 5)	50 cm.	2.5°	Fragmentos débiles
6	Blagovshensk	ORI-22	22 cm.	4°	Reconocimiento
7		ORI-25	25 cm.	3.4°	*
8	Mondi	AZT-14	48 cm.	1.3°	Fragmentos débiles
9		AZT-33IK	170 cm.	7.5'	Fragmentos débiles
10	Lesosibirsk	ORI-22	22 CM.	4°	Reconocimiento
11	Gissar	AZT-8 (fig. 10)	70 cm.	30'	Fragmentos débiles
12	Sanglok	VT-78e (fig. 7)	19.2 cm.	7.1°	Reconocimiento OEA
13		Zeis-600 (fig. 7)	60 cm.	7.1°	Fragmentos débiles
14	Kitab	ORI-22	22 cm.	5.5°	Reconocimiento
15		ORI-40	40 cm.	2.3°	Fragmentos débiles
16	Maidanak	Zeis-600	60 cm.	11.5°	Fotometría
17	Sari-Shagan	AZT-28	50 cm.	-	Fotometría
18	Argis	Saschen-TM-D (fig. 8)	25 cm.	-	*
19		Zeis-600	60 cm.	40'	Fragmentos débiles
20	Terskol	Zeis-2000	200 m.	20'	Fragmentos débiles
21	Abastumani	AC-32 (fig. 9)	70 cm.	45'	Asteroidal
22		AZT-11 (fig. 10)	125 cm.	10'	Asteroidal
23	Nauchni-1	SRT-220 (fig. 11)	22 cm.	4.2°	Reconocimiento
24		AT-64	64 cm.	2.3°	Fragmentos débiles
25		ZTSH	260 cm.	8.4'	Fragmentos débiles
26	Nauchni-2	SRT-220	22 cm.	4.2°	*
27	Simens	Zeis-1000	100 cm.	10'	Asteroidal
28	Chuguyev	ORI-25	25 cm.	3.4°	Reconocimiento
29		AZT-8	70 cm.	30'	Asteroidal
30	Andrushevka	ORI-22	22 cm.	4°	Reconocimiento
31		S-600	60 cm.	2°	Reconocimiento
32		Zeis-600	60 cm.	1°	Asteroidal
33	Lesniki	AZT-8	70 cm.	20'	Asteroidal
34	Mayaki	RK-600	60 cm.	17'	Fragmentos débiles
35	Tiraspol	SRT-220	22 cm.	4.2°	Reconocimiento
36		ORI-25	25 cm.	3.4°	*
37	Uschgorod	BRC-250	25 cm.	40'	*
38	Kollepardo	ORI-22	22 cm.	4°	Reconocimiento
39	Tsimmervald	ZIMLAT	10 cm.	20'	Fragmentos débiles
40	Barcelona	TFRM	50 cm.	4.4°	Reconocimiento
41	Tarija	ORI-25	25 cm.	3.4°	Reconocimiento
42	Nuevo México	Centurion-18 (fig. 12)	45.5 cm.	1.65°	Asteroidal
43	Sinaloa (Cosalá)	ORI-25	25 cm.	4°	Reconocimiento

*Observaciones específicas a objetos brillantes.



Figura 3. Telescopio ORI-25 con apertura de 25-cm y campo visual de 3.5x3.5 grados, una cámara CCD ML09000 sobre montura EQ6Pro. Estos telescopios se encuentran instalados en los observatorios de: Artem, Blagovshensk, Chuguyev, Tiraspol, Tarija y Cosalá.



Figura 4. Telescopio GAS-250 con apertura de 25 cm., campo visual de 2.8x2.8 sobre montura WS-180. Este telescopio se encuentra ubicado en Ussurisk.



Figura 5. Telescopio ORI-50 con cámara CCD PL4301E y apertura de 50-cm sobre montura WS-300. A la derecha el telescopio ORI-40 con cámara CCD PL09000 y sobre la montura WS-24. Estos telescopios están instalados en los observatorios de Ussurisk y Kitab.



Figura 6. Telescopio RK-600 con apertura de 60 cm., y un campo visual de $17' \times 17'$, con cámara CCD ML1001E. Este telescopio se encuentra ubicado en Mayaki.

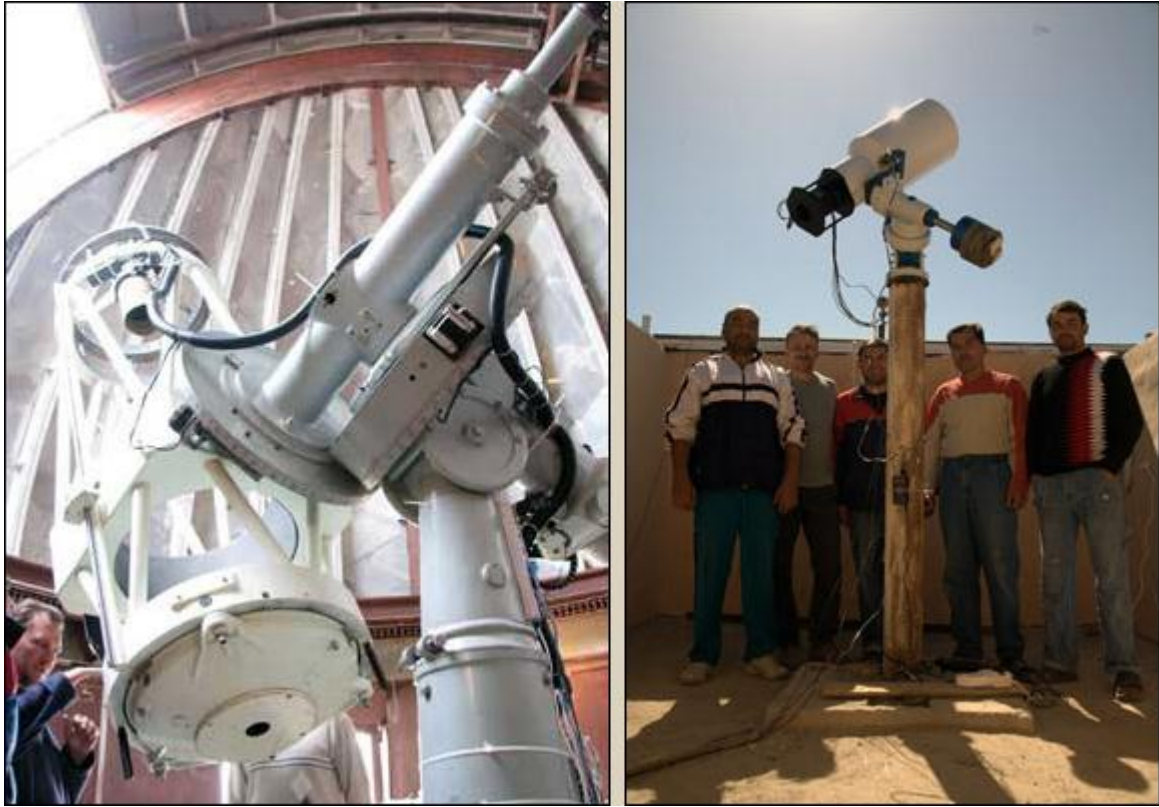


Figura 7. Telescopio Zeiss-600 con apertura de 60 cm., campo visual de 40'x40'. A la derecha el telescopio VT-78e, con apertura de 19.2 cm., campo visual de 7.1°x7.1. Los telescopios Zeiss-600 se encuentran instalados en Maidanak, Argis, Andrushevka y Sanglok y el telescopio VT-78e se encuentra ubicado en Sanglok.



Figura 8. Telescopio Saschen-TM-D con apertura de 25 cm. Este telescopio está instalado en Argis.



Figura 9. Telescopio AC-32 con apertura de 70 cm., campo visual de $45^{\circ} \times 45^{\circ}$, cámara CCD. Este telescopio se encuentra ubicado en Abastumani.



Figura 10. Telescopio AZT-8 con apertura de 70 cm., y cámara CCD ML47-10. Estos telescopios están ubicados en Chuguyev y Gissar. A la derecha el telescopio AZT-11 con apertura de 125 cm., campo visual de $10^{\circ} \times 10^{\circ}$, con cámara CCD PL4301E. Este telescopio se encuentra ubicado en Abastumani.



