

# *Часть 1. Анализ ежедневных площадей заливания районов дельты Волги в половодье с использованием спутниковых данных*



**Институт  
Водных Проблем**

**Н.С. Зилитинкевич**

# Актуальность

Исследование **ежедневных площадей заливания дельты Волги** необходимо для:

- ❖ **оптимального управления** ее водным режимом;
- ❖ **планирования** водохозяйственных и гидротехнических мероприятий;
- ❖ **предупреждения и защиты** от наводнений и маловодий;
- ❖ **оптимального использования** водных ресурсов ДВ (например **водообеспечение** сельского, рыбного, коммунального, промышленного хозяйств);
- ❖ **развития** рекреационных зон.



## Цель и задачи:

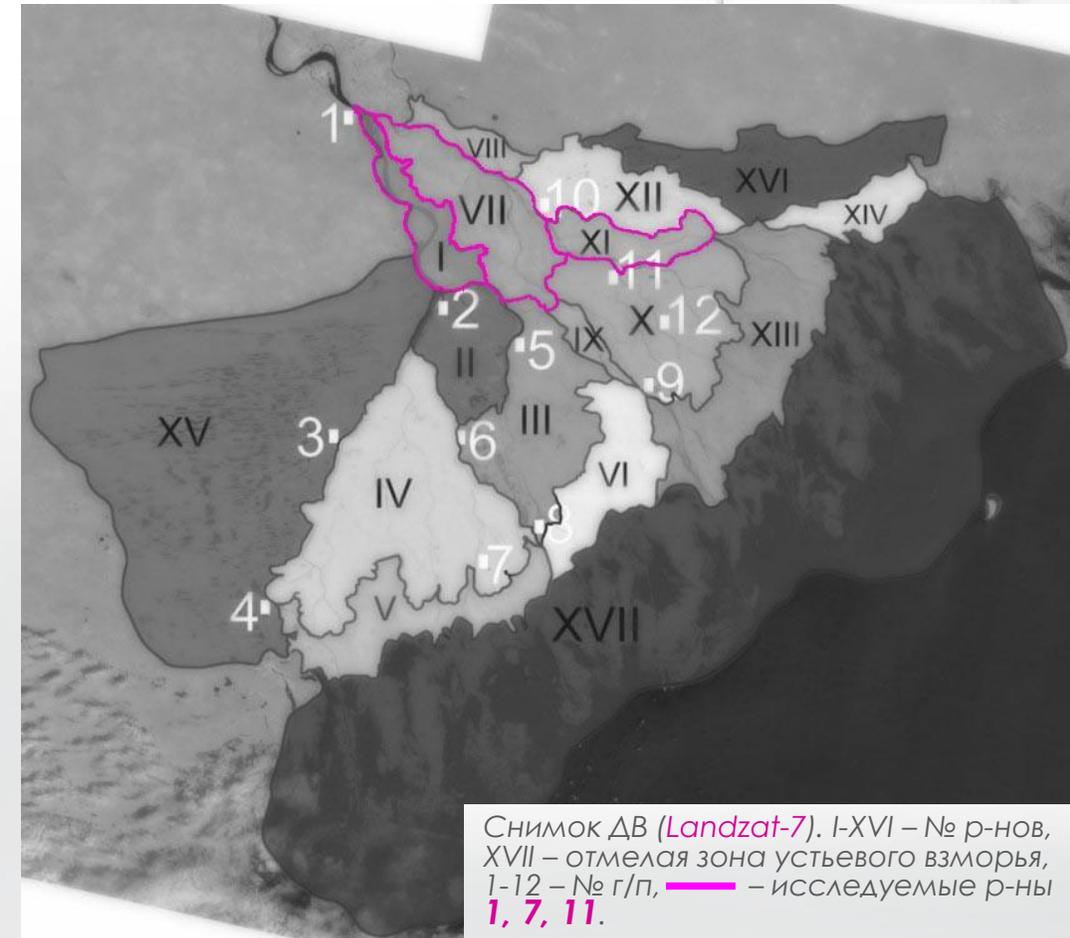
- ❖ Рассчитать ежедневные  $F_{общ}$  р-нов ДВ за пол-я разной водности с применением КОСМОСНИМКОВ.
- ❖ Сравнить ход ежедневных  $F_{общ}$  р-нов ДВ у пол-й разной водности (СР, МЛ, МН) и у разных р-нов ДВ по характеристикам (по срокам пол-я, амплитуде пол-я, площади максимального заливания р-на, продолжительности фаз пол-я: подъема, спада, полки).



