ЛЕКЦИЯ 2

Жерсеріктік метеорологияның негіздері. Meteosat-9



Турсумбаева Мадина Оразгазиевна
PhD, аға оқытушы
Метеорология және Гидрология кафедрасы

Дәрістің мақсаты және оқу нәтижелері

Дәрістің мақсаты

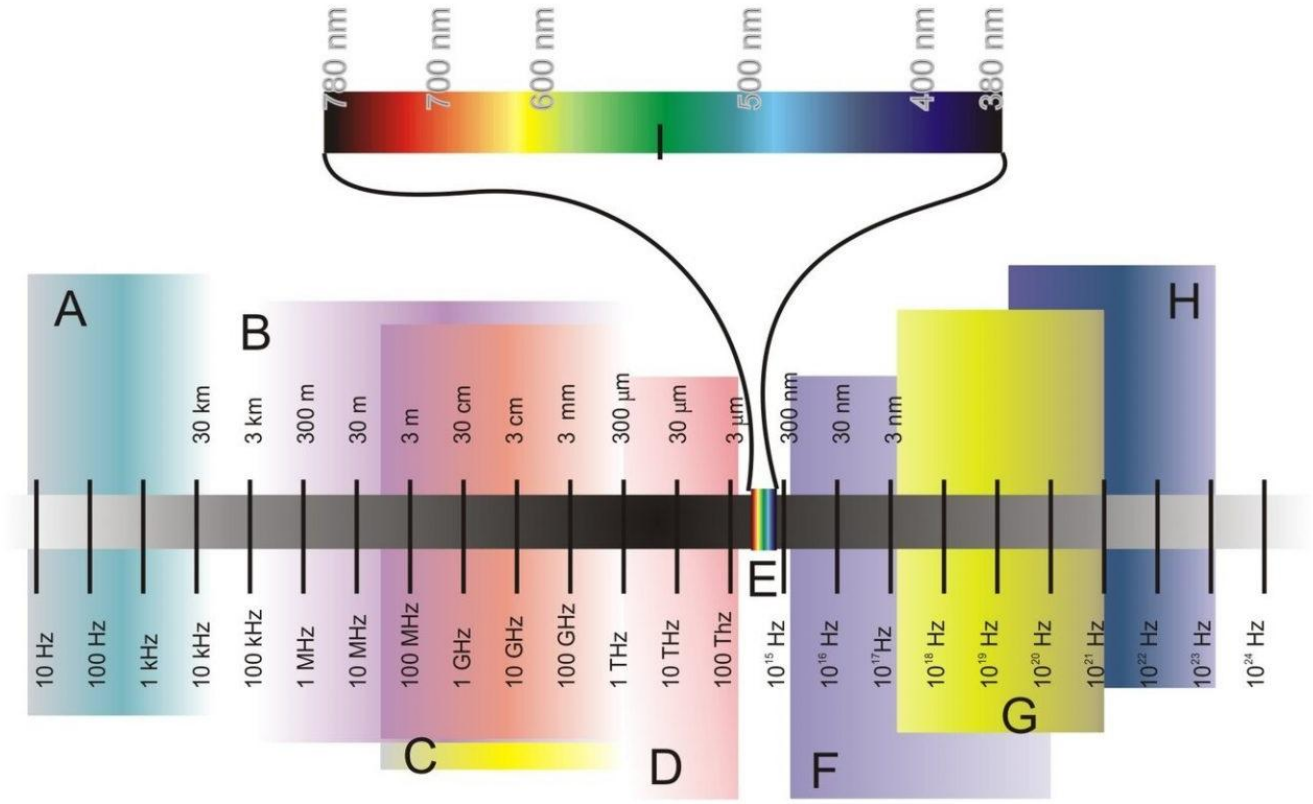
Қысқа және ұзын толқынды сәулеленудің айырмашылығын, жарқырау температурасы мен шағылысу ұғымдарын түсіндіру, Meteosat-9 жерсерігі мен SEVIRI аспабының арналарын таныстыру.

Оқу нәтижелері

Дәрісті меңгерген студент:

1. күн (қысқа толқынды) және жер (ұзын толқынды) радиациясын ажыратады;
2. жарқырау температурасы мен шағылысу коэффициентінің мағынасын және қай арналарда қолданылатынын түсіндіреді;
3. атмосфералық газдардың сәулені жұтуын және «атмосфералық терезе» ұғымын сипаттайды;
4. Meteosat-9 жерсерігі мен SEVIRI аспабының негізгі сипаттамаларын атайды;
5. SEVIRI арналарын қолданылу мақсатымен (бұлт, су буы, озон, шаң, жер беті температурасы) сәйкестендіреді.

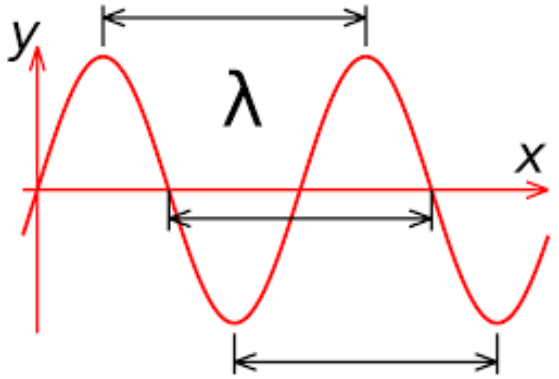
Электромагниттік спектр



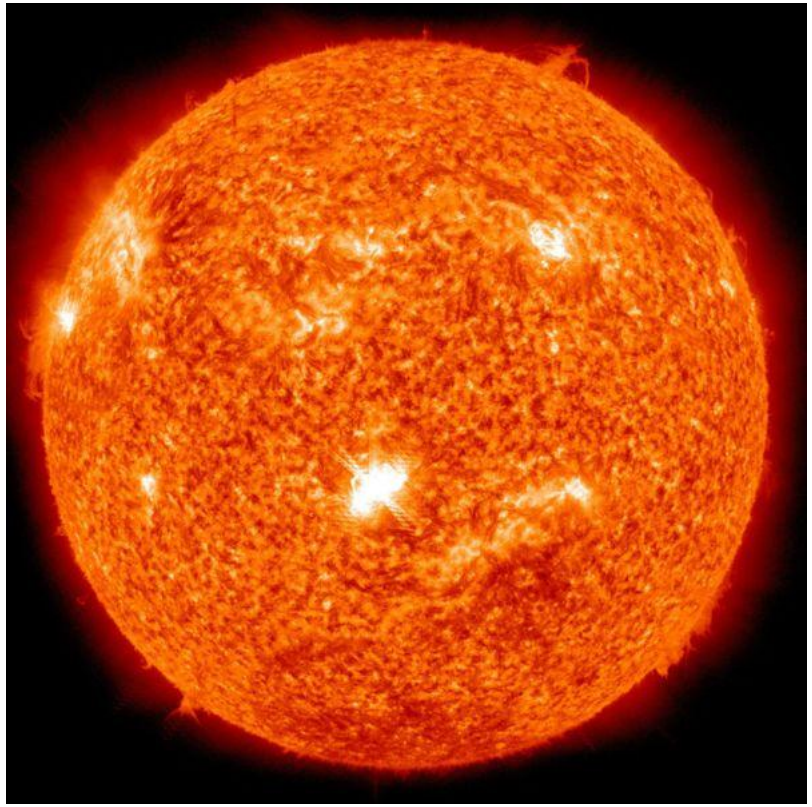
B - Радиоволны
C - Микроволны
D - Инфракрасные волны
E - Видимый свет
F - Ультрафиолетовое излучение
G - Рентгеновское излучение
H - Гамма - излучение
I - Спектр видимого света

Электромагниттік толқынның сипаттамалары:

- Толқын ұзындығы (λ)- толқынның екі бірдей нүктесінің (мысалы, екі шыңның) арасындағы қашықтық.
- Жиілік (ν) – толқынның секунд сайынғы тербеліс саны, өлшем бірлігі – герц (Гц).



Екі дененің хикаясы



T = 6000 K

λ_{max}= 0.5 μm (green)

B = 7 400 000 W m^{-2}



T = 290 K

λ_{max}= 10 μm (IR)

B = 400 W m^{-2}

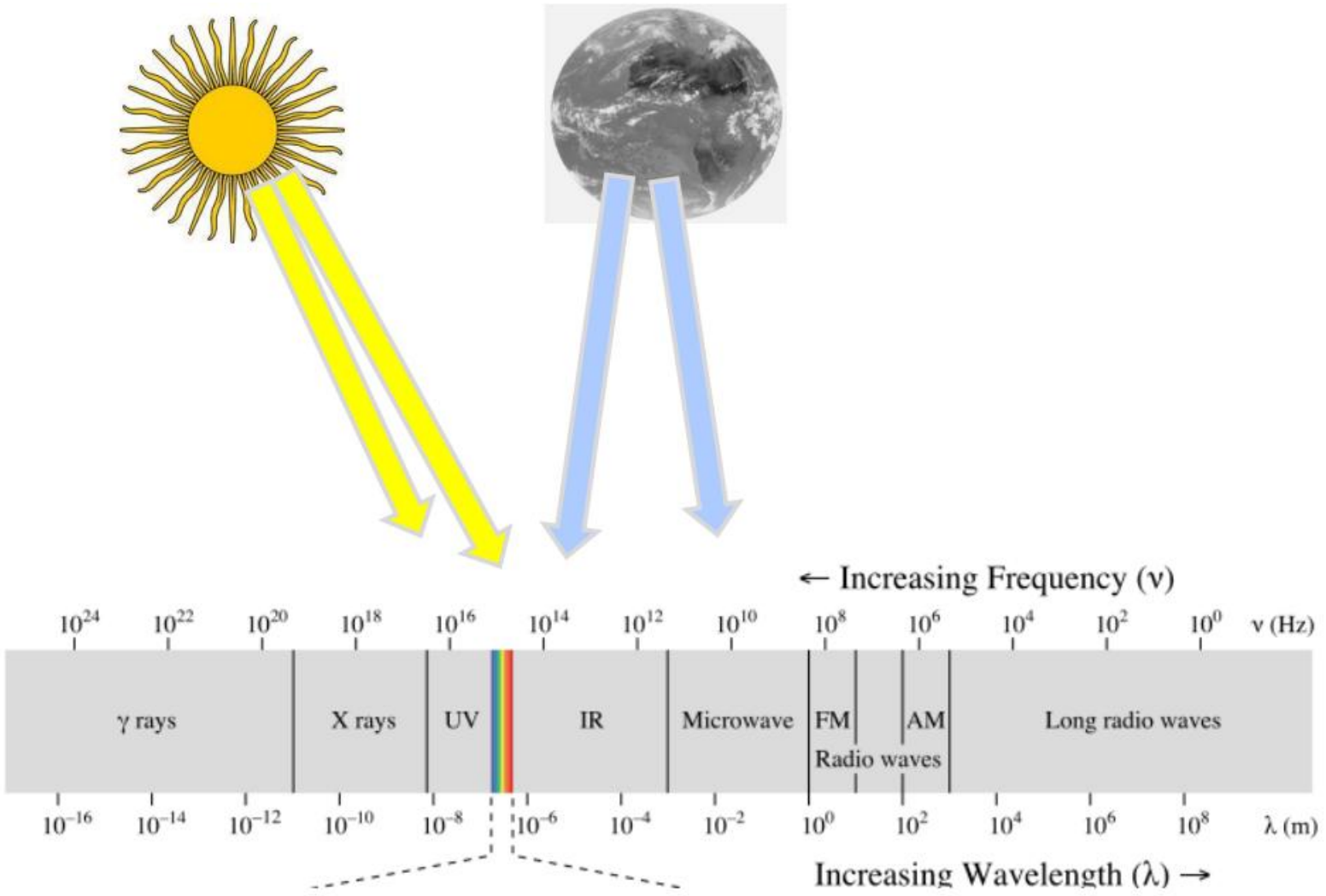
Қысқа толқын vs. Ұзын толқын

99% күн энергиясының толқын ұзындығы 4 мкм-ден қысқа.

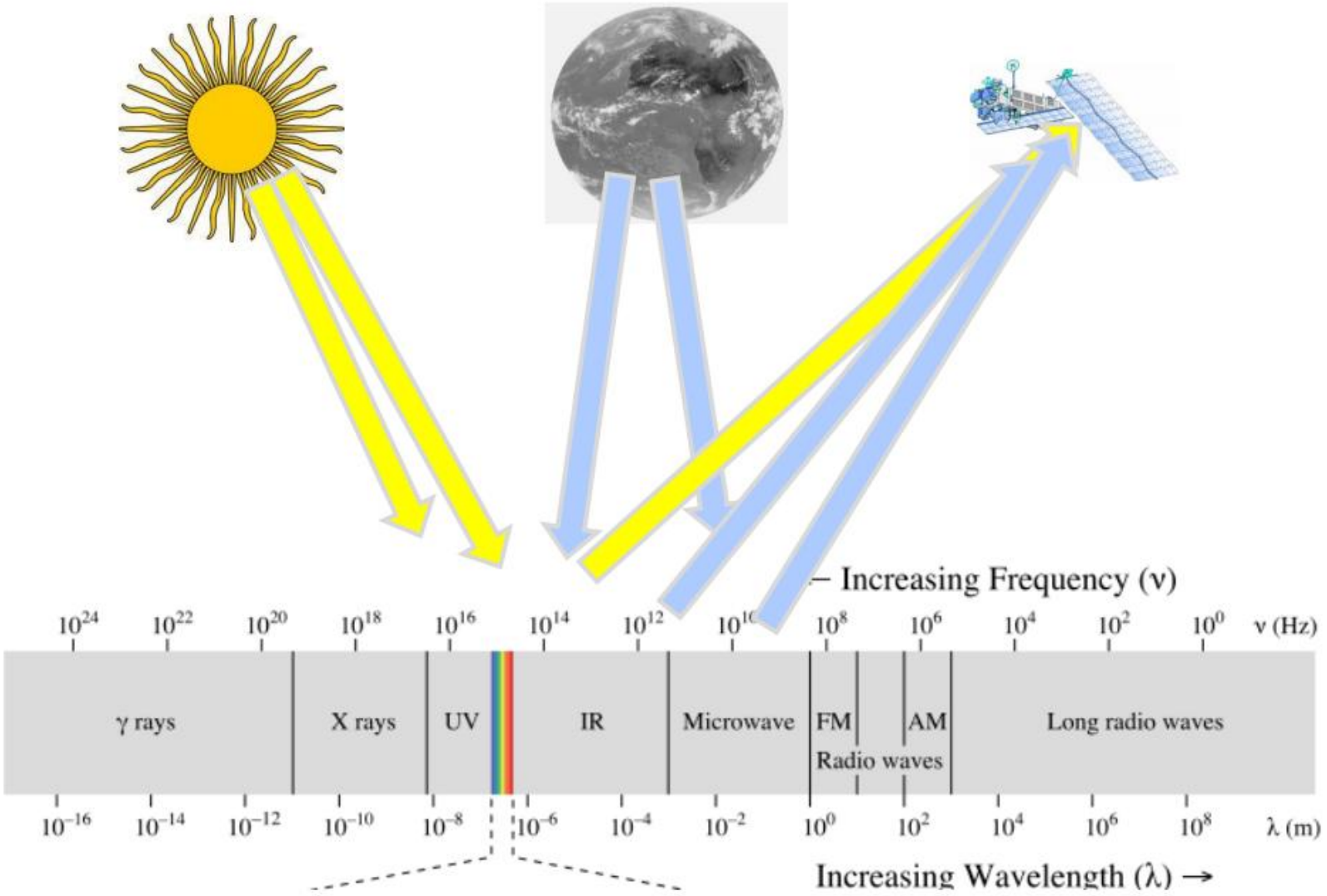
Жер энергиясының 99%-ы 4 мкм-ден ұзын толқын ұзындықтарында шығарылады.