Figura 11. Telescopio SRT-220 con apertura de 22 cm., campo visual de $4.2^{\circ} \times 4.2^{\circ}$ y montura EQ6Pro. Este telescopio se encuentra ubicado en Nauchni-1 y Tiraspol. A la derecha Telescopio Centurión-18 con apertura de 45.5 cm., campo visual de $1.75^{\circ} \times 1.75^{\circ}$, cámara CCD ML09000. Este telescopio se encuentra ubicado en Nuevo México.

Algunos observatorios tienen un solo telescopio otros 2 ó 3. **Para resolver los diversos objetivos que se plantea la ISON FAC esta dispone de 6 subsistemas que son:**

- para reconocimiento de la órbita geoestacionaria;
- para acompañamiento de fragmentos de basura cósmica en orbitas altas;
- para la investigación de fragmentos débiles (basura tecnológica espacial);
- para la observación específica de objetos brillantes;
- para la observación de asteroides;
- para observaciones fotométricas a satélites.

La ISON FAC proporciona a sus asociados:

- un grupo de planificación y análisis de las mediciones en el Instituto de Matemáticas Aplicadas M. V. Keldish de la Academia de Ciencias Rusa;
- un grupo de apoyo técnico de programación del Observatorio Astronómico del “Centro Científico de Astronomía “Proyecto – técnico”;
- un grupo de producción de telescopios ópticos y monturas automatizadas;
- un grupo de procesamiento tecnológico para observaciones NII”.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUBSISTEMAS:

Subsistema de reconocimiento – Este subsistema es operado en **15 observatorios (ver tabla 1) y dentro de estos se cuenta el de Cósala (Sinaloa)**. En este subsistema los telescopios utilizados tienen una apertura de 22 – 25 cm con campo visual de 3.5 a 5.5 grados (ver Figuras 2-3). El trabajo realizado en los observatorios que se rigen por este subsistema, consiste en: cada noche efectuar observaciones doblemente en un régimen automatizado abriendo en un campo amplio toda la zona visible de la Órbita Satelital Geoestacionaria. Donde cada objeto de magnitud estelar de hasta 15.5 es acompañada hasta 30 minutos, esto permite amarrar a la órbita que contiene objetos detectados que no están catalogados, los cuales son capturados en el reconocimiento de dos noches contiguas,

la metodología fue elaborada por el NII “KpAO”. El principio de la planificación se muestra en la figura 12 donde se representa la trayectoria de todos los objetos conocidos que se encuentran en la Órbita Geoestacionaria. Al realizar el reconocimiento el telescopio debe hacer un recorrido doble de la trayectoria en su totalidad. Las barreras (límites) del reconocimiento se eligen de tal manera que estas estén antes y después de la sombra de la Tierra, en la zona, donde los objetos de la Órbita Geoestacionaria son mas brillantes, esto debido al favorable ángulo de fase. En una buena noche en la Órbita Geoestacionaria aparecen cientos de objetos, por lo que el total de reconocimientos de varios observatorios en una noche pueden controlar hasta 775 objetos de la Órbita Geoestacionaria (ver fig. 13), es decir, la mitad de la población conocida. Las observaciones de reconocimiento permiten detectar objetos de lanzamientos nuevos o de realización de maniobras de aparatos espaciales geoestacionarios incluso desde su primera noche de observación. Además, regularmente al mes se detectan de 10 – 15 objetos débiles desconocidos, gracias a la gran variación de su brillo (hasta 10 magnitudes), actualmente la mayoría de los fragmentos han sido detectados con pequeños telescopios. Y así paso a paso el subsistema de reconocimiento del ISON AFN (ver fig. 14) ha dado un enorme apoyo a la información sobre objetos de la Órbita Geoestacionaria, de tal manera que hasta fines del año 2011 se había alcanzado cerca de 3 000 000 de mediciones en 350 000 acompañamientos.

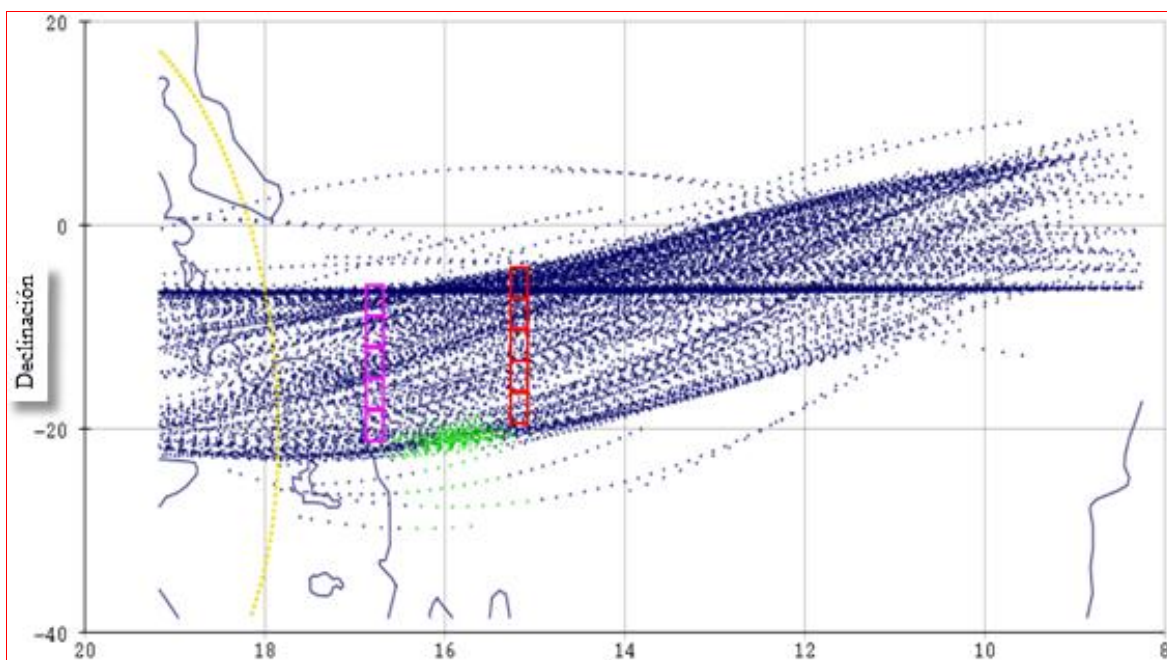


Figura 12. Determinación de las barreras (límites) para las observaciones de reconocimiento. Los puntos de color violeta señalan a todos los objetos geoestacionarios conocidos, la región verde es la sombra de la Tierra. Los rectángulos de color rosa y rojo son los límites que barre el telescopio de reconocimiento en una noche.

Subsistema de acompañamiento de fragmentos de basura cósmica en órbitas geoestacionarias y de transición – Este subsistema es operado en 6 observatorios (ver tabla 1) provistos de telescopios de apertura 40 – 70 centímetros.

Los trabajos de este subsistema consisten en operativamente atrapar a objetos ya conocidos, detectados primeramente en observaciones efectuadas en el subsistema de reconocimiento y posteriormente acompañar a estos fragmentos detectados.

Subsistema investigación de fragmentos débiles – Este subsistema es operado en 3 observatorios provistos de telescopios de apertura grande 170 – 200 centímetros.

Las investigaciones de fragmentos débiles, en la zona geoestacionaria se realizan por partes utilizando telescopios grandes.

Estos instrumentos grandes a cualquier lugar que se orienta el tubo visual, detectan fragmentos de basura tecnológica espacial prácticamente no catalogados. Sin embargo, posteriormente estos fragmentos se pierden puesto que no se dispone de quien los pueda

acompañar observacionalmente. Por tal motivo, la tarea fundamental de estos instrumentos grandes actualmente consiste en acompañar a cierta cantidad de los fragmentos detectados más estables y débiles.

