

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:

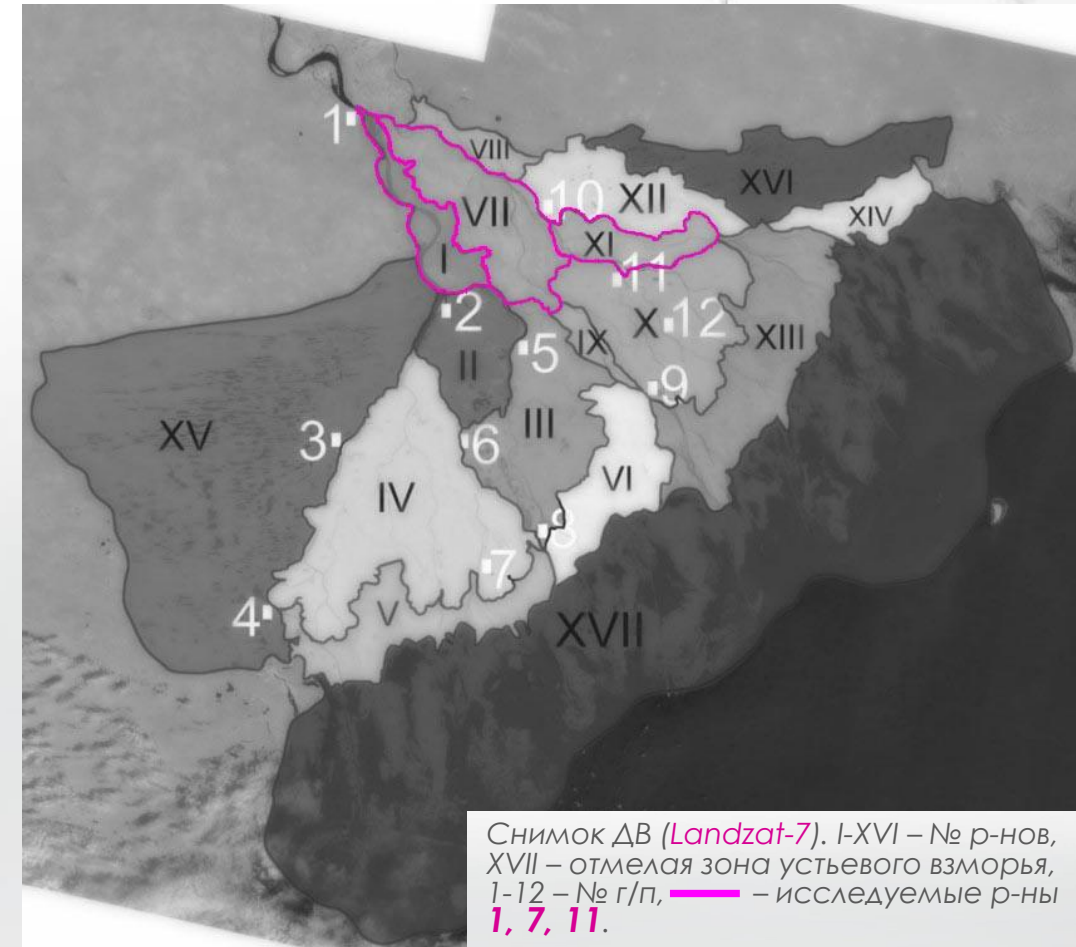
- ❖ Рассчитать ежедневные $F_{общ}$ р-нов ДВ за пол-я разной водности с применением КОСМОСНИМКОВ.
- ❖ Сравнить ход ежедневных $F_{общ}$ р-нов ДВ у пол-й разной водности (СР, МЛ, МН) и у разных р-нов ДВ по характеристикам (по срокам пол-я, амплитуде пол-я, площади максимального заливания р-на, продолжительности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