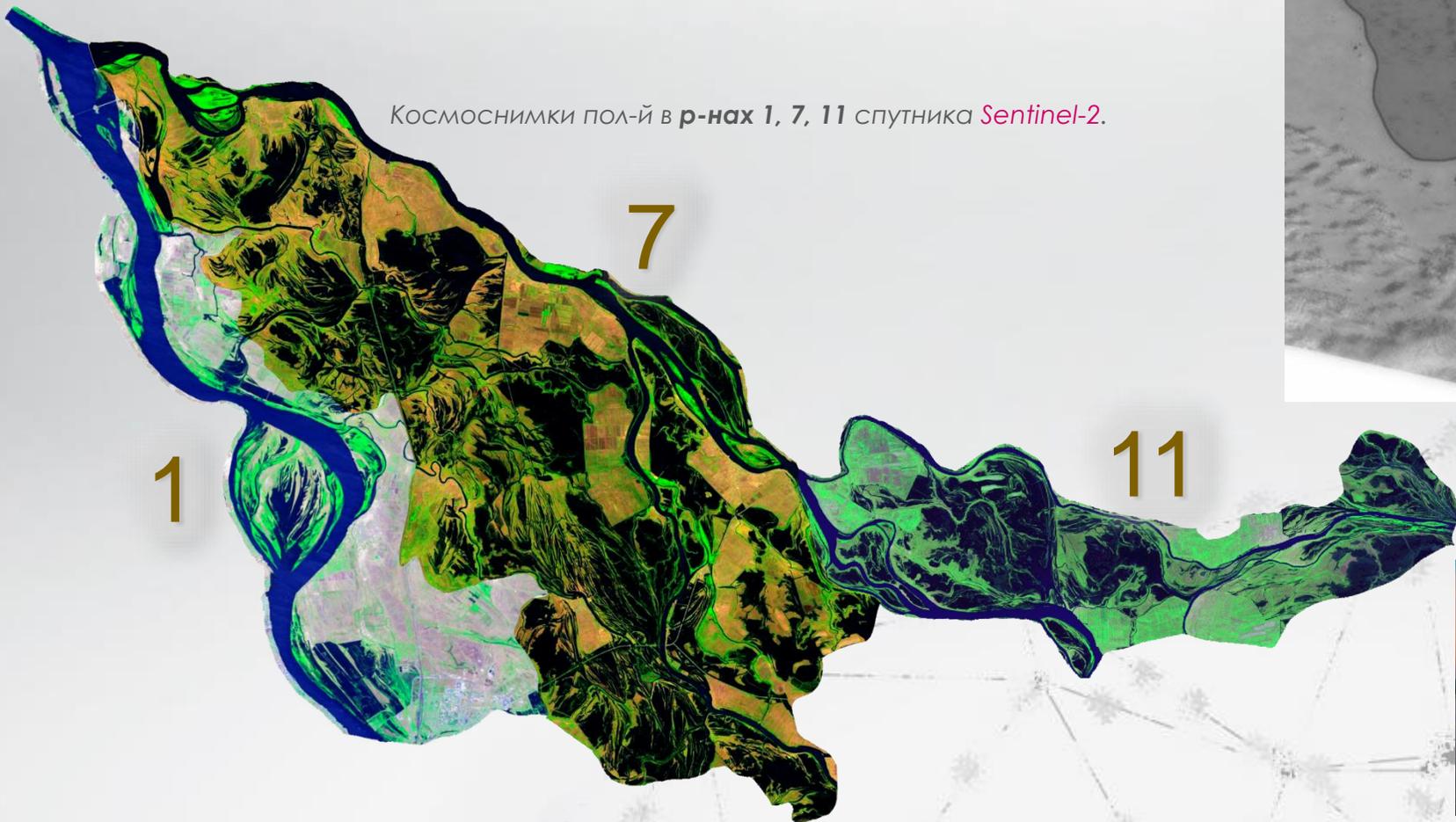
# Районирование ДВ

ДВ разделена на **16 районов (Полонский, 2003)** по **5 признакам**:

- 1) ландшафтные и гидрографические особенности;
- 2) географическое положение;
- 3) степень антропогенной освоенности;
- 4) расчлененность дельты дамбами и дорогами;
- 5) характеристики заливания в половодье.



Снимок ДВ (*Landzat-7*). I-XVI – № р-нов, XVII – отмеляя зона устьевая взморья, 1-12 – № г/п, — исследуемые р-ны 1, 7, 11.



Космоснимки пол-й в р-нах 1, 7, 11 спутника *Sentinel-2*.



## Исходные данные по р-нам 1, 7, 11:

- ❖ Космоснимки р-нов высокого разрешения спутников *Landsat-7* (30 м), *Landsat-8* (30 м), *Sentinel-2* (20 м)
- ❖ данные по среднесуточным уровням воды ( $H_p$ ) на г/п в водотоках р-нов

Диапазон космических съемок по годам: 2013 – 2016  
по датам: 1 апреля – 31 июля



## Определение $F_{общ}$

$F_{общ}$  рассчитывались по спектральному алгоритму (Ху, 2006) для выделения покрытых водой участков на космоснимках с использованием ПК ENVI.

По алгоритму (Ху, 2006)  $F_{общ}$  рассчитывались:

- ❖ ПО **р-ну 1** за 4 пол-я: **ср 2014** (8 дат – 8 снимков), **мл 2015** (6 дат – 6 снимков), **мн 2016** (11 дат – 11 снимков), **мн 2013** (9 дат – 9 снимков);
- ❖ ПО **р-ну 7** за 4 пол-я: **ср 2014** (6 дат – 6 снимков), **мл 2015** (5 дат – 5 снимков), **мн 2016** (11 дат – 11 снимков), **мн 2013** (9 дат – 9 снимков);
- ❖ ПО **р-ну 11** за 6 пол-й: **ср 2014** (7 дат – 7 снимков), **мл 2015** (6 дат – 6 снимков), **мн 2016** (15 дат – 15 снимков), **мн 2013** (11 дат – 11 снимков).

104 даты –  
104 космоснимка



Снимки пол-й в р-нах 1, 7, 11 (Sentinel-2).

**Петля пол-я 2016** была построена с использованием  $F_{\text{общ}} = f(H_p)$ .

Из ежегодников брались  $H_p$  на г/п р-на 11, соответствующие по дате космосъемки рассчитанным по космоснимкам  $F_{\text{общ}}$  р-на 11 (15 дат).