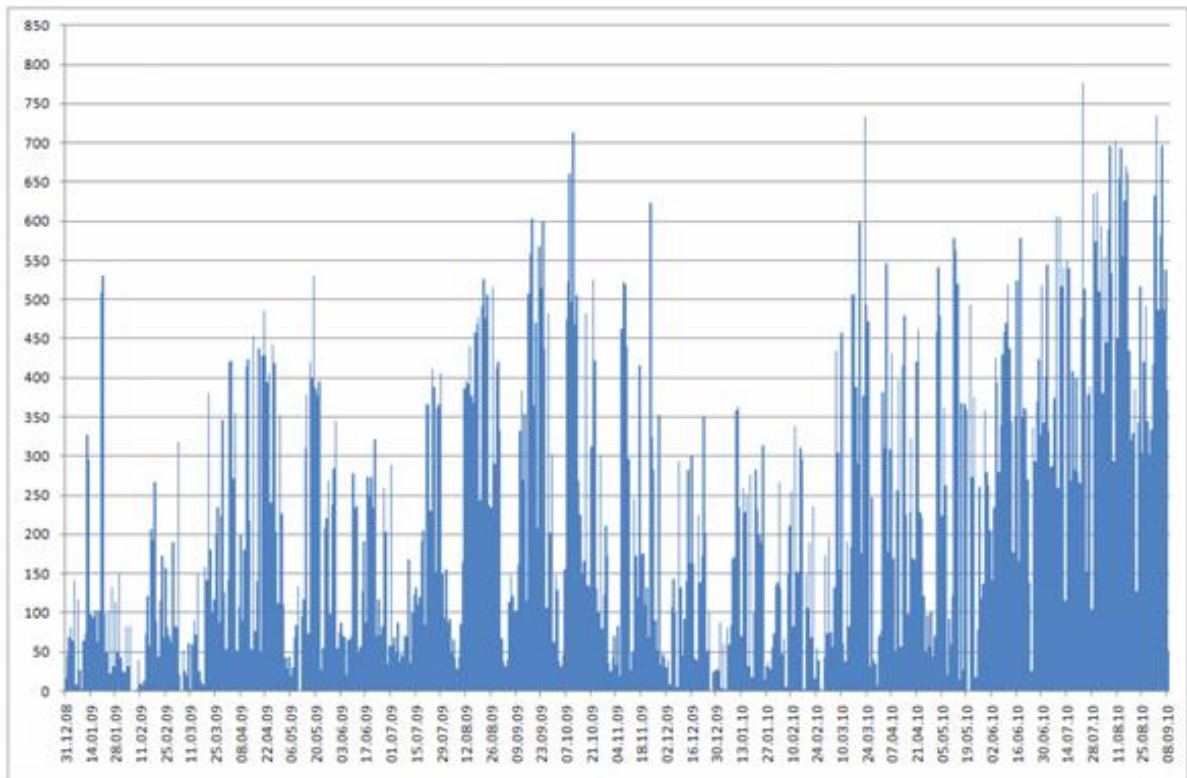


Figura 13. Cantidad de objetos en la OGO, observados por la red ISON AFN en una noche dentro del período 2000-2010.

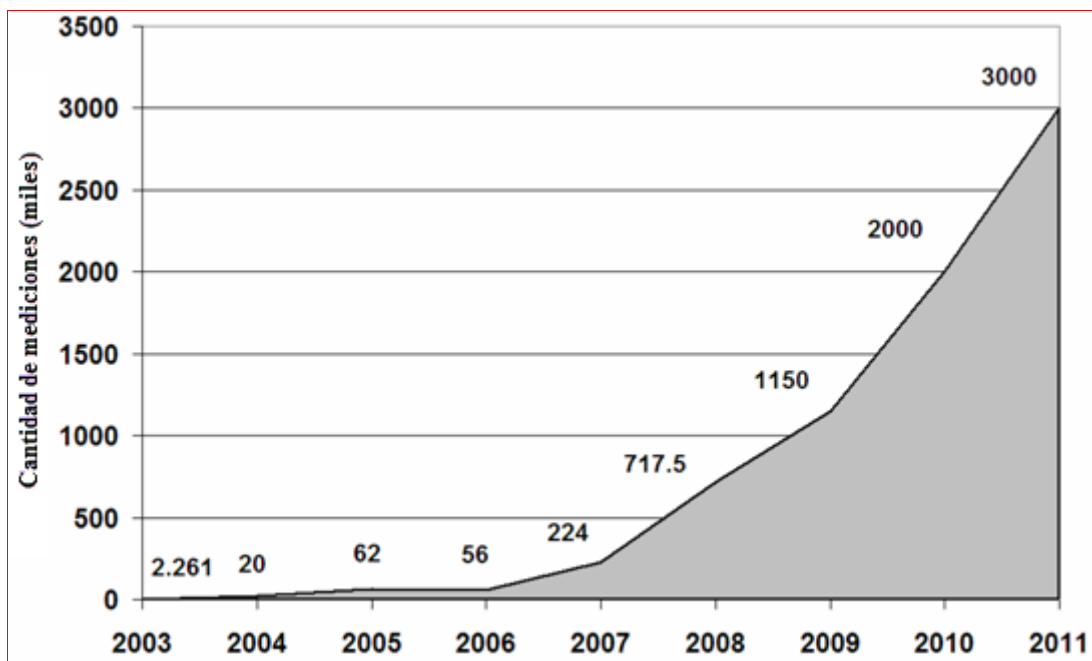


Figura 14. Crecimiento de la cantidad de mediciones de la red ISON AFN en años.

Subsistema para observaciones específicas a objetos brillantes – Este subsistema es operado en 6 observatorios (ver tabla 1) provistos de telescopios con apertura de 25 centímetros las actividades de estos observatorios consisten en realizar observaciones específicas a objetos que se encuentran en la Órbita Geoestacionaria, que participan en acercamientos peligrosos a otros objetos, los telescopios también acompañan a varias decenas de objetos que giran en orbitas elípticas altas.

Subsistema para mediciones fotométricas a satélites – Este subsistema se encuentra en etapa de desarrollo. Por tal motivo únicamente 2 observatorios (ver tabla 1) de la ISON FAC realizan estos trabajos con telescopios: Zeis-600 y el AZT-28.

Subsistema para la observación de asteroides – Este subsistema es operado por 6 observatorios (ver tabla 1).

Estos observatorios están provistos de telescopios de apertura de 70 – 150 centímetros. Las actividades de estos telescopios consisten en realizar fotografías para realizar investigaciones a asteroides, que se acercan a la Tierra.

III. LAS ACTIVIDADES DE LA ISON FAC SON:

- determinación de la población real de objetos en las orbitas altas cercanas a la Tierra;
- perfeccionamiento de los modelos de movimiento utilizados;
- determinación de las fuentes probables de la formación de los objetos detectados;
- verificación de los modelos existentes de distribución de basura cósmica;
- evaluación del peligro, que representan los fragmentos de basura cósmica a los aparatos espaciales que giran en orbitas altas, tanto en la actualidad como en el futuro;
- procesamiento tecnológico del estudio de objetos de basura cósmica con la ayuda de telescopios ópticos.

TRABAJOS PARA SOLUCIONAR LAS ACTIVIDADES MENCIONADAS ARRIBA

- detección y acompañamiento largo lo más posible al mayor número de objetos pequeños débiles ubicados en orbitas altas en una primera aproximación;
- formación **ininterrumpida** del archivo orbital de los objetos observados;
- investigación de la evolución balística de nuevos objetos detectados y de sus correspondientes modelos utilizados;
- detección y análisis de posibles situaciones peligrosas;
- análisis de fuentes probables de formación de objetos, modelación de las circunstancias de la formación de objetos;
- análisis de la distribución real de los objetos dirigidos y no dirigidos en la Orbita Geoestacionaria;
- estudio de las particularidades del movimiento de los aparatos espaciales, dirigidos por diferentes operadores, pero ubicados en los alrededores de un punto en la Orbita Geoestacionaria;
- estudio de las particularidades del lanzamiento de objetos, esquemas del exterminio de los objetos, que se originan en el proceso del primer desprendimiento de los aparatos cósmicos.

En Rusia gracias a la construcción y operación de la ISON FAC por primera vez en su historia se observa toda la Órbita Geoestacionaria Satelital (ver la fig. 15), para lo cual se realizan observaciones en el régimen de reconocimiento global en la zona OGO con una banda de ancho de 16°.