Күн радиациясы:
- Қысқа толқынды
- Ультрафиолет, көрінетін, ИК жақын

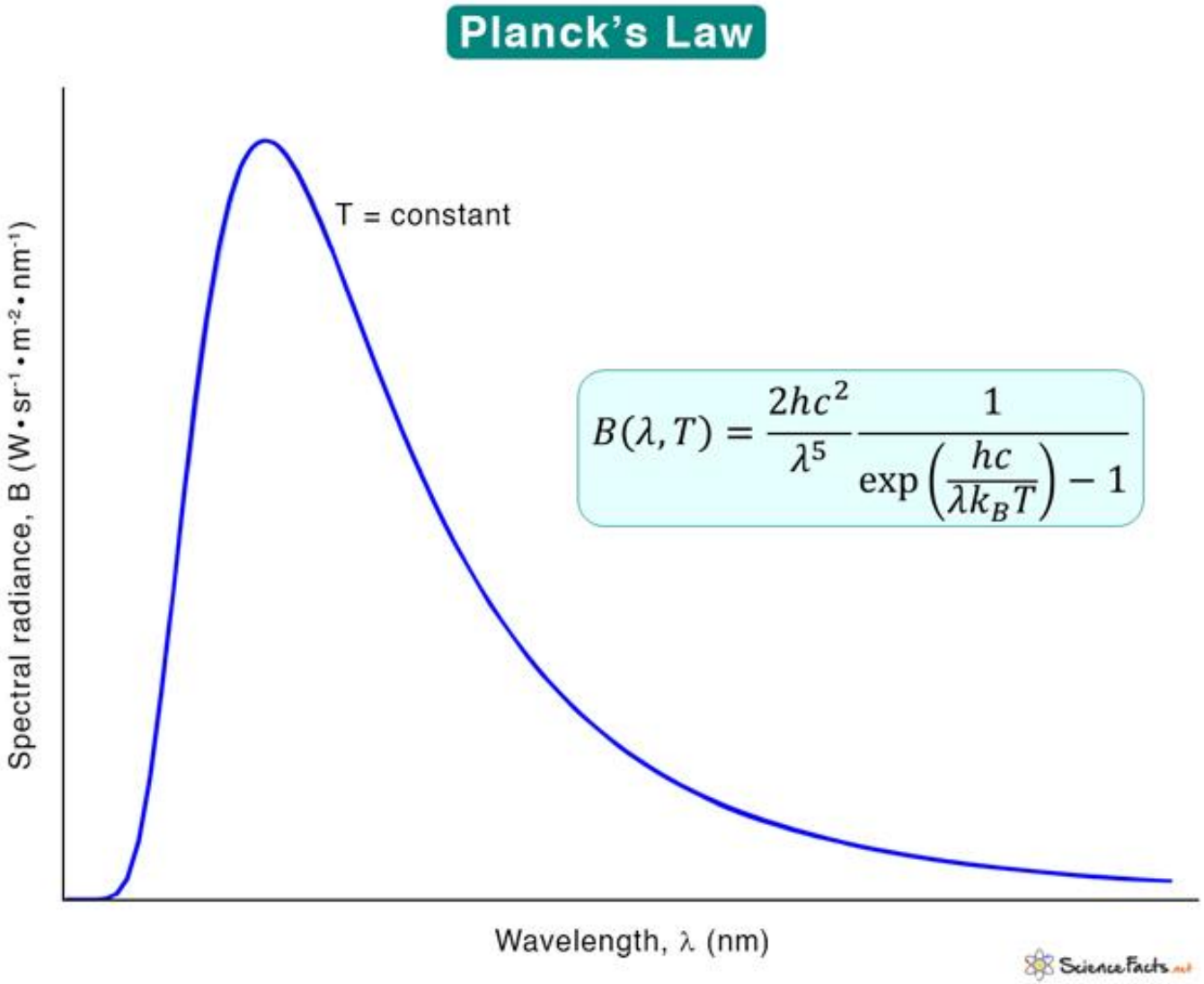
Жер радиациясы:
- Ұзын толқынды
- Жылулық инфрақызыл



Қысқа толқын vs. Ұзын толқын



Планк заңы

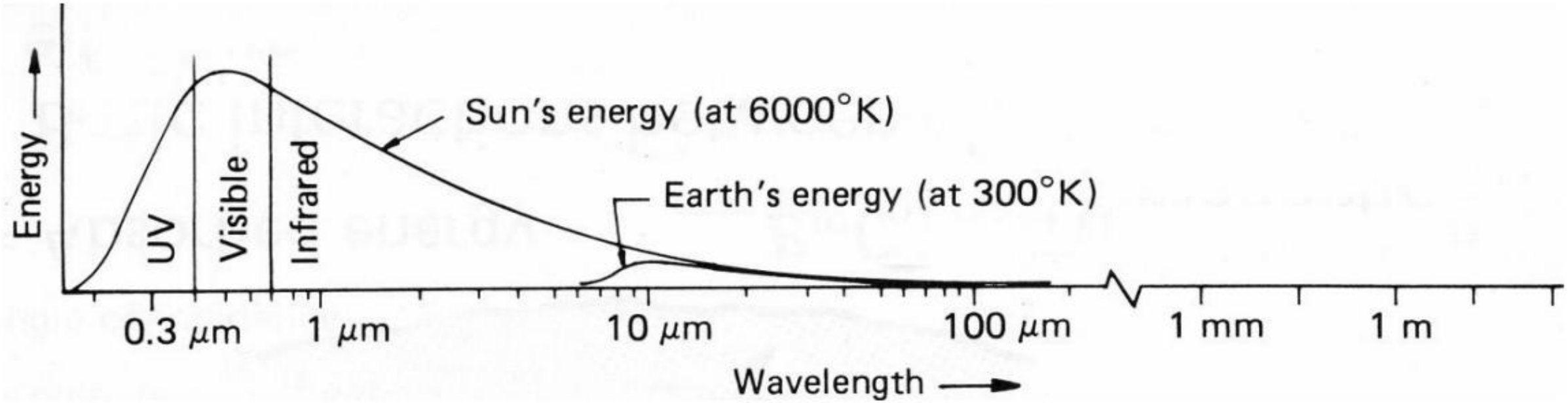


Планк заңы – қараденененің (абсолютті қара дене) сәулеленуін сипаттайтын негізгі заңдардың бірі.

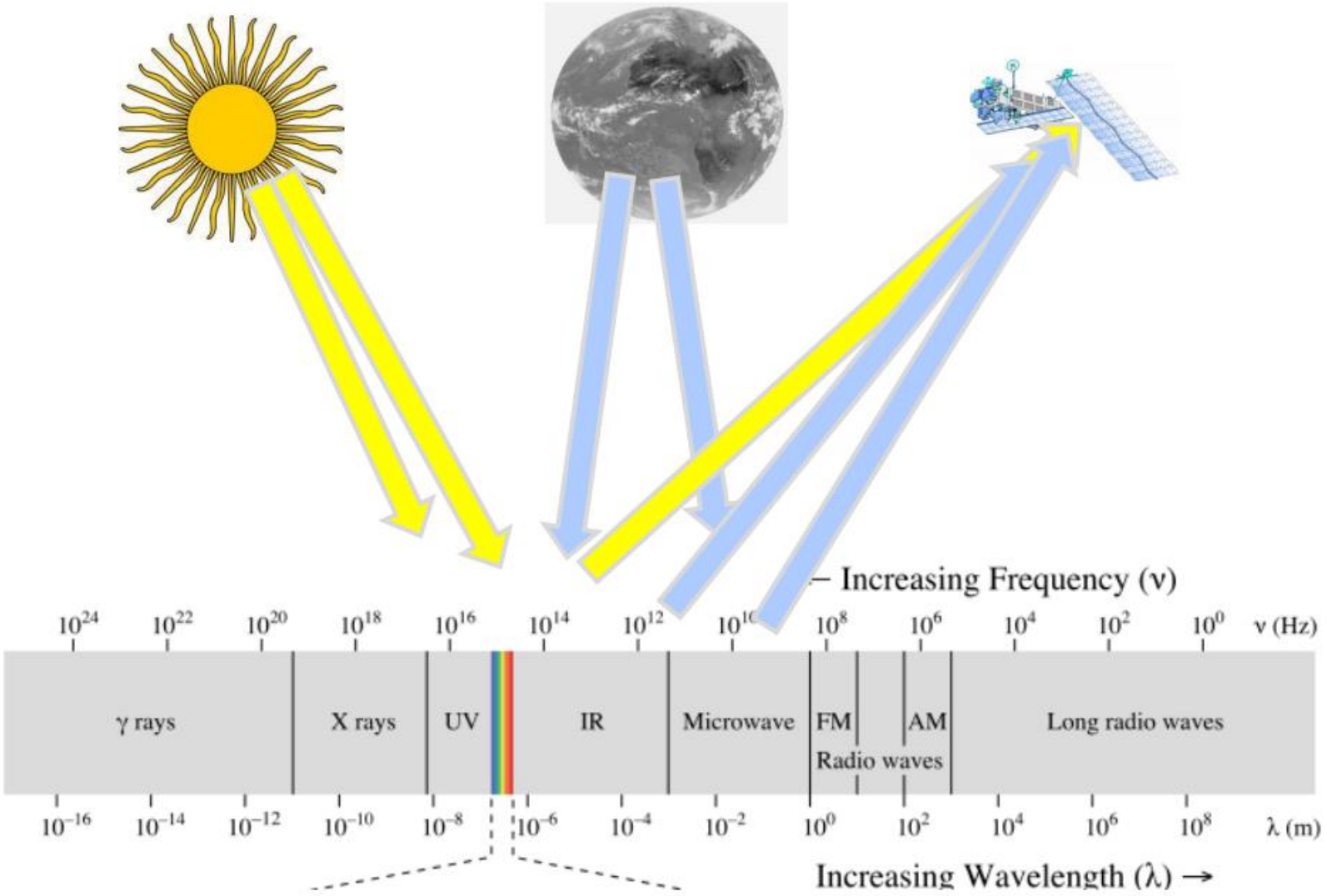
Бұл заң әртүрлі объектілердің температурасына байланысты әртүрлі толқын ұзындығында сәуле шығаруының себебін түсіндіреді.

Планк заңы

Мысалы, Күн көрінетін диапазонда, ал Жер инфрақызыл сәуледе максималды энергия шығарады.



Қысқа толқын vs. Ұзын толқын



Жарқырау температурасы (Brightness)

Планк заңын есте сақтаңыз:

Температураны білсеңіз, белгілі бір толқын ұзындығында қанша энергия шығарылатынын есептей аласыз.

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1}$$

Бірақ сіз мұны да өзгерте аласыз: егер сіз белгілі бір толқын ұзындығында зат шығаратын энергияны өлшесеңіз, сіз заттың температурасын біле аласыз!

Жарқырау температурасы (Brightness)

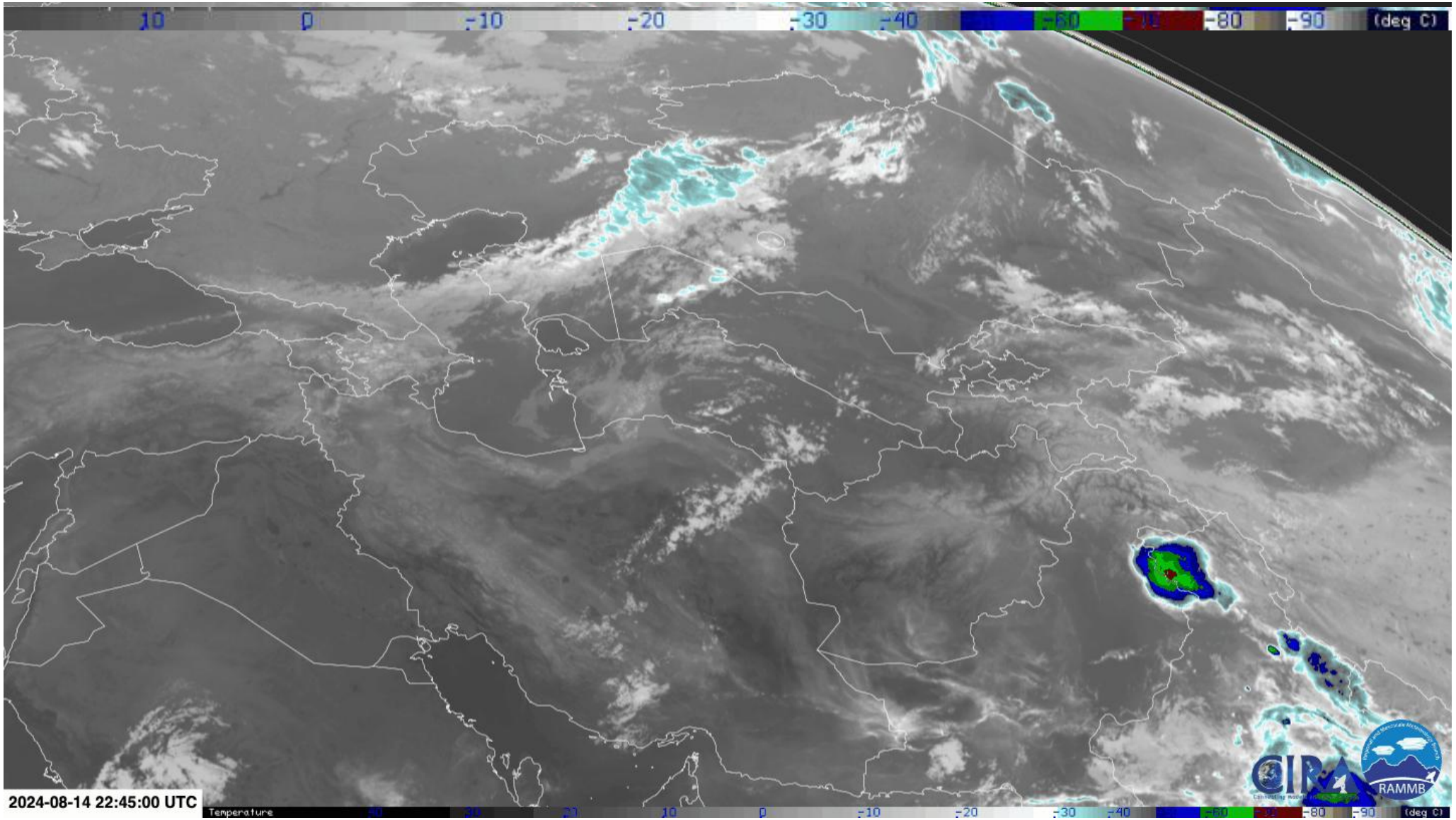
Көптеген спутниктер инфрақызыл мәндерді сәуле шығару қарқындылығының орнына **жарқырау температурасы** түрінде береді. Әртүрлі толқын ұзындықтарындағы мәндерді салыстыру оңайырақ.

