

ƏTRAF MÜHİTİN QORUNMASI

UOT 5.52.528.7

DOI:10.34826/NAA.2020.21.4.9

ATMOSFERİN AEROZOL ÇİTKLƏNMƏLƏRİNİN MƏSAFƏDƏN ZONDLAMA MƏLUMATLARI ƏSASINDA QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

X.S. Xəlilova

Milli Aviasiya Akademiyası

Məqalədə Yer atmosferinin optik parametrlərinə aerosol çirklənmələrinin təsiri haqqında məlumatlar verilir. Araşdırmalar prosesində Yer səthinin aerokosmik təsirlər əsasında troposferdə və stratosferdə aerosolların paylanmasına nəzarət etmək üçün şüalanma tənliyinin həllinə əsaslanan ədədi yanaşmaya baxılmışdır. Ölçmələrdə aerosol çirklənməsinin monitorinqi üçün müasir peyk optik-elektron avadanlıqlarının məlumatlarından istifadə olunmuşdur. Müxtəlif spektral diapazonda aparılan ölçmələrin analizi aerosol çirklənmələrinin paylanma xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsinə imkan verir.

Açar sözlər: aerosol, atmosfer çirklənməsi, ölçmə, sinxron, kvazisinxron müşahidələr, spektrlər, antropogen amil, spektral bölünmə, aerokosmik məlumatlar.

Aktuallıq. Son illər insan fəaliyyəti nəticəsində ətraf mühitdə, o cümlədən ətraf mühitin əsas komponentlərindən olan atmosfer havasında baş verən dəyişiklik hal-hazırda ciddi ekoloji problemlərdən biri hesab olunur. Atmosferi çirkləndirən çoxsaylı amillərdən biri də, aerosol çirklənmələri hesab olunur. Aerosol çirklənmələrinin ətraf mühitə, o cümlədən insan orqanizminə təsiri digər çirkləndirici qazlardan kəskin fərqlənir [1,2]. Bu nöqtəyi nəzərdən, iri sənaye mərkəzlərində aerosol çirklənmələrinin qiymətləndirilməsi ətraf mühitin, o cümlədən atmosfer optikasının müxtəlif məsələlərində mühüm rol oynadığını nəzərə alsaq, bu sahədə aparılan tədqiqatların aktuallığı günün vacib məsələləri sırasına keçir.

İşin məqsədi atmosferin kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinə aerosol çirklənmələrinin təsirinin araşdırılmasından ibarətdir.

Məlum olduğu kimi, sənaye şəhərləri üzərindəki aerosol sahələrinin formalaşma prosesinin mürəkkəbliyi və onların kimyəvi tərkibinin, dispersliyinin müxtəlifliyi ilə bağlı xüsusiyyətləri, mikrofiziki xüsusiyyətləri optik diapazonun müxtəlif spektral zonalarında çoxlu sayda ölçülmələrin keçirilməsini tələb edir. Atmosfer aerosolunun optik qalınlığı həm təbii, həm də antropogen amillərdən asılı olaraq sutkalıq, mövsümi və illərarası təbəddüdlərə məruz qalır. Sənaye şəhəri üzərindəki atmosferin aerosol çirklənməsi həm təbii qlobal proseslərdən və sənaye tullantılarının həcmindən, həm də qarışıqların yığılmasından, yaxud əksinə atmosferin təmizlənməsinə səbəb olan meteoroloji şəraitdən asılıdır. Meteoroloji və spektrometrik məlumatların müasir interpretasiyası şəhər atmosferinin aerosol optik qalınlığının dəyişkənliyinin qiymətləndirilməsinə imkan verir [1,2,3].

Kosmik informasiyalar əsasında atmosfer çirklənməsinin iki növü analiz olunur. Bunlardan biri molekulyar təsirə malik qaz hissəcikləri (Reley və Mi səpələnməsi), digəri isə çoxlu sayda bərk aerosol hissəcikləri hesab olunur. Təbii aerosollar əsasən, meşə, ot yanğınlarının, toz burulğanlarının və vulkan püskürməsi nəticəsində yaranır. Antropogen mənşəli aerosollar isə insan fəaliyyəti nəticəsində, əsasən də enerji istehsalı proseslərində yaranır.