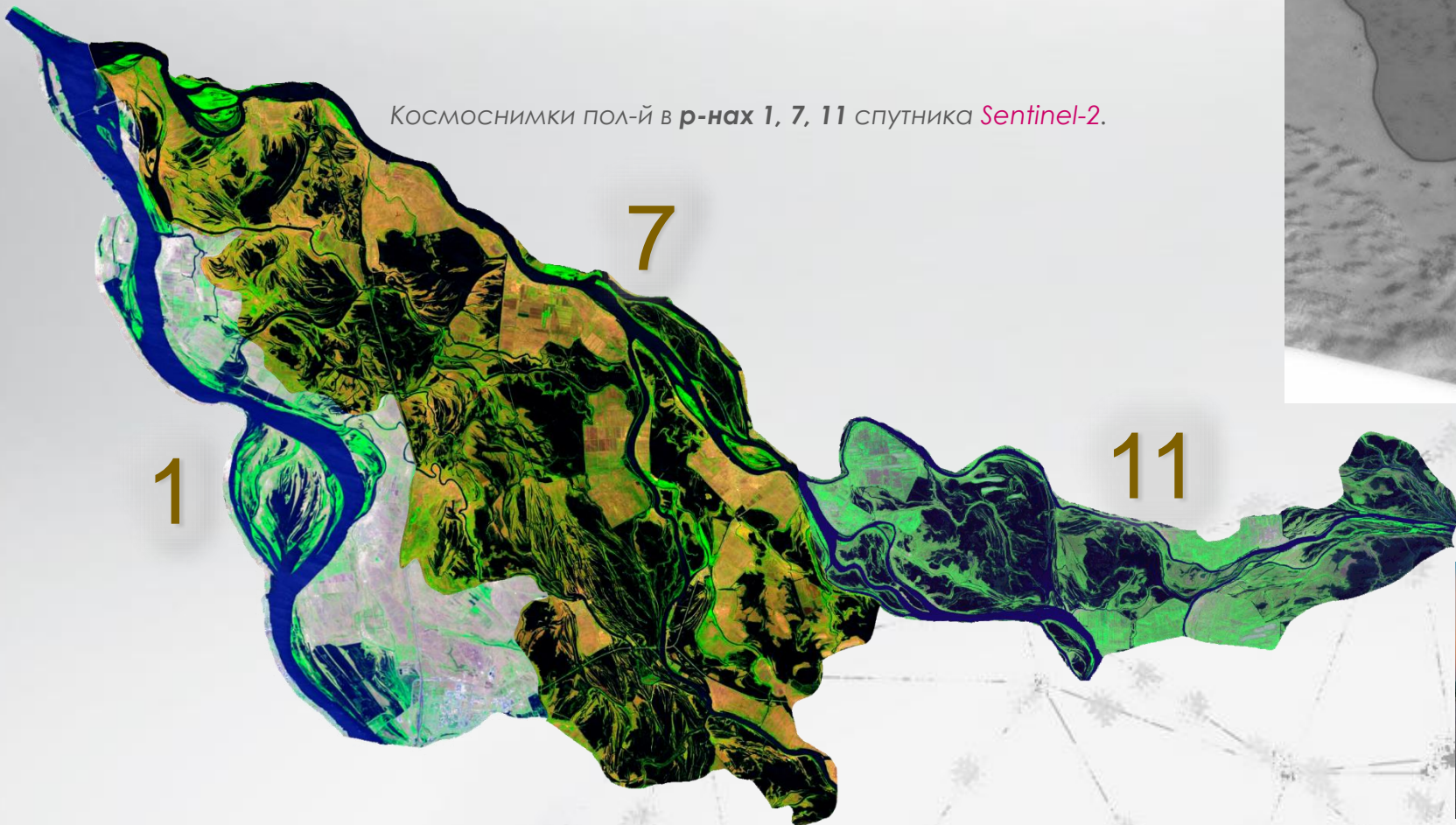
Районирование ДВ

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).