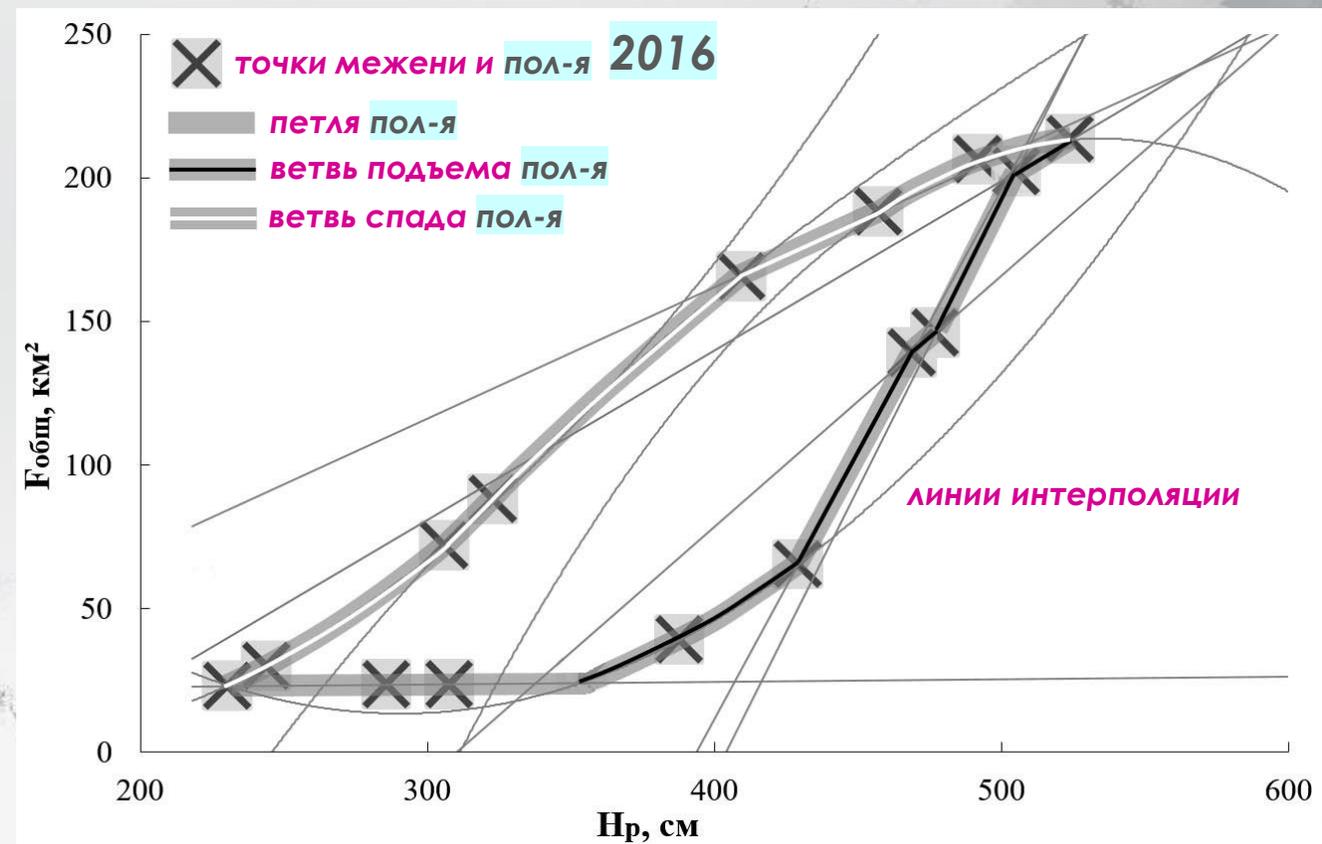
Все **точки межени и пол-я 2016** на графике, полученные с использованием космоснимков и ежегодников, соединялись **линиями интерполяции**. По этим линиям была построена **петля пол-я 2016 в р-не 11**:

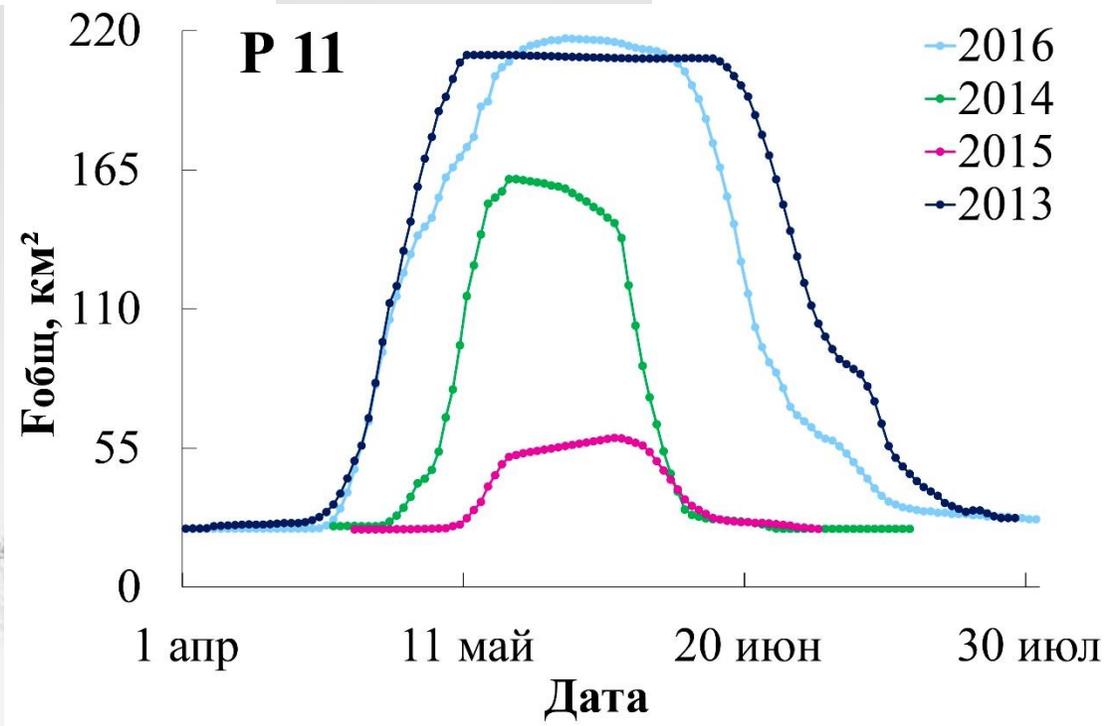
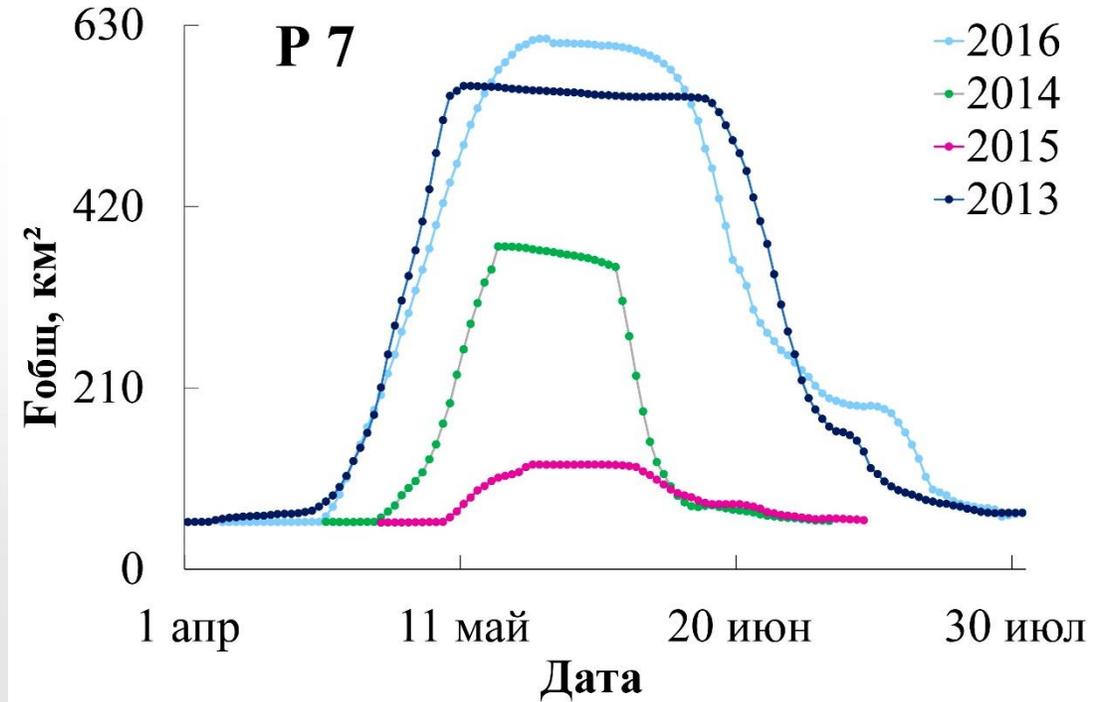
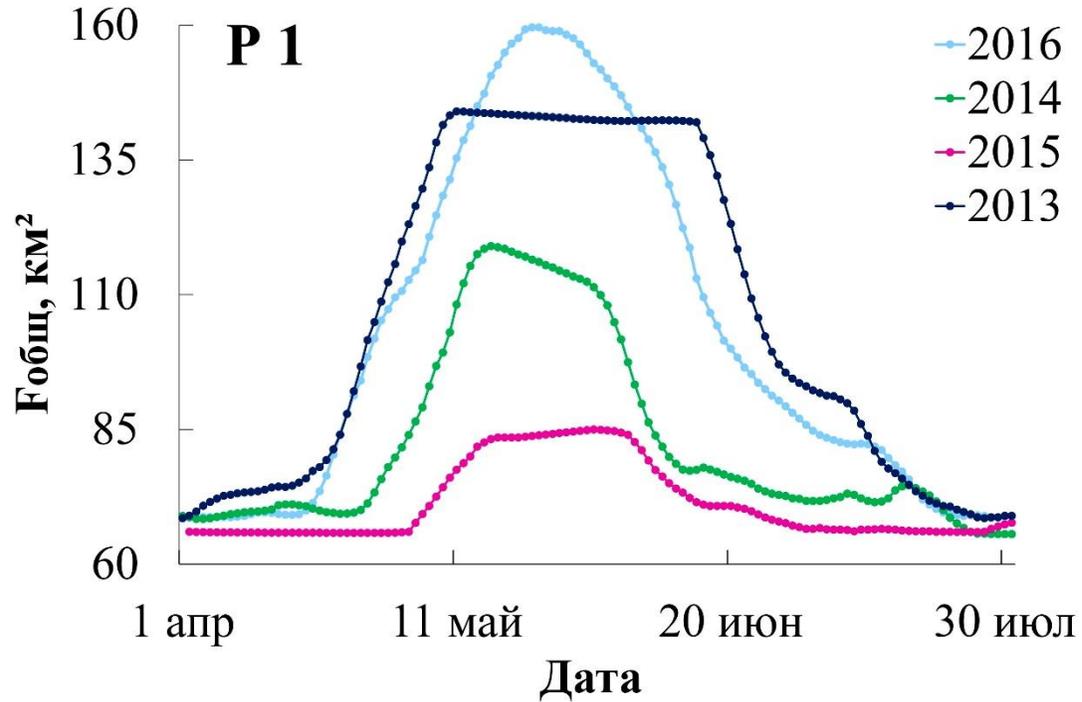