Atmosferdə aerosol çirklənmələri haqqında informasiya verən üç kosmik informasiya mənbəyini göstərmək olar:

1. Spektrin müxtəlif oblastlarında yerin təsvirinin analiz metodu.
2. Trayektoriyanın formasına əsasən Günəşə görə atmosferin şəffaflığının ölçmə metodu.

3. “Yer-Atmosfer” sistemi tərəfindən əks olunan və səpələnən Günəş şüalanmasının ölçmələrinin nəticələrinin şərhinə əsaslanan metod.

Birinci üsul, yalnız aerozolların fəzada paylanmasını, digər iki üsul isə atmosfer aerozollarının optik xüsusiyyətləri baxımından qiymətləndirməyə imkan verir [3,4].

Qeyd olunan üsulların mahiyyətinin araşdırılması məqsədi ilə atmosferin aşağıdakı optik parametrləri haqqında bəzi məlumatları nəzərdən keçirək:

Atmosferin optik parametrləri. Yer atmosferində işıq selinin atmosferlə qarşılıqlı əlaqəsini müəyyənləşdirən əsas göstəricilər: k - udulma, σ - səpələnmə və χ (γ) atmosferin yayım indikatoru (göstəricisi) kimi parametrlərlə müəyyən olunur. Spektrin görünən hissəsində udulma çox az olduğu üçün onu nəzərə almamaq olar. Molekulyar (reley) və aerozol səpilmələri isə fərqlənilir.

Molekulyar səpələnmə göstəricisi σ_{mol} yaxşı məlumdur. Atmosferin Yerətrafi qatlarında $\lambda=0.55$ dalğa uzunluğunda onun qiyməti $\sigma_{\text{mol}}(\lambda=0.55 \text{ mkm})=0.0119 \text{ km}^{-1}$ -dir.

σ_{mol} göstəricisinin, şüalanmanın dalğa uzunluğundan asılılığı aşağıdakı kimidir.

$$\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda) = \sigma_{\text{mol}}(\lambda=0.55 \text{ mkm}) \left[\frac{0.55}{\lambda} \right]^4.$$

Burada, $\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda)$ - molekulyar səpələnmənin hündürlük və dalğa uzunluğundan asılılıq funksiyasıdır.

Hündürlüyə görə molekulyar səpələnmə göstəricisi eksponensial qanunla dəyişir.

$$\sigma_{\text{mol}}(H, \lambda) = \sigma_{\text{mol}}(0, \lambda) \exp(H/H_{\text{mol}}).$$

Burada, $H_{\text{mol}}=8 \text{ km}$ - molekulyar atmosferin effektiv hündürlüyüdür.

Molekulyar yayım indikatrixası isə $\chi_{\text{mol}}(\gamma)=0.75(1+\cos^2\gamma)$ ifadəsi ilə tapılır.

Atmosferin aerozolla çirklənməsinin aerokosmik monitorinqi sistemi. Atmosferin aerozolla çirklənməsinin aerokosmik monitorinqi, spektrin ultrabənövşəyi görünən və yaxın infraqırmızı diapazonlarda aparılır. Spektrin bu diapazonlarında udulma və səpələnmə proseslərinə aerozoldan əlavə, atmosferin digər aktiv optik komponentləri təsir göstərə bilər. Onlara ozon, azot dioksidi və başqaları misal ola bilər. Aerozol komponentlərinin parametrlərinin bərpasına birkanallı ölçülərdən çoxkanallı (çoxspektrallı, çoxbucaqlı və ya spektral-bucaqlı) ölçülərə keçməklə nail olmaq olar. Onların məsələnin həllinə təsirinin göstəricilərinin müəyyənləşdirilməsi üçün çoxkanallı ölçmə üsullarının nəticələrindən istifadə olunur. Belə ölçmə avadanlıqları Landsat, Spot, Aqua, Sentinel, NOAA və digər müasir peyk sistemlərində tətbiq olunur [3,5,6,7].