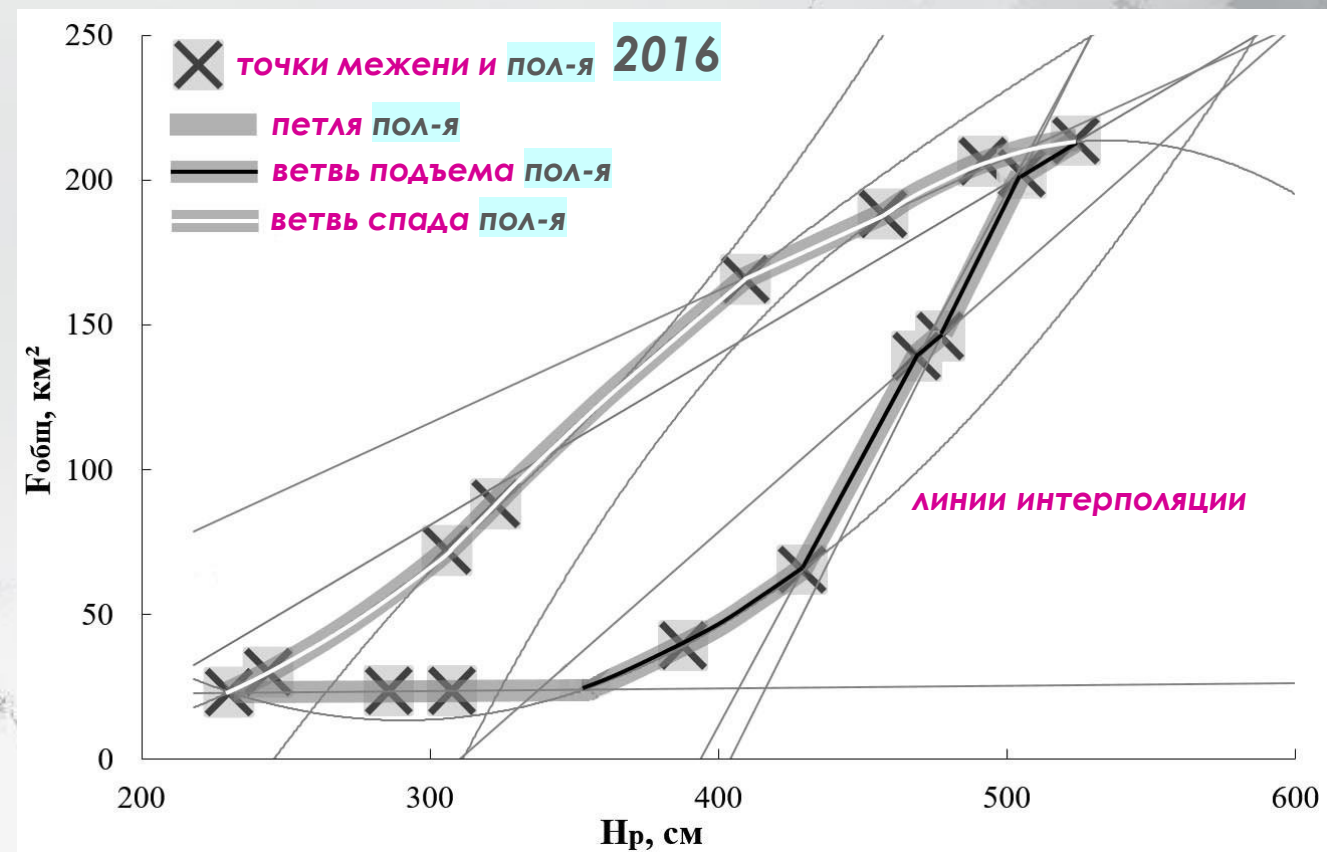
Все **точки межени и пол-я 2016** на графике, полученные с использованием космоснимков и ежегодников, соединялись **линиями интерполяции**. По этим линиям была построена **петля пол-я 2016 в р-не 11**:

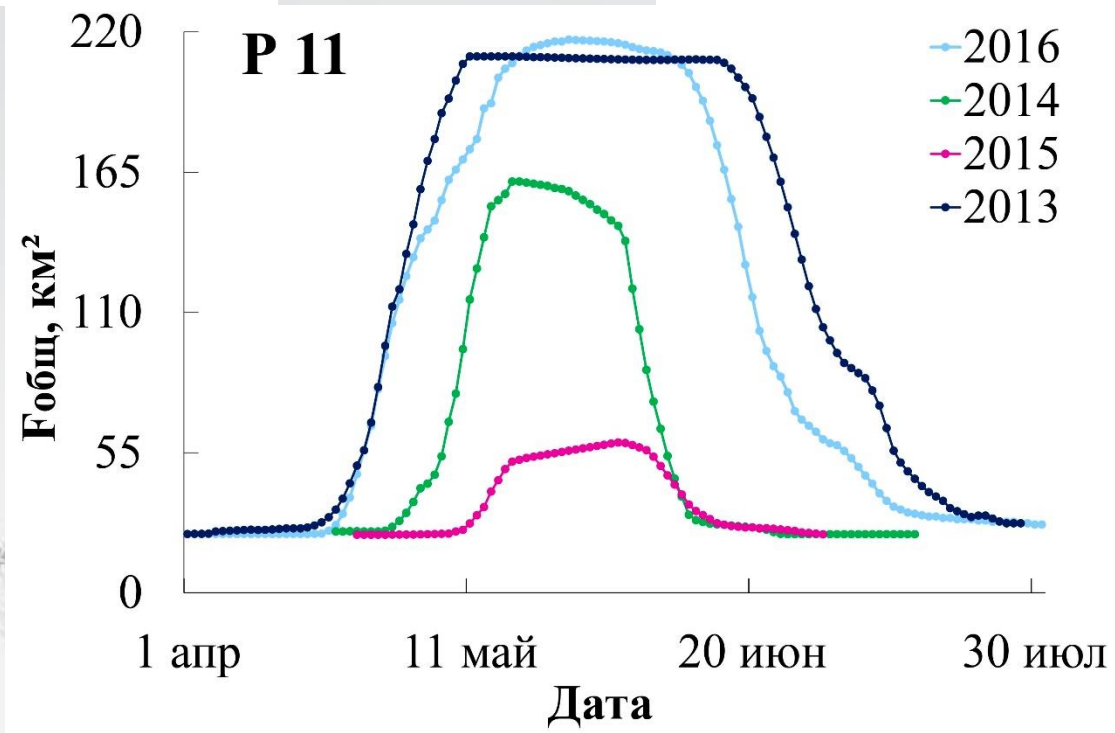
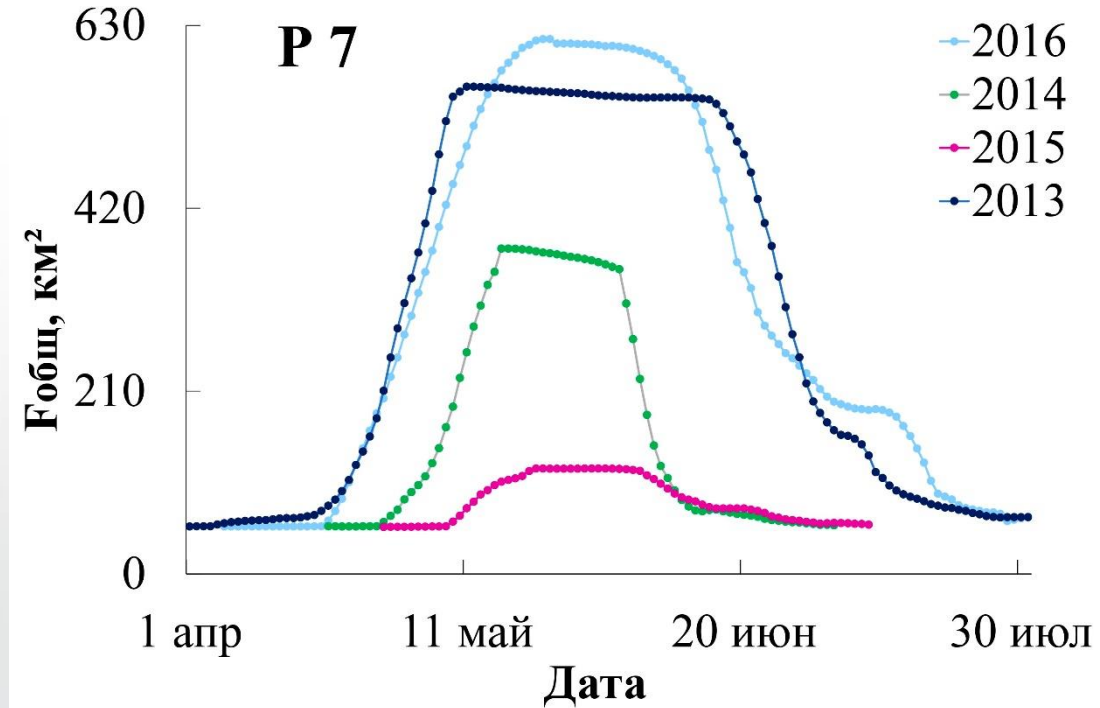
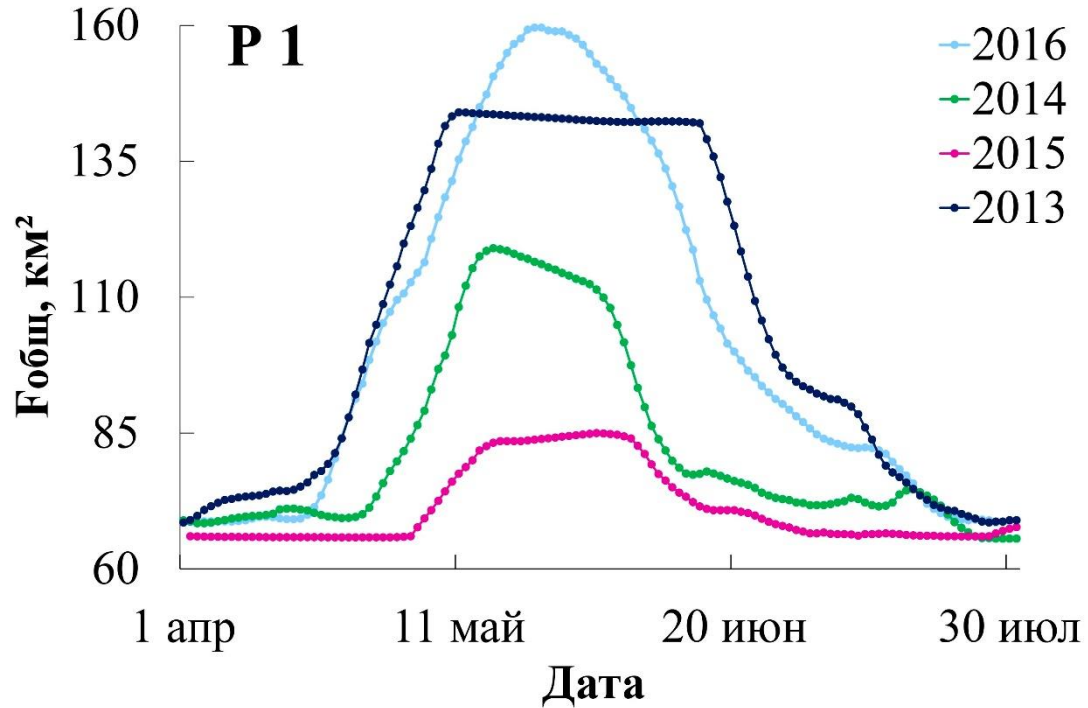