En la base dinámica de datos del Instituto de Matemáticas Aplicadas “M. V. Keldish de Academia de Ciencias Rusa actualmente se tienen concentrados cerca de 7 millones de mediciones y de 3,300 objetos de Orbita Alta. Se elaboró un archivo de información y acontecimientos orbitales (maniobras, destrucciones, etc.), y se determinan las características físicas de los objetos (brillo, relación área/masa). **La ISON FAC, en la actualidad observa 1,557 objetos de la Orbita Geoestacionaria, EUA observa 1,016 ver (Web – Service Space Track)**, incluye 922 aparatos cósmicos (404 funcionan, 518 no funcionan), 257 etapas de cohetes conductores y reactores de movimientos de apogeo, mas

de 15 diferentes modificaciones, **378 fragmentos y objetos de tipo desconocido** (oficialmente la red de control del espacio cósmico de EE.UU. solamente ha catalogado **20 fragmentos** en la Orbita Geoestacionaria). En la figura 16 se muestra la distribución de estas 157 OGO de objetos con base al período e inclinación, con diferentes colores se muestran las diferentes clases de objetos y satélites, etapas de cohetes y fragmentos.

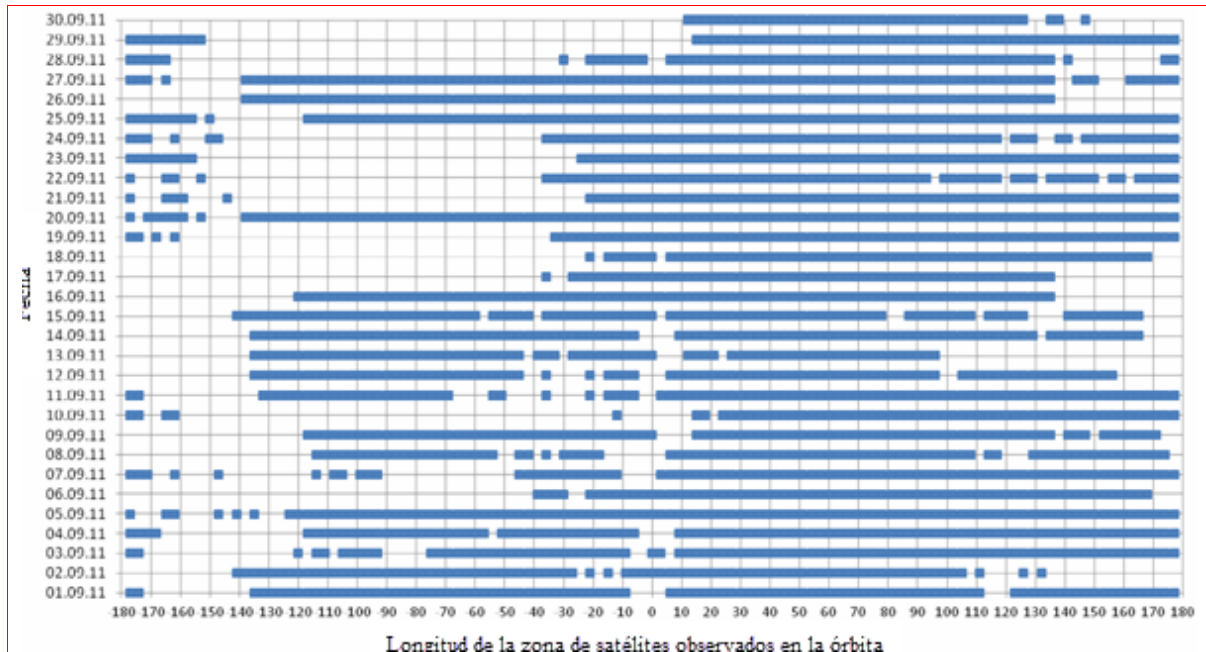


Figura 15. Diapasones que controla prácticamente la red ISON FAC, dentro de las longitudes de la región OSG hasta septiembre de 2011.

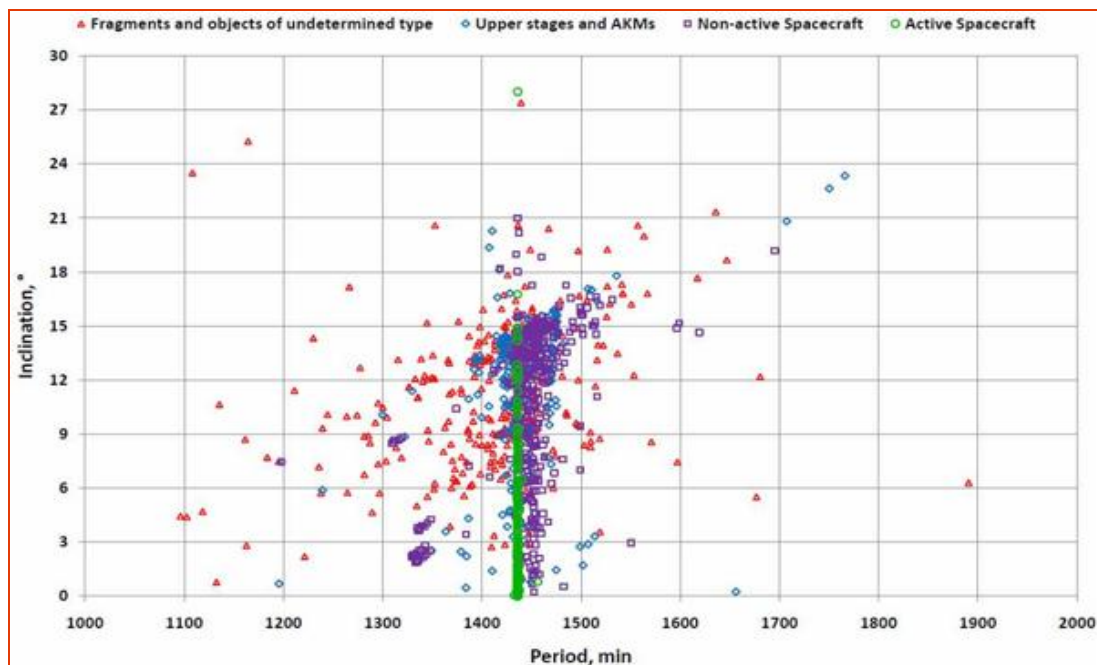


Figura 16. Distribución de 1,557 objetos en la OGO con base a periodos y acumulación: con círculos verdes se señalan a los satélites activos; con cuadros violetas se señalan a los satélites no activos; rombos azules se señala la fase superior de los aparatos cósmicos y reactores de apogeo; y con triángulos rojos se señala a fragmentos y objetos no identificados.

Hasta el año 2011 se han detectado 96 nuevos Objetos en las Órbitas Geoestacionarias **OGO** (el número total de objetos fue de 1653, esto hasta el 10/Enero/2011). En total desde el año 2005 se han detectado 750 nuevos objetos que carecen de información orbital pública, de los cuales 163 son objetos desconocidos geoestacionarios grandes (con luminosidad mas fuerte que 15.5 de magnitud estelar), y 587 fragmentos de pequeñas

dimensiones en órbitas OSG y de transición (con luminosidad mas débil que 15.5 de magnitud estelar). En la figura 17 se presenta la distribución de 1557 objetos de la OSG respectivamente con longitudes de nodo ascendente e inclinación, con color se distinguen los objetos brillantes y débiles.