Araşdırmalarda biz əsasən AzərSKY (Spot-6) peykində qoyulmuş skaner təsvirlərindən istifadə etmişik. Aşağıda həmin sistemin əsas texniki xarakteristikaları verilmişdir:

Spektral diapazonlar, mkm.

Panxromatik: 0.450-0.475

I kanal – Göy; 0.450-0.520

II kanal – Yaşıl; 0.530-0.590

III kanal – Qırmızı; 0.625-0.695

IV kanala yaxın infraqırmızı; 0.760-0.890

Müşahidə zonasının eni-60 km

Radiometrik ayırdetməsi- 2^{12} -qradasiya

Fəza ayırdetməsi: Panxromatikdə-1.5 m, multispektral-10 m

Akkumlyasiya metodu. Atmosfer tərəfindən zəiflədilmiş Günəş şüalanmasının ölçülməsi qeyd olunmuş çoxkanallı skaner ilə aparılmışdır: dalğa uzunluğunun işçi diapazonu-0,45, 0,89 mkm, spektral kanallarının sayı 5 olmuşdur. Aerozol qalınlığı, spektral sahədə 0.45...0.53 mkm və 0.75...0.83 mkm, ozonun udma zolağından kənarında 0.55...0.73 mkm müəyyən edilmişdir (burada Günəş radiasiyası ozon tərəfindən az miqdarda udulur). Aerozolun zəifləmə göstəricisinin şaquli profilinin bərpası, ölçülən qalınlığa görə statik tənzimləmə metodu ilə aparılır. Aerozolun zəifləmə göstəricisinin profili $h>10 \text{ km}$ hündürlük oblastında bərpa olunur. Təcrübələrin nəticələri aerozol qatının əsasən 14...20 km, 25 km və 32 km-də formalaşmasını müəyyənləşdirmişdir.

Bucaq metodu. Bu metodda nadir xəttinə nəzərən simmetrik yerləşmiş iki istiqamətdə buraxılmış şüalanmaların işıqlanmasının ölçülməsi ilə atmosferin optik qalınlığının tapılmasına yönəlmişdir.

Peykin qabaq hissəsində yerləşdirilmiş uçkanallı telefotometr uçuş istiqamətinə perpendikulyar istiqamətdə skanerləşir və Yer in əks etdirdiyi radiasiyanın işıqlanmasını dar spektral intervalda ölçür. Bu interval 0.34; 0.47 və 0.75 mkm-də mərkəzləşmişdir. Bucaq metodunun əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, müxtəlif dispersiyalı aerosolların qiymətləndirilməsi müxtəlif bucaqlar altında daha effektiv olur. Ölçmələr nadirdən $\pm 3 - 10^\circ$ bucaq altında aparılmışdır. Sənaye şəhərlərində temperaturun təyin olunmasında da, aerosolların təsirinin qiymətləndirilməsi böyük əhəmiyyətə malik olur [6,7].

