



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2014» атты
IX халықаралық ғылыми конференциясы

IX Международная научная конференция
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2014»

The IX International Scientific Conference for
students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION-2014»

2014 жыл 11 сәуір
11 апреля 2014 года
April 11, 2014



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2014»
атты IX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
IX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2014»**

**PROCEEDINGS
of the IX International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2014»**

2014 жыл 11 сәуір

Астана

УДК 001(063)
ББК 72
Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2014» атты студенттер мен жас ғалымдардың IX Халықаралық ғылыми конференциясы = IX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014» = The IX International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2014».
– Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2014. – 5831 стр.
(қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-610-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001(063)
ББК 72

ISBN 978-9965-31-610-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық
университеті, 2014

8.2 Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

УДК 629.7.054.07

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ

Асанов Диас

MOLDAMURAT@yandex.ru

Студент 4-го курса кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»
Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – К. Молдамурат

Физические основы передачи информации. Рассеяние и поглощение электромагнитного излучения в атмосфере Земли

Электромагнитное излучение, распространяясь в атмосфере Земли, испытывает различные механизмы взаимодействия с атмосферными газами, и его интенсивность и спектральное распределение изменяются. Затем это излучение взаимодействует с объектом и отражается, передается и/или поглощается им. Затем отраженная/излученная энергия проходит обратно через атмосферу и опять претерпевает изменения в спектральном распределении и интенсивности. Наконец, излучение достигает датчика, где оно измеряется и превращается в данные для последующей обработки.

Для дистанционного зондирования интерес представляет не весь спектр электромагнитных волн, а лишь его отдельные диапазоны, такие как микроволновый, инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый.

Радиодиапазон покрывает область с длинами волн свыше 10 см (частота ниже 3 ГГц). Эта область используется активными радио-датчиками в РЛС, высотомерах, эхолотах и в меньшей степени в пассивных радиометрах.

Микроволновая часть спектра покрывает соседнюю область с более короткими длинами волн до 1 мм (с частотой до 300 ГГц). В этом регионе большинство взаимодействий связано с молекулярным вращением, особенно в зоне более коротких длин волн. Эта область главным образом используется микроволновыми радиометрами, спектрометрами и радарными системами.

Значительное влияние при регистрации электромагнитного излучения оказывает эффект Доплера (Doppler). Если источник электромагнитной волны с частотой ν_0 движется по отношению к приемнику (датчику), приемник, вообще говоря, зарегистрирует другую частоту сигнала ν . В случае звуковых волн изменение частоты, обусловленное эффектом Доплера, определяется скоростями движения источника и приемника относительно среды, являющейся носителем звуковых волн. Для электромагнитных же волн особой среды, которая служила бы их носителем, нет. Поэтому доплеровское смещение частоты электромагнитных волн определяется только скоростью источника относительно приемника.

Если источник S приближается к наблюдателю O со скоростью v , двигаясь под углом τ к лучу зрения (рис. 1), доплеровское смещение (поменять знак в знаменателе) выражается формулой:

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v \cos \tau}{c}}, \quad (1)$$

где v – скорость источника относительно приемника;

c – скорость света в вакууме;

τ – угол между вектором скорости v и направлением наблюдения, измеряемый в системе отсчета, связанной с наблюдателем.

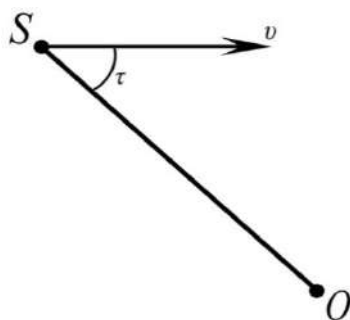


Рис. 1. Движение источника S электромагнитной волны со скоростью v под углом τ к наблюдателю O

Если источник приближается, то $v > v_0$, если же удаляется, то $v < v_0$ (в этом случае знак перед v меняется на противоположный). При $\tau = 0$ уравнение (1) запишется в виде (поменять знак в знаменателе):

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c}}.$$

Это уравнение определяет так называемый *продольный эффект Доплера*. Если же $\tau = 90^\circ$, наблюдается *поперечный эффект Доплера*:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

при котором воспринимаемая приемником частота оказывается всегда меньше собственной частоты источника: $\nu < \nu_0$. Поперечный эффект является прямым следствием замедления хода движущихся часов. Этот эффект значительно слабее продольного; он зависит от v/c не в первой степени, а во второй, т. е. является квадратичным относительно v/c .

Эффект Доплера используется в дистанционном зондировании для измерения движения мишени. Также он является основным физическим эффектом, используемым в РЛС с синтезированной апертурой для достижения очень высокой разрешающей способности.

Электромагнитное излучение, перед тем как будет зафиксировано датчиком спутника, пройдет через атмосферу дважды. Сначала от Солнца до поверхности Земли, затем от поверхности Земли к датчику. Имеется два главных эффекта влияния атмосферы – *рассеяние* и *поглощение*.

Рассеяние происходит в случае, когда имеющиеся в атмосфере частицы и молекулы газа взаимодействуют с электромагнитным излучением, отклоняя его от первоначального пути. При поглощении часть энергии излучения преобразуется во внутреннюю энергию поглощающих молекул, в результате чего происходит нагревание атмосферы. Влияние рассеяния и поглощения на электромагнитное излучение меняется при переходе от одной части спектра к другой. И в тех частях спектра, где рассеяние или поглощение оказывает достаточно серьезное воздействие на излучение,

дистанционное зондирование невозможно. Однако, поглощение может быть и полезным для дистанционного зондирования, например при исследовании самой атмосферы. Приблизительные размеры основных атмосферных частиц и молекул атмосферных газов, влияющих на распространение электромагнитного излучения, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Размеры частиц и молекул газов в атмосфере

Размеры	Типы частиц
1 – 500нм	молекулы газов;
0,5 – 50 мкм	индустриальные пары, дым, пыль;
10 – 100 мкм	пыльца, пепел;
20 – 300 мкм	облака, туман;
0,5 – 5 мм	капли дождя.

К атмосферным газам, которые, прежде всего, вызывают рассеяние, относятся кислород, азот и озон. Их молекулы имеют радиус менее 1 мкм и воздействуют на электромагнитное излучение с длиной волны 1 мкм и меньше. Другие типы частиц попадают в атмосферу либо естественным путем (например, частицы соли от испарений океана), либо в результате человеческой деятельности (например, частицы дыма от промышленного и бытового загрязнения). Другой тип частиц – капли дождя, которые имеют большие, чем у других упомянутых частиц, размеры. Концентрация частиц в атмосфере изменяется как во времени, так и в пространстве. Таким образом, эффекты рассеяния пространственно неравны (степень их влияния зависит от погодных условий) и изменяются со временем. Данные дистанционного зондирования определенной области будут, таким образом, подвергнуты различному влиянию атмосферного рассеяния в каждом отдельном случае.

В зависимости от отношения между длиной волны излучения и размером частиц рассеяние можно разделить на три различных типа: *Релея (Rayleigh)*, *Ми (Mie)* и *неселективное*.

Поглощение - второй процесс взаимодействия атмосферы Земли с проходящим через нее электромагнитным излучением. Водяной пар, углекислый газ и озон – главные атмосферные элементы, которые поглощают электромагнитное излучение, причем в определенных диапазонах электромагнитного спектра.

Из квантовой физики известно, что энергия отдельных молекул и атомов не может изменяться непрерывно, а может принимать только определенные дискретные значения, называемые энергетическими уровнями. Если молекула поглощает электромагнитное излучение, она должна перейти с одного энергетического уровня на другой и, следовательно, допустимы только определенные значения скачков энергии ΔE . Закон Планка (Planck) устанавливает связь между этой величиной и частотой электромагнитного излучения:

$$\Delta E = h\nu = \hbar\omega.$$

Таким образом, молекулы поглощают излучение на конкретных частотах, характерных для каждого атома, которые обычно называются *линиями поглощения*, и на этих частотах поглощение, в отличие от рассеяния, является доминирующим.

При дистанционном зондировании поверхности Земли атмосфера является возмущающей средой, которая искажает спутниковые данные, а в некоторых участках электромагнитного диапазона (например, в дальнем инфракрасном с длиной волны около 100 мкм) вообще препятствует дистанционному зондированию. В то же время спектральные линии поглощения газов однозначно характеризуют эти газы, а интенсивность и ширина линий отражают физические параметры газов (температуру, плотность, общее количество молекул). Поэтому спектральные линии являются важным показателем при дистанционном зондировании самой атмосферы.

Давление и плотность атмосферы падают с увеличением высоты над поверхностью Земли. Это происходит потому, что молекулы под действием силы тяжести опускаются, но тепловое возбуждение препятствует этому процессу. В результате устанавливается зависимость плотности от высоты, называемая распределением Больцмана (Boltzmann), имеющим экспоненциальный вид. Однако параметры этой зависимости могут существенно изменяться, и поэтому принято делить атмосферу на несколько слоев (рис. 2).

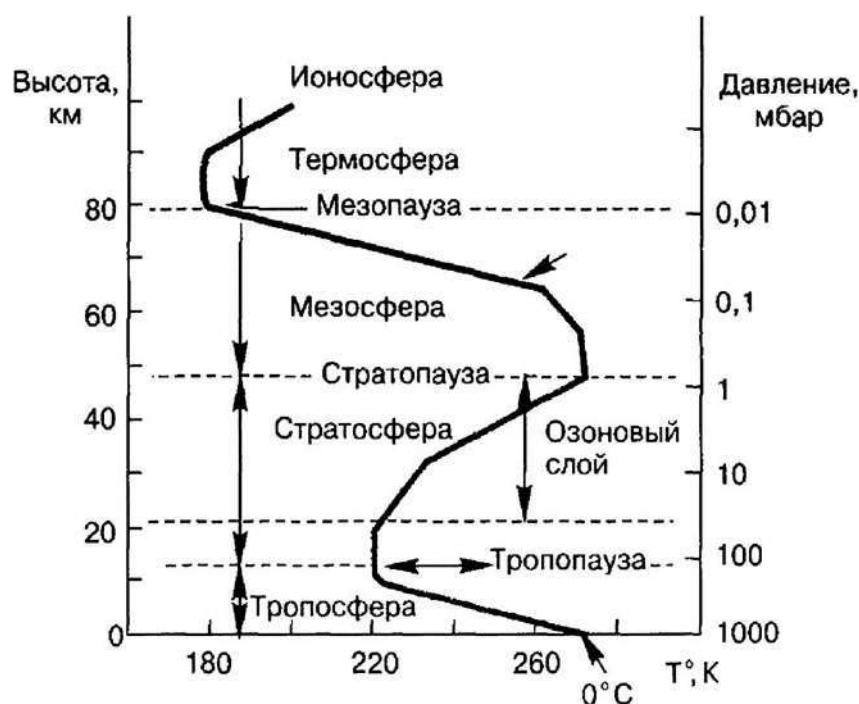


Рис. 2. Строение атмосферы

Список литературы

1. Кантемиров Ю.И. Обзор современных радиолокационных данных ДЗЗ и методик их обработки с использованием ПК SARscape// Журнал «Геоматика» 2010, №3, с. 42-46.
2. Никольский Д.Б. Сравнительный обзор современных радиолокационных систем // Журнал «Геоматика» 2008, №1, с. 11-17.
3. Шовенгерт Р.А. Основы дистанционного зондирования Земли// Книга «Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений» 2007, с 17-19.
4. Б.М. Балтер, В.В. Егоров. Методы и возможности дистанционного зондирования. Итоги; науки и техники; Сер. Исследование космического; пространства. М.: ВИНТИ, 1981, т. 16,191с.
5. Физические основы, методы и средства исследований Земли из космоса (под. редакцией докт. техн. наук Я.Л. Зимана). //Итоги науки и техники. Сер. Исследование Земли из космоса. М.: ВИНТИ, 1987, т. 1,196с.
6. В.В. Егоров, В.И. Тарнопольский. Физические основы дистанционного зондирования; Земли из космоса.//Материалы международного учебного семинара ООН по применению: дистанционного зондирования, Баку, Изд-во "Элм", 1977, с. 21-37.
7. Я.Л. Зиман. О дальнейшем развитии методов исследования Земли из космоса.//Исслед. Земли из космоса, 1980;№ 1, с. 125-133.
8. А.З. Разяпов, И.В. Кудрин, Д.А. Шаповалов, А.М. Степанов. Мониторинг атмосферных загрязнений урбанизированных территорий (курс лекций), М., МИСиС, 2001, 54с.
9. Н.А. Арманд, А.М. Волков, А.И. Захаров, И.С.Нейман; Г.М. Чернявский, А.В. Шишанов, А.С. Шмаленок. Перспективные; отечественные; спутниковые радары с синтезированной апертурой: // Радиотехника и электроника. 1999, т. 44, № 4, с. 442-447.
10. А.И. Канащенков, Л.А. Ведешин. Аэрокосмические радары; метрового диапазона: возможности, и перспективы использования в дистанционном зондировании Земли; (аналитический обзор). //Исслед. Земли из космоса, 2004 (в печати).