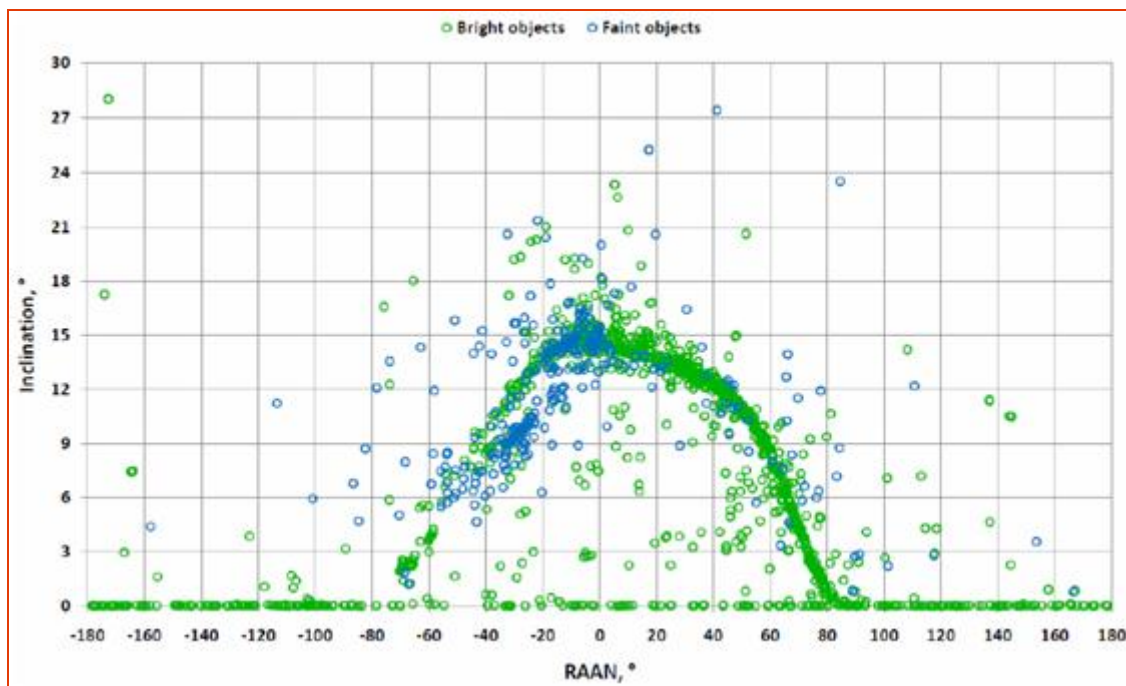


Figura 17. Distribución de 1557 objetos de la zona OGO con respecto a la longitud del nodo ascendente e inclinación. Con círculos verdes se señalan los objetos brillantes (mas fuertes que 15.5 magnitudes estelares); con círculos azules se señala a objetos débiles (mas débiles que 15.5 de magnitud estelar).

Gracias al trabajo de la ISON FAC la población de objetos conocidos de la zona de la Orbita Geoestacionaria ha aumentado y esto permite que la acumulación de datos sea utilizado para el procesamiento del modelo de distribución y evolución de la basura espacial ubicada en dicha zona.

Para el conteo elegido de los objetos cósmicos con base a las mediciones mas precisas (error de mediciones de la posición angular $0.4'' - 0.8''$), se elaboraron orbitas con alta precisión, que permiten solucionar el problema de la búsqueda y el análisis de acercamientos peligrosos, detección de variaciones de orbitas pequeñas no pronosticadas, debido a causas desconocidas, etc. Gracias al gran volumen, cantidad y alta calidad de la información medicional, ha sido posible resolver problemas de la detección de acontecimientos dinámicos **débiles** en la zona de Orbitas Altas. De acuerdo al volumen considerable de material de observaciones, este es suficiente para el análisis de las particularidades de la retención de los aparatos cósmicos en posición orbital ante la instalación simultánea de otros instrumentos en el mismo punto de ubicación del aparato cósmico.

Por primera vez en el mundo, especialistas del ISON FAC y de Europa conjuntamente sin contar con fuentes de información publica elaboraron un banco de datos de fragmentos pequeños de basura cósmica ubicada en orbitas altas. De 750 fragmentos 350 son observacionalmente acompañados en grandes intervalos de tiempo, y algunas decenas de objetos ya son observados por mas de 8 años. Es indispensable señalar, que los fragmentos han sido detectados en diferentes tipos de orbitas: tanto como de deriva como de libración. Esto significa, que su formación se debe a diversos mecanismos:

- para objetos ubicados en las orbitas libracionales – estos son objetos con velocidad relativamente pequeña separados del objeto “original” (los escenarios posibles son choques de objetos con pequeña velocidad, destrucción de superficies exteriores, ante al envejecimiento debido a acciones de factores del medio que los rodea o separaciones de fragmentos operacionales);

- para objetos en orbitas de deriva – es decir, separaciones de objetos con velocidad baja ubicados en orbitas muertas (de desecho) (posibles escenarios: choques de velocidades bajas, envejecimiento de superficies exteriores, debido a la acción de factores del medio ambiente) o a velocidades altas de cualquier objeto en zona geoestacionaria (escenario posible – destrucción de cohetes cósmicos).

Se confirma la existencia de “nubes” de fragmentos en la Orbita Geoestacionaria, originadas por la destrucción de varios aparatos cósmicos (por ejemplo, los satélites EKTRAN y el de etapas Transteidr). Esto primero se dedujo sobre el análisis **estadístico** de observaciones (al pasar enfrente del campo visual del telescopio), y con base al acompañamiento largo a **nubes** formadas separadamente.

En la figura 18 se muestra la distribución de un brillo medio para 546 objetos individuales, detectados en el período de la realización de observaciones de reconocimiento con medios de la ISON AFN.

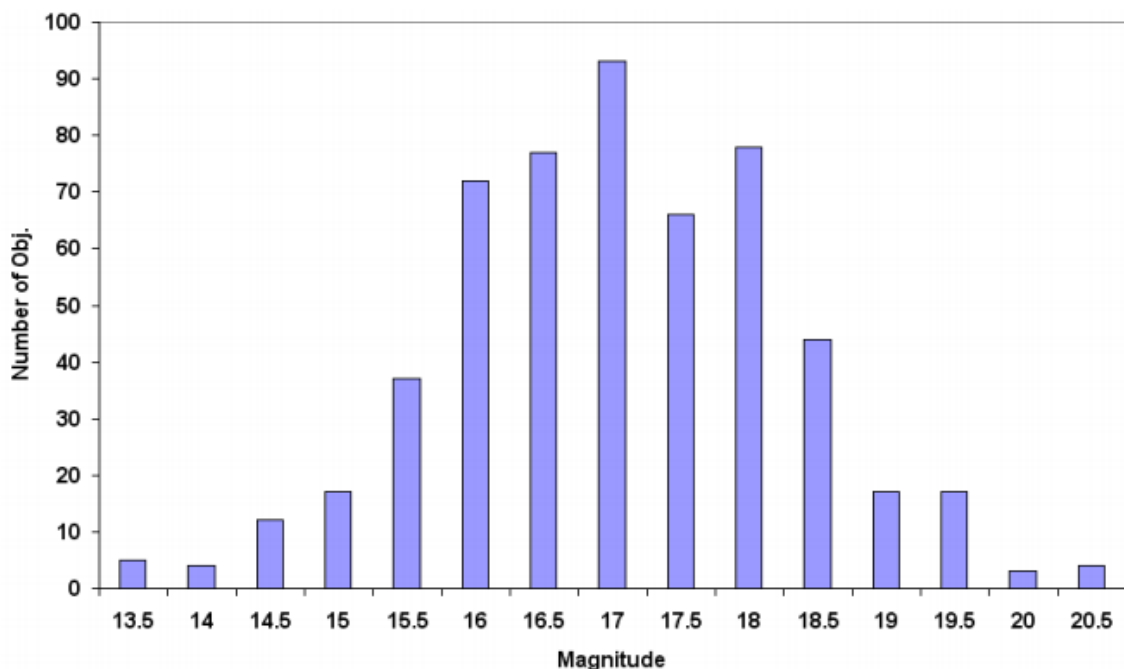


Figura 18. Distribución del brillo medio para 546 fragmentos (incluyendo 341 fragmentos y 205 acompañamientos no correlacionados).

A 341 objetos, se le realizan observaciones regularmente bajo el régimen de objetos brillantes específicos, y con base a datos del segmento ASPOS OKP en el Instituto de Matemáticas Aplicadas M.V. Keldish ACR se les realizan periódicamente precisamientos a los parámetros de su movimiento orbital. A los 205 objetos restantes solo se les observa una noche con intervalos de 5 – 90 minutos. **Debido a las limitaciones de la ISON FAC para realizar observaciones a objetos débiles (principalmente, debido a las limitaciones de capacidad de los instrumentos para poder observar en dicha zona a objetos mas débiles a la magnitud estelar 18) muchos de los objetos detectados se pierden y obviamente no se logran amarrar rígidamente la orbita y por lo tanto es necesario detectarlos nuevamente.** Sin embargo, las mediciones de brillo, obtenidas en una noche son incluidas en la estadística. Se cree que con el desarrollo de los medios de observación se espera detectar un gran numero de objetos con magnitud estelar de 18 y más débiles.