**Способы проведения** линий интерполяции:  
прямая линия через две точки,  
кривая линия через несколько точек.

Каждая интерполяционная **линия характеризовалась** величиной достоверности аппроксимации более 0.97.

$F_{\text{общ}}$  - площадь заливания русловой сети и междуручавных пространств р-на  
 $H_p$  - средний по территории р-на среднесуточный уровень воды в водотоках





## Характеристики пол-й разной водности

Год	Тип	Сроки прохождения	Продолжительность пол-я				F <sub>общ макс.</sub>		F р-на 1	H <sub>р макс.</sub>
			всего	полки	подъема	спада	км <sup>2</sup>	%		см
2013	МН <sub>1</sub>	4 апреля – 25 июля	113 дней	37 дн.	36 дн.	40 дн.	144 км <sup>2</sup>	48 %	303 км <sup>2</sup>	647 см
2014	СР	26 апреля – 11 июля	77 дней	19 дн.	18 дн.	40 дн.	119 км <sup>2</sup>	39 %		603 см
2015	МЛ	4 мая – 28 июня	56 дней	24 дн.	10 дн.	22 дн.	85 км <sup>2</sup>	28 %		497 см
2016	МН <sub>2</sub>	18 апреля – 23 июля	97 дней	12 дн.	31 дн.	54 дн.	160 км <sup>2</sup>	53 %		692 см

*P-н 1*

Год	Тип	Сроки прохождения	Продолжительность пол-я				F <sub>общ макс.</sub>		F р-на 7	H <sub>р макс.</sub>
			всего	полки	подъема	спада	км <sup>2</sup>	%		см
2013	МН <sub>1</sub>	18 апреля – 24 июля	98 дней	40 дн.	21 дн.	37 дн.	560 км <sup>2</sup>	76 %	737 км <sup>2</sup>	647 см
2014	СР	28 апреля – 24 июня	58 дней	18 дн.	18 дн.	22 дн.	374 км <sup>2</sup>	51 %		603 см
2015	МЛ	8 мая – 24 июня	48 дней	20 дн.	9 дн.	19 дн.	121 км <sup>2</sup>	16 %		504 см
2016	МН <sub>2</sub>	20 апреля – 25 июля	97 дней	26 дн.	27 дн.	44 дн.	614 км <sup>2</sup>	83 %		692 см

*P-н 7*

Год	Тип	Сроки прохождения	Продолжительность пол-я				F <sub>общ макс.</sub>		F р-на 11	H <sub>р макс.</sub>
			всего	полки	подъема	спада	км <sup>2</sup>	%		см
2013	МН <sub>1</sub>	17 апреля – 22 июля	97 дней	39 дн.	23 дн.	35 дн.	210 км <sup>2</sup>	78 %	269 км <sup>2</sup>	500 см
2014	СР	29 апреля – 23 июня	56 дней	18 дн.	16 дн.	22 дн.	161 км <sup>2</sup>	60 %		468 см
2015	МЛ	8 мая – 24 июня	48 дней	20 дн.	9 дн.	19 дн.	59 км <sup>2</sup>	22 %		405 см
2016	МН <sub>2</sub>	20 апреля – 22 июля	94 дня	28 дн.	25 дн.	41 дн.	217 км <sup>2</sup>	81 %		526 см

*P-н 11*

# Р-н 1



**Сроки пол-й**

<b>МЛ</b>	начинается в начале мая,	заканчивается в конце июня.
<b>СР</b>	начинается в конце апреля,	заканчивается в середине июля.
<b>МН<sub>1</sub></b>	начинается в начале апреля,	заканчивается в конце июля.
<b>МН<sub>2</sub></b>	начинается в середине апреля,	заканчивается в конце июля.