Жарқырау температурасы:

$$T = \frac{B\ \lambda^4}{2\ k\ c}$$



Жарқырау температурасы



Шағылысу (Reflectance)

Біз инфрақызыл арналар үшін жарқырау температурасын қолданамыз.

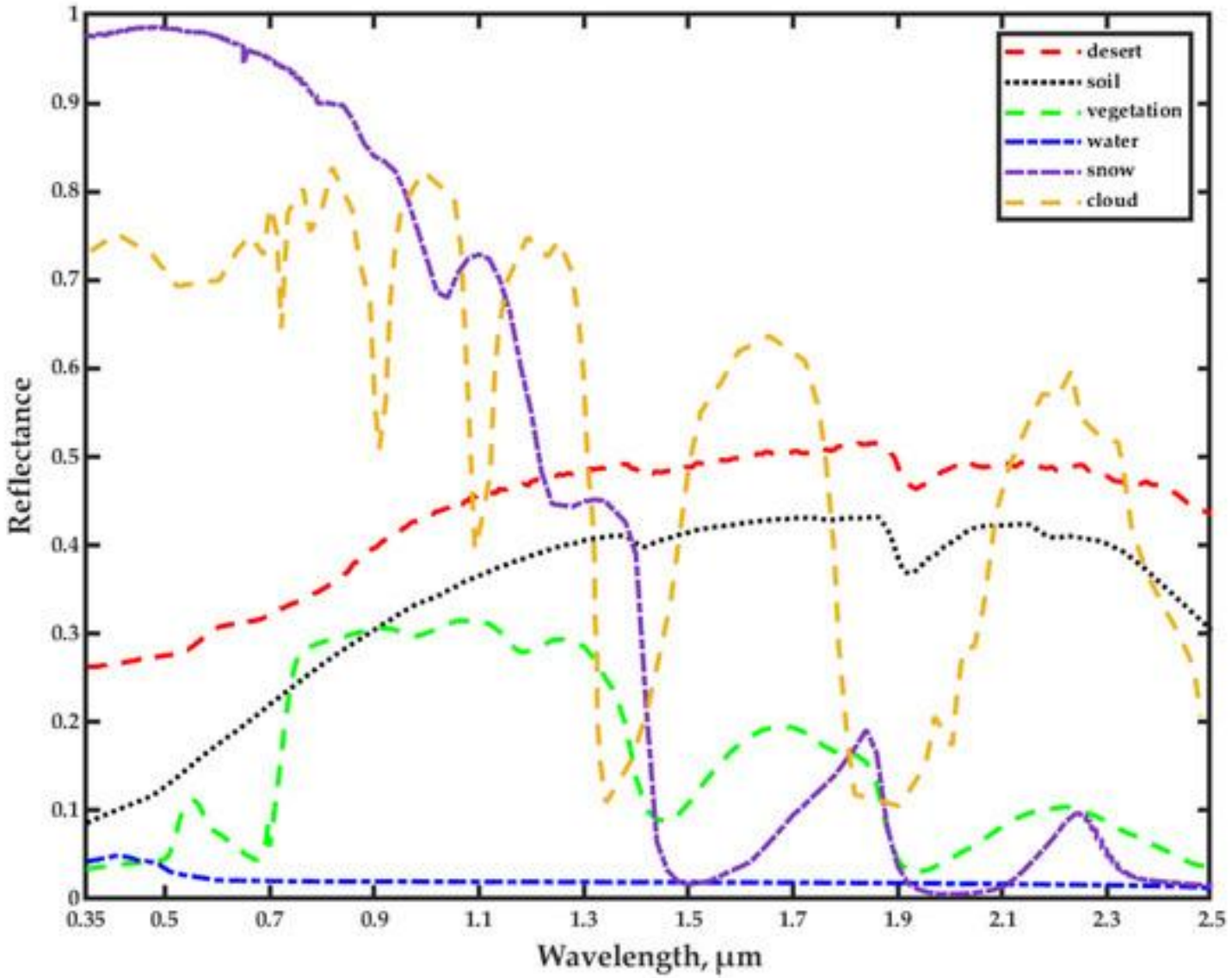
Ал көрінетін арналарда не болады? Жер көрінетін диапазонда өлшенетіндей сәуле шығармайды. Сондықтан бізге басқа мән қажет.

Біз шағылысуды (Reflectance) қолданамыз.

$$\text{шағылысу коэффициенті} = \frac{\text{шағылысқан сәуле}}{\text{түскен сәуле}}$$

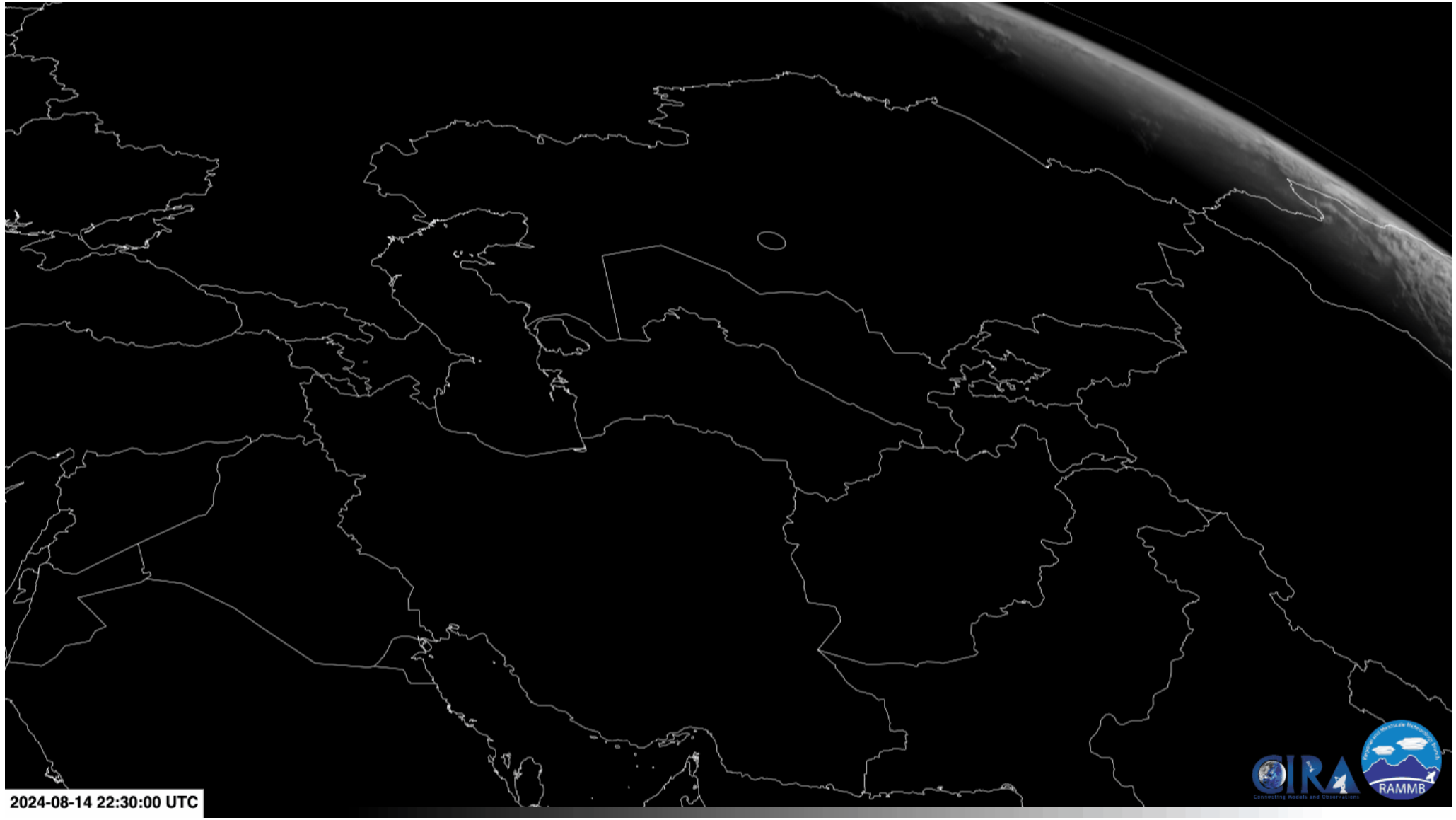
Яғни, Күннің сәулесінің қандай бөлігі шағылады?

Шағылысу әртүрлі жер беті түрлері үшін

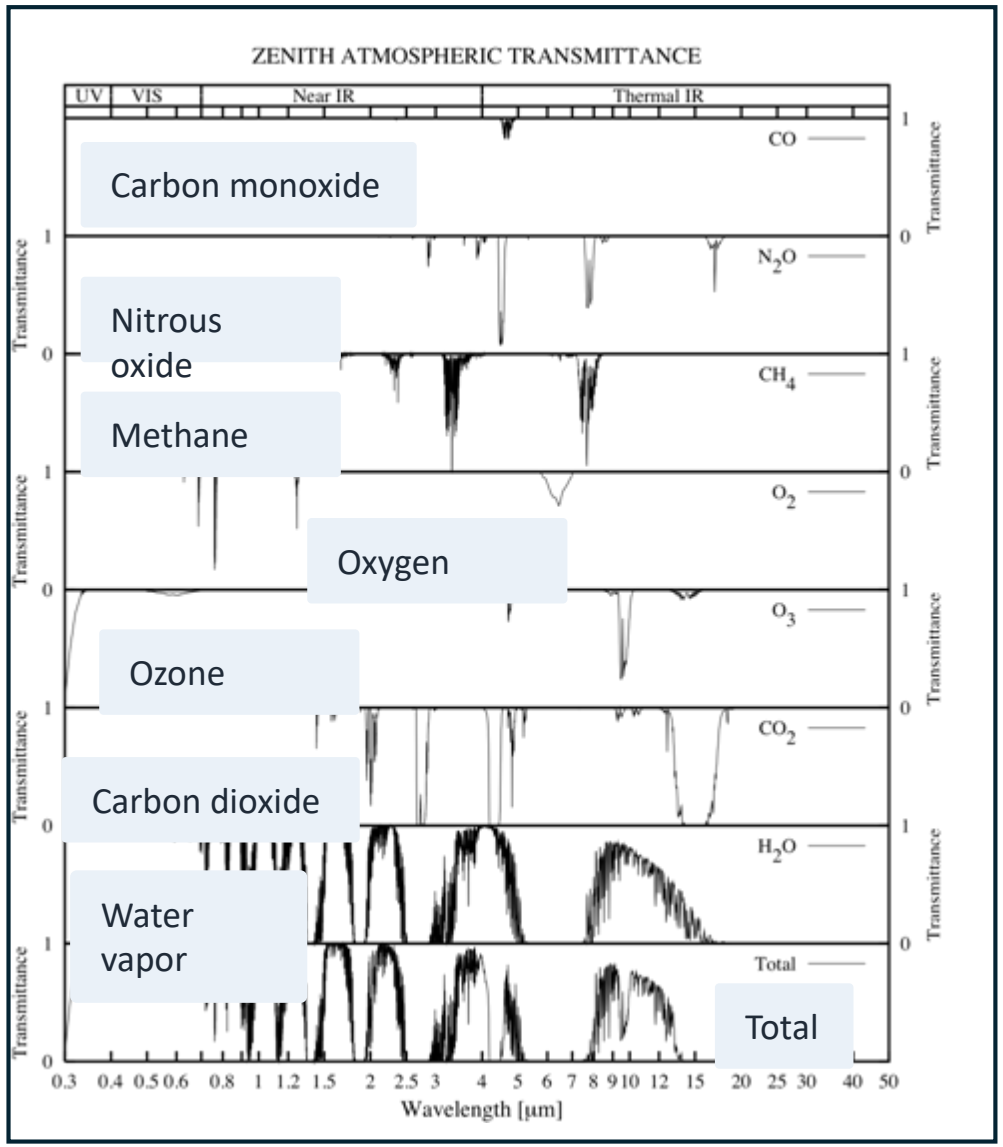


- Жарқын беттер (қар, бұлттар) көбірек сәуле шағылыстырады.
- Қараңғы беттер (орман, су) аз шағылыстырып, көбірек жылу сіңіреді.
- Су аз шағылыстырады, бірақ күннің түсу бұрышы өзгергенде бұл көрсеткіш артады (мысалы, күн көкжиекке жақын болғанда).
- Бұлттар – ең өзгермелі элемент, өйткені олардың шағылысуы құрамына, биіктігіне және тығыздығына байланысты.

Көрінетін диапазон: Шағылысу қабілеті



Атмосфералық эмиссиялар

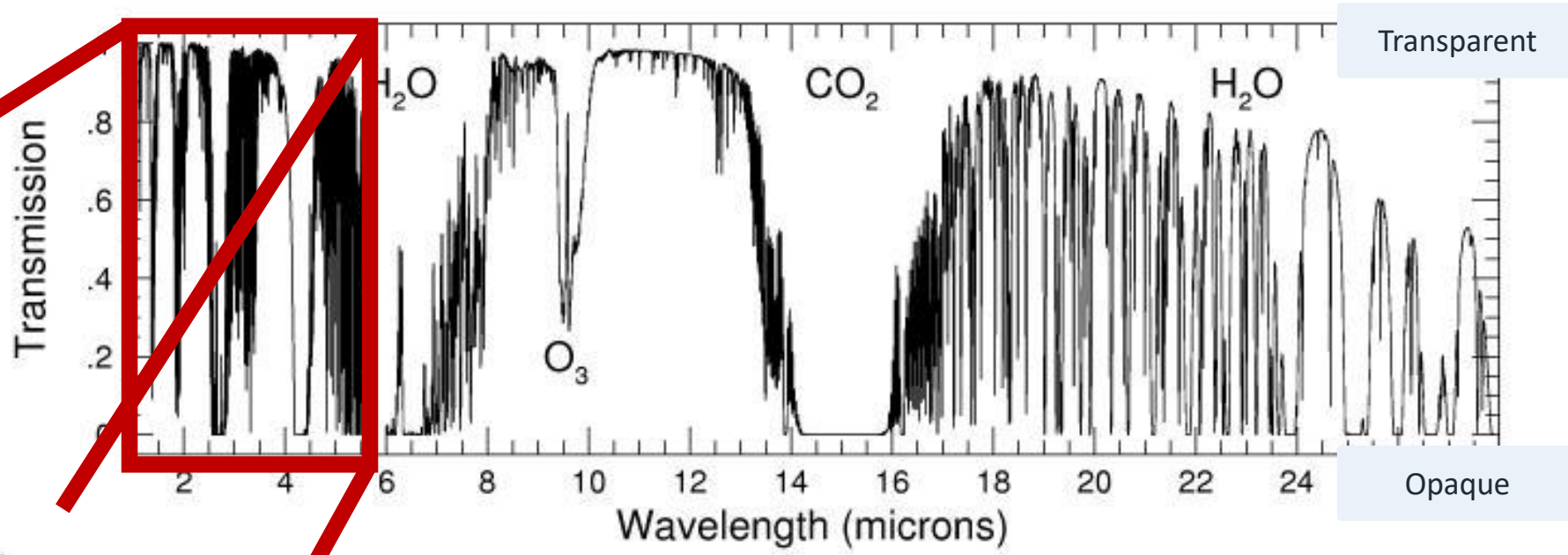


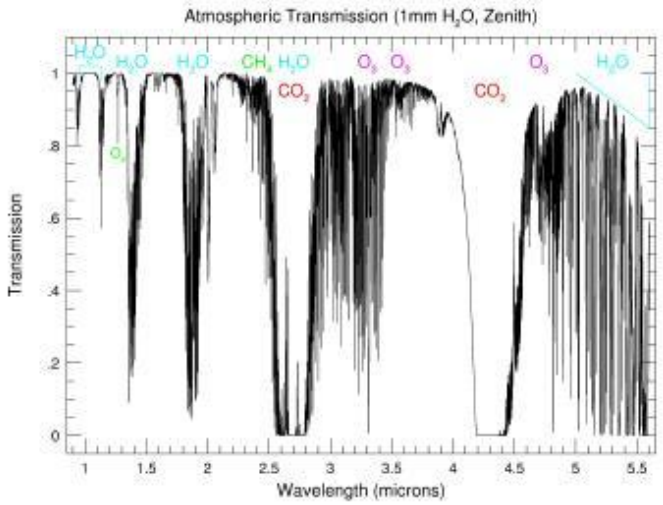
Азот (N_2), оттегі (O_2) және аргон (Ar) атмосфераның 99% құрайды.