El sostén independiente obtenido acerca de una nueva clase de objetos de Relación Muy Grande entre la Superficie de una Sección Transversal con Respecto a la Masa (RMGSTM), señala que el efecto de la presión conduce a una evolución substancial de la excentricidad y de su acumulamiento de las órbitas (ver ejemplo en la figura 19). La cantidad de objetos semejantes resultó tan grande, que se requiere revisar los modelos

existentes de la distribución dinámica de la basura en el espacio cercano a la Tierra y estimar el peligro para los aparatos cósmicos en actividad [8].

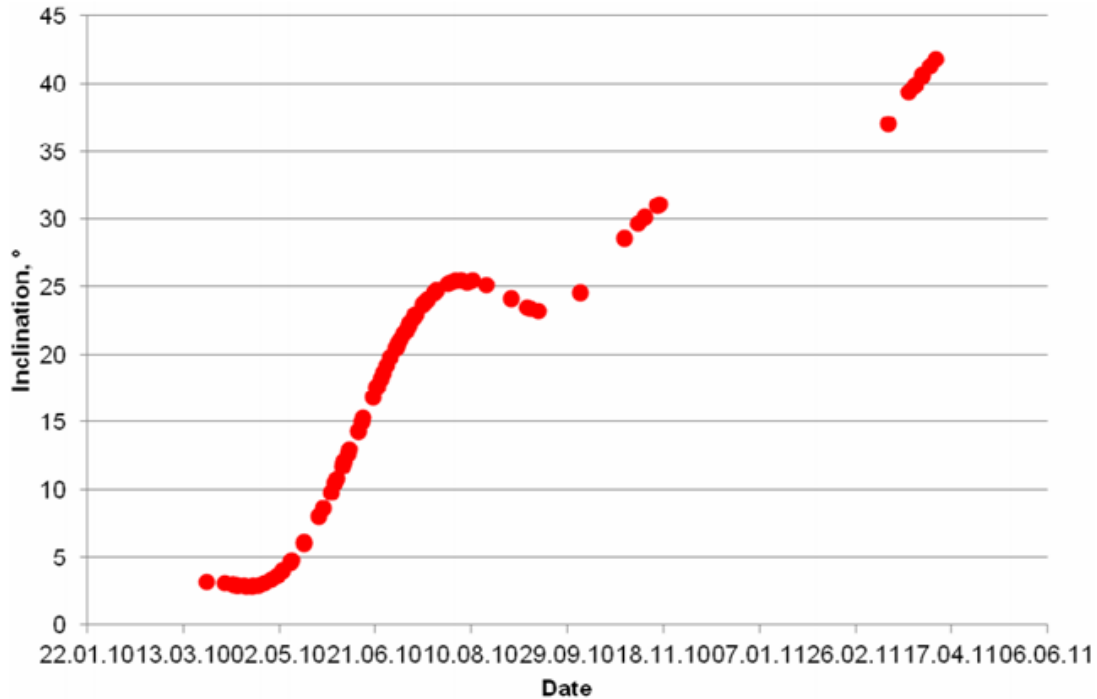


Figura 19. Evolución del acumulación para el objetos 90,200 con RSTM igual a $50 \text{ m}^2 / \text{Kg}$. En un intervalo del 22.01.10 – 06.06.11.

El banco de datos del IMA M.V. Keldish de la ACR contiene información de 247 objetos con RMGSTM en la OGO y órbitas de transición y de 23 objetos en órbitas elípticas altas, (se considera únicamente a objetos a los cuales se les realizaron mediciones en más de dos noches de observación). En la figura 20 se muestra la distribución de objetos con base a la RMGSTM y su acumulación.

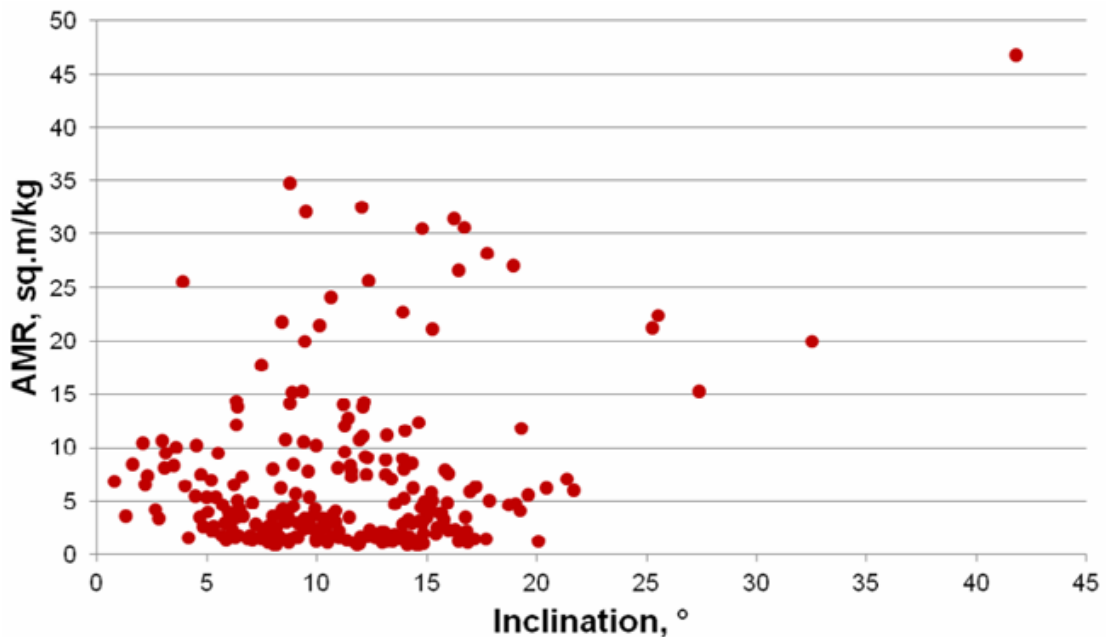


Figura 20. Distribución de objetos con RMGSTM respecto a la magnitud de relación entre superficie y la masa y su acumulación.

Se nota, que la detección de una serie de objetos de RMGSTM con magnitud entre el área y la masa que van de 5 hasta $50 \text{ m}^2/\text{kg}$., y que la acumulación de tales objetos sobre pasa de 20° , llegando a los 40° .

En la figura 21 se muestra la relación de los objetos RMGSTM de acuerdo a la magnitud de relación entre el área con respecto a la masa y el brillo estándar.