**$F_{общ макс}$**  в **МЛ** = 28 % от площади р-на, в **СР** = 39 %, в **МН<sub>1</sub>** = 48 %, в **МН<sub>2</sub>** = 53 %.

**Продолжительность пол-й** **МЛ** в 2 раза < **МН<sub>1</sub>**, в 1.7 раз < **МН<sub>2</sub>**, в 1.4 раза < **СР**. **МН<sub>2</sub>** в 1.2 раза < **МН<sub>1</sub>**.

**Продолжительность полки пол-й** **МН<sub>2</sub>** в 3 раза < **МН<sub>1</sub>**, в 2 раза < **МЛ**, в 1.6 раз < **СР**.

**Продолжительность подъема пол-й** **МЛ** в 3.6 раз < **МН<sub>1</sub>**, в 3.1 раз < **МН<sub>2</sub>**, в 1.8 раз < **СР**.

**Продолжительность спада пол-й** **МЛ** в 1.8 раз < **МН<sub>1</sub>**, в 2.5 раз < **МН<sub>2</sub>**, в 1.8 раз < **СР**.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** у **МН<sub>1</sub>** в 1.1 раз, у **МН<sub>2</sub>** в 1.7 раз, у **СР** в 2.2 раза, у **МЛ** в 2.2 раза.

**$H_r макс$**  у **МЛ** в 1.3 раза < **МН<sub>1</sub>**, в 1.4 раза < **МН<sub>2</sub>**, в 1.2 раза < **СР**.

(среднее значение между  $H_r$  на г/п Верхнелебяжье и  $H_r$  г/п Астрахань)

Космоснимок пол-я в р-не 1 спутника Sentinel-2.



# Результаты

Сравнительный анализ хода **ежедн.  $F_{общ}$  р-на 7** в пол-я МН<sub>1</sub> 2013, МН<sub>2</sub> 2016, СР 2014, МЛ 2015.

**Сроки пол-й** МЛ начинается в начале мая, заканчивается в конце июня.  
СР начинается в конце апреля, заканчивается в конце июня.  
МН<sub>1</sub> начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.  
МН<sub>2</sub> начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.

**$F_{общ}$  макс** в МЛ = 16 % от площади р-на, в СР = 51 %, в МН<sub>1</sub> = 76 %, в МН<sub>2</sub> = 83 %.

**Продолжительность пол-й** МЛ в 2 раза < МН<sub>1</sub>, в 2 раза < МН<sub>2</sub>, в 1.2 раза < СР. МН<sub>2</sub> ≈ МН<sub>1</sub>.

**Продолжительность полки пол-й** СР в 2.2 раза < МН<sub>1</sub>, в 1.4 раза < МН<sub>2</sub>, в 1.1 раз < МЛ.

**Продолжительность подъема пол-й** МЛ в 2.3 раза < МН<sub>1</sub>, в 3 раза < МН<sub>2</sub>, в 2 раза < СР.

**Продолжительность спада пол-й** МЛ в 1.9 раз < МН<sub>1</sub>, в 2.3 раза < МН<sub>2</sub>, в 1.2 раза < СР.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** у МН<sub>1</sub> в 1.8 раз, у МН<sub>2</sub> в 1.6 раз, у СР в 1.2 раза, у МЛ в 2.1 раз.

**$H_r$  макс** у МЛ в 1.3 раза < МН<sub>1</sub>, в 1.4 раза < МН<sub>2</sub>, в 1.2 раза < СР.

(среднее значение между  $H_r$  на г/п Верхнелебязее и  $H_r$  г/п Красный Яр)



Р-н 7

Космоснимок пол-я в р-не 7 спутника Sentinel-2.



**Сроки пол-й**  $ML$  начинается в начале мая, заканчивается в конце ИЮНЯ.  
 $CP$  начинается в конце апреля, заканчивается в конце ИЮНЯ.  
 $MH_1$  начинается в середине апреля, заканчивается в конце ИЮЛЯ.  
 $MH_2$  начинается в середине апреля, заканчивается в конце ИЮЛЯ.

**$F_{\text{общ макс}}$**  в  $ML$  = 22 % от площади р-на, в  $CP$  = 60 %, в  $MH_1$  = 78 %, в  $MH_2$  = 81 %.

**Продолжительность пол-й**  $ML$  в 2 раза <  $MH_1$ , в 1.9 раз <  $MH_2$ , в 1.2 раза <  $CP$ .  $MH_2$  на 3 дня <  $MH_1$ .