Способы проведения линий интерполяции:
прямая линия через две точки,
кривая линия через несколько точек.

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

$F_{\text{общ}}$ - площадь заливания русловой сети и междуканальных 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 _{общ макс.}		F р-на 1	H _{p макс.}
			всего	полки	подъема	спада	км ²	%		см
2013	МН ₁	4 апреля – 25 июля	113 дней	37 дн.	36 дн.	40 дн.	144 км ²	48 %	303 км ²	647 см
2014	СР	26 апреля – 11 июля	77 дней	19 дн.	18 дн.	40 дн.	119 км ²	39 %		603 см
2015	МЛ	4 мая – 28 июня	56 дней	24 дн.	10 дн.	22 дн.	85 км ²	28 %		497 см
2016	МН ₂	18 апреля – 23 июля	97 дней	12 дн.	31 дн.	54 дн.	160 км ²	53 %		692 см

P-н 1

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

P-н 7

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

P-н 11

Р-н 1



Сроки пол-й

ML	начинается в начале мая,	заканчивается в конце июня.
CP	начинается в конце апреля,	заканчивается в середине июля.
MH_1	начинается в начале апреля,	заканчивается в конце июля.
MH_2	начинается в середине апреля,	заканчивается в конце июля.

$F_{общ макс}$ в **ML** = 28 % от площади р-на, в **CP** = 39 %, в **MH_1** = 48 %, в **MH_2** = 53 %.

Продолжительность пол-й **ML** в 2 раза < **MH_1** , в 1.7 раз < **MH_2** , в 1.4 раза < **CP**. **MH_2** в 1.2 раза < **MH_1** .

Продолжительность полки пол-й **MH_2** в 3 раза < **MH_1** , в 2 раза < **ML**, в 1.6 раз < **CP**.

Продолжительность подъема пол-й **ML** в 3.6 раз < **MH_1** , в 3.1 раз < **MH_2** , в 1.8 раз < **CP**.

Продолжительность спада пол-й **ML** в 1.8 раз < **MH_1** , в 2.5 раз < **MH_2** , в 1.8 раз < **CP**.

Спад пол-я дольше подъема пол-я у **MH_1** в 1.1 раз, у **MH_2** в 1.7 раз, у **CP** в 2.2 раза, у **ML** в 2.2 раза.

$H_r макс$ у **ML** в 1.3 раза < **MH_1** , в 1.4 раза < **MH_2** , в 1.2 раза < **CP**.

(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 МН₁ 2013, МН₂ 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.
МН₁ начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.
МН₂ начинается в середине апреля, заканчивается в конце июля.

$F_{общ макс}$ в МