Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный гидрометеорологический университет

К.Ю. Булгаков, Н.В. Федосеева, А.И. Смирнова, В.О. Лопуха, А.Д. Кузнецов

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ АРХИВОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

Учебное пособие

Санкт-Петербург РГГМУ 2021 *Рецензент* Г.Г. Щукин, д-р физ.-мат. наук, проф., Военнокосмическая академия им. А.Ф. Можайского

Булгаков К.Ю., Федосеева Н.В., Смирнова А. И., Лопуха В.О., Кузнецов А.Д.

Б90 Обработка и анализ цифровых архивов метеорологических данных удаленного доступа. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2021. – 68 с.

учебном B пособии описываются способы получения трех типов архивов (архивы спутниковых изображений, данные реанализа, ряды автоматических метеорологических станций), а также основы работы с программным обеспечением, позволяющим обрабатывать визуализировать вышеуказанные данные. Пособие И предназначено для студентов, обучающихся в высших и заведений гидрометеорологического средних учебных профиля по направлению «Гидрометеорология». Пособие может быть использовано при изучение следующих дисциплин: «Динамическая метеорология», «Космическая «Климатология», метеорология», «Автоматические метеорологические станции общего И специального назначения».

Пособие рекомендована к изданию учебнометодическим советом метеорологического факультета Российского государственного гидрометеорологического университета.

> УДК 551.50 ББК 26.23

© Российский государственный гидрометеорологический университет ISBN 978-5-86813-514-9 (РГГМУ), 2021 г.

Содержание

Введение	4
1. Получение и обработка данных из архивов	
исторического прогноза погоды.	4
Доступ к данным ERA-Interim	7
Программа обработки и визуализации данных	
GrADS	. 18
2. Получение и анализ спутниковых	
изображений	.38
Центр LAADS DAAC	
Получение данных LAADS DAAC	.43
Регистрация на сайте LAADS DAAC	.44
Получение данных с сайта	.49
3. Получение из архива данных аэрологическо	ого
зондирования	.61

Введение

Цифровые архивы метеорологических данных в настоящее время создаются и поддерживаются многими научными центрами. Большое количество таких архивов имеется в свободном доступе по сети Интернет, а для обработки этих данных разработано множество программных пакетов, многие из которых имеют статус свободно распространяемого программного обеспечения. Эти данные могут быть использованы для решения прикладных и фундаментальных задач, что требует от специалиста метеоролога навыков и умений в получение доступа к архивам данных и работы с пакетами программ.

1. Получение и обработка данных из архивов исторического прогноза погоды.

Архивы ретроспективного анализа погоды, или реанализа, содержат в себе поля метеорологических величин, которые рассчитываются с помощью алгоритмов обработки наблюдений, данных включающих использование гидродинамических моделей, процедур ассимиляции, различных статистических методов. Получаемые метеорологические поля задаются через равные временные промежутки в узлах регулярной горизонтальной сетки, которая образуется меридианами и параллелями, проведенными через равные промежутки, называемыми горизонтальным шагом. Например, если данные задаются на широтах 90, 87.5, 85 и т.д., и на долготах 0, 2.5, 5 и т.д., то горизонтальный шаг сетки равен 2.5 градуса. Вертикальное распределение полей чаще всего

соответствует стандартным изобарическим поверхностям. Горизонтальная сетка большинства архивов покрывает Земли, хотя существуют поверхность данные всю реанализов выделенных для отдельно регионов. Временные периоды, для которых рассчитываются поля реанализов, обычно составляют десятки лет. Возможность создавать более продолжительные архивы ограничена имеющихся длительностью И охватом регулярных наблюдений.

Очевидно, данные реанализа ЧТО имеют определенные преимущества по сравнению с данными инструментальных наблюдений, полученными различными способами. Помимо тех удобств, которые дает регулярная сетка и глобальное покрытие, можно отметить также и то, что при построении реанализа используются данные наблюдений, получаемые из различных источников (станционные измерения, спутниковые снимки, данные радиолокаторов). Использование гидродинамических моделей позволяет осуществить физическое согласование данных из разнородных источников, что позволяет минимизировать ошибки, которые могут иметь наблюдения вследствие различных причин, например, из-за непрезентативности станций.

С другой стороны, не стоит забывать, что архивы являются не данными, реанализа а по сути. ИХ восстановлением с интерполяцией и экстраполяцией на регулярную сетку. С учетом того, что спутники не позволяют измерять ряд важных метеорологических характеристик, таких как давление, а большие области Земного шара (например, Мировой океан, или северовосточная часть Евразии и Северной Америки) не имеют частого покрытия станциями, то для вышеуказанных областей данные реанализа могут отображать И метеорологические воспроизводить поля co

5

значительными ошибками.

В настоящее время созданием архивов реанализа занимается ряд научных организаций: Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF, European Center for Medium-range Weather Forecasts), Национальный центр прогноза окружающей среды (NCEP, National Center for Environment Prediction), Национальный центр изучения атмосферы (NCAR, National Center for Atmospheric Research), Национальное агентство по аэронавтике и изучению космического пространства (NASA, National Space Administration), Национальное Aeronautic and атмосферных и океанских исследований управление (NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration), агентство Японское метеорологическое (JMA, Japan Meteorological Agency), а также некоторые другие.

Каждым из перечисленных центров было создано несколько архивов реанализа, отличающихся друг от друга разрешением (горизонтальным шагом), набором используемых метеорологических переменных и периодом времени, для которого восстанавливаются поля. Некоторые из архивов продолжают рассчитываться и в настоящее время.

Работа с данными реанализа будет рассмотрена на ERA-Interim разработанного проекта примере Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды. глобальное Данные архива имеют покрытие с горизонтальным шагом 0.75 градуса, начиная с 0 градусов восточной долготы и 90 градусов южной широты. По вертикали поля записываются на нескольких типах уровней. Временной период, который покрывает архив - с 1 января 1979 г по 31 августа 2019, частота записей для полей на поверхности земли – каждые 3 часа, для всех остальных уровней - 6 часов. Также при подготовке архива рассчитываются различные типы среднемесячных полей.

Доступ к данным ERA-Interim

Архив ERA-Interim доступен для скачивания с сайта Европейского центра среднесрочного метеорологического прогноза погоды: <u>https://www.ecmwf.int/</u>. Чтобы получить доступ к архиву, необходимо пройти процедуру регистрации на указанном сайте. Для этого следует перейти по ссылке 'Log in' (обозначена овалом на рис. 1.1)



Рисунок 1.1

В появившемся окне выбрать ссылку 'New users register here' (Рис. 1.2).

CECMWF ≡	Contact Log In
Log in	New user?
Select your login method from the following options:	New users register here
Username/password	Don't log in or register unless you need to
Username:	Login/registration allows you to:
Password:	 apply for jobs register for events access data and charts if you have the necessary licence
Forgot login details?	You can go back to where you were (using your browser's back button) without logging in or registering.
	Service status

Рисунок 1.2

В ходе регистрации необходимо ввести следующие личные данные: имя (First name), фамилиию (Last name), страну (Country), сферу занятости (Sector). При этом имя и фамилию необходимо заполнять на английском языке, иначе ваша почта будет привязана к этому сайту, но доступ в ваш личный профиль будет невозможен. В разделе Sector необходимо выбрать Academic/Research (рис. 1.3).

institutie.					
Last name:					
Email:					
Country:			22		
Russia		~			
Sector:					
Academic/Research	~				
Captcha:					
4X2*					

Рисунок 1.3

После регистрации на адрес вашей электронной почты приходит письмо, в котором пользователю предлагается электронная ссылка для подтверждения регистрации.

После перехода по данной ссылке регистрация завершается, пользователь получает письмо с паролем для созданной учетной записи и имя учетной записи – адрес электронной почты.

Для доступа к архиву необходимо авторизоваться на сайте <u>https://www.ecmwf.int/</u>, для этого необходимо перейти по ссылке 'Log in', затем ввести имя пользователя и пароль своей учетной записи. После процедуры прохождения авторизации для доступа к странице выбора данных необходимо перейти по следующим ссылкам: Forecast \rightarrow Datasets \rightarrow Reanalysis datasets \rightarrow ERA-Interim \rightarrow Download ERA-Interim data (Puc. 1.4.).

CECMWF								1	antisti a	🖾 Contact 🛛 41 Login
Hame	About (Forecast	S) Comp	uting R	esearch	Le	saming		ublications	
						00 in				
Ac	ivancing p	lobal I	NWP thro	ough inte	rnati	onal o	ollabo	orat	lon	
-		-		-				-		
COLUME										an riverse an local
CLOMM		-								
Home	About	recasts	Comp	iting Re	search	Les	RUNG	P	ublications	
	Otarts Oat	0	astty of our fore	casts Docs	mentatio	n Act	cess to fore	cants		
-	7			-	~	-		-		
Forecast charts and data	/					116-	2400		1 A A	
	/									
	/									
/										
CECMWF								-	Q.	ES CONSEL . El Lag IN
Hume	About	Forecasts	Compu	ting Re	search	Lea	ming	P	blications	
	Church Date	ante l la	and the set of the set of the set	and the	-					
	unit Ma		sandy of the root							
	Dataset	is.								
	Forestants, arts	dynes, cârnai	le re-atualyses, re	forecasts and m	ulti mode	(data are .	evalatie			
Access to and the datasets	from our arch	ive (MARS) o	r via dedicated d	LEA SHIVETS OF VI	a point-to	point day	errenation.		Public data	att such stierfane
Reenalysis datasees	A-1-1-4			14 A M	-			-	 WWO Esserr 	lid flp service
CECHINE								100	0	Channel and the second
COMME									~	an contra - e taj n
Hame	MERCLE	Forecasts	Compu	ting Re:	tearch	Lea	ming	PL	blications	
	Chorts Data	0	uality of our fore	casts Decu	mercatio	i Aco	ess to forer	c2175		
		-	-							
	Browse	reanal	lysis data	sets						
Access to archive datasets	ECMAF uses a	s forecast m	odels and data a	is a station system	ens to 're	onalyse an	rchived			
Reanalysis datasets	land surface, a	ind oceans.					and a second			
ERAS	Dataset	Time	Atmosphere	Atmospheric	Ocea	Ocean	Land	Sea	Observation	Download using
ERA (retaries		per.00		completions.		surface			Archive	(values stated atherwise)
ERA-IntermyLand	ERAS	1979-	1		1		-	-		Get ERAS from the
CERA-SAT								-		Contract of the Party
CERA-20C	ERA5-Land	1981- presero					~			Get ERAS Land Brom
184-20CM	ERA interint	1979-	6				7		Expected	No. of Concession, Name
Real shows distances		August	830.		8		10		5000.	Interan a

Рисунок 1.4.

Далее необходимо дать согласие с условиями использования данных (Рис 1.5.)



Для этого необходимо перейти по ссылке, выделенной овалом.

Если резюмировать условия для использования данных реанализа, то пользователь не имеет право какимлибо образом распространять данные без

ECMWF, т.е. любой человек, который хочет согласия данные, обязан самостоятельно пройти использовать процедуру регистрации. Также пользователь обязуется при использовании данного архива в научных публикациях делать соответствующие ссылки в списке использованной литературы. При ЭТОМ ECMWF никакой не несет ответственности за качество данных.

Если пользователь соглашается с условиями использования архива, ему необходимо ввести название организации, выбрать тип организации и страну, и нажать кнопку 'Accept' (Puc.1.6).

Organisation			
Organisation type	Academic / Research	~	
Country	Russian Federation		¥



Рисунок 1.6

После чего появится вкладка, предлагающая ознакомиться с системой архивации и доступа к данным (MARS - Meteorological Archival and Retrieval System) (Рис. 1.7) для

более эффективного получения полей.



Рисунок 1.7

Специфика данной системы заключается в том, что поля хранятся на специальных устройствах – лентах. Файлы реанализа могут храниться на разных лентах, и более эффективно делать отдельные запросы на скачивание файла с каждой отдельной ленты, чем делать один запрос на скачивание файлов с нескольких лент. В одном файле реализа собраны все данные за один конкретный месяц для одного типа вертикальной координаты. Таким образом, необхолимо скачать поля нескольких если метеорологических характеристик за несколько месяцев, то эффективнее делать отдельные запросы за каждый месяц, но сразу по всем метеорологическим характеристикам, чем метеорологической запросы каждой делать по характеристике отдельно.

Для продолжения получения данных необходимо нажать 'ОК' (Рис. 1.7), чтобы данная вкладка не появлялась

каждый раз при доступе к файлам, необходимо поставить галочку в поле рядом со словами 'Don't show me this again', после чего будет доступна WEB форма запроса к полям архива (Рис.1.8).



Рисунок 1.8.

В левой верхней части под надписью 'Type of level' пользователь выбирает тип вертикальной сетки, на которой он хочет получить данные. Возможен выбор полей на модельных уровнях ('model levels'), иначе говоря, на сигма уровнях, т.е. отношения давления на высоте к приземному давлению; на уровнях постоянных значений потенциальной температуры ('Potential temperature'), на уровне со значением потенциального вихря скорости 2000 'Potential vorticity', на стандартных изобарических поверхностях 'Pressure levels', также отдельно выделяется поверхность земли и океана 'Surface'.

Ниже предлагается выбор типа полей 'ERA Interim fields'. Предлагаются поля на метеорологические сроки (или срочные метеорологические поля) 'daily', поля, которые не претерпевают изменений со временем, например, поле орографии 'Invariant', среднемесячные поля по срокам, т.е. средние за 0 часов, за 6 часов и т.д. 'Synoptic Monthly Means', среднемесячные поля за все сроки 'Monthly Means of Daily Means', среднемесячные поля накапливаемых величин, таких как толщина снежного покрова 'Monthly Means of Daily Forecast Accumulations'.

Дальнейшее получение данных будет показано на примере срочных метеорологических полей. расположенных на изобарических поверхностях. После выбора полей данного типа пользователь должен выбрать месяц и год ('Select a month'), сроки полей 'Select time', метеорологическую характеристику изобарическую И поверхность 'Select level and parameter'. Далее пользователю предлагается выбор, в какой из двух типов файла будут записаны требуемые поля. Поддерживаются два формата - GRIB и NetCDF. Последний формат - более удобный для средств обработки и визуализации, но требует больше дискового пространства. Пример дальнейшей работы будет показан на этом формате. Поэтому следует нажать кнопку 'Retrieve NetCDF'. На Рис. 1.8 показан вариант запроса для геопотенциала и удельной влажности в метеорологические сроки на стандартных изобарических поверхностях за январь 1983 года.

Далее пользователю предлагается выбрать область покрытия поля 'Area', разрешение модели 'Grid' и параметры файла 'NetCDF Options'. Для того чтобы открылись варианты выбора, необходимо нажать на кнопки 'change' (обведены на рис. 1.9 овалами). Пользователь может выбрать область из предлагаемого списка или задать границы (широты и долготы) самостоятельно. eë предлагается Пользователю несколько вариантов разрешения (величины горизонтального шага сетки в градусах). Опции файла NetCDF заключаются в задании периода действия (что будет рассмотрено ниже). По умолчанию ('Default') устанавливается глобальное покрытие поля, разрешение с шагом 0.75 градуса и с периодом действия. действия. После чего необходимо нажать кнопку 'Retrieve now'. Далее дождаться сообщения готовности файла (Рис. 1.10) и нажать кнопку 0 'Download', после чего начинается закачивание данных на компьютер пользователя.

0	1000		100-1	
		104.1		

Additional filtering

c.,				1	
сu	rrei	ш	equ	lest.	

Stream:	Atmospheric model
Level:	1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100 to 250 by 25, 300 to 750 by 50, 775 to 1000 by 25
Type:	Analysis
Dataset:	interim_dally
Step:	0
A Company in start	

See full request

The request will be done using the following attributes:

rea: Default (as archived (charge)	
Default (as archived)	
O South Asia	
O Inter-tropical band	
Couthorn Hamirahara	
Europe	
North America	
Custom: N 9C W -1 S -9 E 1E	
Frid: 0.75x0.7 (charge)	
0.125x0.125	
0.25x0.25	
0.4x0.4	
0.5x0.5	
• 0.75x0.75	
01x1	
0112511125	
3x3	
JetCDF Options (help): None selecter (hearing)	
-T (Don't use time of validity)	
all none	

Рисунок 1.9

< Return to selection

netcdf

Final request

and the second se	
Stream:	Atmospheric model
Level:	1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 100 to 250 by 25, 300 to 750 by 50, 775 to 1000 by 25
Type:	Analysis
Dataset:	interim_dally
Step:	0
Version:	1
See full request	

The status of the request is: complete

Download (2024.7MB)

Request outpu

Request output
<pre>interses Inter, sup / reproductionse_supsequence Interses Calling 'nice prito to rectof / data/databitscratch/a/d3 ams = als80=6562cefdeBa29a7288fa6b8b7f9413f7-gf_BNQ.grib -o /data/databitscratch /90/30_grib/nettof at1519-562cf67b268e59db4dd130a65a8d-FAGBWs.nc -utime'</pre>
<pre>grib.to_netcdf: Processing input file '/data/data0/scratch/dat/3/_mars-atls00-a562cefde8a29a7288fa08bb79413f7-gf_BNQ.grib'. grib.to_netcdf: Found 9176 GRIS Fields in 1 file. grib.to_netcdf: Toporing key(3): method, type, stremm, refdate, date grib.to_netcdf: Creating netcoff file '/data/data0/scratch/98/03/grib2actcdf-atls19-95e2cf679cd58ee9b4db4dd119a85a8d-FA6Dvs.nc' grib.to_netcdf: befting file/sta11 format 4.8.1.1 of Mar 14 2018 13:48128 \$ grib.to_netcdf: befting warshow 1.1.1 of Far 14 2018 13:48128 \$ grib.to_netcdf: befting warshow 2.1.1 of Format grib.to_netcdf: befting warshow 2.1.1 of F</pre>
<pre>Process '['nice', 'grib_to_netcdf', '/data/data01/scratch/4a/f3/_mars-atls00-a562cefde8a29a7288fa0b8b7f9413f7-gf_BNQ.grib', '-o', '/data //data01/scratch/90/30/_grib2netcdf-atls19-95e2cf679cd58ee9b4db4dd119a05a8d-FAGBvs.nc', '-utime']' finished</pre>
In case of problems, please check the troubleshooting page.

Рисунок 1.10.

Запрос для поверхностных полей будет иметь одно отличие, так как при создании полей реанализа для каждого дня производились два прогноза погоды с 0 часов и с 12 часов. Поля из данного прогноза записаны в архив с интервалом 3 часа (временной шаг) и доступны для скачивания. Таким образом, за каждый день доступны поля прогноза с 3-х часовым интервалом. Период действия соответствует количеству временных шагов.

Как видно из Рис. 1.11, для поверхностных полей необходимо выбрать время начала прогнозов 'Select time' (0 и 12 часов) и временные шаги 'Select step'.

ERA Interim, Daily

Type of level

Model levels

- Potential temperature
- Potential vorticity
- Pressure levels
- Surface

ERA Interim Fields

- Daily
- Invariant
- Synoptic Monthly Means
 Monthly Means of Daily
- Means
- Monthly Means of Daily Forecast Accumulations

ERA Interim is being phased out. Users are strongly advised to migrate to ERA5. The last date to be made available in ERA Interim will be 31 August 2019, which will be released at the end of October 2019.

Please note that the fields shown on this interface are a subset of the ERA Interim dataset. The complete dataset (including wave fields) is available via the batch access. The full list of fields can be found here.

Select a month

1993	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	\bigcirc	0	0	0	0	1994	0	0	\bigcirc	0	0	0	0	0	\bigcirc	0	\bigcirc	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	\bigcirc	0	0	0	0	0	0	0	0	2004	\bigcirc	0	0	0	\bigcirc	0	0	0	\bigcirc	0	0	0
2005	0	0	0	\bigcirc	0	0	0	0	0	0	0	0	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	\bigcirc	0	0	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	0	2010	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	\bigcirc	0	0	\bigcirc	0
2011	۲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	\bigcirc	0	\bigcirc	0	\bigcirc	0	0	0	\bigcirc	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	0
2015	0	0	0	\bigcirc	0	0	0	0	0	0	0	0	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	\bigcirc	0	0	0
2017	0	0	\bigcirc	0	\bigcirc	\bigcirc	0	0	\bigcirc	0	0	0	2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	\bigcirc	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0																	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Select time

☑ 00:00:00 □ 06:00:00 ☑ 12:00:00 □ 18:00:00

Select All or Clear

Select step

20 **3 2**6 **9 2**12

```
Select All or Clear
```

Рисунок 1.11

Программа обработки и визуализации данных GrADS

Программный пакет GrADS (Grid Analysis and Display System) – это программа, с помощью которой можно обрабатывать и визуализировать данные, в том числе и записанные в формате NetCDF. Преимуществом программного обеспечения является данного свободное простота относительная В освоении И распространение. Далее будет описана установка GrADS на OC Windows.

Файл установки доступен по следующей ссылке: <u>https://sourceforge.net/projects/opengrads/files/grads2/2.2.1.og</u> <u>a.1/Windows/</u>

Download Latest Version opengrads-2.2.1.oga.1-bundle-x86_64-pc-linux-gnu-glibc_2.11.3.tar.gz(47.1.MB)	Get Up	dates	2
Home / grads2 / 2.2.1.oga.1 / Windows			
Name 🗢	Modified 🖨	Size ≑	Downloads / Week 🖨
J Parent folder			
C Attic	2019-02-23		2
opengrads-2.2.1.oga.1-bundle-i686-pc-cygwin.tar.gz	2019-02-23	36.1 MB	26 🛋 🕡
erads-2.2.1.oga.1-win32_superpack.exe	2019-02-23	33.0 MB	93 🛋 👔

Рисунок 1.12.

Необходимо скачивать файл, выделенный на рисунке овалом.

После скачивания файла необходимо запустить процедуру установки, предварительно проверив, имеется ли на компьютере необходимое для этого свободное пространство – 118.6 мегабайт. Процесс установки в целом стандартен для программного обеспечения для ОС Windows.



Рисунок 1.13

На рис. 1.13 показаны этапы установки GrADS и выделены кнопки и поля, которые должен нажимать и заполнять пользователь в процессе установки.

Для запуска GrADS в меню 'Все программы' развернуть вкладку 'OpenGrADS 2.2' и в этой вкладке нажать кнопку '1 GrADS Command Line', вид вкладок может меняться в зависимости от версии Windows, поэтому, чтобы не вводить в заблуждение пользователей, иллюстрация запуска программы не приводится.

После запуска программы появляется окно (рис. 1.14), в котором пользователю предлагается выбрать, какую форму будут принимать визуализированные данные, в дальнейшем это окно будет называться **текстовое окно**.



Рисунок 1.14

Пользователь может выбрать визуализацию данных в альбомной, или горизонтальной, ориентации 'Landscape mode', для этого надо в открывшемся окне ввести 'у' и 'Enter'; доступна портретная, нажать также ИЛИ вертикальная ориентация, для её выбора необходимо ввести 'n' 'Enter'. отображения И нажать Для удобнее метеорологических данных использовать горизонтальную ориентацию, поэтому в дальнейшем поля будут визуализироваться в ней. После выбора ориентации появляется окно, на котором будут отображаться поля, в дальнейшем будет называться это окно окно визуализации.

Прежде чем начать работу с ранее скаченным файлом реанализа, его необходимо переместить в папку ****/Contents/Resources/SampleDataset', где *** _ папка установки GrADS, для варианта установки описанной 'С:/ OpenGrADS-2.2. Так как файл, который выше это пользователь получает с сайта ECMWF, имеет название, содержащее большое количество символов. то для дальнейшего использования его удобнее переименовать. Пример дальнейшей работы с данными будет приведен для двух файлах, скаченных с сайта ECMWF: q_01_1983.nc -

глобальные поля геопотенциала и удельной влажности на стандартных изобарических полях за январь 1983 года, и q_02_1983.nc – глобальные поля удельной влажности на стандартных изобарических полях за февраль 1983 года.

Все действия в программе GrADS производятся путем введения команд в текстовое окно, которое после выбора формы отображения данных принимает следующий вид (рис. 1.15).



Рисунок 1.15

Чтобы открыть файлы типа NetCDF в GrADS необходимо ввести команду sdfopen и далее имя файла, затем нажать 'Enter' (так как все команды для ввода требуют нажатия 'Enter', то в дальнейшем это принимается по умолчанию). В нашем случае в командной строке следует ввести sdfopen $q_01_{1983.nc}$. Информация о содержимом в файле вызывается командой q file. Результаты действия обеих команд показаны на рис. 16. Открытие 2-го файла осуществляется аналогично (sdfopen $q_02_{1983.nc}$), чтобы просмотреть информацию о содержании 2-го файла необходимо ввести команду q file 2.

```
      **OpenGrADS

      ga-> sdfopen q_01_1983.nc

      Scanning self-describing file: q_01_1983.nc

      SDF file q_01_1983.nc is open as file 1

      LON set to 0_360

      LAT set to -00 90

      LEW set to 1000

      Time values set: 1983:1:1:0 1983:1:1:0

      ga-> q file

      File 1:

      Descriptor: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Size = 480 Ysize = 241 Zsize = 37 Tsize = 124 Esize = 1

      Number of Variables = 2

      z 37 t,z,y,x Specific humidity

      ga-> g file

      File q_02_1983.nc

      Socanning self-describing file: q_02_1983.nc

      SDF file q_02_1983.nc

      Soga-> g file

      File 1:

      Descriptor: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Binary: q_01_1983.nc

      Type = Gridded

      Xsize = 480 Ysize = 241 Zsize = 37 Tsize = 124 Esize = 1

      Number of Uariables = 2

      z 37 t,z,y,x Geopotential

      q 37 t,z,y,x Specific humidity

      ga->

      z 37 t,z,y,x Specific humidity
    </
```

Рисунок 1.16

Как видно из информации, выводимой в текстовом окне, оба файла содержат 4-х мерные поля; вдоль широт количество точек– 480 (Xsize=480), вдоль долгот – 241 (Ysize=241), 37 вертикальных уровней (Zsize=37), 112 временных шагов (Tsize=112), файлы содержат две переменные (Number of Variables=2): геопотенциал (обозначение z) и удельную влажность (q).

Выбор вертикального уровня, времени и участка горизонтального которое пользователь поля, хочет осуществляется следующим образом: визуализировать, вертикальный уровень определяется командой set z 'номер уровня' или командой set lev 'значение уровня', где изобарической значение уровня лавление на _ поверхности, соответствующей данному уровню.

В приведенном случае имя одной из переменных (z) имеет такое же обозначение, как и номер вертикального уровня. Для работы в GrADS это не создает проблем, так как переменные и аргументы в переменных, к которым относится номер уровня, по-разному используются в

командах. Однако, чтобы не возникала путаница в понимании у читателя, в дальнейшем работа с GrADS будет показана на примере работы с полями влажности.

Время может быть определено командой set time 'время', где время записывается в следующем формате: две цифры на час, затем Z, которая играет роль разделителя, далее месяц, обозначаемый первыми тремя буквами 4 цифры английского написания, и в конце для обозначения года. Так, 13 часов 10 февраля 1983 г. будет записано как 13Z10FEB1983. Другой вариант задания времени –команда set t 'номер временного шага'. При этом, если открыто несколько файлов, которые содержат поля, последовательные по времени, т.е. временные записи второго файла продолжают временные записи первого файла и т.д., то нумерация шагов в программе будет одинаковая и сквозная по всем файлам, т.е., если в открытых ранее файлах q_01_1983.nc и q_02_1983.nc 124 и 112 временных шагов соответственно, то 1-й временной шаг 2-го файла в программе будет 125-м, 2-й временной шаг 2-го файла 126-м и т.д.

Чтобы определить горизонтальный участок поля, который пользователь хочет визуализировать, необходимо определить широты и долготы на границы этого участка, для этого вводятся set lon 'долгота западной границы' 'долгота северной границы', set lat 'широта южной границы' 'широта северной границы'. Необходимо помнить, что широты и долготы должны вводиться только в указанном порядке, от меньшего значения к большему, широты южного полушария и долготы западного обозначаются отрицательными значениями.

Если пользователь не произвел выбора, по умолчанию задается самый нижний вертикальный уровень и первый шаг по времени, а визуализироваться будет все доступное горизонтальное поле целиком.

Перед выводом изображения поля на экран, пользователю рекомендуется задать параметры рисунка, а именно, тип рисунка и шкалу значений.

Программный пакет GrADS поддерживает несколько типов изображений, из которых наиболее часто применяемые – контурный рисунок и затененный рисунок. Контурный рисунок – набор изолиний различных значений, задается командой set gxout contour, такой тип рисунка устанавливается по умолчанию, если пользователь не произвел другого выбора. В затененном рисунке, который задается командой set gxout shaded, промежутки между изолиниями заполняются цветами.

Выбор шкалы осуществляется командами set clevs 'значения изолиний' и set ccols ' номера цветов'. Если выбран контурный рисунок, то количество значений цветов должно быть равно количеству значений изолиний, если выбран затененный рисунок, то количество значений цветов на одно больше, так как необходимо определить цвета для участков поля, значения которых будут меньше минимального значения изолиний и для участков поля, значения которых больше максимального значения изолиний. Цвета в GrADS имеют следующую нумерацию: от 0 до 16 основные цвета (Табл.1).

номер	0	1	2	3
цвет	черный	белый	красный	зеленый
номер	4	5	6	7
цвет	темно синий	голубой	пурпурный	желтый
номер	8	9	10	11
цвет	оранжевый	фиолетовый	желто зеленый	синий
номер	12	13	14	15
цвет	темно желтый	аквамарин	темно фиолетовый	серый

Таблица 1. Номера цветов в программном пакете GrADS

Далее цвета организованы по градиентам, например, от голубого к темно-синему, см. (Табл. 2).

Таблица 2. Градиенты цветов в программном пакете GrADS

Градиент цвета	Диапазон
	номеров
От желтого до темно красного	21-29
От светло зеленого до темно	31-39
зеленого	
От голубого до темно синего	41-49
От сиренего до темно фиолетового	51-59
От свето розового до темно	61-69
розового	
От бежевого до темно коричневого	71-79

У пользователя есть возможность задавать свои цвета. Для этого используется следующая команда set rgb 'номер цвета' 'интенсивность красного цвета' 'интенсивность зеленого цвета' 'интенсивность синего цвета'. Значение интенсивности может быть задано в диапазоне от 0 до 255, где 0 – минимальная интенсивность цвета, 255 – максимальная интенсивность. Для задания своих цветов лучше использовать номера от 81 до 99.

Вывод изображения в окно визуализации осуществляется командной d 'название переменной'. 'номер открытого файла', если номер файла в этой команде не указывается, то будет визуализироваться поле из первого файла. При вводе номера файла необходимо учитывать, какой временной период покрывают поля в данном файле. Т.е., если задается январь 1983 года или временной шаг до 124 включительно, то в приведенном случае поле может быть только из первого файла.

Легенда для рисунка выводится командой run cbar. Сохранение рисунка осуществляется командой printim 'имя файла с расширением png'. Рисунок будет сохранен в директории, где находятся файлы с данными.

Ниже приводится пример команд для визуализации поля относительной влажности над африканским континентом из файла q_02_1983.nc на изобарической поверхности 500 гПа за 5 часов 10-го февраля 1983 г, цветовая гамма – оттенки серого, визуализация проводится 4-мя значениями изолиний 0.0005, 0.0015, 0.002, 0.003.

Команда set lat -35 38 задает широты на южной и северной границы области;

Команда set lon -18 51 задает долготы на западной и восточной границы области;

Команда set lev 500 задает вертикальный уровень, можно также использовать set z 16;

Команда set time 05Z10FEB1983 задает время, можно также использовать set t 162.

Команда set gxout shaded задает затененный тип рисунка;

Команда set rgb 81 220 220 200 задает самый светлый цвет в задаваемой гамме;

Команда set rgb 82 180 180 180 задает светло серый цвет; Команда set rgb 83 140 140 140 задает серый цвет;

Команда set rgb 84 100 100 100 задает темно серый цвет;

Команда set rgb 85 60 60 60 задает самый темный серый цвет в задаваемой гамме;

Команда set clevs 0.0005 0.001 0.003 0.005 задает значения изолиний;

Команда set ccols 81 82 83 84 85 задает номера цветов, 81-й цвет будет соответствовать значениям меньше 0.0005, 82-й между 0.0005 и 0.001, 83-й между 0.001 и 0.003, 84-й между 0.003 и 0.005, 85-й соответствует значениям больше 0.005;

Команда d q.2 выводит на окно визуализации графическое изображение поля;

Команда run cbar выводит легенду;

Команда printim q_Africa.png сохраняет рисунок.

Результаты работы всех вышеуказанных команд показаны на рис. 1.17 и 1.18.

- OpenGrADS	X
ga-> set lat -35 38	
LAT set to -35 38	
ga-> set Ion -18 51	
LON_set to -18_51	
ga-> set Lev 500	
LEV set to 500 500	
ga-> set time U5z1UFeb1983	
lime values set: 1983:2:10:6 1983:2:10:6	
ga-> set gxout shaded	
ga-> set rgb 81 220 220 220	
ga-> set rgb 82 180 180 180	
ya-> set rgb 83 140 140 140	
Set rgb 84 100 100 100	
Number of cleos - 1	
and a 2	
Contouring at cleus = 0.0005 0.001 0.003 0.005	
wa-> run char	
va-) printim a Africa ppg	
Created PNG file g Africa.png	
a->	-

Рисунок 1.17. Текстовое окно.



Рисунок 1.19. Окно визуализаций.

Вышеприведенный пример разбирает способ графического отображения двумерного поля. Пакет GrADS также позволяет визуализировать одномерные поля. Это может быть, например, временной ход характеристики в точке пространства, либо вертикальный какой-либо профиль характеристики в какой-то временной момент для какой-либо широты долготы, либо И изменение характеристики в какой-либо временной момент вдоль выбранной широты или вдоль выбранной долготы.

Для построения временного хода необходимо зафиксировать точку. Командой set задаются широта точки, долгота точки и уровень точки, также выбирается период времени, для которого будет построено изменение характеристики. Вывод временного хода на экран осуществляется командой d. Цвета кривых задаются командой set ccolor 'номер цвета'. Ниже приведен пример построения временного хода по уже открытым файлам в точке с координатами 30 градусов с.ш., 60 градусов з.д. на уровне 1000 гПа, с 01 часа 1 января 1983 по 23 часа 28 февраля 1983

Команда с стирает предыдущий рисунок из окна визуализации.

Команда set lat 30 задает широту;

Команда set lon -60 задает долготу;

Команда set lev 1000 задает уровень;

Команда set time 01Z01JAN1983 23Z28FEB1983 задает начальную и конечную даты периода времени;

Команда set ccolor 1 задает белый цвет будущей кривой; Команда d q.1 построение графика по данным из первого файла с 01 часа 1 января 1983 по 23 часа 31 января 1983;

Команда set ccolor 1 задает белый цвет будущей кривой;

Команда d q.2 построение графика по данным из второго файла с 01 часа 1 февраля 1983 по 23 часа 28 февраля 1983. На рис 1.19 и 1.20 показан результат выполнения этих команд.

≫ OpenGrADS	_ 🗆 🗵
ga-> set lat 30	A
LAT set to 30 30	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
ga-> set lon -60	
LON set to -60 -60	
ga-> set lev 1000	
LEV set to 1000 1000	
ga-> set time uizuijHN1983 23228FEB1983	
11me Values set: 1783-1-1-1 1783-2-28-23	
ga-/ set courri	
gal u q.1	
$\alpha = d \alpha 2$	
ga->	-

Рисунок 1.19. Текстовое окно.



Рисунок 1.20. Окно визуализации

Вертикальный профиль характеристики строится по такому же принципу, с тем отличием, что задается не временной промежуток, а единичный срок, и не один уровень, а набор уровней.

Ниже будет приведен пример команд для построения профиля удельной влажности над 20 градусом с.ш., 40 градусом в.д., на уровнях от 1000 до 5000, на срок 9 часов 6 января 1983.

Команда с стирает информацию с экрана;

Команда set lat 27 задает широту;

Команда set lon 42 задает долготу;

Команда set lev 1000 500 задает уровни для которых будет нарисован профиль;

Команда set time 09Z06JAN1983 задает дату;

Команда d q.1 выводит профиль в окно визуализации.

Результат выполнения этих команд показан на рис. 1.21 и рис.1.22.



Рисунок 1.21. Текстовое окно.



Рисунок 1.22. Окно визуализации.

График изменения влажности вдоль широты или вдоль долготы строится аналогичным образом: в первом случае задается промежуток широт, долгота, уровень и время, во втором широта, промежуток долгот, уровень и время.

GrADS имеются возможности В пакете для полей. Одна различной обработки ИЗ наиболее используемых – осреднение. Например, функция осреднения по одному аргументу вызывается командой ave('название переменной', 'начальное значение аргумента, вдоль которого осуществляется осреднение', 'конечное значение аргумента, вдоль которого осуществляется осреднение').

Данная процедура хорошо применима для осреднения по времени. Например, команда d ave(q.1,time=01Z01JAN1983,time=23Z31JAN1983) выводит на экран поле среднемесячной удельной влажности на заданном ранее уровне. Если уровень не был задан, то будет выведен результат для первого уровня. Эту процедуру можно использовать для осреднения и вдоль других аргументов, например, для построения поля влажности, осредненного по вертикали от уровня 1000 гПА до 100 гПа нужно будет применить команду d ave(q.1,lev=1000, lev=100), при ЭТОМ будет поле соответствовать выбранному ранее времени.

Другая функция – осреднение горизонтального поля, вызывается командой aave('название переменной', lon='значение долготы восточной границы области', lon='значение долготы западной границы области', lat='значение широты южной границы области', lon='значение широты северной границы области').

Для получения среднего значения удельной влажности на уровне 500 гПА, на срок 9 часов 6 января 1983 над регионом, ограниченным на юге 35 градусами южной широты, на севере 38 градусами северной широты, на западе 18 градусов западной долготы, на востоке 51 градусе восточной долготы используется следующий набор

```
команд:
d lev 500
set time 09Z06JAN1983
d aave(q.1, lon=-18, lon=51,lat=-35,lat=38).
```

Чтобы получить глобальное поле на том же уровне на тот же срок вместо определения региона осреднения в команде используется слово global.

d aave(q.1,global).

Результат осреднения командой aave выводится только в текстовое окно (рис. 1.23).



Рисунок 1.23. Текстовое окно.

большему Для осреднения ПО количеству комбинацию аргументов использовать можно функций. Например, вышеприведенных ДВУХ ДЛЯ атмосферы осредненного по всей высоте получения глобального среднемесячного значения влажности можно использовать следующую команду:

d ave(ave(q.1,global),lev =1000,lev=1), t=1,t=124).

Очередность осреднения не имеет значения, в вышеприведенной команде определение периода осреднения осуществляется с помощью номеров временных шагов 't'. Такой подход для данного случая удобнее, чем использование 'time', так как известны номера первого и последнего временных шагов за месячный период. Использование команды, в которой задается время начала и время конца периода осреднения, было бы более громоздко.

Для осреднения по периоду времени, части которого находятся в разных файлах, можно использовать математические действия. Пакет GrADS поддерживает как использование простейших математических операций, таких как суммирование (+), вычитание (-), умножение (*), деление (/), так и более сложных. Ниже будет приведен пример команд для расчета среднего глобального значения удельной влажности за январь-февраль 1983 г на уровне 700 гПа:

set lev 700;

d

aave(ave(q.1,t=1,t=124),global)/2+aave(ave(q.2,t=125,t=235),g lobal)/2.

В данном примере среднее значение за два месяца рассчитывается как полусумма среднемесячных значений. Важно учитывать, что временные шаги должны иметь скользящую, или общую для обоих файлов нумерацию, о чем уже говорилось выше.

Пакет GrADS позволяет осуществлять простейший статистический анализ данных, например, рассчитывать корреляцию горизонтальных полей и временного хода.

Корреляция горизонтальных полей проводится с помощью функции scorr('поле 1-й переменной', 'поле 2-й пременной', lon='значение долготы восточной границы области', lon='значение долготы западной границы области', lat='значение широты южной границы области', lon='значение широты северной границы области'). Также, как и в aave, можно использовать слово global.

Пример выполнения данной функции будет приведен вместе с примером работы команды, которая создает новые поля с помощью уже открытых в GrADS полей и математических операторов.

Команда define zav=ave(z.1,t=1,t=124) определяет новое горизонтальное поле среднего геопотенциала за январь 1983;

Команда define qav=ave(q.2,t=125,t=236) определяет новое

горизонтальное поле средней удельной влажности за январь 1983;

Команда d scorr(zav,qav,global).

Результат работы функции scorr будет выведен в текстовом окне.

Пример вышеприведенного осреднения показан на рис. 1.24.



Рисунок 1.24. Текстовое окно.

Корреляция временного хода за выбранный период проводится функцией tcorr('временной ход 1-й переменной ', 'время начала периода', 'время конца периода').

Ниже приведен набор команд для расчета корреляции временного хода средних за январь по земному шару удельной влажности и геопотенциалу на уровне 200 гПа:

set lev=200 выбор нужного уровня

d tcoor(aave(q.1,global),aave(z.1,global),t=1,t=124).

На рис 1.25 приведен результат работы данных команд.



Рисунок 25. Текстовое окно.

Пакет GrADS поддерживает возможность использования командных скриптов. Это текстовые файлы, которые должны иметь расширение 'gs'. При их запуске, которая осуществляется командой run 'имя скрипта', выполняется последовательность записанных в него команд. Использование таких скриптов удобно при однотипной обработке большого количества файлов с данными, например. когда строятся среднемесячные значения по какому-либо региону за несколько лет подряд.

Ниже приведет пример скрипта q_1.gs, который осуществляет построение так называемых среднемесячных широтных разрезов удельной влажности на уровне 750 гПА за январь 1983 и февраль 1983 и сохраняет рисунок в файл:

'reinit'

'sdfopen q_01_1983.nc'

'sdfopen q_02_1983.nc'

'set lev 750'

'set ccolor 1'

'd ave(ave(q.1,lon=0,lon=360),t=1,t=124)'

'set ccolor 1'

'd ave(ave(q.2,lon=0,lon=360),t=125,t=236)'

'printim q_lat.png'.

Как видно из примера, команды записываются в кавычках. Команда reinit осуществляет перезапуск GrADS, т.е. закрывает все открытые файлы, сбрасывает значения географических координат, уровней и времени, если таковые были выбраны.



Рисунок 1.26. Окно визуализации.

На рис. 1.26 приведены результаты работы данного скрипта, а именно осредненное по всем долготам и месяцу изменение удельной влажности вдоль широты.

В данном пособии рассматриваются лишь базовые команды и возможности программного пакета GrADS. Для более подробного изучения данной программы можно ознакомиться с документацией, которая устанавливается на компьютер вместе с самой программой.

2. Получение и анализ спутниковых изображений

Центр LAADS DAAC

Центр The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) Distributed Active Archive Center (DAAC), расположенный в Годдардский Центр Космических полетов (Goddard Space Flight Center) в Гринбелте, штат Мэриленд, чьей специализацией являются науки об атмосфере, является одним из двенадцати центров NASA EOSDIS DAACs. The LAADS DAAC предоставляет глобальные данные. полученные co NASA Terra and Aqua, датчик Moderate спутников Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), и Suomi NPP (SNPP), датчик Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) для научных исследований через доступ к данным, услугам, инструментам и всем сопутствующим ресурсам.

Основными задачами центра LAADS DAAC's являются:

• Обеспечение общественного доступа к следующим коллекциям:

• Данным со спутников NASA Тегга и NASA Aqua всех уровней обработки.

 Данным NPP Suomi VIIRS всех уровней обработки стандартных версий NASA.

о Данным со спутников Европейского Космического Агентства (ESA) Envisat, датчик Medium Resolution Imaging Spectrometer (<u>MERIS</u>), <u>Copernicus</u>-<u>Sentinel-3</u> <u>SLSTR</u> и <u>OLCI</u>.

о Данным MODIS Airborne Simulator (<u>MAS</u>) и Autonomous Modular Sensor (<u>AMS)</u>.

о Коллекции вспомогательных данных.

Центр LAADS DAAC был основан в 2007 для распространения данных MODIS Level-1 и информационных продуктов системы,

В конце 2016, MODAPS начал производство и распространение стандартных версий NASA данных Suomi NPP VIIRS Level-1 и Land science data products.

Понимание структуры И состава компонентов земной атмосферы и их взаимодействия с компонентами глобальных земных и океанических систем биосферы является критически важной предпосылкой формирования объективных политических решений по этим вопросам. Эти компоненты обеспечивают твердый фундамент для выполнения наблюдений и фактов относительно ИХ исторических и текущих свойств и поведения. Архив LAADS обеспечивает належный ланных источник современных информационных продуктов для изучения и анализа различных аспектов науки об экологической атмосфере (Рис. 2.1). Детализация нашего понимания динамических процессов, особенно В контексте ИХ взаимодействия с другими



Рисунок 2.1.

планетарной системы предъявляют компонентами первостепенные требования по информированию научного сообщества как в настоящее время, так и в ближайшем будущем. Спутниковые данные позволяют выполнять наблюдения атмосферными, за наземными И океаническими элементами земной биосферы так, чтобы дублировать было невозможно при этом почти используемые Земные наземные методы. системы управляются преимущественно Солнцем и спутниковые наблюдения наблюдения выполняют измерения И солнечной энергии различных проявлениях. в ee Радиационный баланс между приходящей солнечной энергией, поглощаемой землей, и уходящей в космическое пространство радиацией, является критическим при определении средней температуры Земли и подвержен влиянию ряда факторов. Они включают интенсивность солнечной инсоляции, состав атмосферы, главным образом, аэрозоли, облачный покров и парниковые газы, альбедо или отражательную способность, различных поверхностей, таких как, снежный покров, растительность и районы землепользования (Рис. 2.2).



Рисунок 2.2.

Три основных цикла управляют земными процессами планетарного масштаба и спутниковые данные обеспечивают эффективный механизм наблюдения И параметрами измерения ИХ И поведением. Они за глобальный энергетический включают: баланс, гидрологический углеродный цикл, И цикл. Энергетический баланс охватывает солнечное нагревание, ИК выхолаживание и перенос тепла между поверхностью и атмосферой. Тепло также переноситься от экватора к атмосферой И океаном. Облака являются полюсам следствием потоков влаги, переносимых вертикально от

поверхности до различных уровней атмосферы и горизонтально посредством ветровой адвекцией. Аэрозольные шлейфы (Рис. 2.3) могут формироваться как в результате естественных (извержения вулканов, пыльные бури), так и антропогенных (сжигания угля, вырубка лесов) процессов, причем последние вносят заметный вклад в углеродный цикл, как в источник атмосферного диоксида углерода.



Рисунок 2.3

Архив данных датчика Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) играет ключевую роль В мониторинге атмосферного различные отклика на процессы: вулканические извержения, изменения температуры поверхности океана, новые вилы землепользования увеличение концентрации ИЛИ парниковых Они также помогают ученым газов. характеризовать многие колебания в системе земляатмосфера, включая ЭНЮК, муссоны и арктические полушарные аномалии.

Ориентированный на потребности пользователей в

данных для анализа и понимания динамики земных центр производит LAADS DAAC обеспечивает И дополнительные данные К архивам двух основных программ NASA: Earth Observing System's Terra- и Aqua-MODIS, и Suomi National Polar-orbiting Partnership's (SNPP) Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). Visible Последняя коллекция стала доступна в 2016. Помимо LAADS DAAC, три других центра NASA DAACs предлагают широкое разнообразие данных об атмосфере.

Каждый четырех центров данных DAACs ИЗ разнообразие продуктов обеспечивают широкое И демонстрируют широкий не только диапазон возможностей, но и уникальные инструменты и услуги, предлагаемые пользователям.

Получение данных LAADS DAAC

Для получения спутниковых данных для анализа следует использовать сайт LAADS DAAC NASA (The Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (LAADS) Distributed Active Archive Center (DAAC) — https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/), где расположен архив спутниковых данных с возможностью выбора спутниковой системы, сенсора, времени и региона съёмки (Рис.2.4).



Рисунок 2.4

Регистрация на сайте LAADS DAAC

Доступ к данным на этом ресурсе предоставляется после бесплатной регистрации на сайте Earthdata. Для регистрации следует выбрать пункт Profile → Earthdata Login в правом верхнем углу страницы сайта LAADS, в результате чего будет осуществлён переход на страницу входа, где необходимо нажать на кнопку «Register» (Рис.2.5).

Процесс регистрации является стандартным, необходимо указать имя пользователя (Username), пароль (Password), состоящий не менее, чем из 8 символов, включая прописные буквы, строчные буквы и цифры, и подтвердить пароль его повторным введением (Рис. 2.6).

Username 🛛	•
Password	Why must I register? The Earthdata Login provides a single mechanism for user
Stay signed in (this is a private workstation)	registration and profile management for all EOSDIS system components (DAACs, Tools, Services). Your Earthdata login also helps the EOSDIS
I don't remember my username I don't remember my password Help	program better understand the usage of EOSDIS services to improve user
	experience through customization of tools and improvement of services. EOSDIS data are openly available to all and free of charge except where governed by international

Рисунок 2.5

Profile Information	
Username: • Password: • Password Confirmation: •	Required field Username must: Be a Minimum of 4 characters Be a Maximum of 30 characters be letters, numbers, underscores Not contain any blank spaces Not contain any blank spaces Not contain two consecutive special characters(s) Password must contain Minimum of 8 characters One Uppercase letter One Uppercase letter

Рисунок 2.6

Лалее выбирается страна проживания, область деятельности (Affiliation), при этом следует выбрать Образование (Education), т.к. данные будут использоваться в образовательных целях. В графе Тип пользователя (User Team) необходимо выбрать Science Team. Можно также .указать в графе Организация (Organization) английскую аббревиатуру университета RSHU, но заполнение этой графы не является обязательным. Кроме того, необходимо выбрать область научных интересов (Study area), например, Облачность (Clouds). Далее необходимо указав подтвердить согласие на получение информации на ваш адрес электронной почты (Рис.2.7).



Для доступа к данным со спутников Sentinel и Meris необходим другой уровень доступа, поэтому в приведенном ниже окне при необходимости следует нажать на клавишу No Thanks (Рис. 2.8)

NAS	EARTH DATA	Find a DAAC •		A Q	0
		HDATA LOGIN	My Profile	🖙 Sign Out	3 2
	Your Earthdata Log	in Profile has been success	fully created and automa	tically activated	
CAN S	Authorize	e Application			
	Additional user Please provide the application	attributes required by t the following informatio	he application. n to be able to authorize	e and use	
New York	Sentinel3: 0	•			
	1 🛛				
Feedback	Meris: 🛛 • 1 🗭				
		1			
	Application Admin application update	istrators may send out occ s or ale ts. 🖉 Yes, I would	asional emails notifying u l like to be notified.	sers about	
	AUTHORIZE	NO THANKS			
	For questions rega	arding the EOSDIS Earth Suppo	ndata Login, please cor <u>rt</u>	ntact <u>Earthdata</u>	

Рисунок 2.8.

На последнем шаге следует пройти процедуру распознавания автоматизированных программ и нажать клавишу подтверждения регистрации логина Register for

Earthdata login (Рис. 2.9)

После этого процесс регистрации будет завершена, о чём придёт уведомление на указанный адрес электронной почты.



Рисунок 2.9.

Получение данных с сайта

Для получения данных с сайта, необходимо войти в свой аккаунт, введя логин и пароль (Рис. 2.10).

NAST	EARTH DATA	Find a DAAC •	1 Q	0
		IDATA LOGIN	l l	
	Your Earthdata Logir	Profile has been succes	sfully created and automatically activated	d
	Username 🛛		Why must I register?	
	Password	V	The Earthdata Login provides a single mechanism for user registration and profile	A. A. A.
	Stay signed i	in (this is a private	management for all EOSDIS system	
Feedback	workstation)	ISTER y username y password	components (DAACs, Tools, Services). Your Earthdata login also helps the EOSDIS program better understand the usage of EOSDIS services to improve user experience through customization of tools and improvement of services. EOSDIS data are openly available to all and free of charge except where governed by international agreements.	

Рисунок 2.10.

Для получения доступа к данным необходимо использовать пункт меню поиска данных (Find Data) (Рис. 2.11).



Соответствующая страница содержит в своей верхней части меню, где за пять последовательных шагов можно выбрать и скачать нужные данные (Puc.2.12).



A) Пункт меню Products

Данный пункт позволяет выбрать из списка спутниковую система и сенсор для получения данных.

Например, выберем в выпадающем меню сенсор MODIS и спутниковую систему Aqua. В данном случае

данные были получены с помощью спектрорадиометра среднего разрешения MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), установленного на спутниках Aqua и Тегга. Данный прибор позволяет получать изображения в 36 дискретных полосах спектра в диапазоне от 0,4 до 14,5 мкм (Рис. 2.13).



Рисунок 2.13

После этого в списке в правой части страницы сайта следует выбрать необходимое для решения стоящей задачи пространственное разрешение спутника и уровень обработки изображения.

Для данного спутника можно выбрать разрешение 1 км, 500 м или 250 м. Под уровнем обработки понимается то, насколько исходное изображение отличается от полученного со спутника.

Выберем разрешение 1 км и первый уровень обработки (откалиброванная энергетическая яркость). После этого можно перейти к следующему пункту.

Б) Пункт меню Time

В данном пункте меню можно выбрать определенную дату или временной интервал спутниковой

съемки. Дату (даты), можно вводить вручную в указанном формате (Display as). По умолчанию задается формат YYYY-MM-DD, что соответствует формату год-месяцдень. Также их можно задать с помощью календаря.

Ниже приведен вариант выбора временного диапазона с 12.10.2020 по 27.10.2020 (Рис. 2.14).

	Date Range	Single Date	
Display as: YYYY-MM-DD ✓ ☐ 2020-10-12 - 2020-10-27 ☐ Add Date		M-DD ~ - 2020-10-27 🛗 Date	
+ Advanced			
Coverage Selection: Day			

Рисунок 2.14

В области меню Coverage Selection в нижней части окна, кликнув напротив одного из вариантов, необходимо выбрать временной интервал съемки. В приведенном примере были выбраны данные, получены только в дневное время суток (Day). После выбора даты и времени следует нажать кнопку Add Date.

После этого можно переходить к следующему пункту.

В) Пункт меню Location

Данная страница содержит инструменты для выбора

региона, съёмка которого осуществлялась. На экране представлена карта Земли в проекции Меркатора. Отдельные области можно приблизить или отдалить прокручиванием колеса мышки. Перемещать изображение можно, зажав левую кнопку мышки.

Интерфейс предоставляет несколько инструментов для выбора желаемого региона: выбор страны (Countries), выбор области по сетке широт/долгот (Tiles), ручной ввод координат (Enter Coordinates) и т.д. (Рис.2.15).



Рисунок 2.15

Для примера, рассмотрим использование инструмента Draw Custom Box (указание прямоугольной области вручную) (Рис.2.16).



Рисунок 2.16

Выбор данного инструмента отключает возможность прокручивать (двигать) изображение, так как теперь зажатие левой кнопки мыши позволяет очертить на карте прямоугольную область, соответствующую региону интереса. Фактически задаются противоположные углы прямоугольника, пара сторон которого параллельны экватору. В результате фильтрации будут отобраны все снимки, хоть одна точка которых попадает в выделенную область.

Для примера была выбрана область в акватории Мексиканского залива, соответственно в результатах запроса будут получены только снимки водной поверхности (Рис. 2.17).



Рисунок 2.17

Данный пункт меню позволяет также вводить координаты региона интереса вручную. Для этого необходимо выбрать пункт Enter Coordinates (Рис. 2.18).



Рисунок 2.18

Или выбрать географический пункт, выделив его на карте (Рис. 2.19).



Рисунок 2.19

Возможен также выбор страны, для территории которой необходимо получить спутниковые изображения (Рис. 2.20).



Рисунок 2.20.

Для выбора страны достаточно просто крикнуть на нее на карте правой клавишей мышки.

 Γ) Пункт меню Files

После выбора предыдущих параметров сайт предоставит доступ ко всем снимкам, которые удовлетворяют заданным ранее условиям. Пункт Files позволяет выполнить предварительный просмотр изображений для ряда спутников и выбрать файлы, которые будут наиболее подходящими и полезными для работы.

Если выбрана слишком большая по площади область или продолжительный временной интервал, или сайт в текущий момент перегружен, поиск может занять длительное время, что следует учитывать при планировании работы по получению и анализу данных (Рис.2.21).



Рисунок 2.21

Результаты поиска появляются в окне в виде таблицы. Столбцы содержат имя файла, информацию о сенсоре, дату и время съёмки, ссылку на скачивание файла (Рис.2.22).

Download query results 💙 as json or csv					
Search: Select All			Query Results	Selected (0)	🞦 Images
Filename	¢	Product (collection)	¢	pate / Time 👙	Download
MYD04_3K.A2019305.1910.061.2019306151121.hdf	0	MYD04_3K (61)	2019	-11-01 19:10:00	≛ 11 MB
MYD04_3K.A2019306.1950.061.2019307151251.hdf	0	MYD04_3K (61)	2019-	-11-02 19:50:00	📥 10 MB
MYD04_3K.A2019306.1815.061.2019307151813.hdf	0	MYD04_3K (61)	2019	-11-02 18:15:00	📥 16 MB
MYD04_3K.A2019306.1955.061.2019307151957.hdf	θ	MYD04_3K (61)	2019	-11-02 19:55:00	📥 11 MB
MYD04_3K.A2019307.1855.061.2019308152219.hdf	0	MYD04_3K (61)	2019	-11-03 18:55:00	📥 13 MB
MYD04_3K.A2019307.1900.061.2019308152330.hdf	0	MYD04_3K (61)	2019	-11-03 19:00:00	📥 11 MB

Рисунок 2.22.

В имени файла также содержится информация о дате съемки. Например, первый снимок с именем MYD04_3K.A2019305.1910.061.2019306151121.hdf был получен на 306-й день 2019 года, что соответствует дате 01.11.2019. Данная информация может оказаться полезной, если анализируется информация, полученная в течение интервала времени.

Нажатие левой кнопкой мыши на строки таблицы позволяет выбрать интересующие файлы. Двойной щелчок на пиктограмме скачивания ÷ позволяет начать скачивание файла. Система позволяет скачивать файлов. В несколько одновременно зависимости OT количества и размера файлов процесс скачивания может занять продолжительное время.

Д) Пункт меню Images

Предварительный просмотр спутниковых снимков

сформированного Если результате в запроса система большое поисковая выдает количество предварительным результатов, можно воспользоваться файл. просмотром не скачивая Для снимка, этого применяется вкладка Images (Рис. 2.23). Следует иметь в виду, что предварительный просмотр доступен не для всех спутниковых систем.

58



Рисунок 2.23

В правой нижней части страницы также выводится карта, на которой отображается сцена снимка. Это область на поверхности земли, покрываемая снимком.

На приведенном примере (Рис.2.24) видно, что выбранный снимок частично попадает на акваторию Мексиканского залива.

В нижней части страницы имеется набор элементов управления, которые позволяют последовательно выбирать изображения (previous, next), сохранить файл со снимком в формате hdf (get data) или сохранить визуализированное изображение только в видимом канале, которое выводится при предпросмотре (save image. Данная опция может оказаться полезной для быстрого, визуального анализа скаченного снимка (Puc.2.25).





Рисунок 2.25

E) Пункт меню Review and Order

Данный пункт меню позволяет заказать выделенные ранее файлы в случае слишком большого для оперативного получения снимков объема информации. В данном случае будут подготовлены ссылки на скачивание, о чём придёт уведомление на указанный при регистрации адрес электронной почты. Срок подготовки — от 5 минут до 10 дней в зависимости от количества выбранных файлов.

3. Получение из архива данных аэрологического зондирования

Архив данных аэрологического зондирования атмосферы доступен для скачивания с погодного сайта University of Wyoming: http://weather.uwyo.edu/

Опишем последовательность действий, необходимых для получения аэрологической информации в цифровой форме.

1. Зайти на сайт: http://weather.uwyo.edu/ (см. рис. 3.1).

←word 別 C 🔺	weather.uwyo.edu	Wyoming Weather Web
WNIVER	SITY OF WYOMING	
Wyoming US Citias Surface Upper Air Models	Weather Information for Wyoming Weather Information for US Cities Surface Observations Upper Air: Observations Forecasts from Numerical Models	
Interested in graduate studies	in atmospheric science? Check out our program at the	University of Wyoming
Questions about the weather data pro	vided by this site can be addressed to Larry Oolman (Idoolman@uvy	ro.edu)

Рис 3.1 Титульная страница сайта: http://weather.uwyo.edu/

2. Кликнуть на титульной странице: «Upper Air Observations» (см. рис. 3.1). Появится страница сайта, представленная на рис. 3.2. На этой странице кликнуть «Sounding» (находится ниже надписи «Upperair Air Data») – появится карта Северной Америки с расположенными на ней пунктами аэрологического зондирования (см. рис 3.3).

W INI	VER	SITY OF W	YOMIN	G
<u>Wyoming</u> <u>US Cities</u> <u>Surface</u> <u>Upper Air</u> <u>Models</u>		Upperair Air Data <u>Soundings</u> Upper Air Maps	51	
		Balloon Trajectory	Forecasts	
Рис http://weather University	3.2 uwyo.ec	Вторая lu/ yoming	страница	сайта:
Coll ege t Department of Atmosph	of Engineeri Meric Science	ny		

Region	Region Type of plot		Year	Month	From	To	Station Number	
North America 🗸	Text: List	~	2021 ~	Feb 🗸	05/00Z 🗸	05/00Z 🗸	72672	

Click on the image to request a sounding at that location or enter the station number above.



Рис 3.3 Карта Северной Америки с пунктами аэрологического зондирования атмосферы сайта:

http://weather.uwyo.edu/

3. Следующим этапом является выбор:

- региона,
- даты и времени зондирования,
- временного интервала для получения за этот интервал всех данных зондирования,
- номер станции аэрологического зондирования атмосферы.

Для этого необходимо воспользоваться «шапкой» карты (см. рис. 3.4).

Region	Type of plot	Year	Month	From	То	Station Number	
North America 🗸	Text: List	∕ 2021 ∨	Feb 🗸	05/00Z 🗸	05/00Z 🗸	72672	

Рис 3.4 Таблица выбора данных зондирования

В качестве примера выполнения этого этапа рассмотрим получения данных со станции Санкт-Петербург (регион – Европа, индекс станции 26075) за период с 01 января 2021 года (время зондирования 00 часов) по 03 января 2021 года (время зондирования 12 часов).

Под надписью «Region» развернуть окошко и кликнуть «Europe»; под надписью «Year» развернуть окошко и выбрать нужный год; под надписью «Month» выбрать нужный месяц; под надписью «From» выбрать дату начального зондирования (с учетом времени зондирования); под надписью «To» выбрать дату конечного зондирования (с учетом времени зондирования); под надписью «Station Number» ввести индекс станции (вместо ввода индекса можно на карте «кликнуть» по месту расположения нужной станции: пункт «ULLI» - см. рис. 3.5). На рис. 3.5 представлена «шапка» карты Европы, подготовленная к скачиванию заданных в нашем примере данных.

После запуска процесса скачивания данных (для этого на карте необходимо «кликнуть» по месту расположения нужной станции: пункт «ULLI») на экран будут выведены данные зондирования: от начального до конечного (см. рис. 3.6).

Region		Type of plot		Year	Month	From	То	Station Number
Europe	~	Text: List	~	2021 ~	Jan 🗸	01/00Z 🗸	05/00Z 🗸	26075



Click on the image to request a sounding at that location or enter the station number above.

Рис 3.5 Карта Европы с пунктами аэрологического зондирования атмосферы

26075 ULLI St.Petersburg(Voejkovo) Observations at 00Z 01 Jan 2021

PRES hPa	HGHT m	TEMP C	DWPT C	RELH %	MIXR g/kg	DRCT deg	SKNT knot	THTA K	ТНТЕ К	THTV K
1002.0	72	0.0	-0.5	96	3.70	150	4	273.0	283.1	273.6
1000.0	96	-0.1	-0.3	99	3.76	155	6	273.1	283.4	273.7
933.0	648	-1.5	-1.7	99	3.63	225	14	277.1	287.2	277.7
925.0	717	-1.7	-1.9	99	3.61	230	16	277.6	287.7	278.2
859.0	1301	-5.7	-6.0	98	2.86	226	17	279.3	287.5	279.8
850.0	1384	-4.5	-4.6	99	3.21	225	17	281.4	290.6	282.0

Рис 3.6 Начальный фрагмент полученных данных

26075 ULLI St.Petersburg(Voejkovo) Observations at 12Z 03 Jan 2021

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1012.0	72	-0.7	-2.3	89	3.20	220	10	271.5	280.3	272.1
1000.0	168	-1.3	-2.3	93	3.24	210	12	271.9	280.8	272.4
998.0	184	-1.5	-2.5	93	3.21	210	12	271.8	280.7	272.4
991.0	240	-2.1	-3.1	93	3.08	220	13	271.8	280.3	272.3
986.0	280	-3.9	-4.8	93	2.73	227	13	270.3	277.9	270.8
970.0	409	-4.5	-5.4	93	2.64	250	16	271.0	278.3	271.4
946.0	606	-5.5	-6.4	93	2.52	220	14	272.0	279.0	272.4
925.0	782	-6.3	-7.2	93	2.42	215	14	272.9	279.7	273.3
922.0	807	-6.5	-7.4	93	2.39	215	14	272.9	279.6	273.3
896.0	1031	-8.2	-9.0	94	2.17	270	19	273.4	279.6	273.8
879.0	1181	-9.3	-10.1	94	2.03	246	15	273.8	279.5	274.1
871.0	1252	-9.5	-10.3	93	2.01	235	14	274.3	280.1	274.6
850.0	1441	-9.9	-10.9	92	1.97	240	17	275.8	281.4	276.1

Рис 3.7 Конечный фрагмент полученных данных

Кроме самих данных зондирования, с сайта будет передана и дополнительная информация для каждого зондирования – см. рис. 3.8. Если не планируется ее использование, то эту информация следует удалить.

Station information and sounding indices

Station identifier: ULLI Station number: 26075 Observation time: 210101/0000 Station latitude: 59.95 Station longitude: 30.70 Station elevation: 72.0 Showalter index: 17.03 Lifted index: 21.37 LIFT computed using virtual temperature: 21.38 SWEAT index: 69.93 K index: -2.40 Cross totals index: 14.10 Vertical totals index: 14.20 Totals totals index: 28.30 Convective Available Potential Energy: 0.00 CAPE using virtual temperature: 0.00 Convective Inhibition: 0.00 CINS using virtual temperature: 0.00 Bulk Richardson Number: 0.00 Bulk Richardson Number using CAPV: 0.00 Temp [K] of the Lifted Condensation Level: 272.21 Pres [hPa] of the Lifted Condensation Level: 968.89 Equivalent potential temp [K] of the LCL: 284.92 Mean mixed layer potential temperature: 274.72 Mean mixed layer mixing ratio: 3.70 1000 hPa to 500 hPa thickness: 5364.00 Precipitable water [mm] for entire sounding: 10.03

Рис. 3.8 Дополнительная информация

4. Полученная с сайта информация передается в текстовом формате. Для ее перевода в цифровой формат можно воспользоваться средствами текстового процессора Excel. Рассмотрим последовательность необходимых для этого действий.

Теперь необходимо импортировать текстовый файл с данными аэрологического зондирования в Книгу «Excel» на Лист 1. Этот процесс для каждого зондирования необходимо проводить отдельно. Для этого:

1. Кликнуть (для Microsoft Excel 2003): «Данные», «Импортировать внешние данные», «Импортировать данные ...».

2. Затем найти место расположения текстового файла, выделить его и нажать «Открыть». В появившемся диалоговом окне в окошке «Начать импорт со строки» записать номер строки, с которого начинаются данные для температуры (в нашем примере – это 6), нажать «Далее», убедиться, что все столбцы правильно выделены вертикальными линиями и нажать «Готово».

3. Сохранить данные для дальнейшего использования в заданной папке с нужным именем как файл «Excel» (расширение .xls).

Выполнение этих этапов иллюстрирует рис. 3.9.

Теперь данные аэрологического зондирования, переведенные в цифровой формат, могут использоваться для самых различных целей. Например, представить их в графической форме – см. рис. 3.10.



Рис. 3.9 Этапы импортирования данных аэрологического зондирования



Рис. 3.10 Графическое представление данных аэрологического зондирования