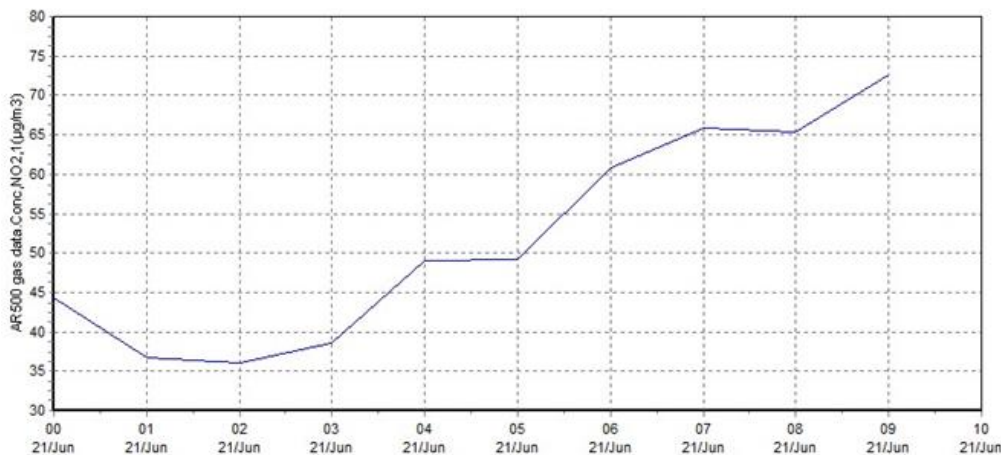
Temperaturun tapılmasında əsas maneə, atmosferdə aerosolun və su buxarının olmasıdır. Əgər ikiölçülü kanallar üçün su buxarının udma səviyyəsi fərqlidirsə, onların nisbəti sabitdirsə, onda ikikanallı ölçmə su buxarının hesablanması (qeydiyyatını) kifayət qədər dəqiqliklə təmin edir. Göstərilən şəraitlər mərkəzləri mkm-də olan, 1 mkm spektral intervallar üçün yerinə yetirilir. Belə ikikanallı ölçmələrə görə temperaturun tapılma xətası aerosolların nəzərə alınmaması, dəniz səthinin şüalanma əmsalı və aparat küyü ilə bağlıdır.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, iri sənaye şəhərlərində atmosferin aerosol çirklənmələrinə müxtəlif təsirlər, o cümlədən avtomobil nəqliyyatı təsir göstərir. Bu təsirin xüsusiyyətini qiymətləndirmək üçün Bakı şəhəri üzərində aerosol çirklənmələrinin paylanma göstəriciləri əsasında, nəqliyyatın intensivliyinin böyük olduğu Heydər Əliyev prospektində çirklənmələrin paylanma xüsusiyyəti nəzərdən keçirilmişdir.

Aşağıdakı şəkillərdə nəqliyyatın intensivliyinin çox yüksək olduğu Heydər Əliyev prospektində 2019-cu ilin iyun ayında aparılmış ölçmə nəticələri göstərilmişdir.

Şəkil 1-də NO₂-nin, Şəkil 2-də isə SO₂-nin sutka ərzində (gecə saat 00⁰⁰-dan gündüz saat 10⁰⁰-a kimi) alınmış məlumatlar öz əksini tapmışdır.

Qrafiklərdən görünür ki, hər iki çirkləndirici qaz üçün konsentrasiyanın qiyməti saat 04⁰⁰ və 05⁰⁰-dan etibarən artmağa başlayır. Bu isə bilavasitə nəqliyyatın intensivliyinin artması ilə əlaqədardır. Aparılan tədqiqatların nəticələri göstərir ki, nəqliyyatın intensivliyinin dəyişməsi baxılan qazların konsentrasiyasının kəskin artmasına səbəb oldu. Məsələn NO₂ üçün gecə saatlarında konsentrasiyanın qiyməti 35-40 mq/m³ olduğu halda, 08⁰⁰-09⁰⁰ radələrində bu qiymət təqribən iki dəfəyədək artaraq 70-75 mq/m³ təşkil edir [8].



Şək. 1. 2019-cu ilin iyun ayında sutka ərzində NO₂-nin konsentrasiyasının dəyişmə qrafiki

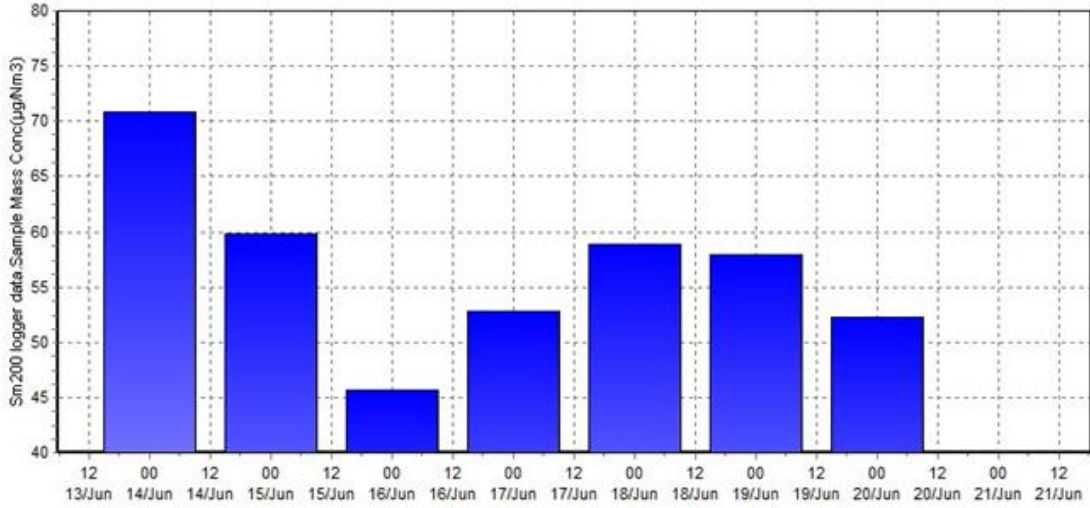
Analoji olaraq SO₂ qazı üçün gecə saatlarında bu qiymət 8-10 mq/m³ olduğu halda saat 08⁰⁰-09⁰⁰ arasında bu qiymət 2-2.5 dəfə artaraq 17-18 mq/m³ təşkil edir.