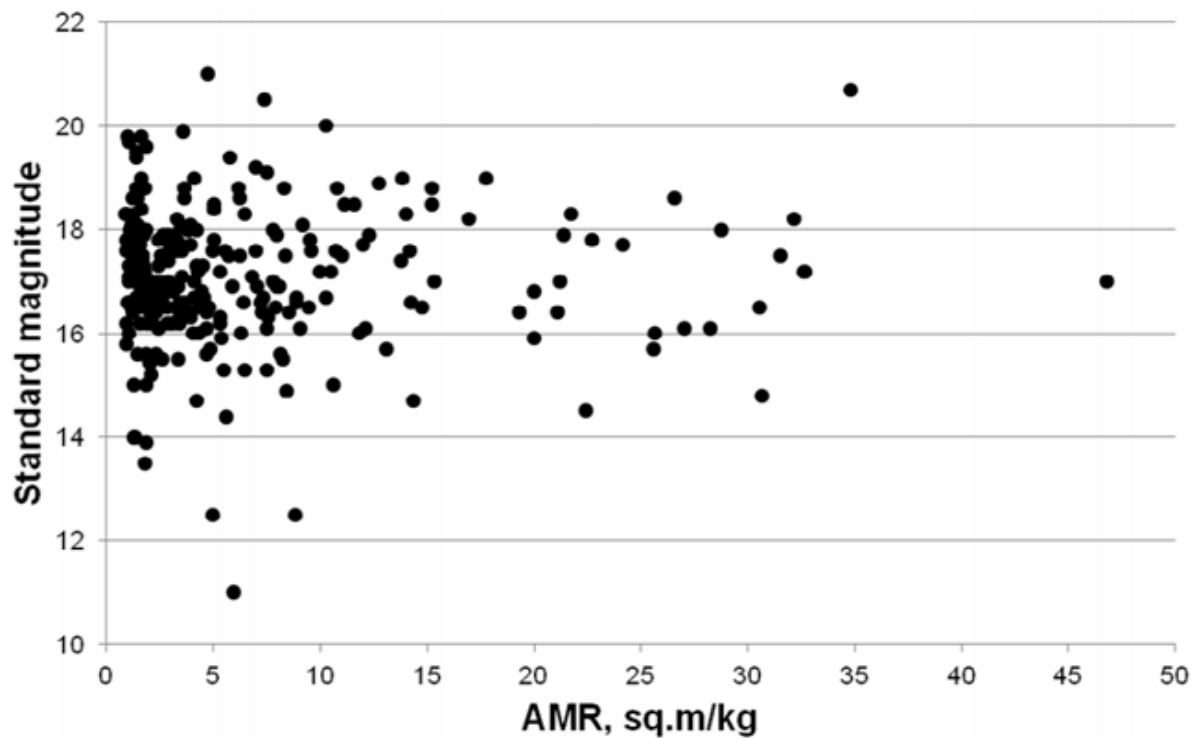


Figura 21. Distribución de objetos con RMGSTM de acuerdo a la magnitud de relación entre superficie, la masa y el brillo estándar.

De acuerdo a la figura se ve que muchos objetos RMGSTM poseen brillo mayor a las 16 unidades de magnitud estelar. La mayoría de los fragmentos detectados que presionan tienen la RAM (relación área/masa) mayor a $1 \text{ m}^2/\text{Kg}$.

La disminución de la cantidad de objetos con relación RAM mayor a $5 \text{ m}^2/\text{Kg}$., mostrados en las figura 15 y 16, no significa que la cantidad objetiva disminuya y que la fracción de objetos con valor todavía mayor de la RAM no sea significativa. **Ya que, los objetos RMGSTM son demasiado complejos desde el punto de vista para captarlos en el acompañamiento y en el mantenimiento en sus órbitas.** Esto se debe a la variación significativa de la aceleración, ocasionada por la presión solar directa. Debido a que ni la magnitud, ni el carácter de estas variaciones se pueden pronosticar, entonces el error de la posición real del objeto en relación a la pronosticada anticipadamente desde varias noches comienza a superar la magnitud del campo visual de los instrumentos utilizados. **Como resultado, en el caso de la existencia de cualquier limitación complementaria (la ausencia de buen tiempo, salida del objeto de la zona de visibilidad, fuerte crecimiento de fondo lunar en el segundo cuarto), el objeto se pierde y no siempre se puede detectar nuevamente.** Los objetos con RAM menores se pueden acompañar mas establemente por tal motivo en la actualidad estos objetos constituyen la mayoría. Es correcto estimar el número real de objetos con RAM grande mientras no se presenten las posibilidades de conocer la incertidumbre del mecanismo y sus fuentes información.

El análisis inverso de la evolución orbital de los fragmentos con RMGSTM permitió detectar varios nacimientos probables de cuerpos. En la tabla 2 se presenta la relación de objetos, los cuales se puede suponer que son fuentes de formación de objetos con RMGSTM.

Los primeros datos de los objetos con RMGSTM obtenidos en gran cantidad en intervalos largos de tiempo, permitieron detectar y analizar sus particularidades orbitales y de observación. Dentro de los fragmentos con RAM grandes se descubrió una subclasificación de objetos, cuyas órbitas a través del tiempo cruzan las trayectorias de órbitas elípticas altas y órbitas bajas de aparatos espaciales. También se detectó a varios objetos RMGSTM que mostraron increíblemente un aumento periódico de brillantes visibles, de hasta 10 magnitudes estelares, esto permite de acuerdo a su brillantez establecer la comparación con los aparatos espaciales más conocidos que navegan en la OGO. Como ya se dijo, la variación de los objetos con RAM, a causa del movimiento no pronosticado en

relación al centro de las masas, conduce a grandes errores en el pronóstico incluso en intervalos cortos de tiempos. Por lo cual, la evolución balística de los objetos con RMGSTM es muy crítica ante la existencia de zonas oscuras, lo que con la combinación de la variabilidad de la magnitud de la relación superficie-masa conduce a indeterminaciones complementarias en la determinación del movimiento.

Tabla 2. Fuentes probables de la formación de objetos con RMGSTM.

No. Internacional	Nombre del Objeto	Pertenencia	Período (min)	Inclinación (°)	Excentricidad	Perigeo (Km)	Apogeo (Km)
1993 031002	ARASENE	Francia	1012.3	4.51	0.2838	17,547	36,504
2004 050002	DELTA 4	CIF	1044.6	12.84	0.2521	19,132	36,327
1983 026003	TDRS 1	USA	1089.4	3.20	0.1908	22,005	35,393
1996 013001	POLAR	U SA	1109.01	83.62	0.6201	7,123	51,157
2000 072002	OSCAR 40	Alemania	1146.52	7.64	0.7943	1,100	58,864
1970 093003	DSP F1 COVER	USA	1195.10	7.36	0.1213	26,405	35,453
2010 016002	BREEZE-M	Rusia	1195.42	1.10	0.0728	28,220	33,655
1970 093002	TITAN 3C	USA	1197.59	7.32	0.1316	26,066	35,899
1970 093001	OPS 5960	USA	1197.74	7.32	0.1309	26,096	35,875
1974 033006	SMS1 AKM	USA	1239.2	5.69	0.0264	30,835	32,853
1992 006003	IABS R/B	USA	1299.7	10.21	0.0646	30,528	35,628

Además que, durante 6 años de trabajo la red ISON AFN, ha detectado (algunos hace poco tiempo) cerca de 2 decenas de nuevos objetos débiles, en la OGO, que representan fragmentos operativos (tecnológicos), aislados en el proceso de operaciones ordinarias. Dentro de los que tenemos:

- tapón del sistema de enfriamiento del aparato de observación KA MSG2 **Cooler Cover**, (detectado por la red ISON AFN directamente después de la separación, oficialmente catalogado por el KK BBC USA unos meses después);
- tapón de defensa-solar IK-Telescopios KA tipo “IMEYUS” (DSP);
- fragmento KA FENGYUN2D (tapón del sistema de enfriamiento ?), (oficialmente catalogado por el KK BBC USA, 1.5 años después de haber sido detectado por la red ISON-AFN);
- fragmento KA FENGYUN2C (tapón del sistema de enfriamiento ?), (detectado por la red ISON AFN en Julio del 2009, hasta el momento no ha sido catalogado);
- en marzo del 2010 en la zona de OEA se detectaron fragmentos, identificados en el lanzamiento 2009-067 (*block* DM-SL con el KA INTELSAT 15).

La cantidad de fragmentos brillantes (con magnitud estelar mayor de 15.5), detectados en la Órbita Geoestacionaria relativamente crece ininterrumpidamente, y es una realidad sorprendente. Tomando en consideración que el trabajo ininterrumpido de reconocimiento en la OGO por la ISON FAC tiene tan solo 6 años. Cada mes se descubren de 5 – 10 nuevos objetos. Muchos de estos nuevos objetos traspasan la zona de seguridad de la Órbita Geoestacionaria y otros se quedan en ella para siempre, lo cual aumenta el peligro para los satélites activos. Es muy importante detectar al mayor número de basura tecnológica cósmica, para conocer su fuente de procedencia. **Se cree, que en la zona de la Órbita Geoestacionaria existen como mínimo varios cientos de fragmentos de basura cósmica que pasan la luminosidad de magnitud estelar 18 (de dimensiones de 30 – 40 cm).** Hasta ahora la cantidad de objetos de magnitud estelar más débiles no es posible evaluarla correctamente. En el observatorio de Nuevo México donde se encuentra el

telescopio Centurión 18 manejado por Internet desde Moscú, permitió encontrar 2 cometas y 2 asteroides que se acercan a la Tierra y 600 asteroides del Gran Cinturón de Asteroides. Las observaciones de reconocimiento asteroidal efectuados en Nuevo México y en Andriushovk, se procesa con la ayuda del programa CLT (elaborado por un grupo de científicos ucranianos del club de astro-informática). El ejemplo de los resultados de observaciones fotométricas de asteroides se muestra en la figura 22.

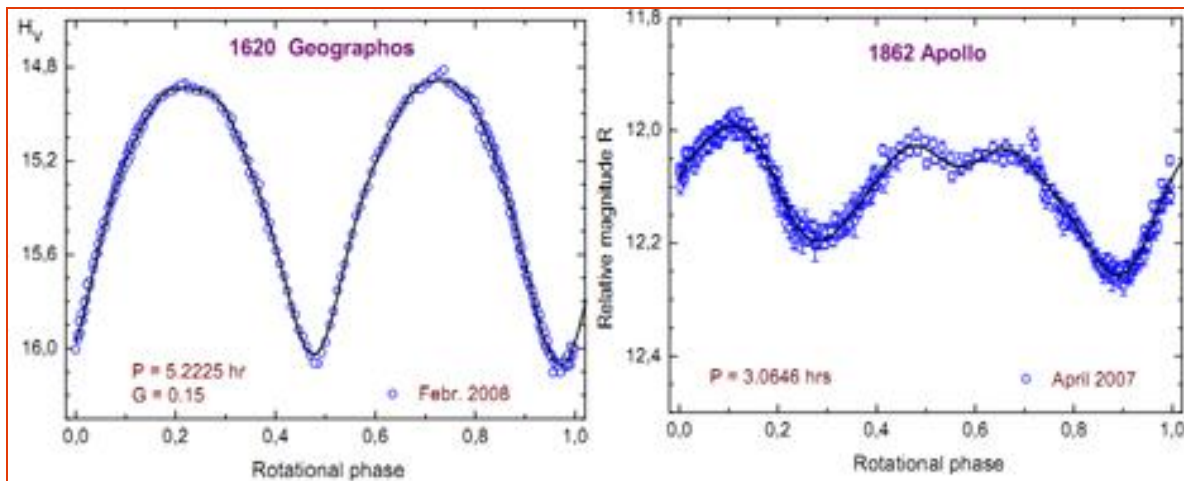


Figura 22. Ejemplo de los resultados de observaciones fotométricas de los asteroides 1620 y 1862.

Ante esto, la tarea fundamental es: la detección e investigación de los AAT dobles, la determinación de la faja de asteroides y construcción del modelo de su forma, estudio de la influencia del efecto YORP en la rotación del asteroide, determinación de las características de los AAT, que representan el objetivo principal de las observaciones con radar.

IV. PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DE LA ISON AFN.

Dentro de los planes del desarrollo de la red ISON AFN se tiene mejorar la zona occidental de la OGO instalando telescopios de reconocimiento en: Argentina, y dos más en México (Sierra Negra y Cananea), instalar otro telescopio de observaciones asteroidales en Cosalá Sinaloa, realizar trabajos de reforzamiento de “subsistema de acompañamiento a fragmentos de pequeñas dimensiones”, modernizar telescopios viejos (por ejemplo el Zeis-600 en Tarija, y Sanglok), comprar y adquirir nuevos telescopios (de 50 cm., por ejemplo el RK-500, 50 cm. CHV-500, ORI-40) ver la figura 5. Se espera un gran crecimiento de la cantidad de acompañamientos a objetos de la OEA, debido a la fabricación de una nueva serie de telescopios VT-78e que poseen un campo visual muy grande 7.1x7.1 grados (ver figura 7. El primer telescopio de tal tipo fue instalado en Sanglok y en las primeras pruebas este telescopio mostró que es tres veces más productivo que el telescopio ORI-25. Además, optimiza el estatus instrumental de los observatorios y puntos de observación de la red ISON-AFN. Se desea que en cada observatorio de la red se tengan varios telescopios de diferente tipo, es decir: de reconocimiento, para el acompañamiento de fragmentos débiles de basura cósmica, etc. Los primeros observatorios de este tipo son: Naushni-1 ubicado en Ussuriisk, Kitab Blagoveshensk, Kislovodsk y Chuguev.

En el año 2012 se iniciaron observaciones en México, Mongolia, Italia, y para el 2013 se planea iniciar observaciones en tres observatorios de México y Argentina. Actualmente se tienen conversaciones para colocar telescopios en: Indonesia, China, África del Sur, y Australia. En el campo del desarrollo de observaciones asteroidales se preparan y fabrican 4 telescopios para el reconocimiento de asteroides de campo visual 50-55 cm., y dos de 65 cm., y uno con dimensiones de 40 cm., se instalará en Cosalá, Sinaloa.

V. CONCLUSIONES

En 7 años de existencia de la ISON FAC, está a cubierto el globo Terrestre y hoy día es el instrumento más poderoso en el mundo para la observación de objetos cósmicos ubicados en orbitas altas. La acción del proyecto ISON AFN abarca 43 observatorios en el mundo de los cuales 20 observatorios están en el territorio de la ex unión soviética y esto permitió mejorar de raíz la situación de la astronomía observacional en la unión de países independientes (antes repúblicas soviéticas socialistas), siendo estos los observatorios ubicados en: Kitab, Blagoveshensk, Gissar, Sanglok, Abustaman, Ushgorod, y en América del Sur en Tarija, se instalaron nuevos observatorios en Tiraspol, Milkovo, Lesosibirsk, Artion y en Cosalá México. Se fabricaron 21 nuevos telescopios (los cuales se colocaron en observatorios), se realizan trabajos para el restablecimiento y modernización de instrumentos viejos, se diseñaron más de 40 cámaras modernas CCD.

En las observaciones de la ISON FAC se utilizan, tanto pequeños telescopios de apertura de 22 cm., como instrumentos grandes con diámetro de 160 cm. (AZT-ZZIK en Mondí), 200 cm., (Zeis-2000 en Terskol), incluso uno de 260 cm. (ZTSH en el observatorio Naushni-1). En cooperación recíproca con observatorios de la red de investigación en el campo de la OGO se pasó a un nuevo nivel de calidad como:

- controlar toda la zona de la OGO;
- observaciones de reconocimiento regular en la faja amplia;
- por primera vez se alcanza totalmente los conocimientos sobre la población de los objetos OGO, de 15.5 magnitud estelar (gracias a los trabajos del ISON AFN la población de los objetos conocidos en la región de la OGO aumentó en 1.5 veces);
- los resultados se presentan públicamente quedando al alcance de todos.

Se elaboró el proceso de detección y acompañamiento estable de una cantidad significativa de fragmentos ubicados en órbitas altas. En la zona geoestacionaria se descubrieron una gran cantidad de objetos de nueva clase con una gran relación área/masa, los cuales con el tiempo iniciarán la transición en las zonas de órbitas altas e incluso también en las órbitas bajas. La detección de muchos cientos de objetos brillantes antes desconocidos en las zonas OGO y OEA, demuestra que en los conocimientos actuales existe carencia acerca de la población de basura espacial en las órbitas altas. **La cantidad de los fragmentos detectados en las órbitas altas crece, por lo que las investigaciones en esta zona es indispensable continuarlas y ampliarlas con el fin de la detección del mayor número posible de objetos potencialmente peligrosos, que cruzan las órbitas de los aparatos espaciales activos.**

La ISON FAC inició el apoyo de la segunda dirección científica, es decir, la investigación de asteroides que se acercan a la Tierra. En Rusia se publicó el primer resumen de asteroides, donde se expone se han descubierto tres cometas (uno de ellos denominado ISON) y dos asteroides que se aproximan a la Tierra y cerca de 600 asteroides del Cinturón Principal de Asteroides. Regularmente se realizan observaciones fotométricas de asteroides con el objetivo de la investigación de AAT dobles, la determinación de las coordenadas de la faja del asteroide y la construcción del modelo de su forma y el estudio de la influencia del efecto YORV en la rotación del asteroide.