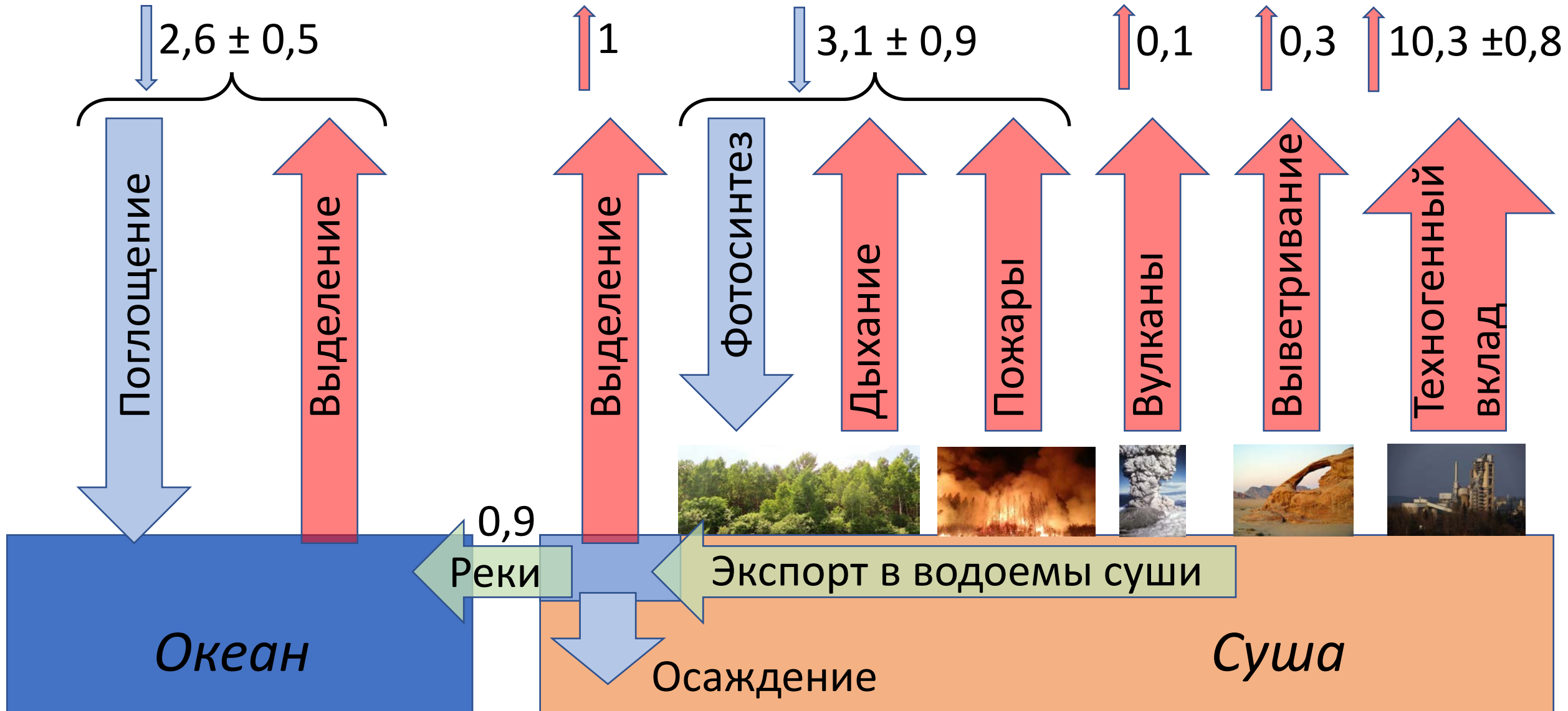


Возможности технологий спутникового мониторинга
характеристик природных и техногенных сред и объектов для
оценки параметров углеродного цикла и потоков парниковых
газов

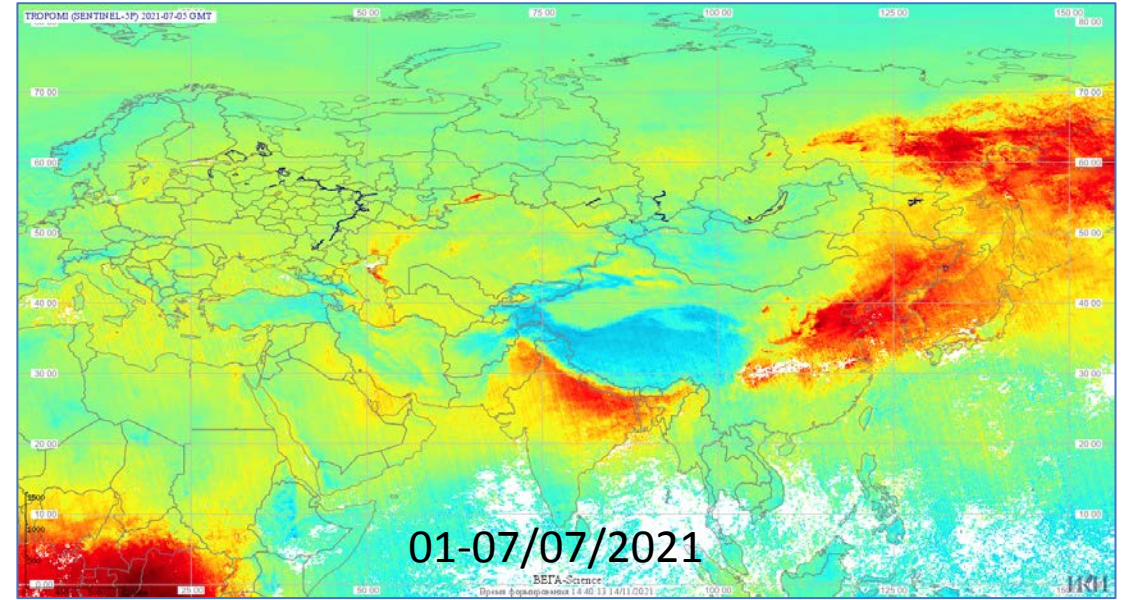
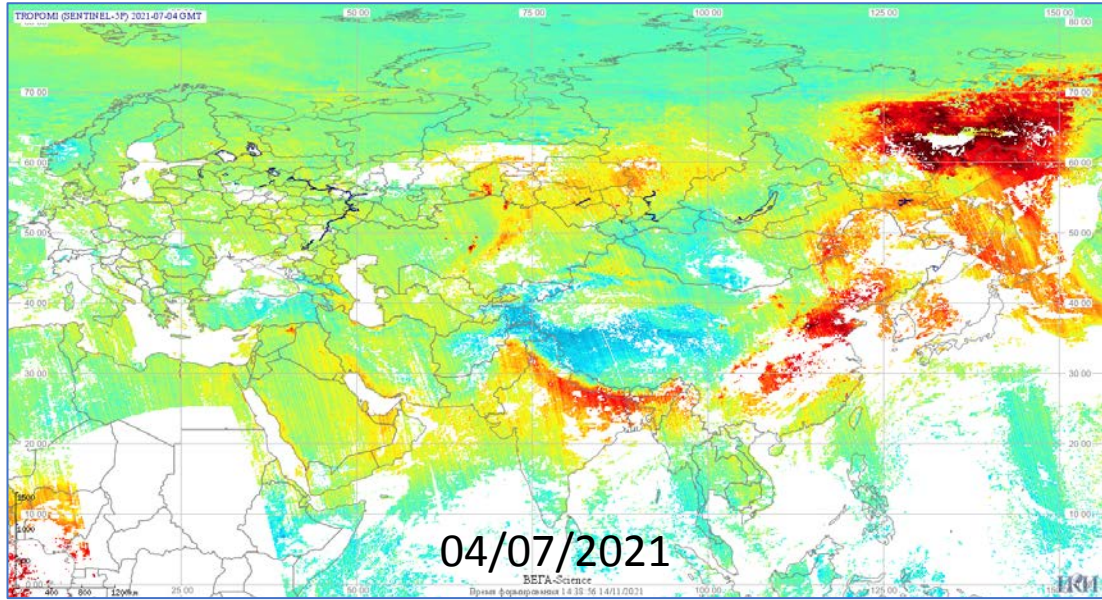
Е.А. Лупян, Д.М. Ермаков

Составляющие планетарного углеродного цикла (ПгС/год)

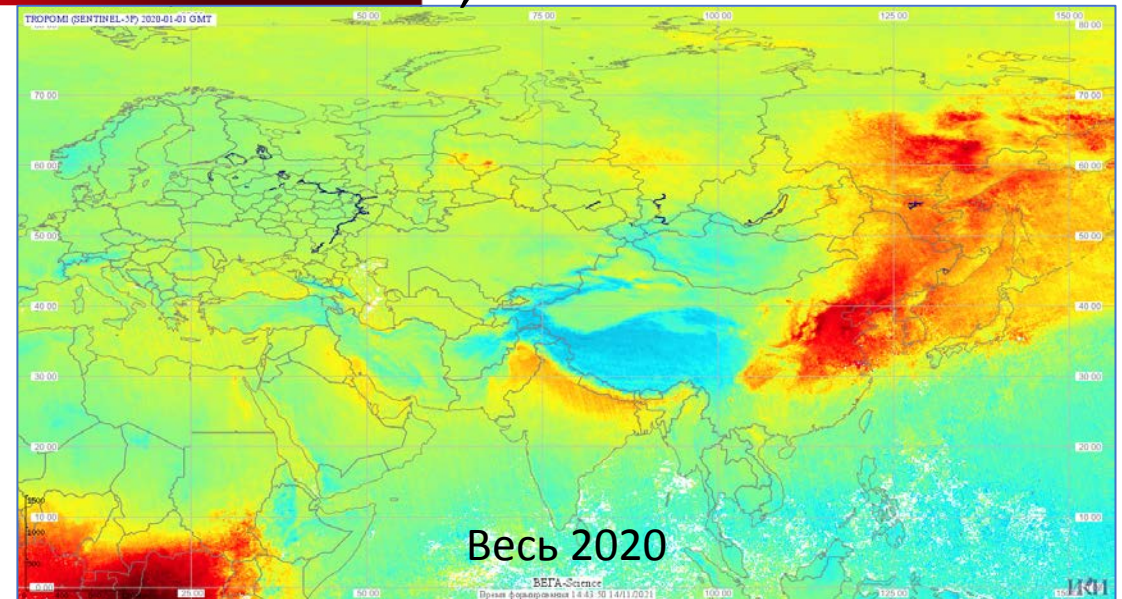
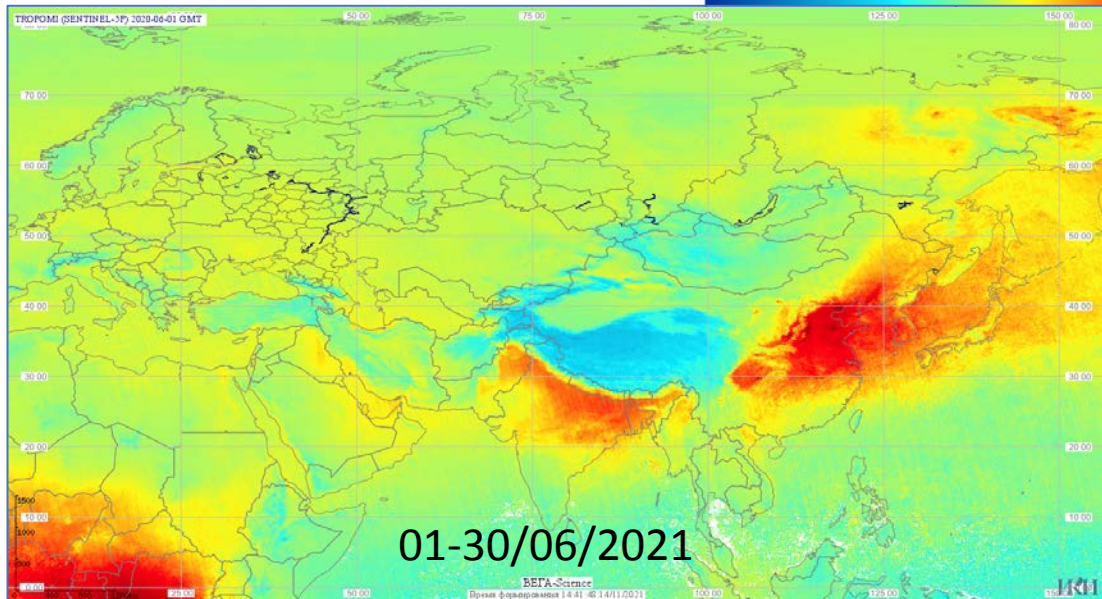


Адаптированная, упрощенная схема по данным (Елисеев, 2017)

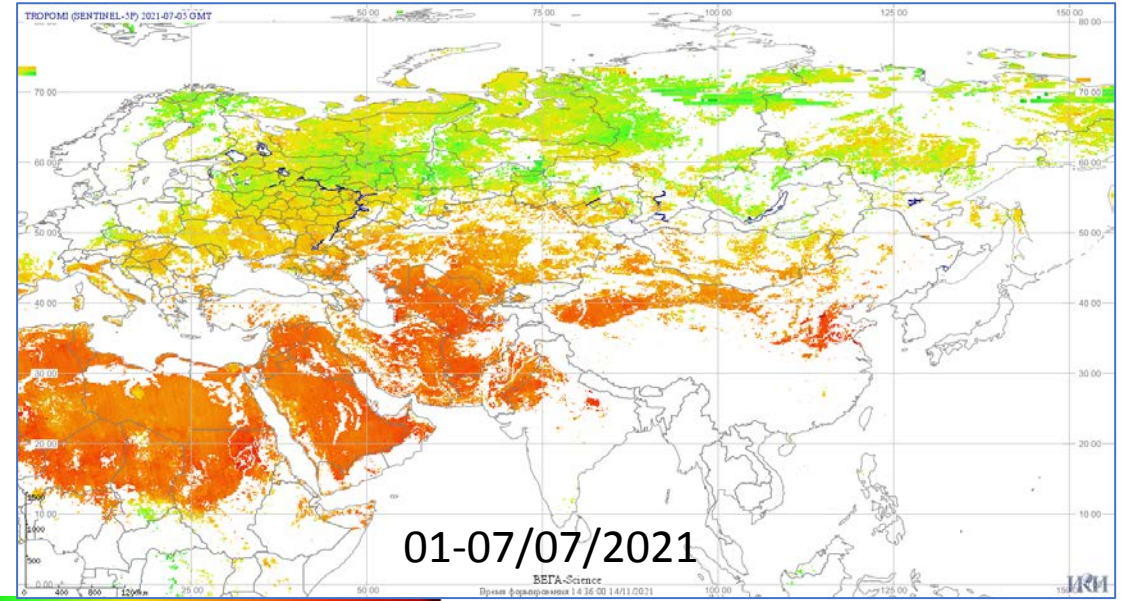
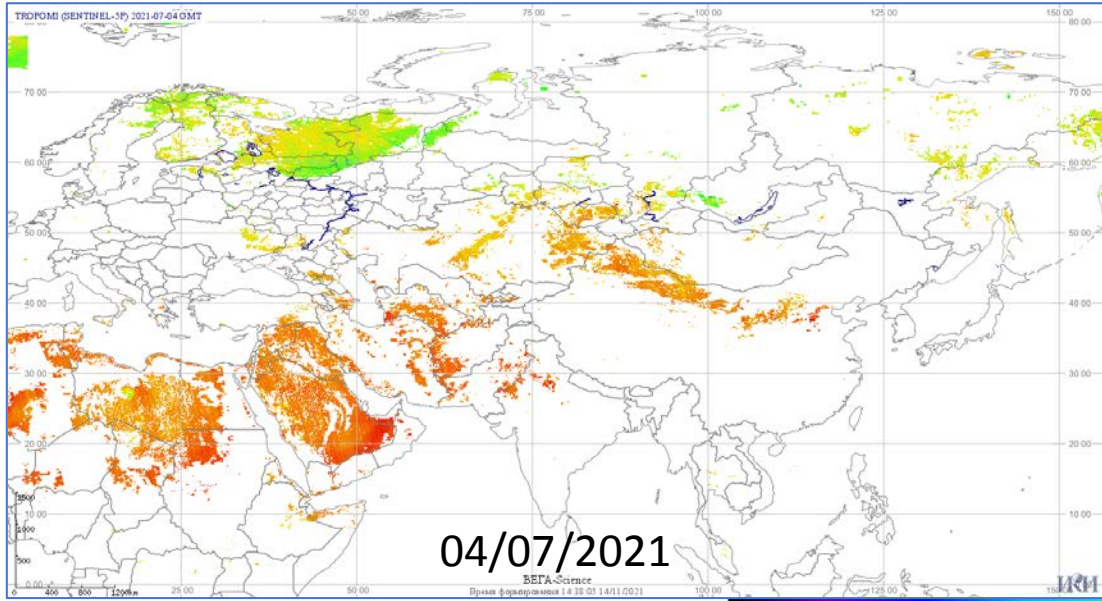
Содержание парниковых газов в атмосфере: CO₂, моль / м²



0 0,05 0,1



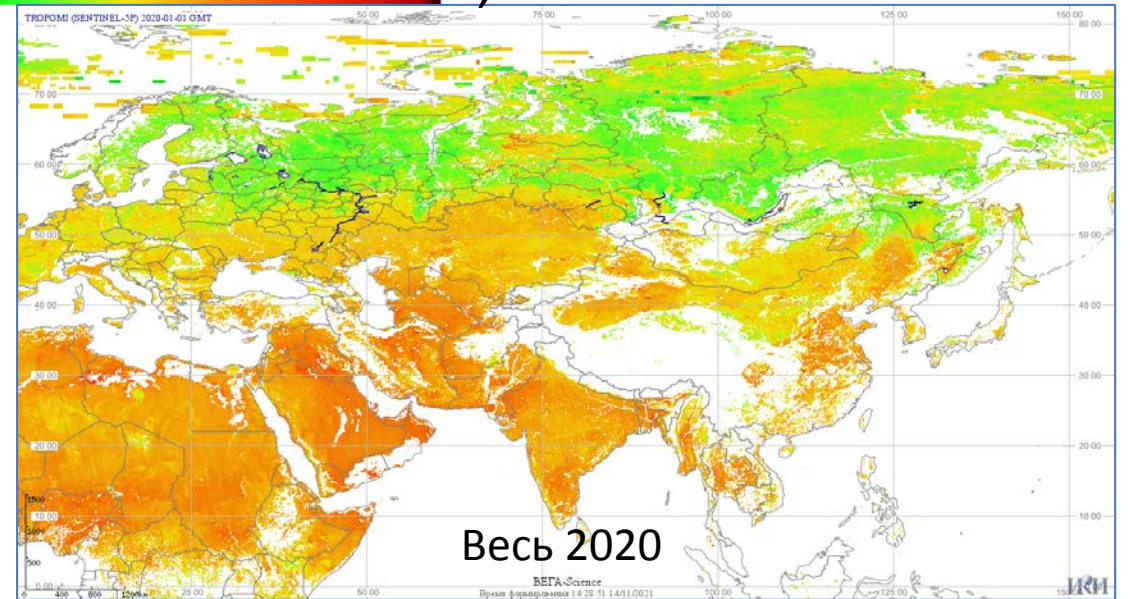
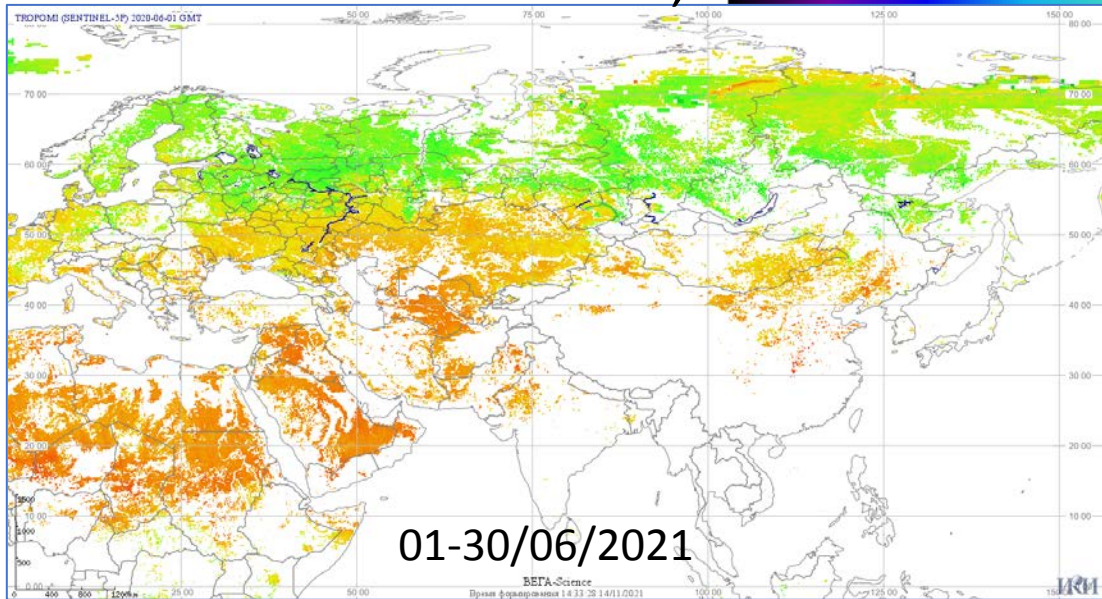
Содержание парниковых газов в атмосфере: CH₄, ppт



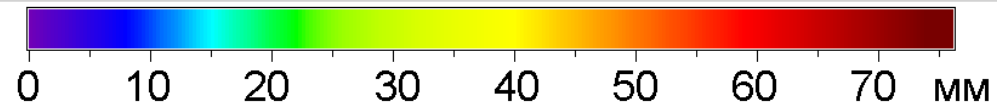
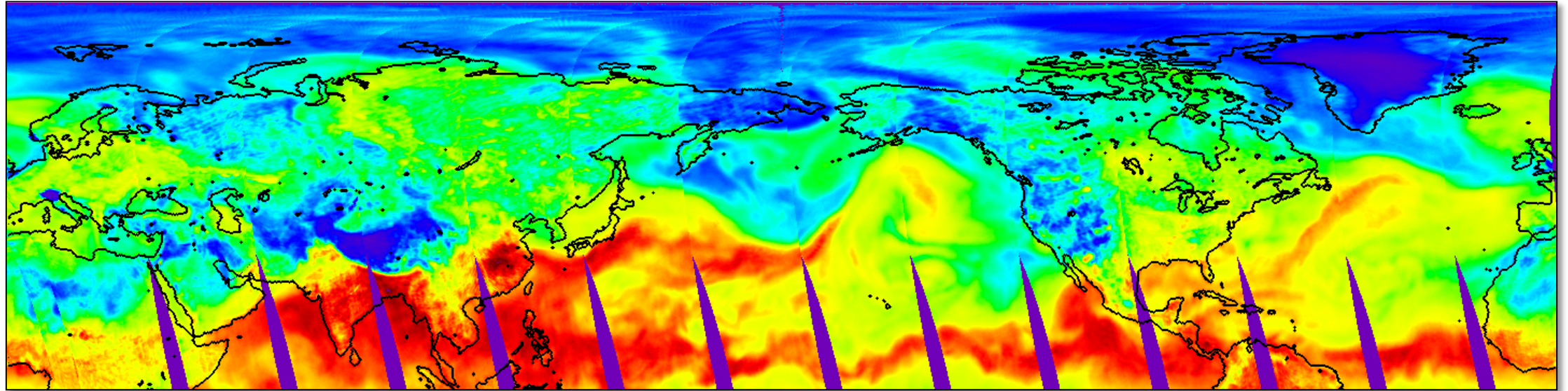
1,5

2,0

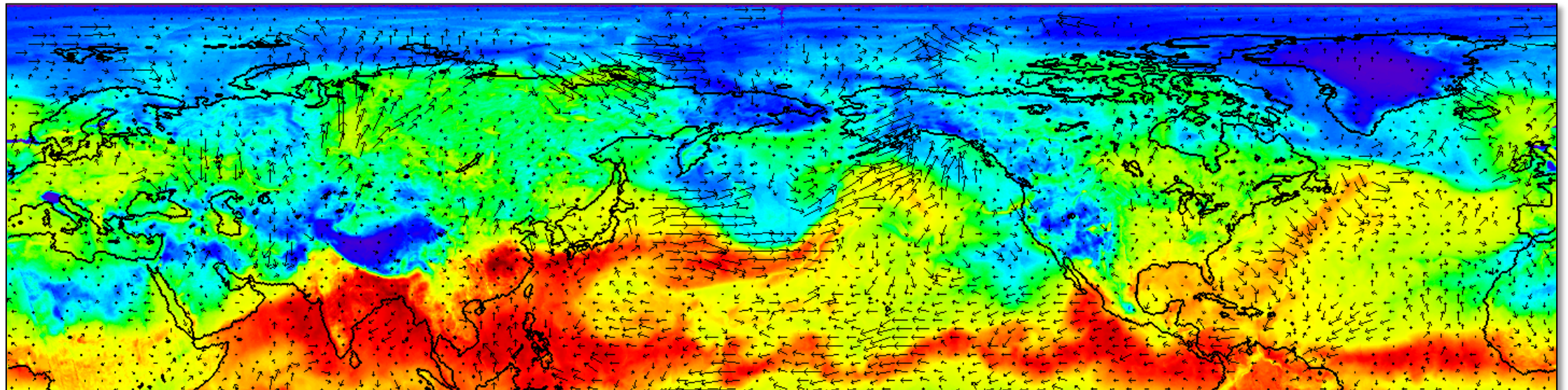
1.75



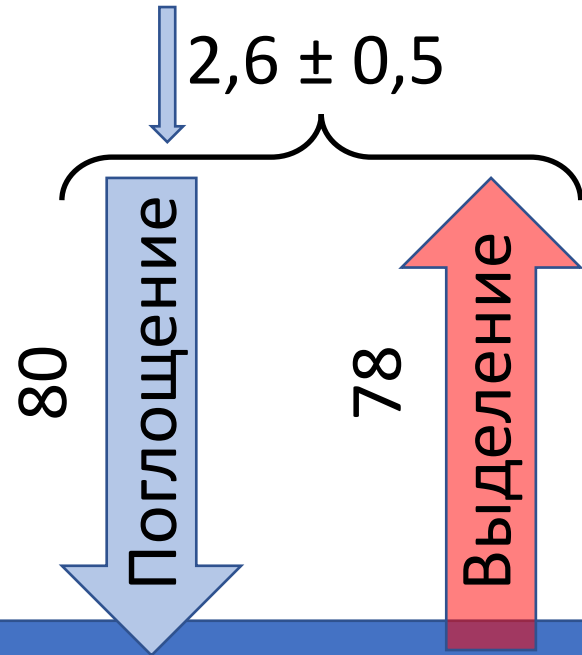
Восстановление атмосферной динамики по водяному пару



Интегральное влагосодержание атмосферы за 28 июня 2020 года (МТВЗА-ГЯ)



Ветвь «океан – атмосфера», потоки в ПгС/год



$$p_{CO_2} = K(T, S) \cdot p_{CO_2}$$

K – растворимость

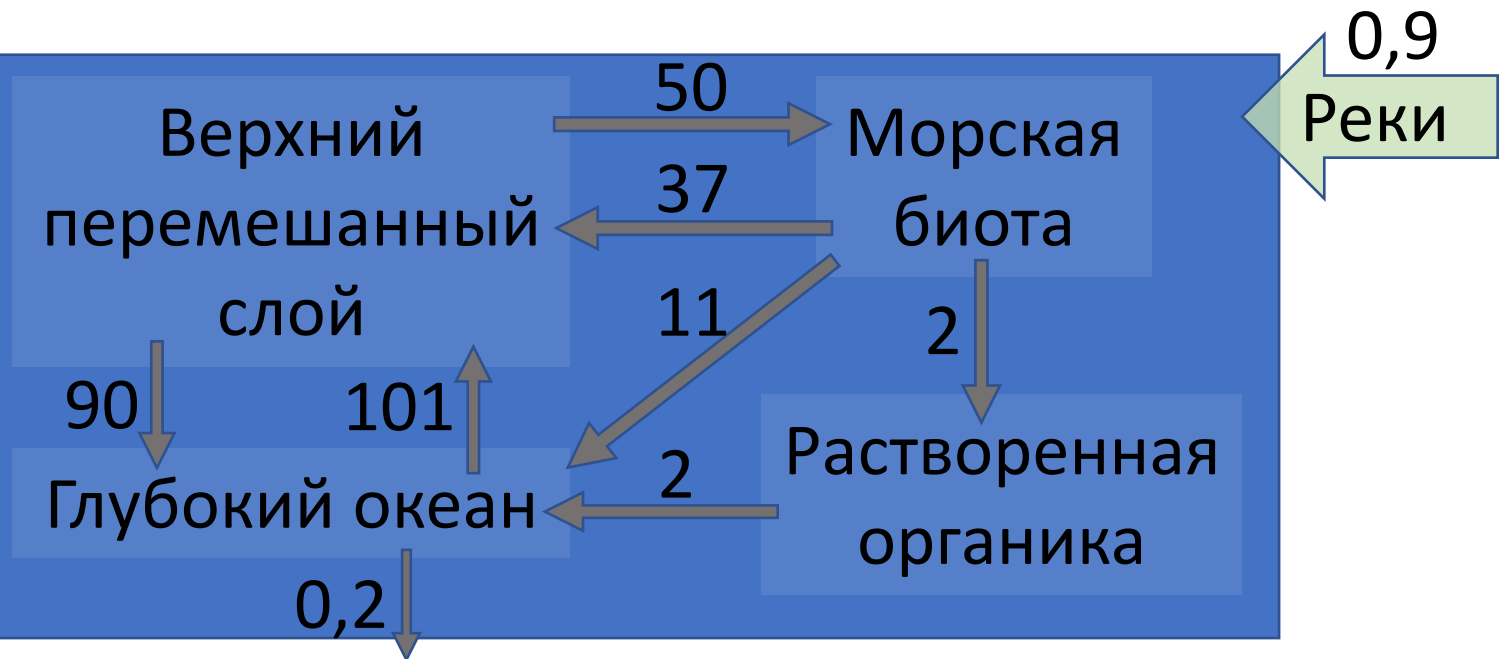
T – температура верхнего слоя

S – соленость верхнего слоя

Регуляторы обмена:

- Растворимость
- Биопродуктивность

Океан



Адаптированная, упрощенная схема по данным (Елисеев, 2017)

Океан – атмосфера. Поля солёности

Instrument: CIMR

Instrument	NRT?	Relevance	Satellite	Orbit	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
SMAP	No	1 - primary	SMAP	06:00 desc									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aquarius		2 - very high	SAC-D	06:00 desc					X	X	X	X	X											
MIRAS		3 - high	SMOS	06:00 asc			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					

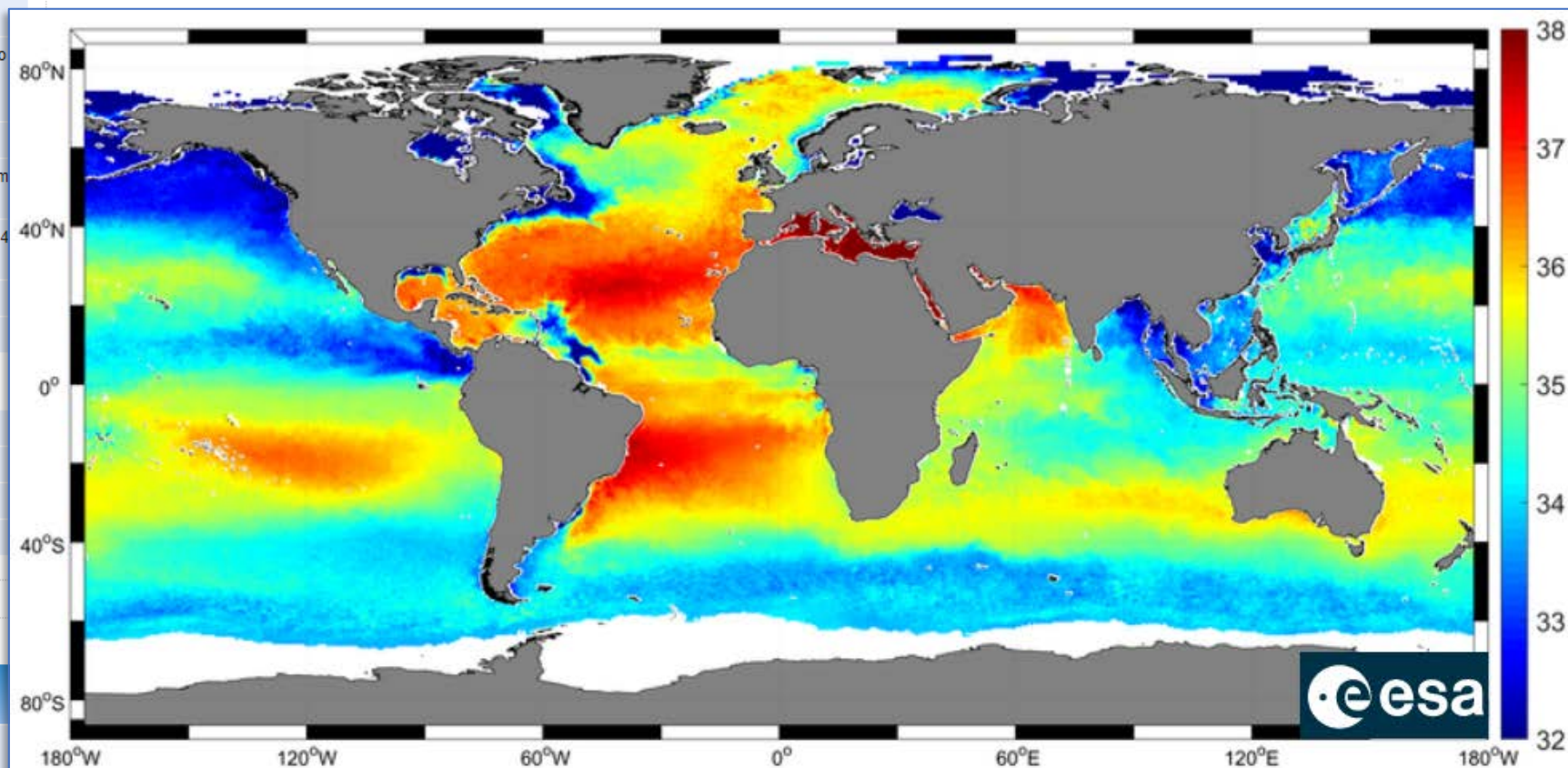
Instrument details

Acronym	CIMR
Full name	Copernicus Imaging Microwave Radiometer
Purpose	All-weather high-resolution MW imagery of sea-ice and surface temperature and salinity covering polar regions
Short description	MW radiometer with full polarisation at each of 5 frequencies (equivalent to 30 channels), the lowest in L-band, the highest in Ka-band. High spatial resolution consistent to 7-m antenna [see detailed characteristics below]
Background	New development
Scanning Technique	Conical scanning, constant observation zenith angle of 55°, swath 1900 km covering the polar zones with no gap
Resolution	Changing with frequency (see table). About 4 km at 36.5 GHz, 50 km at 1.4 GHz
Coverage / Cycle	Global coverage in 1.5 days
Mass	Power Data Rate

Providing Agency	ESA
Instrument Maturity	Backed by strong heritage
Utilization Period:	TBD
Last update:	2021-09-27

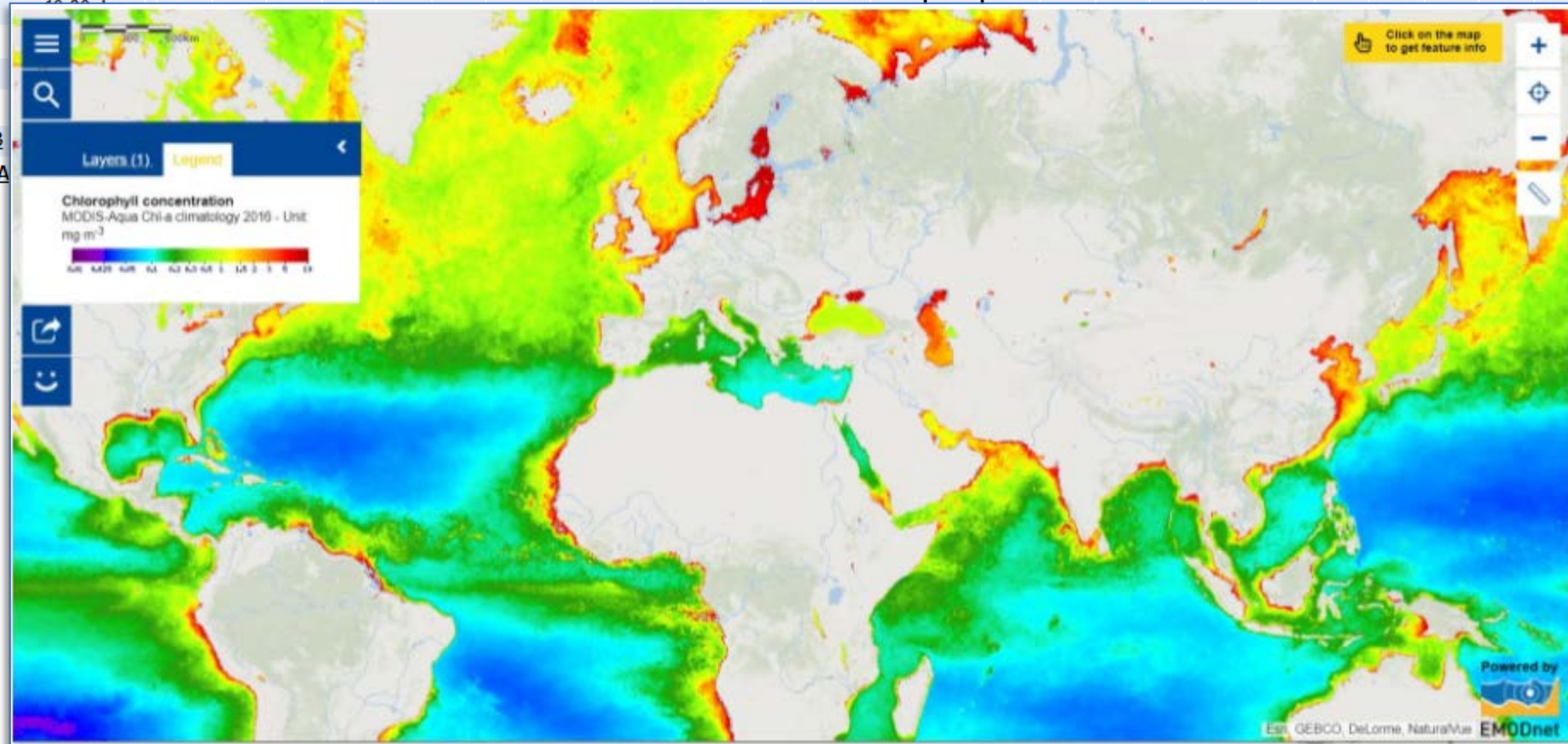
Detailed characteristics

Central frequency	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV	Pixel
1.413 GHz	27 MHz	V, H, P, M, L, R	0.3 K	36x64 km	30x30 km
6.925 GHz	650 MHz	V, H, P, M, L, R	0.2 K	11x19 km	7.5x7.5 km
10.65 GHz	100 MHz	V, H, P, M, L, R	0.3 K	7x13 km	7.5x7.5 km
18.7 GHz	200 MHz	V, H, P, M, L, R	0.4 K	4x6 km	2.5x2.5 km

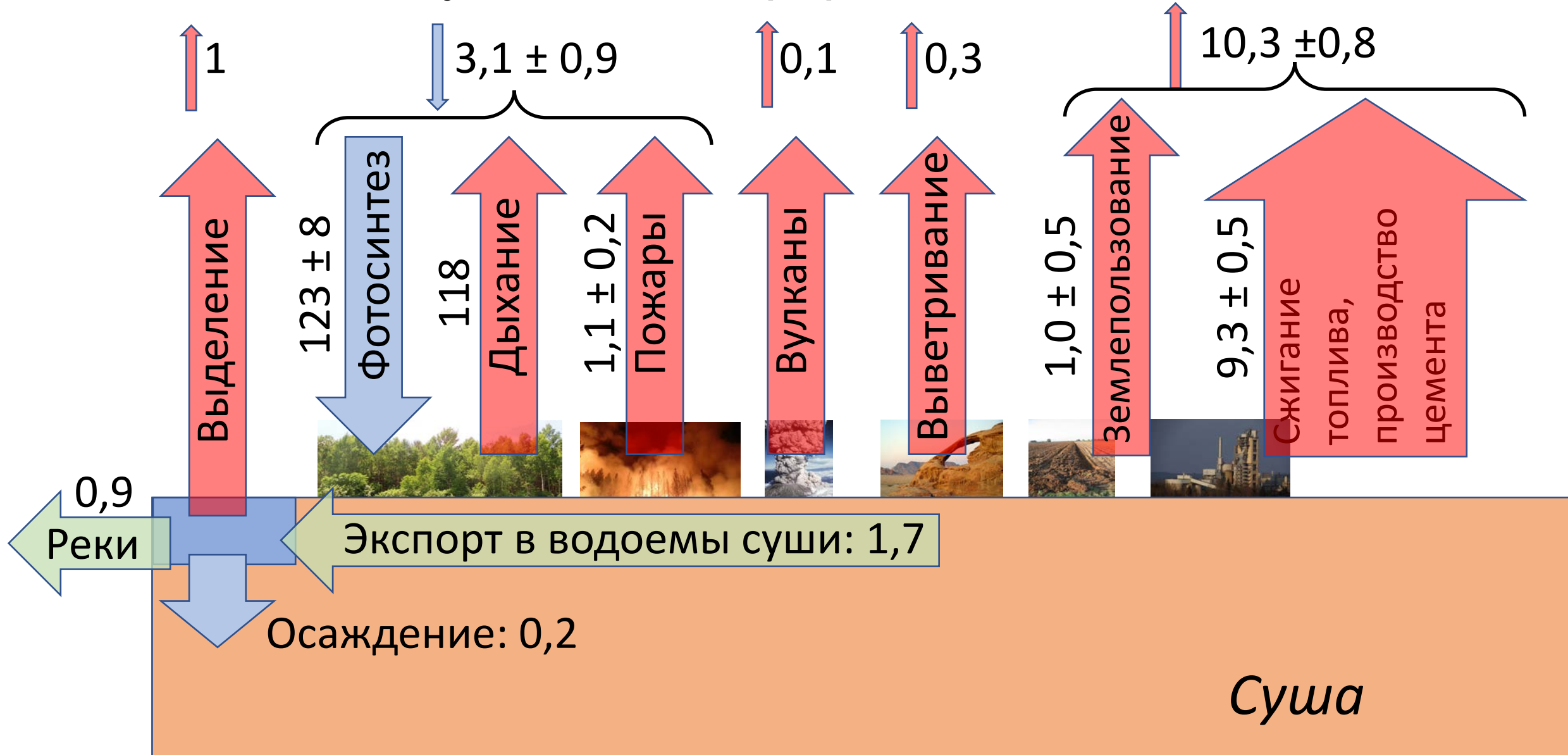


Океан – атмосфера. Биопродуктивность

Instrument	NRT?	Relevance	Satellite	Orbit	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Trasser		1 - primary	Okean-O-1	82.5 °																										
Trasser		1 - primary	Okean-O1-3	82.5 °																										
MODIS	Yes	1 - primary	Aqua	13:30 asc	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
FLORIS		1 - primary	FLEX	10:00 desc																		X	X	X	X					
MERIS		1 - primary	Envisat	10:00 desc	X	X	X	X	X	X																				
OLCI	Yes	1 - primary	Sentinel-3A	10:00 desc										X	X	X	X	X	X	X	X									
OLCI	Yes	1 - primary	Sentinel-3B	10:00 desc												X	X	X	X	X	X									
OLCI		1 - primary	Sentinel-3C	10:00 desc																	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
OLCI		1 - primary	Sentinel-3D	10:00 desc																		X	X	X	X	X	X	X	X	X
GLI		1 - primary	ADEOS-2	10:00 asc																										
MODIS	Yes	1 - primary	Terra	10:30 asc																										
MOS		1 - primary	IRS-P3	10:30 asc																										
OCI		1 - primary	PACE	10:00 asc																										
OCM (OceanSat-3)		1 - primary	OceanSat-3	10:00 asc																										
OCM (OceanSat-3)		1 - primary	OceanSat-3A	10:00 asc																										

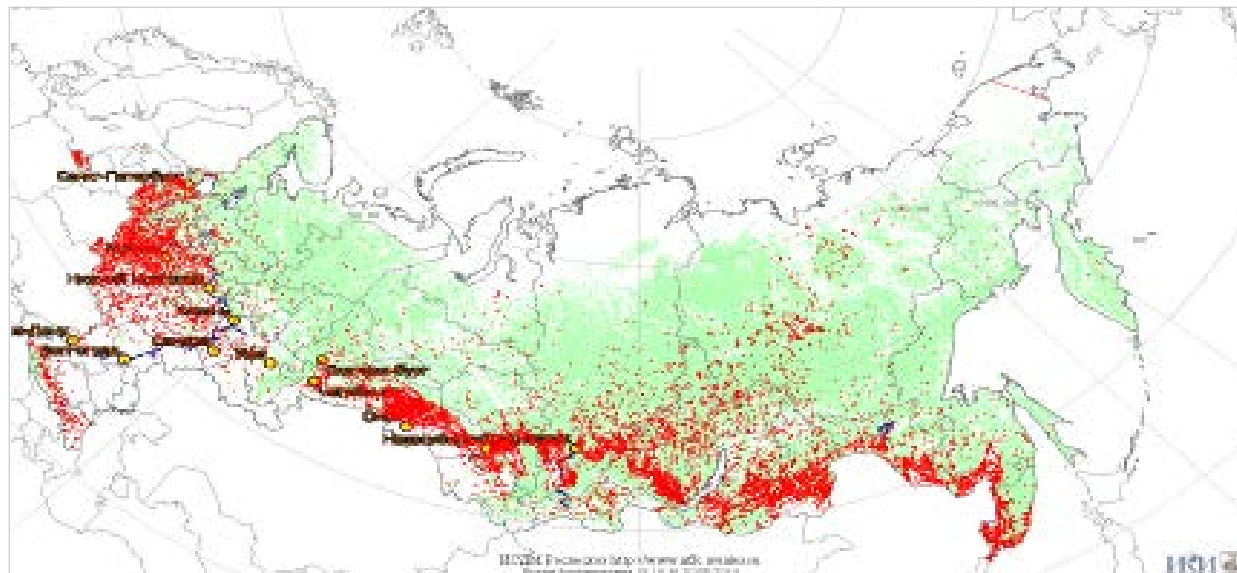


Ветвь «суша – атмосфера», потоки в ПгС/год



Адаптированная, упрощенная схема по данным (Елисеев, 2017)

Суша – атмосфера



Основные технические характеристики ЦКП «ИКИ-МОНИТОРИНГ»

Более **5,2 ПБАЙТ** общий объем архивов данных в онлайн-доступе

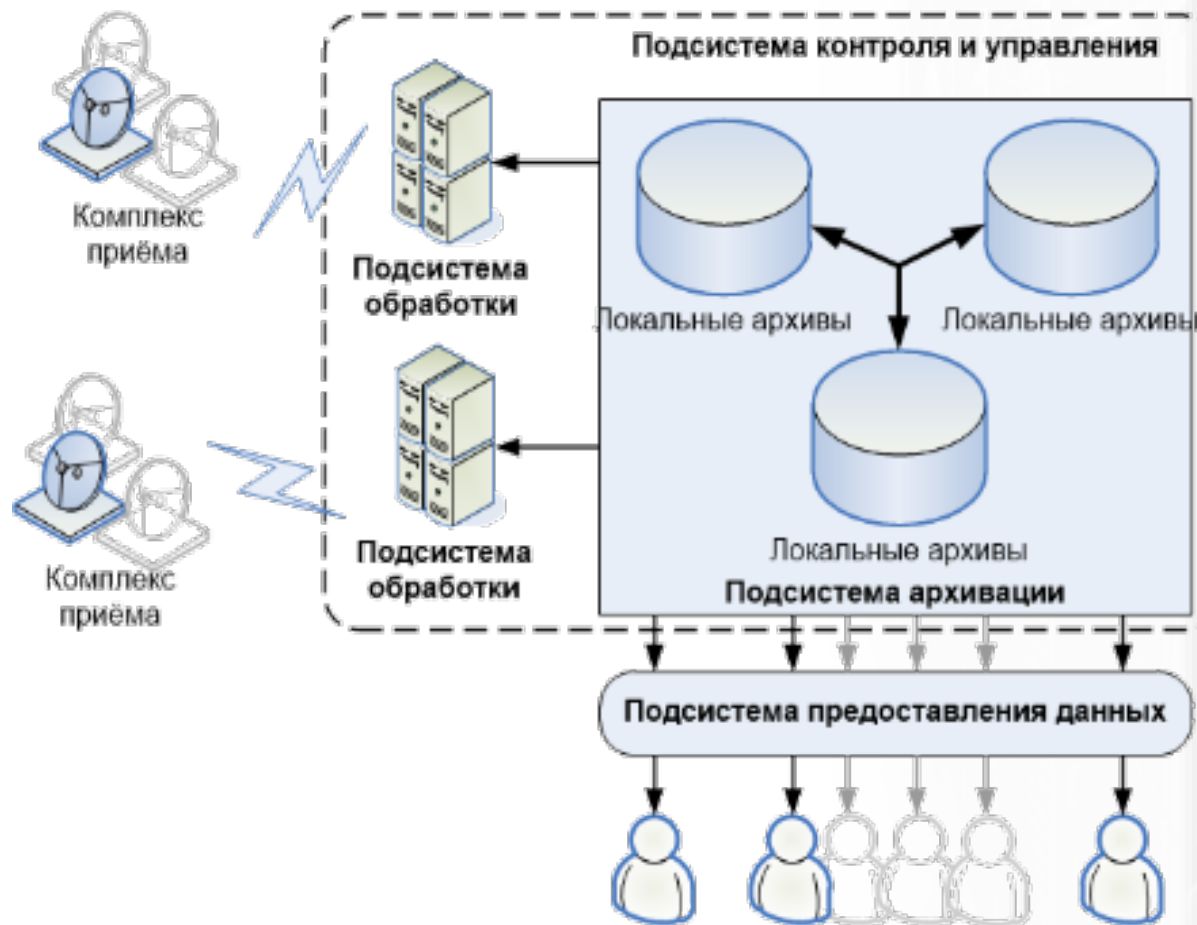
Около **4 ТБАЙТ/СУТКИ** скорость обработки и усвоения данных в архивах

Более **7 ПБАЙТ** общая доступная емкость хранения данных в онлайн

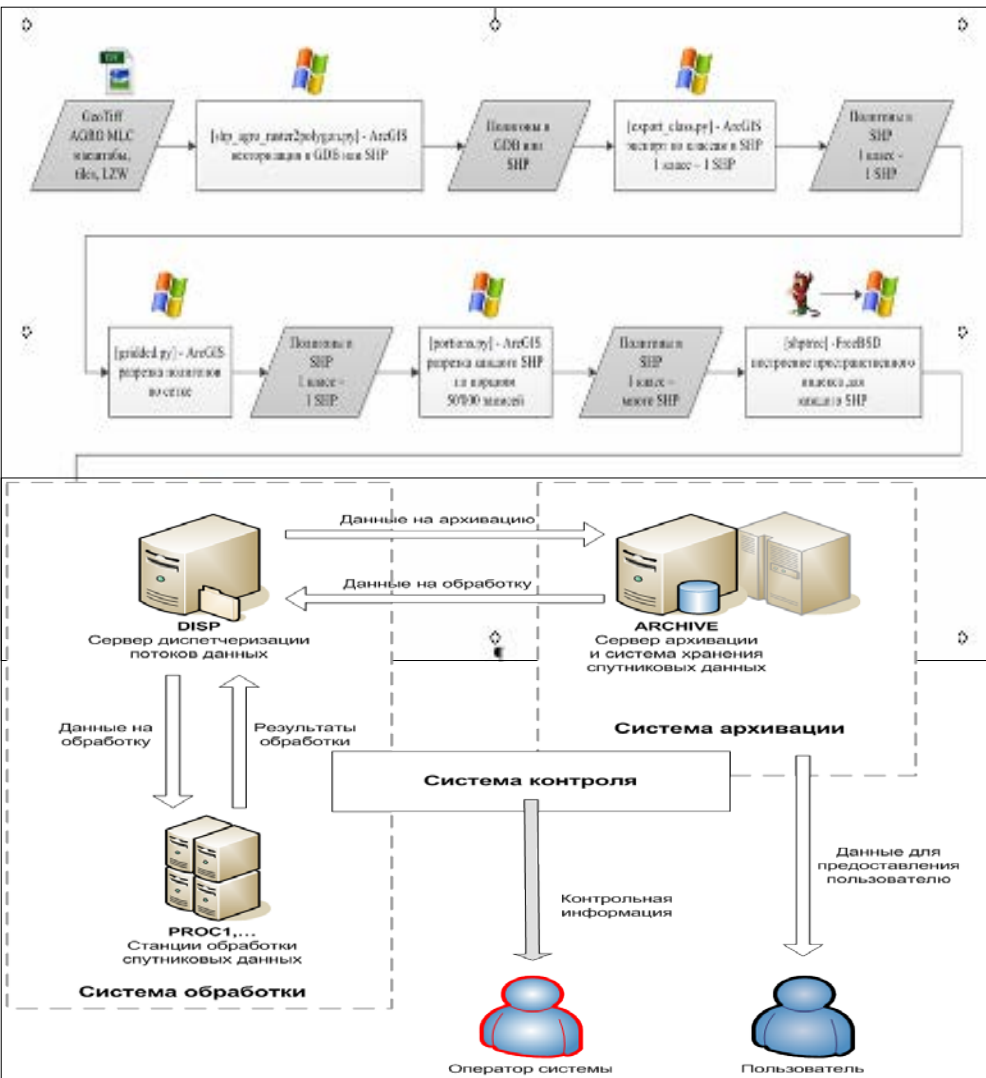
Около **30 СЕРВЕРОВ** обеспечивают доступ к данным около

Более **100 СЕРВЕРОВ** для обработки данных используются около

информация приведена по состоянию на конец октября 2021 года



Инфраструктура сбора и обработки данных мониторинга ЦКП «ИКИ-Мониторинг»



Максимальная автоматизация процессов обработки данных и построение цепочек обработки информации

Возможность построения различных оперативных информационных продуктов

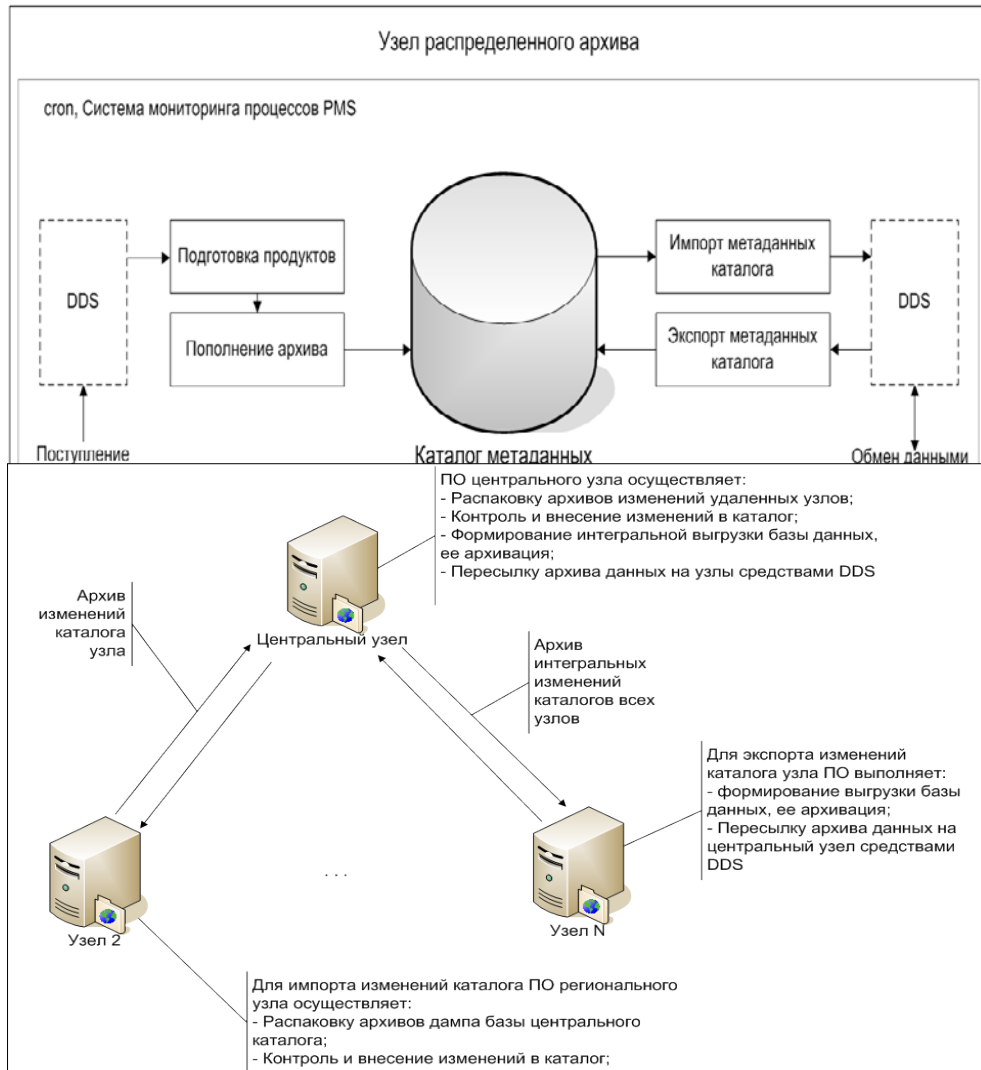
Возможность построения продуктов на основе разновременных наблюдений

Возможность распределенной обработки данных

Возможность удаленного управления и автоматизированного контроля

работоспособности блоков обработки данных

Инфраструктура сбора и обработки данных мониторинга ЦКП «ИКИ-Мониторинг»



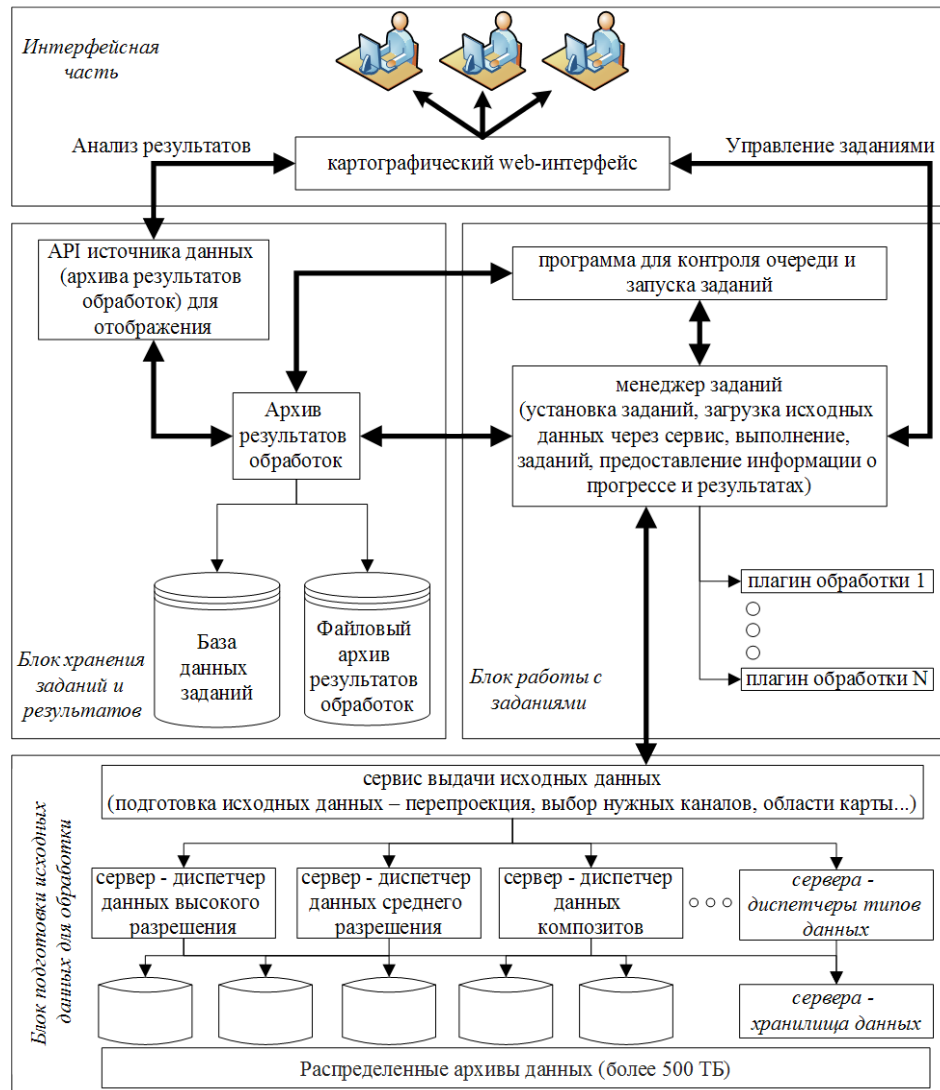
Ведение архивов исходных и первично обработанных данных (строятся, исходя из требований блоков обработки)

Ведение архивов результатов тематической обработки спутниковых данных (строятся, исходя из требований блоков представления данных)

Возможность поддержки сверхбольших распределенных архивов данных

Возможность динамического формирования продуктов в момент запроса (технология поддержки виртуальных продуктов)






Инфраструктура сбора и обработки данных мониторинга



Позволяет однотипно:

- Создавать блоки управления подбором данных для обработки
- Реализовывать блоки управления различными типами обработки данных (ведение очереди заданий, запуск и контроль исполнения заданий)
- Организовывать хранение заданий и результатов обработки данных (ведение специализированных БД)
- Создавать блоки контроля управления заданиями
- Создавать блоки представления и анализа результатов обработки

Приоритетные задачи

1. Развитие методов получения объективной информации о параметрах среды, регулирующих поглощение/выделение CO₂;

2. Совершенствование моделей ветвей углеродного цикла, использующих данные регулярного спутникового мониторинга;

3. Объединение и замыкание моделей ветвей углеродного цикла;

4. Создание технологий распределенного расчета углеродного цикла;

5. Создание инфраструктуры, реализующей модельные расчеты;

6. Создание национальной системы мониторинга параметров/регуляторов углеродного цикла на региональном и глобальном масштабах.

Первоочередные шаги развития

1. Разработка комплексного плана работ по развитию методов, технологий и систем работы с данными ДЗЗ в интересах создания национальной системы мониторинга бюджетов парниковых газов (2021/2022 г.)
2. Организация постоянно действующей научной площадки для обсуждения развития подходов, методов, технологий и систем дистанционного мониторинга в интересах создания национальной системы мониторинга бюджетов парниковых газов (всероссийский распределенный семинар) (2021/2022 г.)
3. Организация скоординированных исследований организаций Минобрнауки России по развитию методов, технологий и систем работы с данными ДЗЗ в интересах создания национальной системы мониторинга бюджетов парниковых газов (2022 г.)

Первоочередные шаги развития

4. Разработка в первой половине 2022 года облика подсистемы комплексного дистанционного мониторинга в интересах национальной системы мониторинга бюджетов парниковых газов (2022 г.)
5. Создание на основе имеющейся инфраструктуры прототипа системы дистанционного мониторинга бюджета парниковых газов на примере наиболее проработанных направлений и заинтересованных регионов

Первоочередные шаги развития

6. Стимулирование публикационной активности по вопросам, связанным с созданием и использованием методов и технологий ДЗЗ в интересах организации мониторинга бюджетов парниковых газов (включая поддержку национальных специализированных изданий), 2022/2023 г.
7. Стимулирование публикаций наборов научных данных по тематике направления. Целесообразно также организовать *национальную площадку* для публикаций наборов научных данных, связанных с задачами изменения климата и контроля бюджета углерода и парниковых газов. 2022/2023 г.
8. Разработка и запуск специализированных программ подготовки специалистов в области дистанционного мониторинга бюджета углерода и парниковых газов в ведущих Российских ВУЗах. 2022/2023 г.

Контактная информация

ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

<http://ckp.geosmis.ru/>

Семинар «Проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
на базе ИКИ РАН

<http://smiswww.iki.rssi.ru/default.aspx?page=814>

Лупян Евгений Аркадьевич, *evgeny@d902.iki.rssi.ru*

Ермаков Дмитрий Михайлович, *pldime@gmail.com*

Спасибо за внимание!