Бұл газдар с-к-у-ч-н-ы-й. Олар көп әсер етпейді, энергияны көп сіңірмейді.

Қалған газдар көп энергияны жұтады.... Бірақ әртүрлі газдар әртүрлі толқын ұзындығында жұтады.

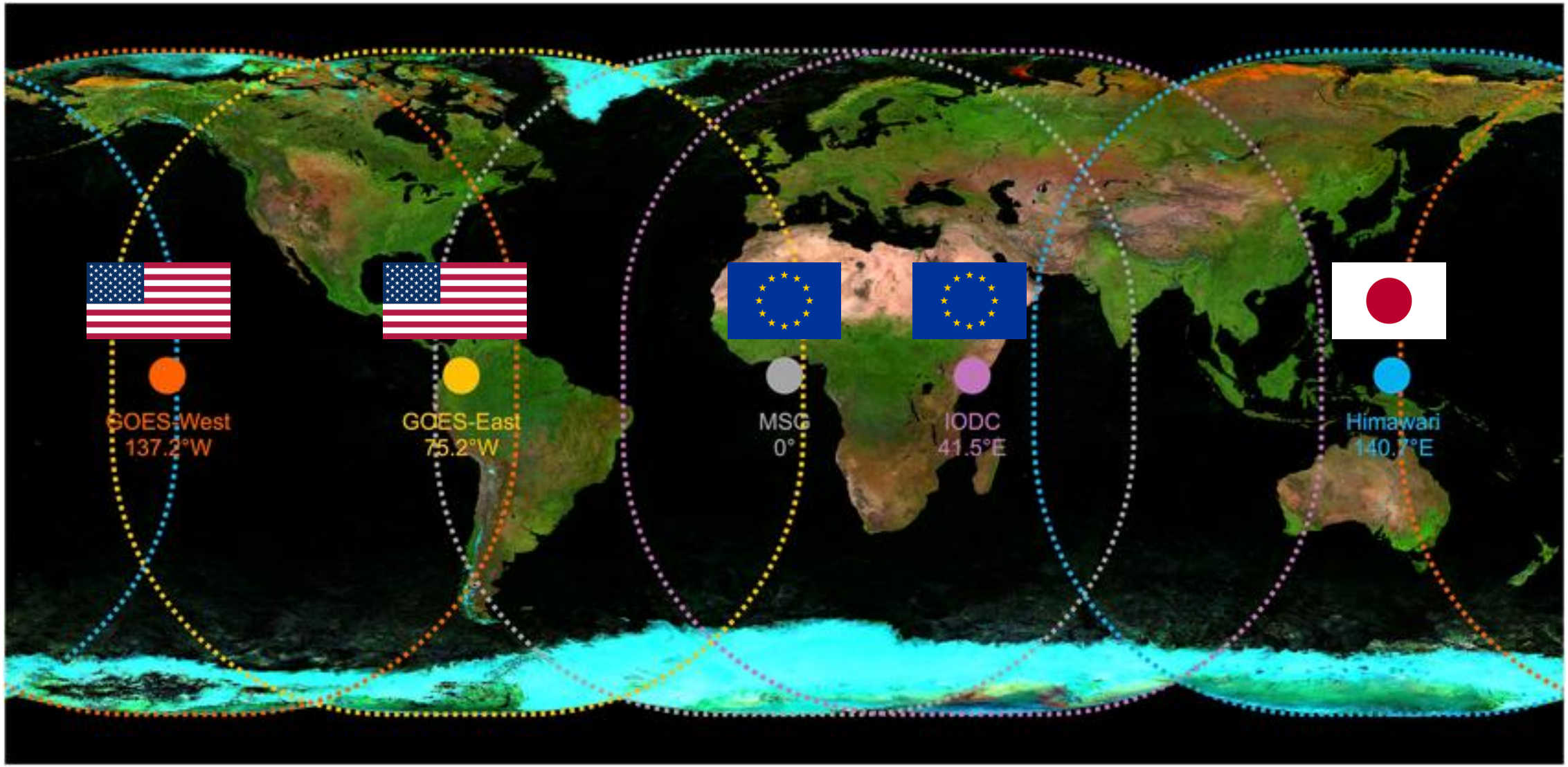
Атмосфералық эмиссиялары



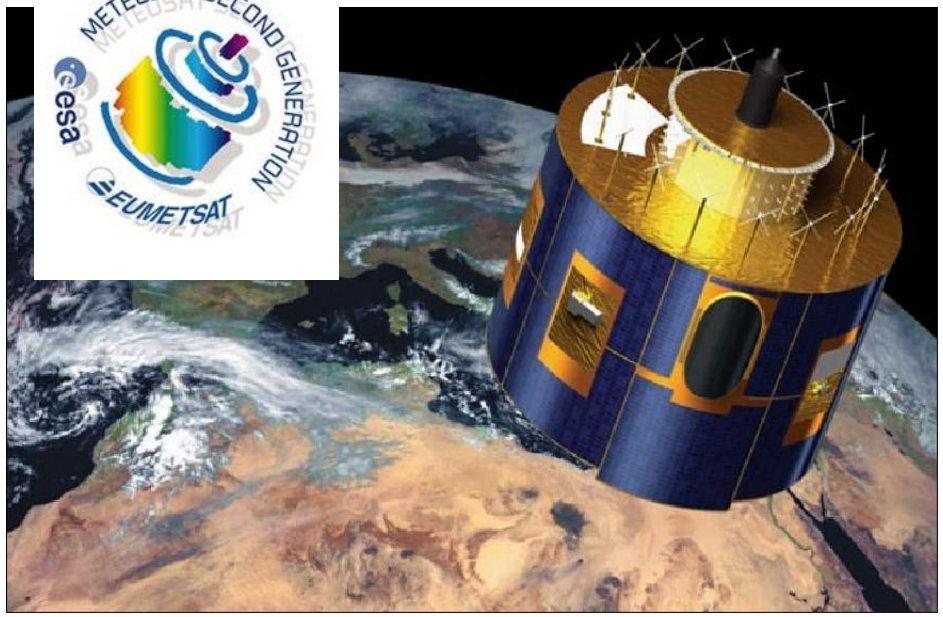


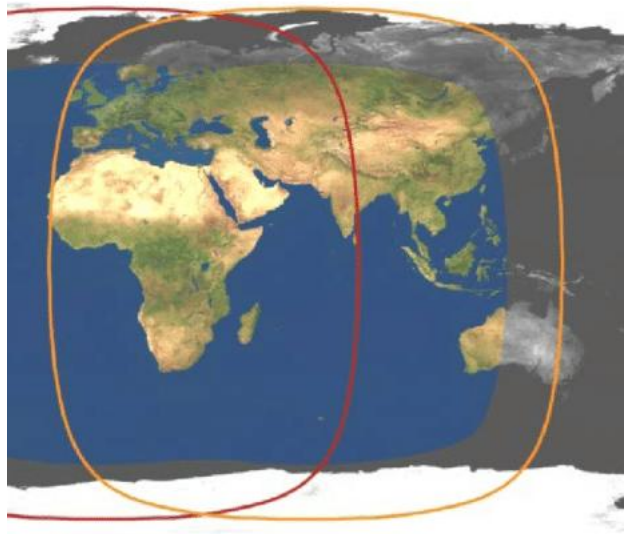
Жерді әртүрлі толқын ұзындығында қарасақ, біз мүлдем басқа нәрселерді көреміз

Геостационарлық жерсеріктер



Meteosat-9





Орталық Азия үшін маңызды спутниктердің бірі:

Eumetsat басқаратын деректер барлығына тегін.

45.5° шығыс бойлықтағы геостационарлық спутник Үнді мұхиты мен Азияның көп бөлігін қамтиды.

Meteosat екінші ұрпақтың бөлігі болып табылады, 2027 жылға дейін жұмыс істеуі күтілуде.

SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager)

Meteosat-9 спутнигінде негізгі аспап.

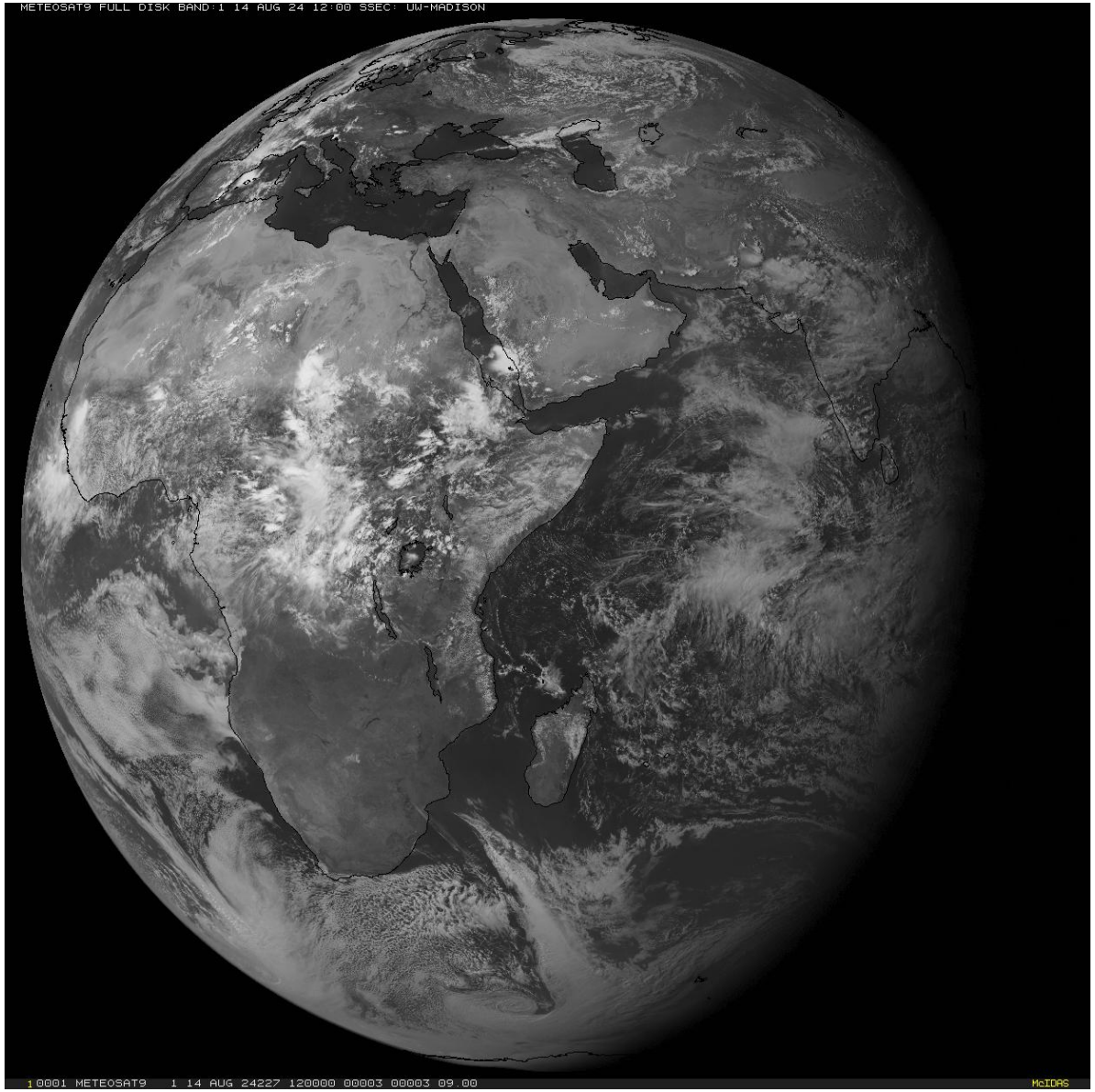


Канал түрі	Канал	Орталық толқын ұзындығы және ауқым		Кеңістік шешім
жылы/күн	HRV	0.75	[0.3; 1.30]	1
	VIS 0.6	0.635	[0.56; 0.71]	3
	VIS 0.8	0.81	[0.74; 0.88]	3
	NIR 1.6	1.64	[1.50; 1.78]	3
салқын / термикалық	IR 3.9	3.92	[3.48; 4.36]	3
	IR 6.2	6.25	[5.35; 7.15]	3
	IR 7.3	7.35	[6.85; 7.85]	3
	IR 8.7	8.7	[8.30; 9.10]	3
	IR 10.8	10.8	[9.80; 11.80]	3
	IR 12.0	12	[11.00; 13.00]	3
	IR 9.7	9.66	[9.38; 9.94]	3
	IR 13.4	13.4	[12.40; 14.40]	3

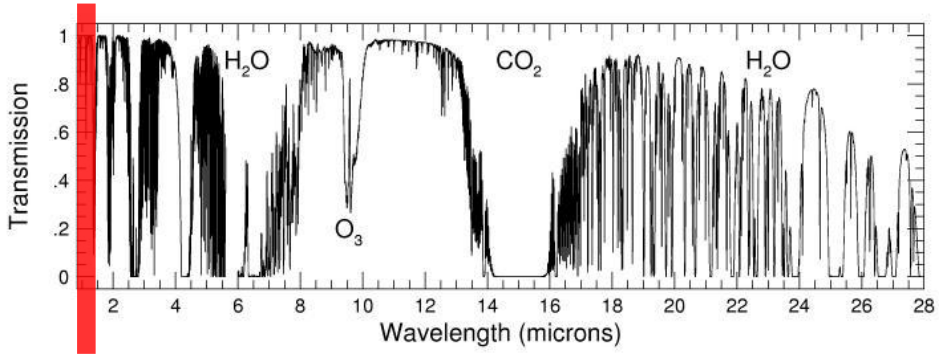
12 спектрлік арна:

- 1 жоғары ажыратымдылығы бар көрінетін (1 км)
- 2 көрінетін
- 1 қысқа толқынды жақын инфрақызыл
- 1 қысқа және ұзын толқындардың шекарасында
- 7 ұзын толқынды инфрақызыл

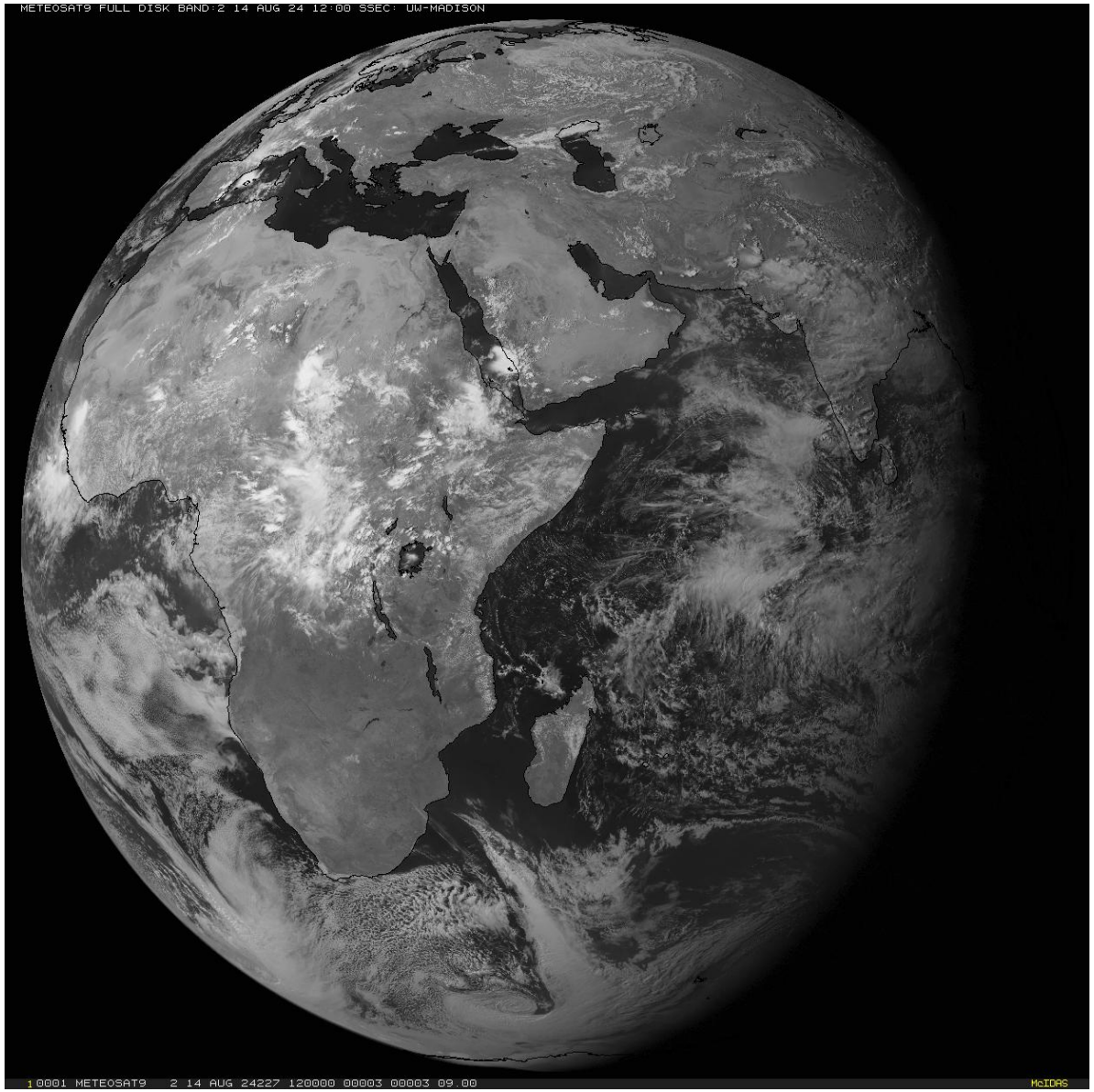
Арна 1: 0.635 мкм



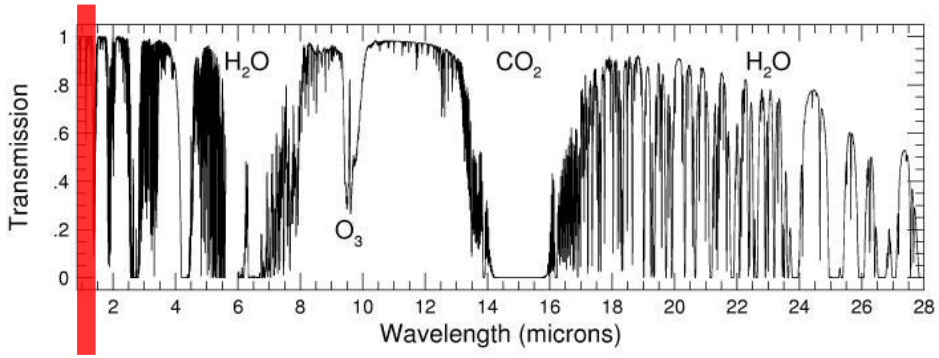
- Көрінетін арна (сары)
- Тек күндізгі уақытта
- Бұлттардың дамуын бақылау



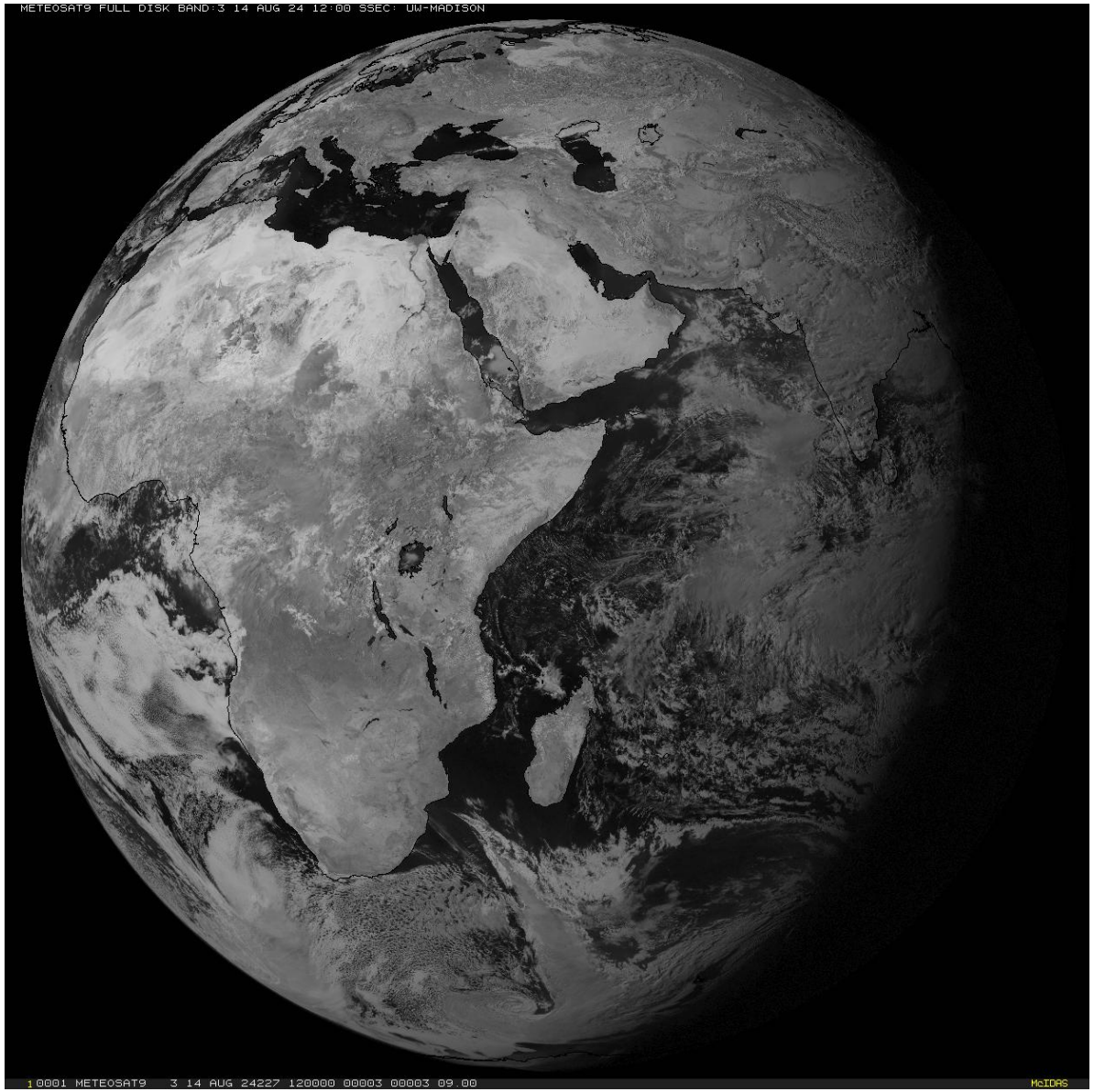
Арна 2: 0.81 мкм



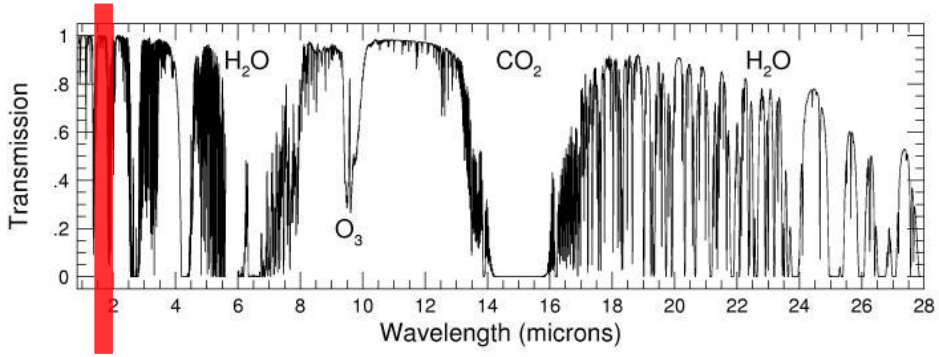
- Көрінетін канал (қызыл) – жақын инфрақызыл
- Күндізгі уақытта бұлттарды, тұмандарды, аэрозольдерді бақылау
- Өсімдіктерді анықтау үшін



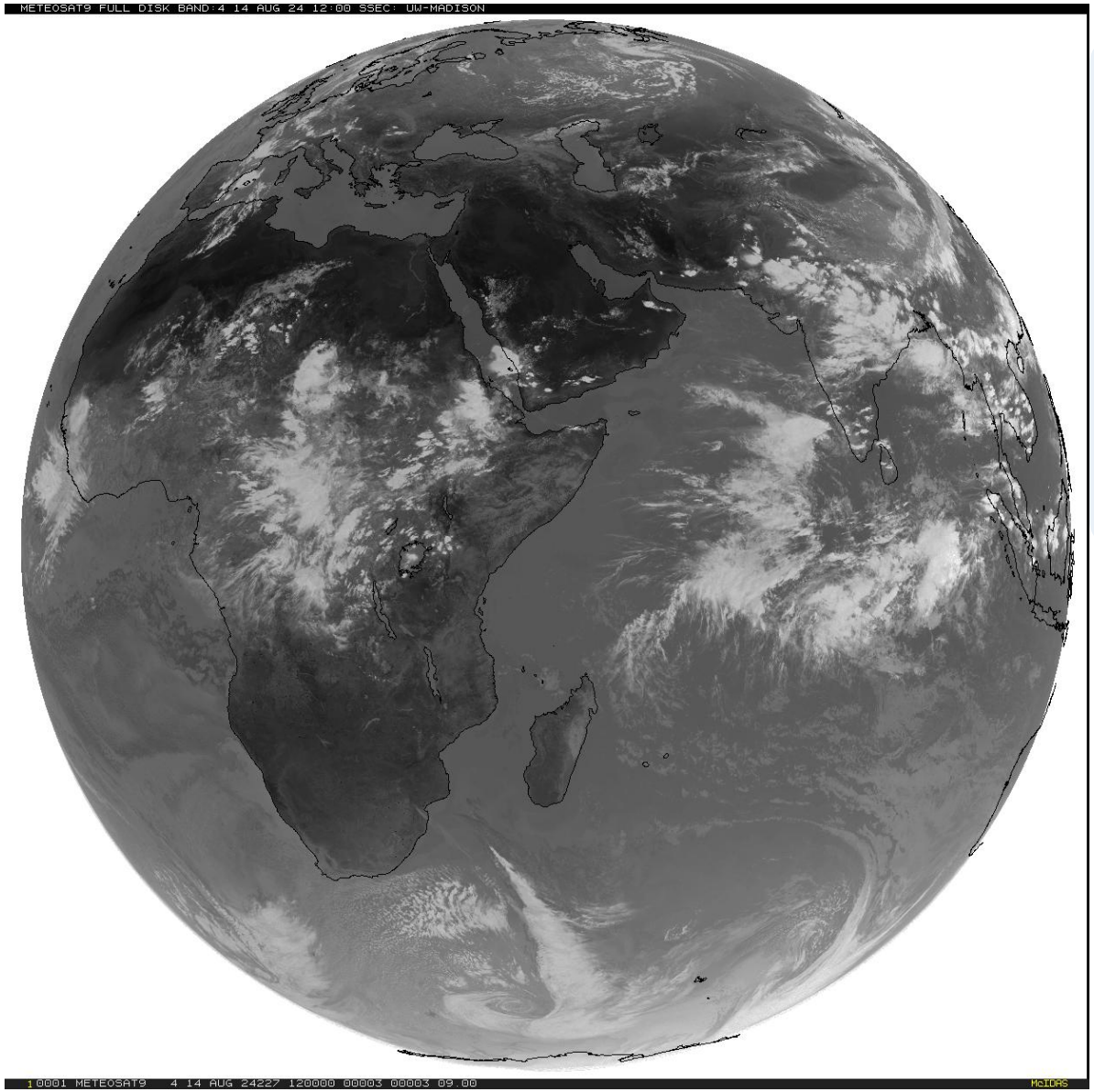
Арна 3: 1.64 мкм



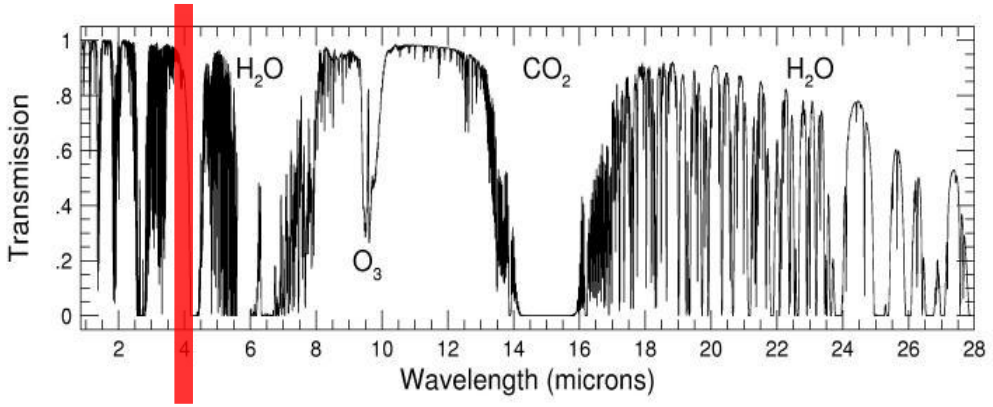
- Жақын инфрақызыл
- Мұзды бұлттар мен қар салыстырмалы түрде қараңғы болады
- Сұйық бұлттар мен тұмандар салыстырмалы түрде ашық түсте болады



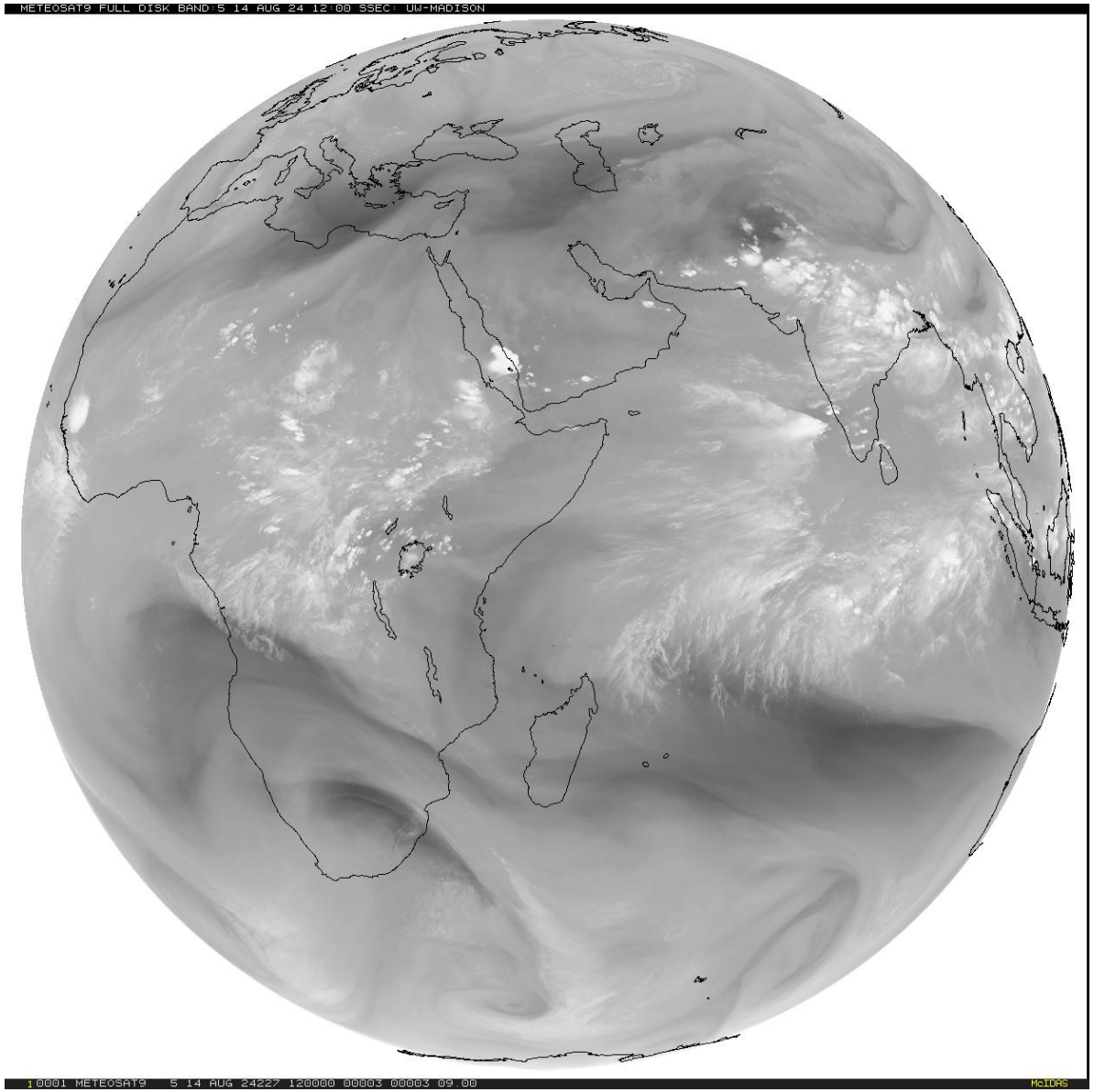
Арна 4: 3.92 мкм



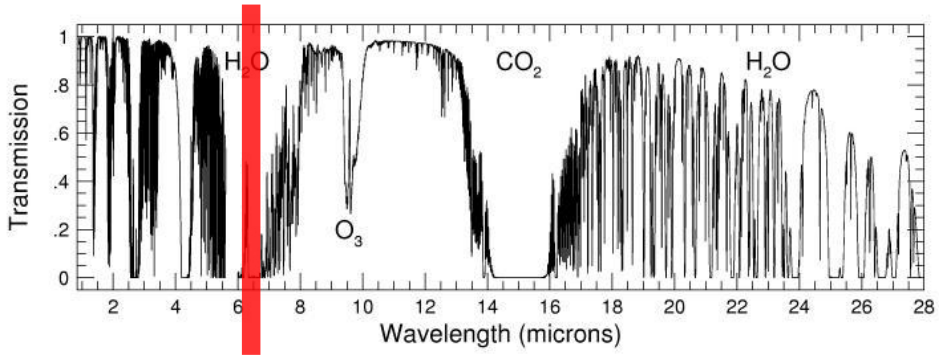
- Қысқа және ұзын толқындар шекарасында (жақын және жылулық инфрақызыл)
- Күндіз: бұлттың шағылысуы, көпқабатты бұлттар, бұлт құрылымдары
- Түнде: жер бетінің температурасы
- Екі жағдайда да: бұлт фазасы, өрт анықтау, жұқа циррус бұлттары



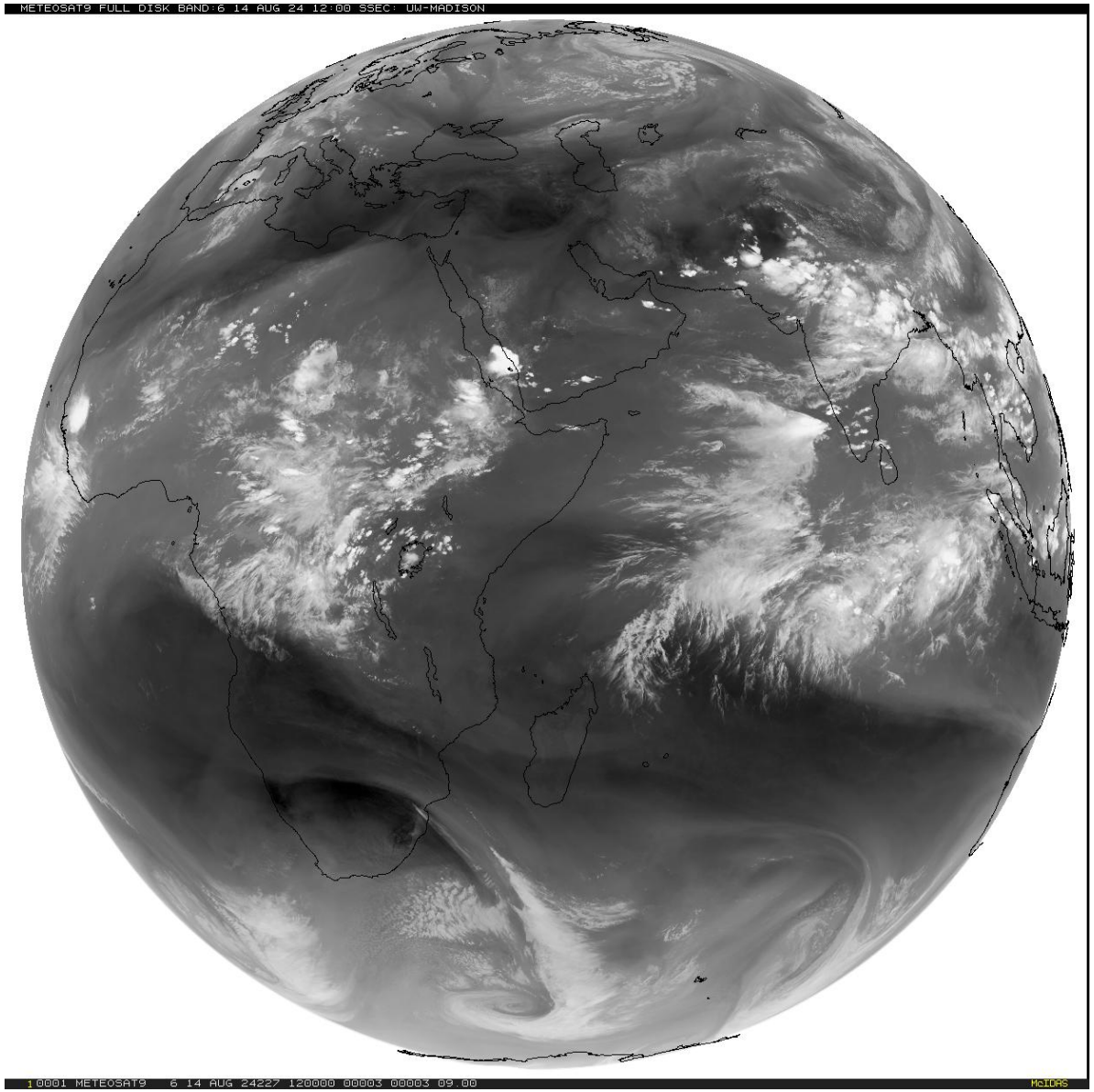
Арна 5: 6.25 мкм



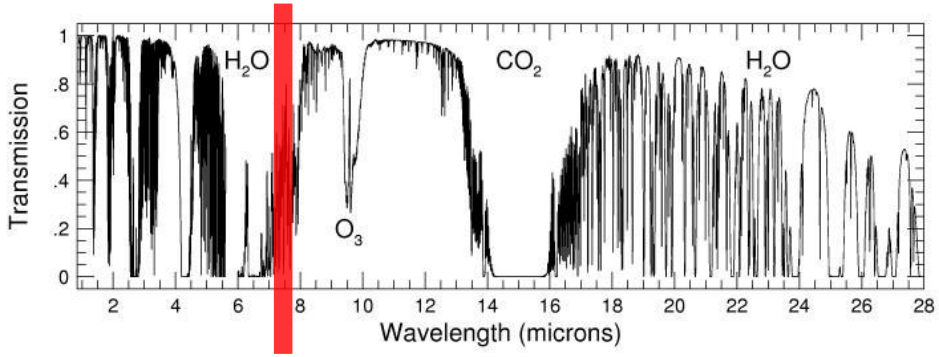
- Су буының жұтылу арнасы
- Максималды сигнал 350 hPa деңгейінде
- Жоғарғы тропосферадағы су буын анықтау
- Турбуленттілік
- Синоптикалық қолданулар
  - Жеткізу ағынын (Jet stream) анықтау
  - Тропопауза
  - Потенциалдық вихрь



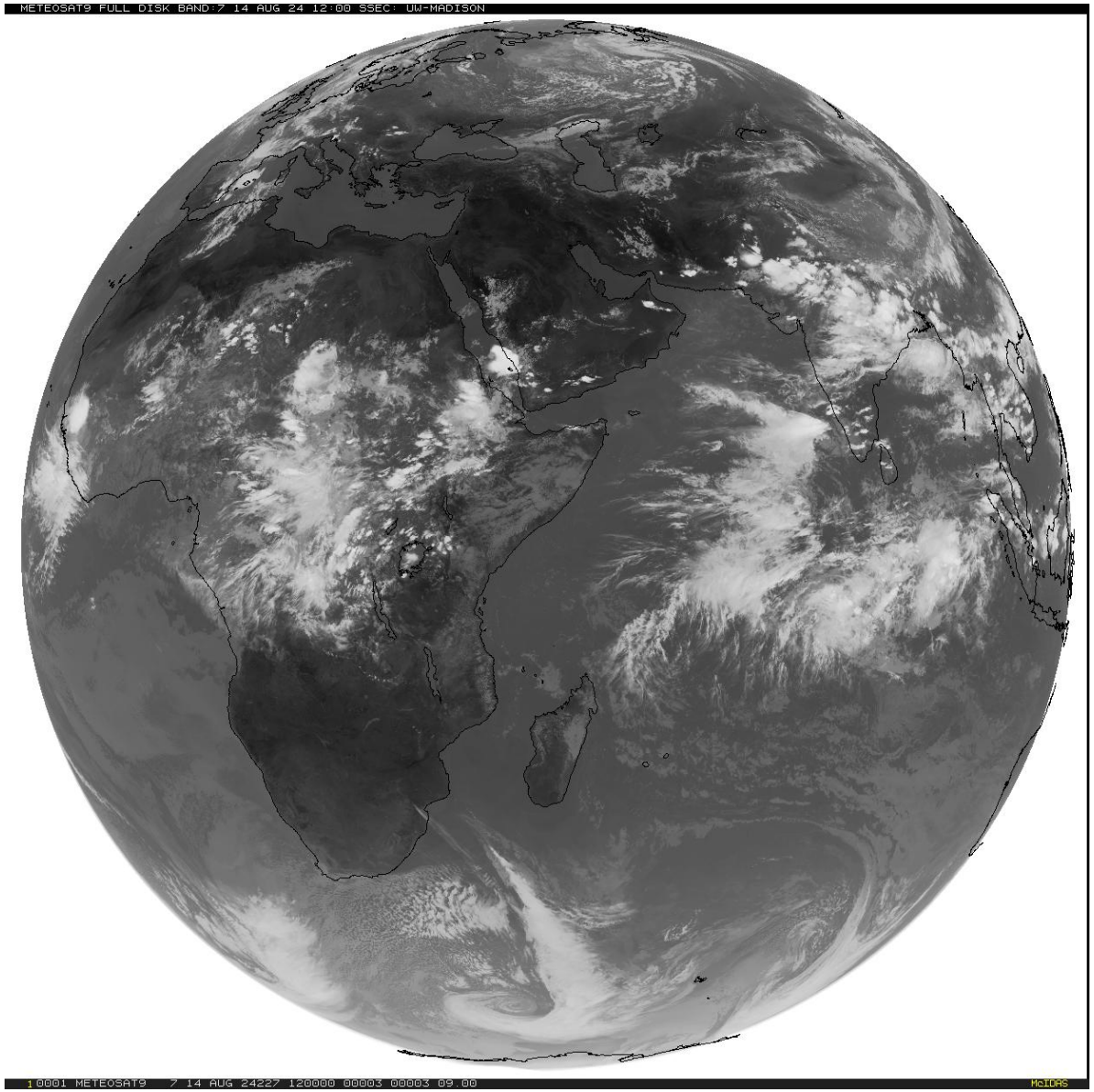
Арна 6: 7.35 мкм



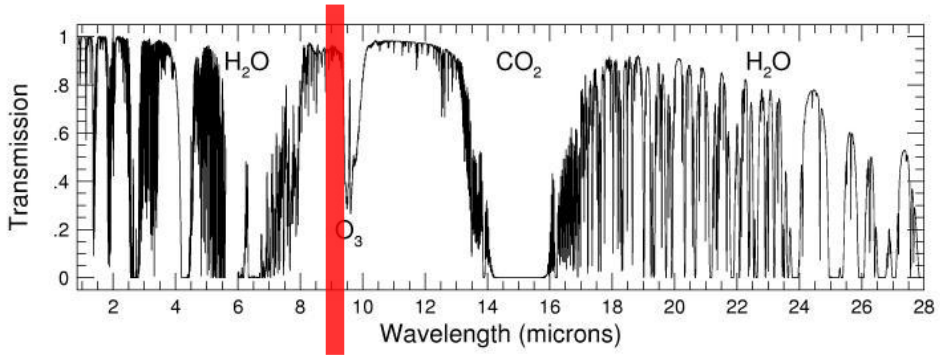
- Әлсіз су буы арнасы
- Максималды сигнал 500 гПа деңгейінде
- Орта тропосферадағы су буын анықтау



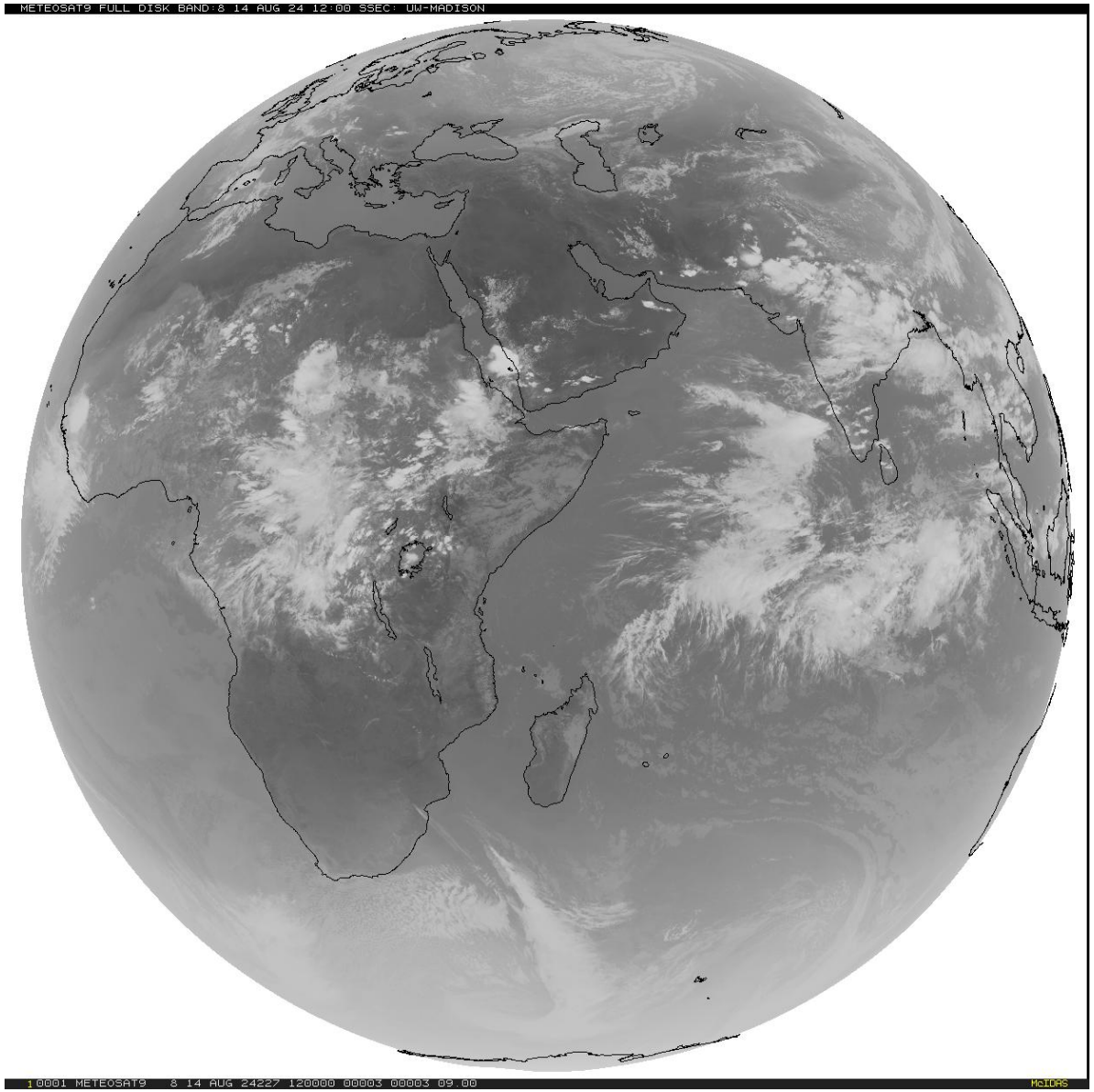
Арна 7: 8.70 мкм



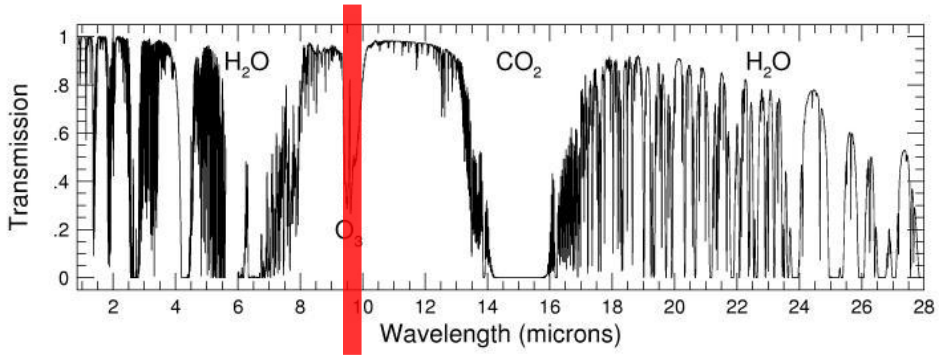
- Жоғары, жұқа цирустар
- Мұз бен суды ажырату үшін



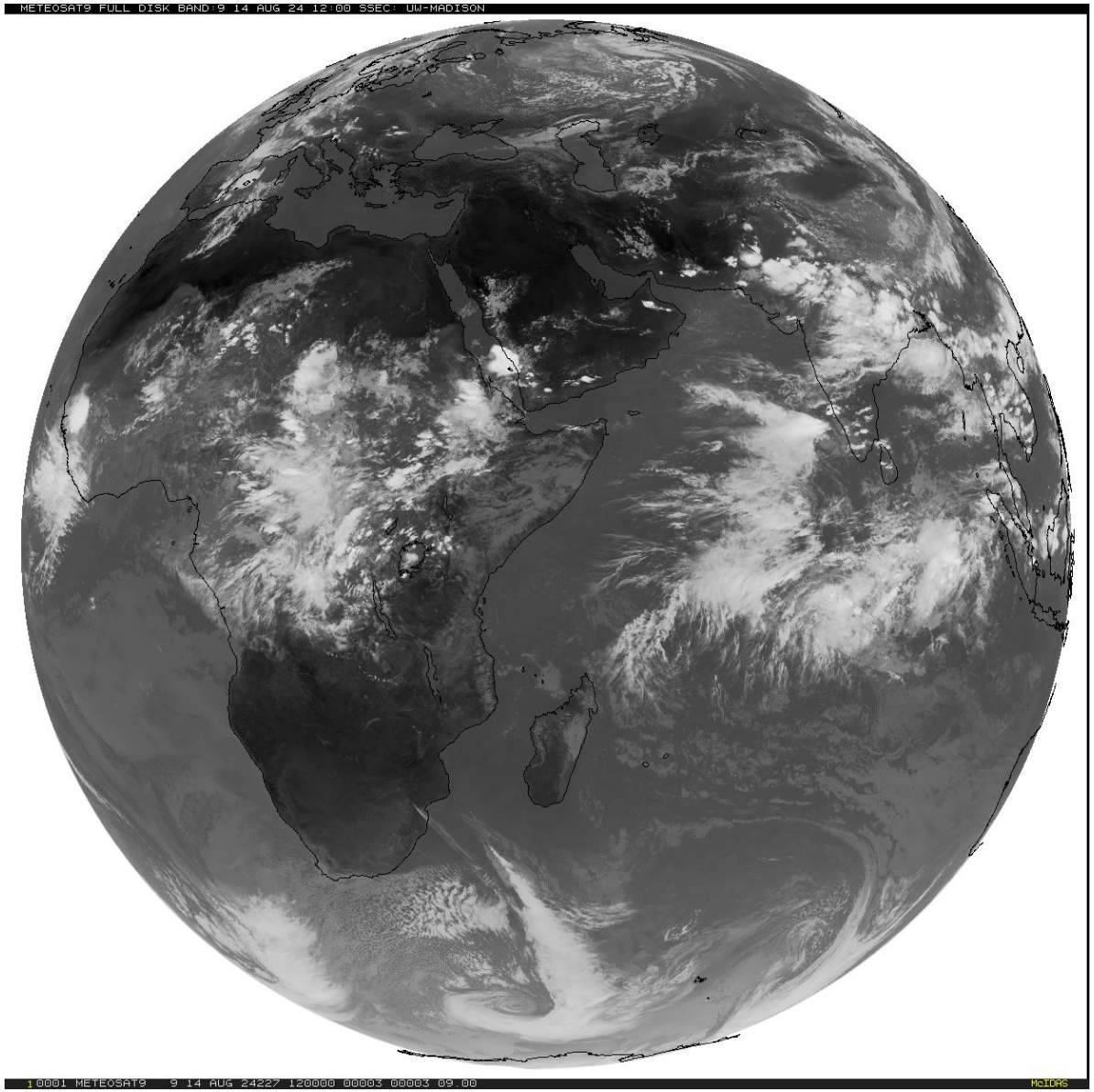
Арна 8: 9.66 мкм



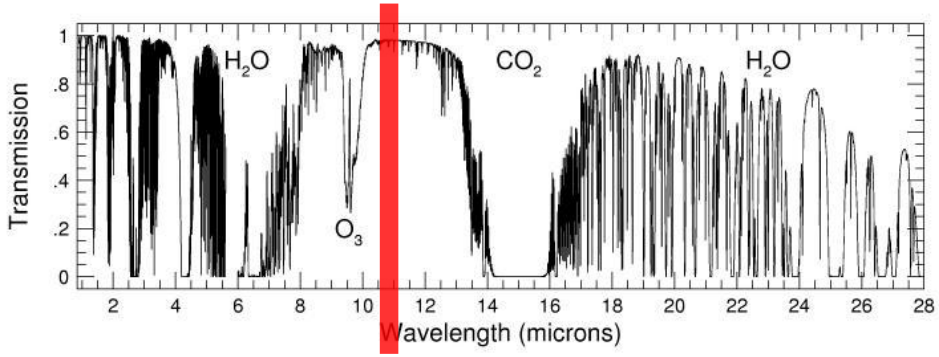
- Озон арнасы
- Тропопауза динамикасы



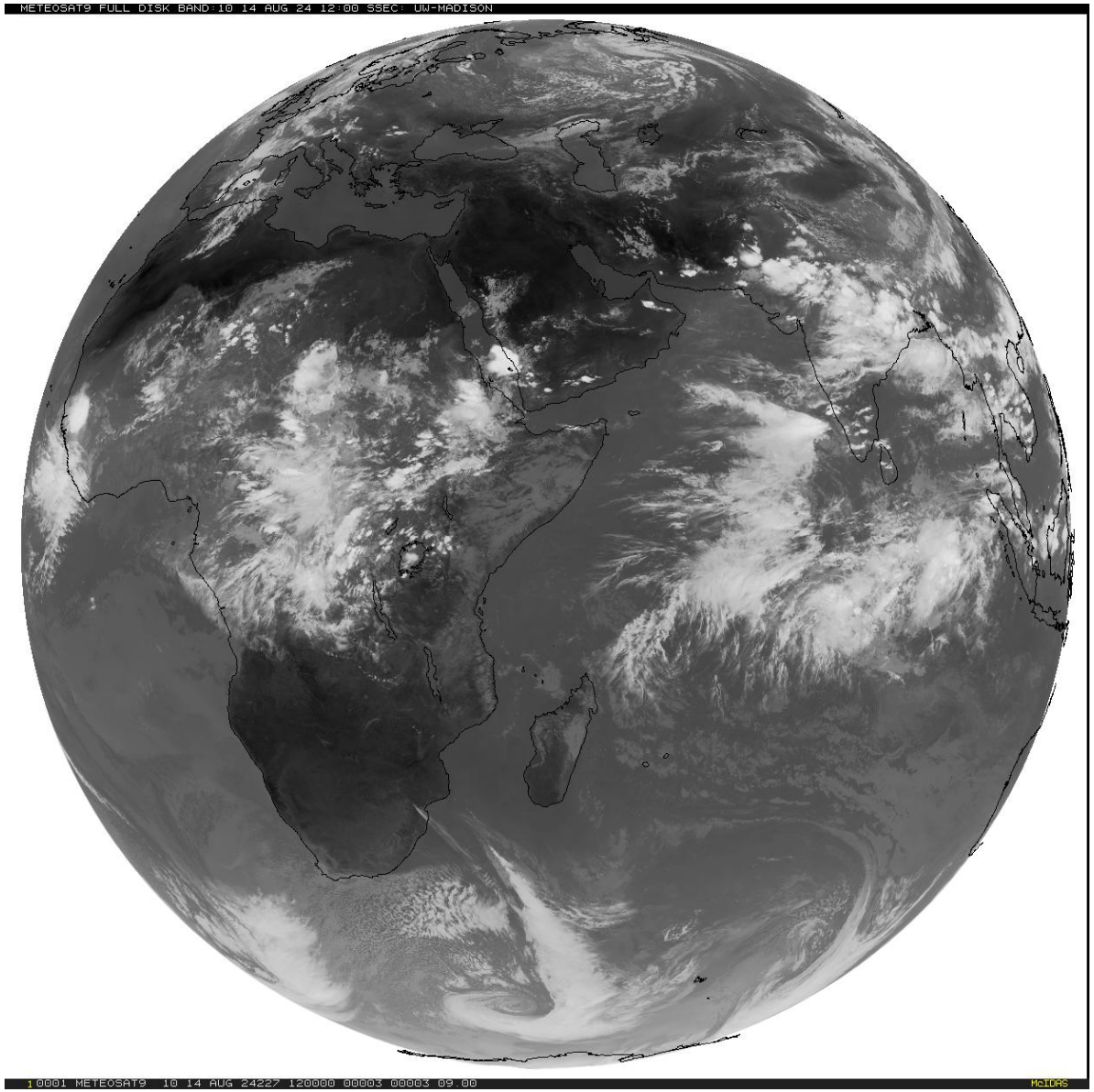
Арна 9: 10.8 мкм



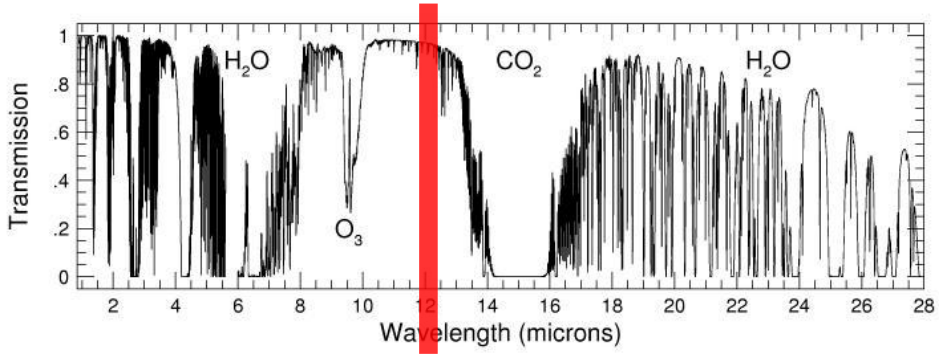
- «Таза терезе»
- Басқа газдардың ең аз жұтылуы.
- Жер бетінің температурасын, бұлттың үстіңгі қабаттарының биіктігін өлшеу.



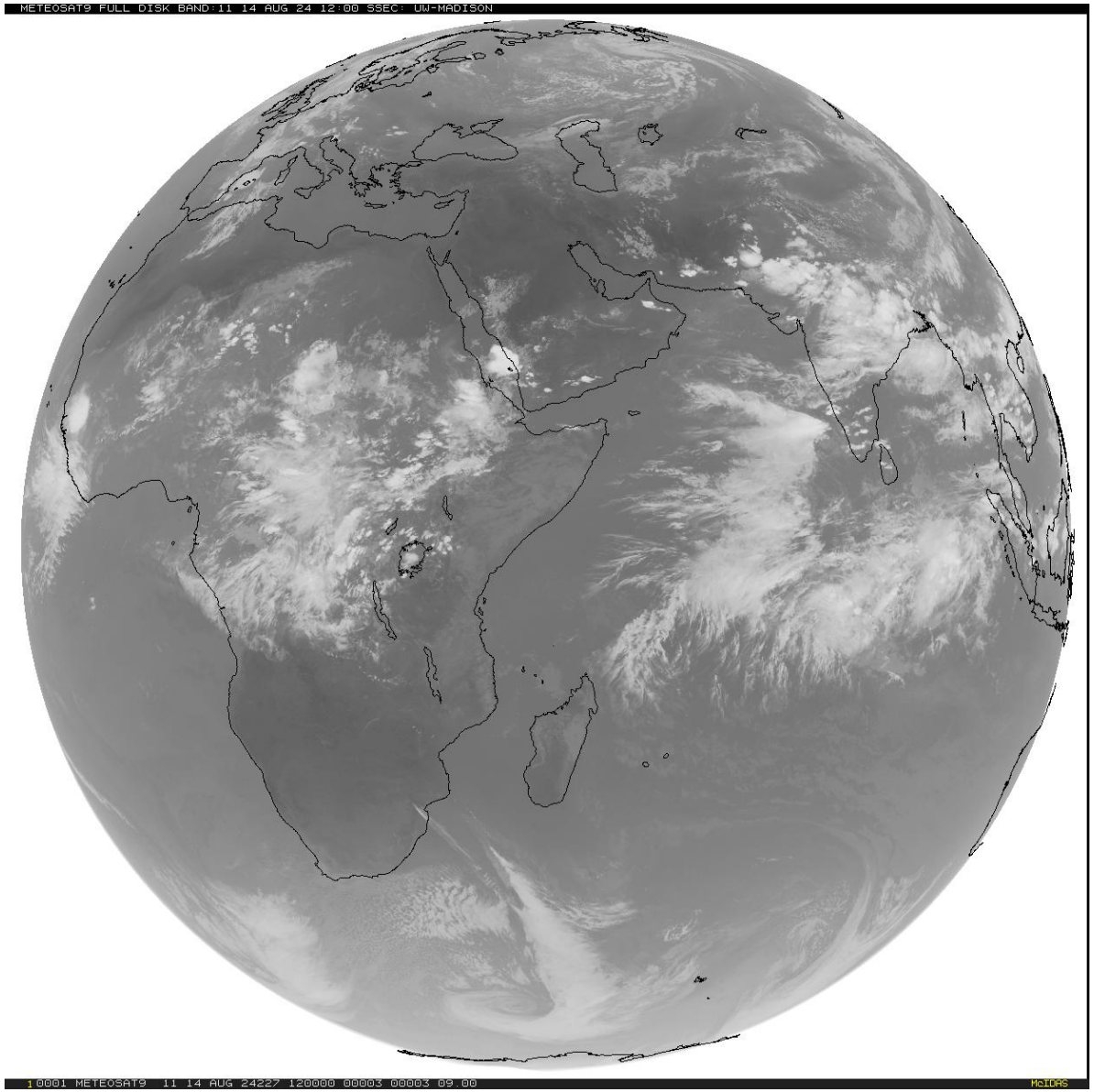
Арна 10: 12.0 мкм



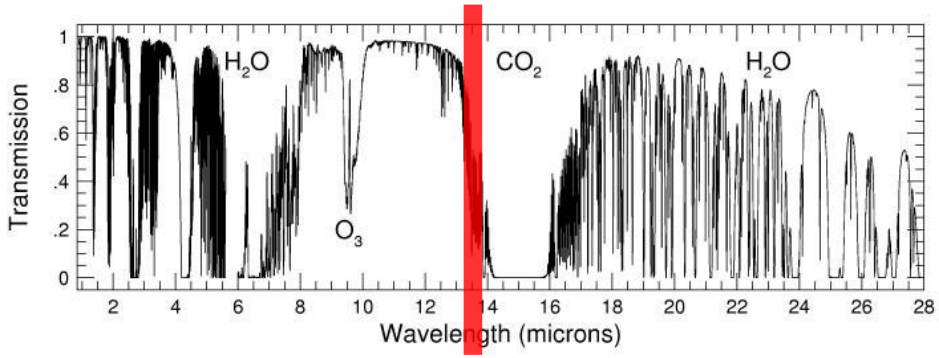
- «Ластанған терезе»
- 12,0 және 10,8 мкм арасындағы айырмашылық мыналарды анықтауға көмектеседі:
  - Төмен деңгейде ылғалдылық
  - Күл
  - Шаң/құм
  - Бұлт бөлшектерінің өлшемдері

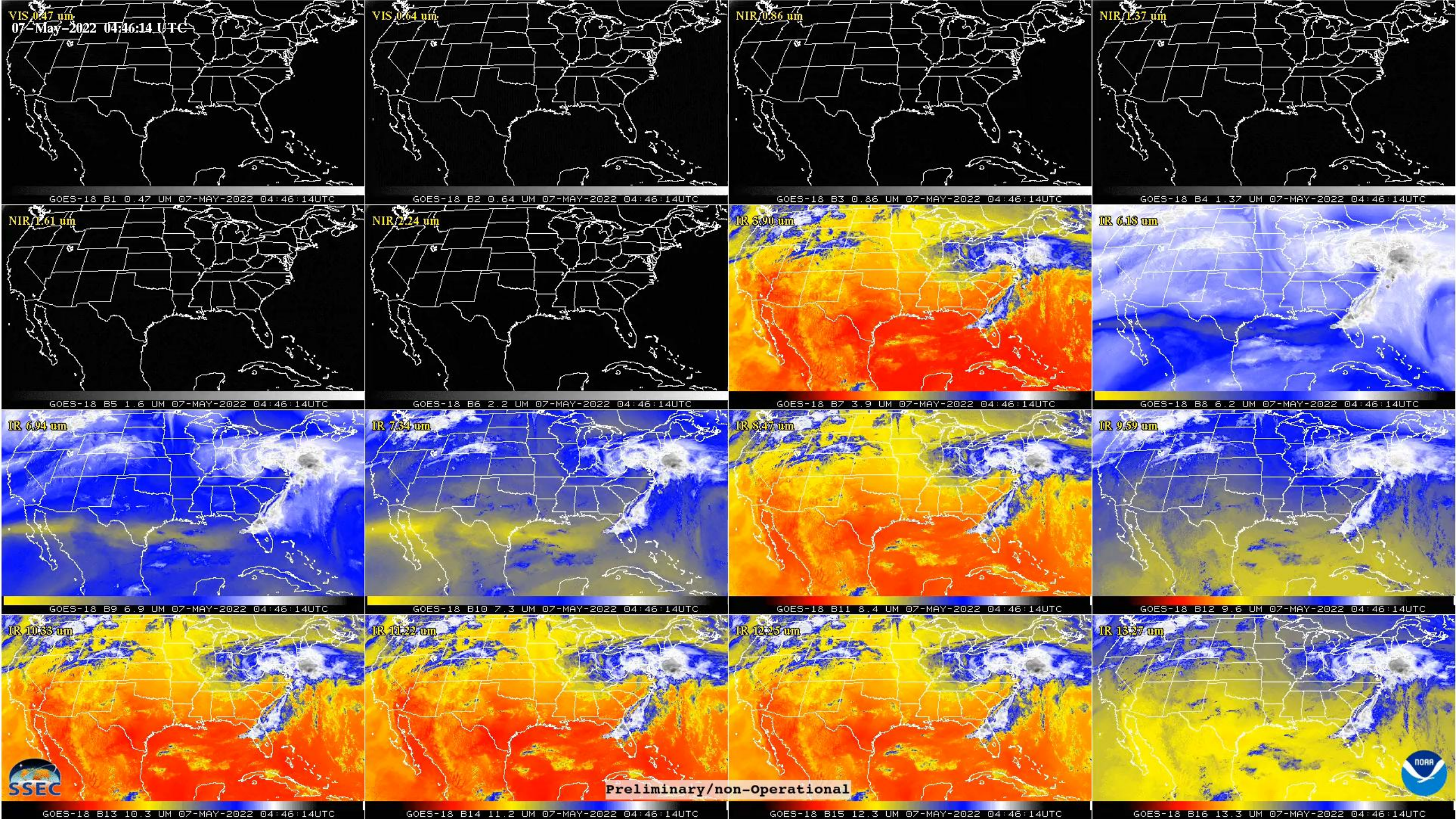


Арна 11: 13.4 мкм

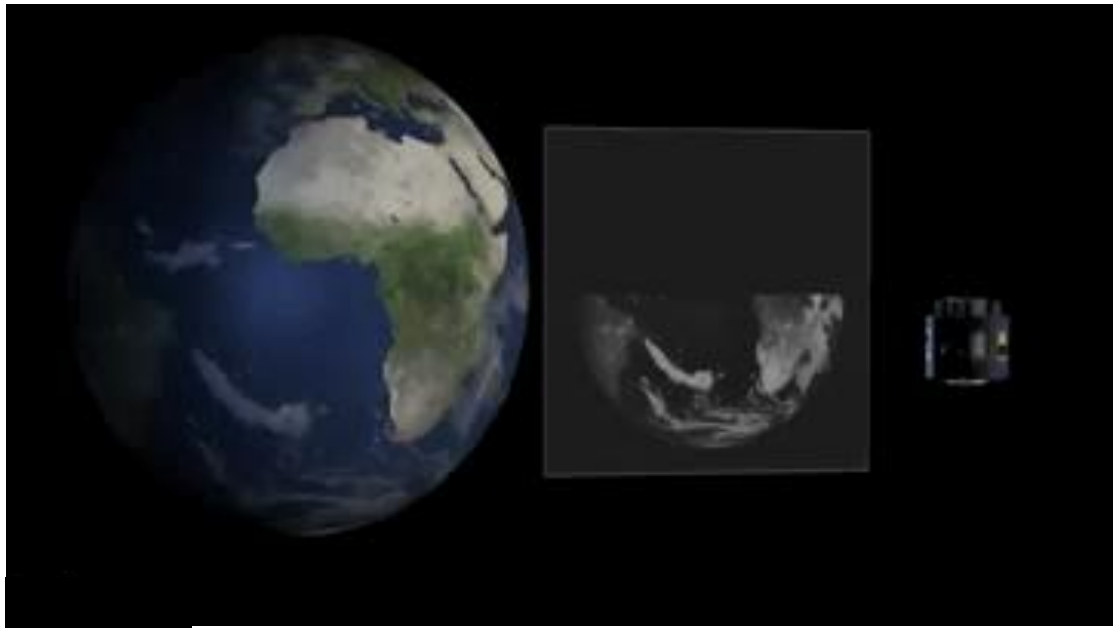


- CO_2 сіңіру жолағы
- Тропосферадағы орташа ауа температурасын бағалау үшін
- Спутниктік жел және температура профилі өнімдерінде қолданылады




VIS 0.47 um
07-May-2022 04:46:14 UTC
GOES-18 B1 0.47 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
VIS 0.64 um
GOES-18 B2 0.64 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
NIR 0.86 um
GOES-18 B3 0.86 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
NIR 1.37 um
GOES-18 B4 1.37 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
NIR 1.61 um
GOES-18 B5 1.6 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
NIR 2.24 um
GOES-18 B6 2.2 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 3.90 um
GOES-18 B7 3.9 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 6.18 um
GOES-18 B8 6.2 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 6.94 um
GOES-18 B9 6.9 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 7.34 um
GOES-18 B10 7.3 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 8.47 um
GOES-18 B11 8.4 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 9.59 um
GOES-18 B12 9.6 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 10.33 um
SSEC
GOES-18 B13 10.3 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 11.22 um
Preliminary/non-Operational
GOES-18 B14 11.2 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 12.25 um
GOES-18 B15 12.3 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC
IR 13.27 um
NOAA
GOES-18 B16 13.3 UM 07-MAY-2022 04:46:14UTC

Геостационарлық сканерлеу



SEVIRI тар жолақты сканерлейді:

- Жолақтың ені – 9 км
- Диск бойынша 1250 скан жолы
- Спутник минутына 100 рет айналады, әр айналымда бір рет сканерлейді

Толық дискіні сканерлеу шамамен 12,5 минутты алады + 2,5 минут айна мен калибровканы қалпына келтіруге кетеді.

Төменгі бөлігі жоғарғы бөлігіне қарағанда 10 минутқа ескі.

Қорытынды

1. Күн энергиясының 99 %-ы 4 мкм-ден қысқа, Жер сәулеленуінің 99 %-ы 4 мкм-ден ұзын толқындарда.
2. Инфрақызыл арналарда жарқырау температурасы, көрінетін арналарда шағылысу қолданылады.
3. Атмосфералық газдар әртүрлі толқын ұзындығында жұтады, сондықтан әр арна атмосфераның әртүрлі қабатын «көреді».
4. Meteosat-9 (45,5° ш.б.) Үнді мұхиты мен Азияның көп бөлігін қамтиды; деректері тегін.
5. SEVIRI — 12 спектрлік арна, толық дискіні шамамен 15 минутта түсіреді.
6. 10,8 мкм — «таза терезе»; 6,25 және 7,35 мкм — су буы; 3,92 мкм — өрт пен бұлт фазасы; 12,0 – 10,8 мкм айырмасы — шаң мен күл.

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Қысқа толқынды және ұзын толқынды радиацияның шекарасы қайда өтеді және олардың көздері қандай?
2. Жарқырау температурасы дегеніміз не және ол несімен ыңғайлы?
3. Көрінетін арналарда неліктен жарқырау температурасы емес, шағылысу қолданылады?
4. «Атмосфералық терезе» дегеніміз не? Қай арна «таза терезе» деп аталады?
5. SEVIRI-дің 6,25 және 7,35 мкм арналары несімен ерекшеленеді?
6. 12,0 және 10,8 мкм арналарының айырмасы нені анықтауға көмектеседі?

Пайдаланылған дереккөздер

1. Schmetz J., Pili P., Tjemkes S. et al. An introduction to Meteosat Second Generation (MSG) // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2002. – Vol. 83, No. 7. – P. 977–992.
2. Kidder S.Q., Vonder Haar T.H. Satellite Meteorology: An Introduction. – San Diego: Academic Press, 1995. – 466 p.
3. Petty G.W. A First Course in Atmospheric Radiation. – 2nd ed. – Madison: Sundog Publishing, 2006. – 459 p.
4. Liou K.N. An Introduction to Atmospheric Radiation. – 2nd ed. – San Diego: Academic Press, 2002. – 583 p.
5. EUMETSAT. Meteosat Second Generation: satellites and the SEVIRI instrument. – URL: https://www.eumetsat.int
6. EUMETSAT Data Viewer (EUMETView). – URL: https://view.eumetsat.int

Назар аударғаныңызға рақмет!

Келесі: Meteosat-9 спутнигімен практикалық сабақ