**Продолжительность полки пол-й**  $CP$  в 2.2 раза <  $MH_1$ , в 1.6 раз <  $MH_2$ , в 1.1 раз <  $ML$ .

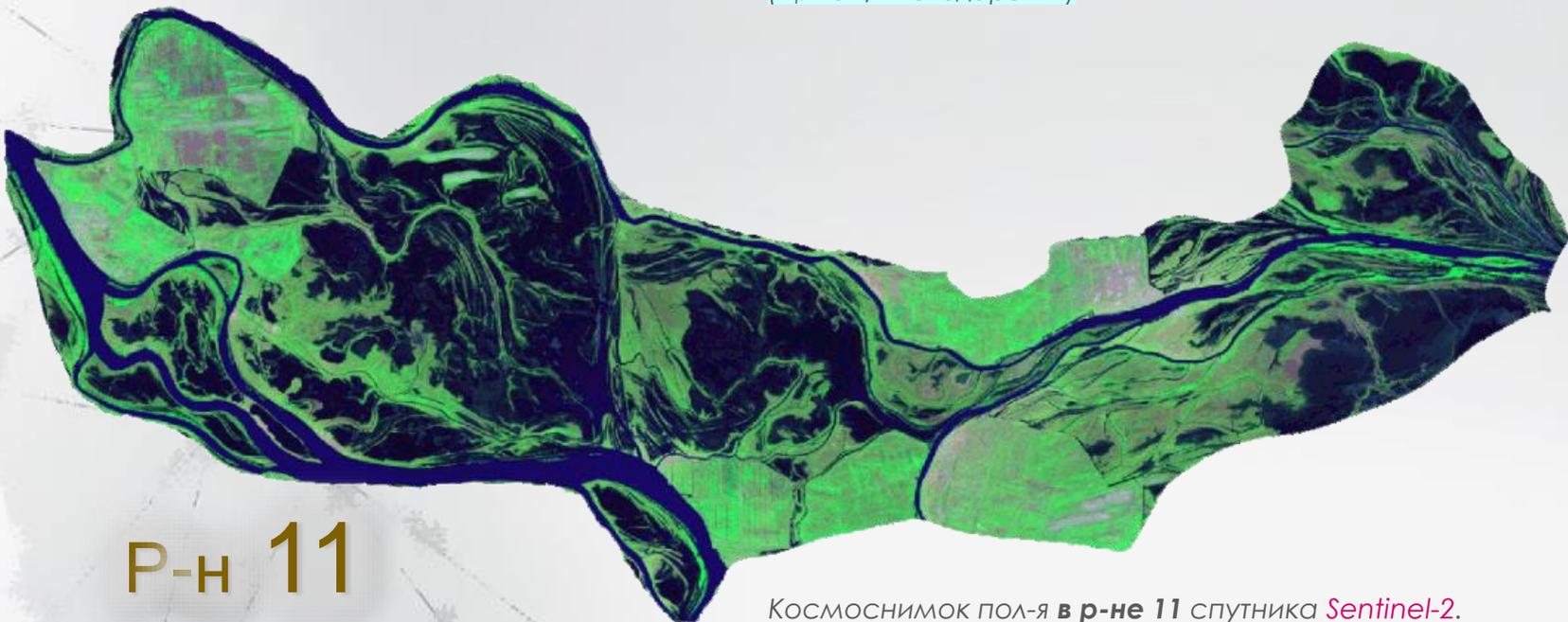
**Продолжительность подъема пол-й**  $ML$  в 2.6 раз <  $MH_1$ , в 2.8 раз <  $MH_2$ , в 1.8 раз <  $CP$ .

**Продолжительность спада пол-й**  $ML$  в 1.8 раз <  $MH_1$ , в 2.2 раза <  $MH_2$ , в 1.6 раз <  $CP$ .

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** у  $MH_1$  в 1.5 раз, у  $MH_2$  в 1.6 раз, у  $CP$  в 1.4 раза, у  $ML$  в 2.1 раз.

**$H_r$  макс** у  $ML$  в 1.2 раза <  $MH_1$ , в 1.3 раза <  $MH_2$ , в 1.16 раз <  $CP$ .

( $H_r$  на г/п Володарский)



Р-н 11

Космоснимок пол-я в р-не 11 спутника Sentinel-2.

# Результаты

## Сравнительный анализ хода *ежедн. F<sub>общ</sub>* р-нов 1, 7, 11 в МЛ пол-е 2015

**Сроки пол-я** 1 начинается в начале мая, заканчивается в конце ИЮНЯ.  
7 начинается в начале мая, заканчивается в конце ИЮНЯ.  
11 начинается в начале мая, заканчивается в конце ИЮНЯ.

**F<sub>общ макс</sub>** 1 = 28 % от площади р-на, 7 = 16 %, 11 = 22 %.

**F<sub>р-нов</sub>** 7 в 2.4 раза > 1, в 2.7 раз > 11.

**Продолжительность пол-я** 1 в 1.2 раза > 7, в 1.2 раза > 11. 7 = 11.

**Продолжительность полки пол-я** 1 в 1.2 раза > 7, в 1.2 раза > 11. 7 = 11.

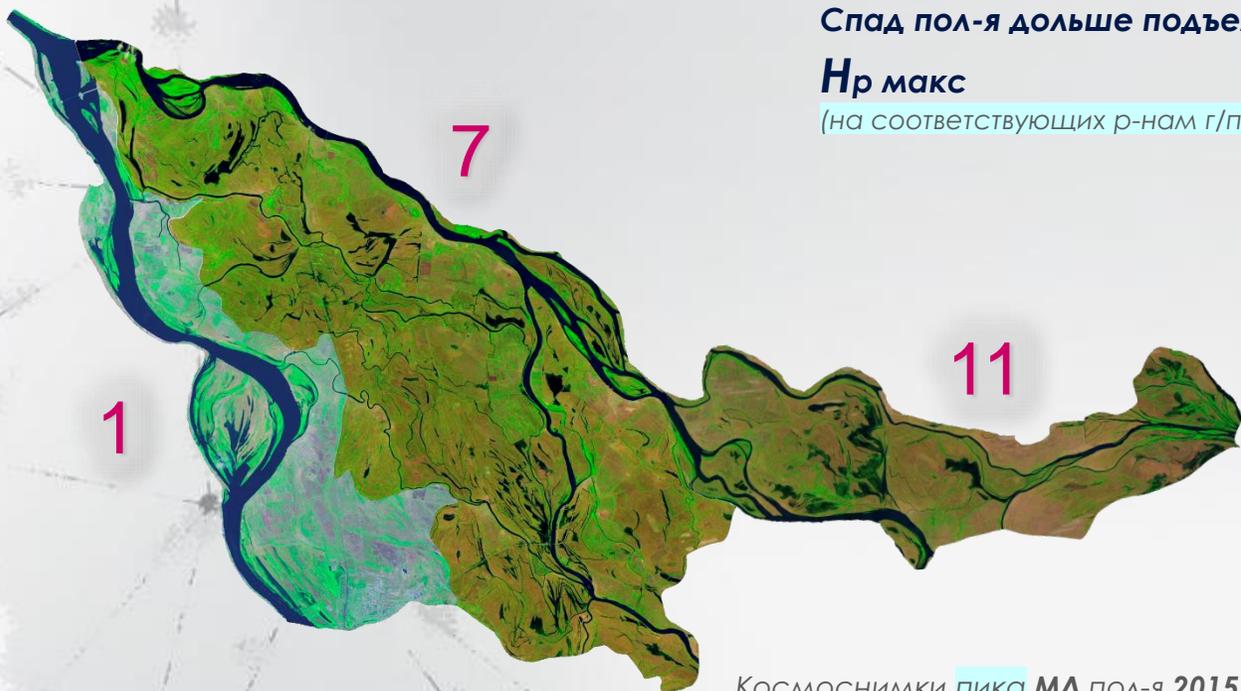
**Продолжительность подъема пол-я** 1 на 1 день > 7, на 1 день > 11. 7 = 11.

**Продолжительность спада пол-я** 1 в 1.2 раза > 7, в 1.2 раза > 11. 7 = 11.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** 1 в 2.2 раза, 7 в 2.1 раз, 11 в 2.1 раз.

**H<sub>р макс</sub>** 11 в 1.2 раза < 1, в 1.2 раза < 7.

(на соответствующих р-нам г/п)



Космоснимки **пика МЛ пол-я 2015** в р-нах 1, 7, 11 спутника Sentinel-2.

# Результаты

## Сравнительный анализ хода **ежедн. $F_{общ}$** р-нов 1, 7, 11 в **СР** пол-е 2014

**Сроки пол-я** 1 начинается в конце апреля, заканчивается в середине июля.  
7 начинается в конце апреля, заканчивается в конце июня.  
11 начинается в конце апреля, заканчивается в конце июня.

**$F_{общ}$  макс** 1 = 39 % от площади р-на, 7 = 51 %, 11 = 60 %.

**$F_{р-нов}$**  7 в 2.4 раза > 1, в 2.7 раз > 11.

**Продолжительность пол-я** 1 в 1.3 раза > 7, в 1.4 раза > 11. 7 на 2 дня > 11.

**Продолжительность полки пол-я** 1 на 1 день > 7, на 1 день > 11. 7 = 11.

**Продолжительность подъема пол-я** 11 на 2 дня < 1, на 2 дня < 7. 1 = 7.

**Продолжительность спада пол-я** 1 в 1.8 раз > 7, в 1.8 раз > 11. 7 = 11.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** 1 в 2.2 раза, 7 в 1.2 раза, 11 в 1.4 раза.

**$H_{р}$  макс** 11 в 1.3 раза < 1, в 1.3 раза < 7. 1 = 7.

(на соответствующих р-нам г/п)



Космоснимки **пика** СР пол-я 2014 в р-нах 1, 7, 11 спутника Sentinel-2.

# Результаты

## Сравнительный анализ хода **ежедн. $F_{общ}$** р-нов 1, 7, 11 в **$MH_1$** пол-е 2013

**Сроки пол-я** 1 начинается в начале апреля, заканчивается в конце июля.  
7 начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.  
11 начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.

**$F_{общ макс}$**  1 = 48 % от площади р-на, 7 = 76 %, 11 = 78 %.

**$F_{р-нов}$**  7 в 2.4 раза > 1, в 2.7 раз > 11.

**Продолжительность пол-я** 1 в 1.2 раза > 7, в 1.2 раза > 11. 7 на 1 день > 11.

**Продолжительность полки пол-я** 7 на 3 дня > 1, на 1 день > 11.

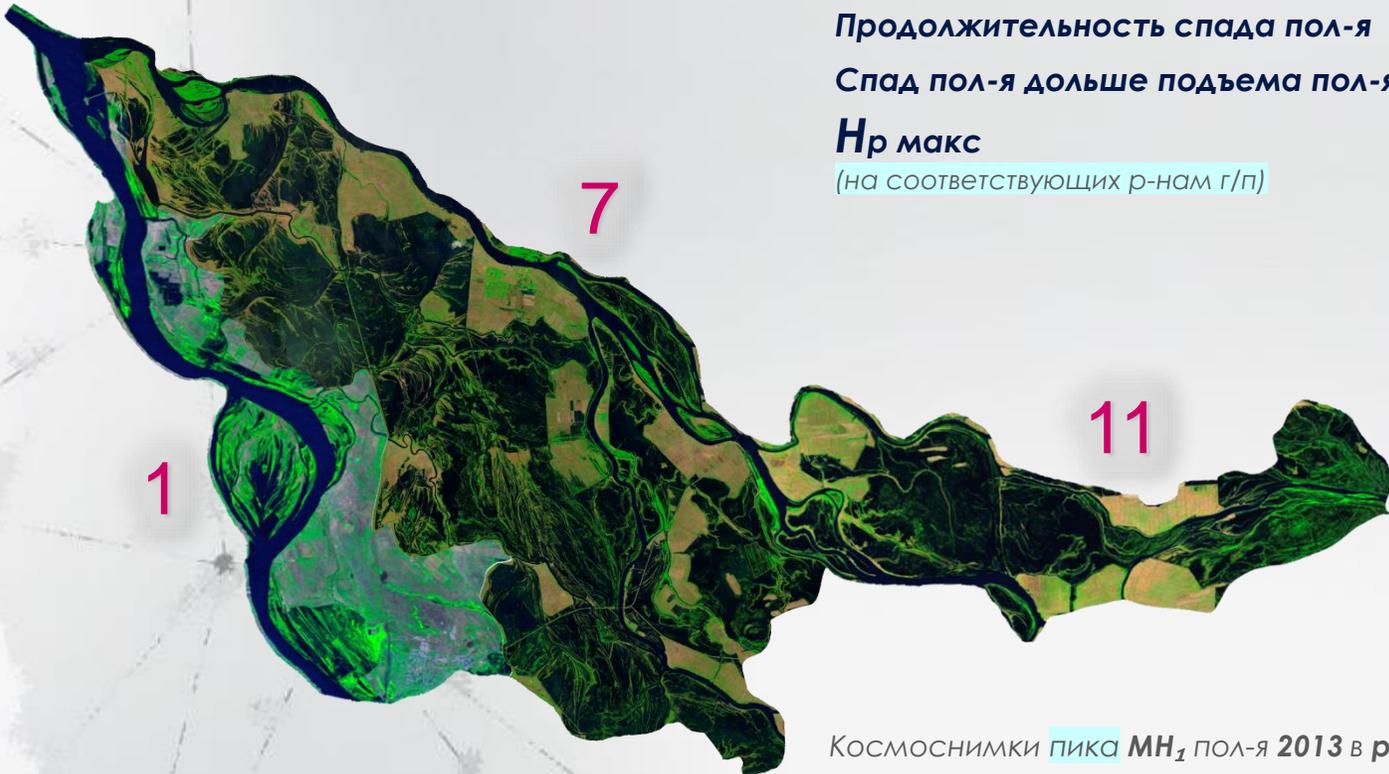
**Продолжительность подъема пол-я** 1 в 1.7 раз > 7, в 1.6 раз > 11.

**Продолжительность спада пол-я** 1 на 3 дня > 7, на 5 дней > 11.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** 1 в 1.1 раз, 7 в 1.8 раз, 11 в 1.5 раз.

**$H_{р макс}$**  11 в 1.3 раза < 1, в 1.3 раза < 7. 1 = 7.

(на соответствующих р-нам г/п)



Космоснимки **пика  $MH_1$**  пол-я 2013 в р-нах 1, 7, 11 спутника **Sentinel-2**.

# Результаты

## Сравнительный анализ хода **ежедн. $F_{общ}$** р-нов 1, 7, 11 в **$MH_2$** пол-е 2016

**Сроки пол-я** 1 начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.  
7 начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.  
11 начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.

**$F_{общ макс}$**  1 = 53 % от площади р-на, 7 = 83 %, 11 = 81 %.

**$F_{р-нов}$**  7 в 2.4 раза > 1, в 2.7 раз > 11.

**Продолжительность пол-я** 11 на 3 дня < 1, на 3 дня < 7. 1 = 7.

**Продолжительность полки пол-я** 1 в 2.2 раза < 7, в 2.3 раза < 11.

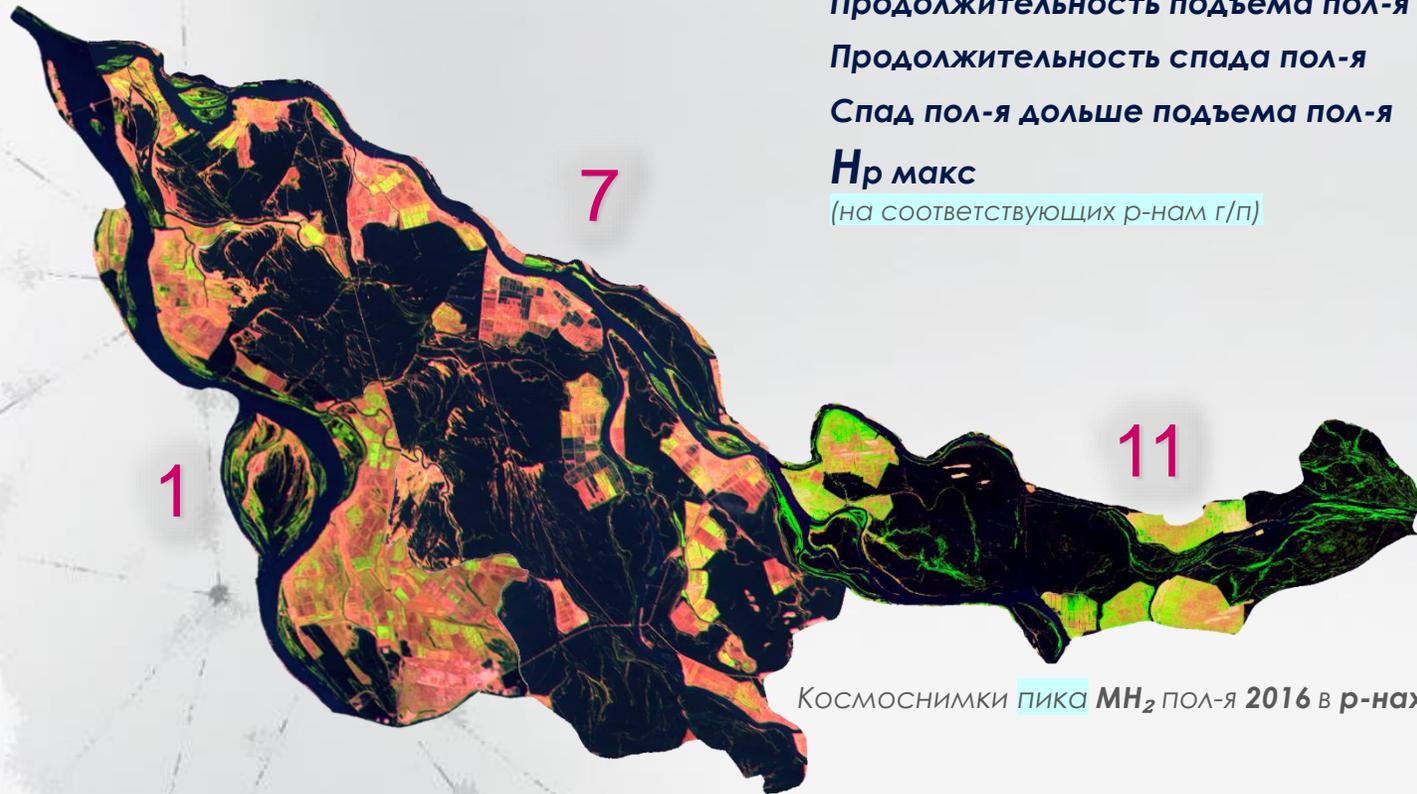
**Продолжительность подъема пол-я** 1 на 4 дня > 7, в 1.2 раза > 11.

**Продолжительность спада пол-я** 11 в 1.3 раза < 1, на 3 дня < 7.

**Спад пол-я дольше подъема пол-я** 1 в 1.7 раз, 7 в 1.6 раз, 11 в 1.6 раз.

**$H_{р макс}$**  11 в 1.3 раза < 1, в 1.3 раза < 7. 1 = 7.

(на соответствующих р-нам г/п)



Космоснимки **пика  $MH_2$**  пол-я 2016 в р-нах 1, 7, 11 спутника **Sentinel-2**.

## Выводы

- ❖ Рассчитаны впервые высокоточные **ежедневн. Гобщ** р-нов 1, 7, 11 ДВ за **пол-я** разной водности (2 МН, 1 МЛ, 1 СР) периода 2013 – 2016 с применением самых современных технологий и большого кол-ва космоснимков.
- ❖ Выполнен впервые высокоточный сравнительный анализ **хода ежедневн. Гобщ** р-нов 1, 7, 11 ДВ за **пол-я** разной водности по характеристикам (срокам пол-я, площади максимального заливания р-на, продолжительности фаз пол-я: подъема, спада, полки, Нр).

Сравнивались характеристики пол-й и у пол-й разной водности, и у разных р-нов.



**Ежедн. Гобщ** р-нов ДВ являются **ВХОДНЫМИ ДАННЫМИ ВБ модели** В.Ф. Полонского и Л.П. Остроумовой (2005).

# Приложение

Анимация из космоснимков спутника Sentinel-2 МН пол-я 2018 в р-нах 1, 7, 11





***Спасибо за внимание***