Yuxarıda qeyd etdik ki, Heydər Əliyev prospektində atmosferi çirkləndirən göstəricilərdən biri də, tozun konsentrasiyasının dəyişməsidir. Ölçmələr iyun ayının 12-dən 21-ə kimi müddətdə aparılmış və müəyyən olunmuşdur ki, tozun konsentrasiyası müxtəlif günlərdə müxtəlif qiymətlər almışdır. Aparılan ölçmələr nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, baxılan günlərdə ən böyük, ən

yüksək konsentrasiya iyunun 14-də qeydə alınmışdır. Bunun əsas səbəbi meteoroloji məlumatlara görə qum fırtınalarının meydana gəlməsidir [8].



Şəkil 2. 2019-cu ilin iyun ayında sutka ərzində SO₂-nin konsentrasiyasının dəyişmə qrafiki



Şəkil 3. İyun ayının 13-dən 21-ə kimi atmosferin tərkibində tozun konsentrasiyasının dəyişmə diaqramı

Atmosfer Havasının çirkləndiricilərinin Yol Verilən Qatılıq Hədləri (YVQH)		
Çirkləndiricilər	YVQH-ləri (µg/m ³)	Ortalama dövrü
Benzol	5	1 il
Toluol	-	-
Para-Ksilol	-	-
Azotdördoksid	200	1 saat
Kükürddördoksid	350	1 saat
Ozon	120	8 saat
PM ₁₀	50	1 gün

NƏTİCƏ

Aerokosmik üsullarla aparılan ölçmə nəticələri göstərir ki, baxılan üsul atmosferdə gedən proseslərə nəzarətin həyata keçirilməsinin ən müasir üsullarından biri hesab olunur. Peyk informasiyası əsasında hər bir çirkləndirici qazın udma spektrində və ya ona yaxın diapazonlarda aparılan ölçmələr atmosferdə gedən proseslərin izlənilməsinə və onların nəticələrinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsinə imkan verir. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, müasir *Peyk Ölçü Sistemlərinin* yüksək dəqiqliyə malik olması alınmış nəticələrin Yərüstə ölçmələrdən alınan məlumatlara çox yaxın olduğunu nümayiş etdirir.

**ОЦЕНКА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Х.С. Халилова

Даны сведения об оптических параметрах земной атмосферы. Рассмотрен качественный подход, основанный на интерпретации спутниковых изображений земной поверхности для обнаружения дымовых загрязнений и пылевых образований в атмосфере, и количественный подход, основанный на решениях уравнения переноса излучения для контроля тропосферного и стратосферного аэрозоля земной атмосферы из космоса.

Приведены примеры спутниковой оптико-электронной аппаратуры для мониторинга аэрозольных загрязнений земной атмосферы. Уменьшение темпов загрязнения атмосферы в зависимости от природной среды и ее постепенная минимизация в будущем являются одними из наиболее важных вопросов.

Ключевые слова: *аэрозоль, загрязнение атмосферы, измерения, синхронный, квазисинхронные наблюдения, спектры, антропогенный фактор, спектральное разделение.*

EVALUATION OF AEROSOL POLLUTION IN THE ATMOSPHERE BASED ON REMOTE SENSING DATA

Kh.S. Khalilova

The information about the optical parameters of the earth's atmosphere is widely described in the article. A qualitative approach based on the interpretation of satellite images of the earth's surface to detect smoke pollution and dust formations in the atmosphere, and a quantitative approach based on solutions of the radiation transfer equation to control the tropospheric and stratospheric aerosol of the Earth's atmosphere from the space are considered in the work. It also illustrates examples of satellite optical-electronic equipment for monitoring aerosol pollution of the earth's atmosphere. Depending on the natural environment, it is important to prevent the acceleration of atmospheric contamination processes and to gradually minimize them in the future.

Key words: *aerosol, atmosphere pollution, measurements, synchronous, quasicynchronous observations, spectrum, anthropogenic factor, spectral decomposition.*

ƏDƏBİYYAT

1. Koukouli, M.E. Signs of a negative trend in the MODIS aerosol optical depth over the Southern Balkans / M.E. Koukouli, S.Kazadzis, V. Amiridis, C. Ichoku, D.S. Balis, A.F.Bais // Atmos. Environ., № 44, 2010, P. 1219-1228.
2. Yoon, J. Analysis of linear long term trend of aerosol optical thickness derived from SeaWiFS using BAER over Europe and South China / J.Yoon, W. von Hoyningen-Huene, M. Vountas, J.P. Burrows // Atmos. Chem. Phys., № 11, 2011, P. 12149-12167.
3. Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и ее изменения на территории России. М., 2008, с.109-114.
4. Поддубный В.А., Лужеская А.П. и др. Оценка влияния города на аэрозольное замутнение атмосферы по данным двухточечных измерений «Фон- промышленный город». // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т25, №4. с.319-326.

5. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Основы теоретической атмосферной оптики. Санкт-Петербург. 2007. 73-83.
6. URL: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>
7. URL: http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgommas_inter_active.
8. eco.gov.az.

REFERENCES

1. Koukouli, M.E. Signs of a negative trend in the MODIS aerosol optical depth over the Southern Balkans / M.E. Koukouli, S.Kazadzis, V. Amiridis, C. Ichoku, D.S. Balis, A.F.Bais // Atmos. Environ., № 44, 2010, P. 1219-1228.
2. Yoon, J. Analysis of linear long term trend of aerosol optical thickness derived from SeaWiFS using BAER over Europe and South China / J.Yoon, W.von Hoyningen - Huene, M. Vountas, J.P. Burrows // Atmos. Chem. Phys., № 11, 2011, P. 12149-12167.
3. Abakumova G.M., Gorbarenko E.V. Prozhrachnost' atmosferyy v Moskve za posledniye 50 let y ee yzmenenyya na terrytoryy Rossyy. M.2008.s.109-114.
4. Poddubnyy V.A., Luzhetskaya A.P. y dr. Ocenka vlyjaniya goroda na aërozoll'noe zamutneniye atmosferyy po dannym dvuhtocheynyh yzmereniy «Fon- promyshlennyj gorod». // Optyka atmosferyy y okeana. 2012. T25, №4. s.319-326.
5. Timofeev Ju.M., Vasylyev A.V. Osnovi teoreticheskoy atmosfernoj optiki. Sankt-Peterburg. 2007. 73-83.
6. URL: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Giovanni>.
7. URL: http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/bamgommas_inter_active.
8. eco.gov.az.

Müəllif haqqında məlumat

Soyadı, adı, atasının adı	Xəlilova Xədicə Sabir qızı
İş yeri	Milli Aviasiya Akademiyası
Vəzifəsi	Elmi-tədqiqat işləri üzrə analitik şöbənin mühəndisi, “Ətraf mühitin aerokosmik monitorinqi” kafedrasının dissertantı
Maraq sahəsi	Məsafədən aerokosmik tədqiqatlar
E-mail	-x.xalilova@mail.ru
Əlaqə telefonu	+994 77 420 05 02

Rəyçi: t.e.d., prof .A.N. Bədəlova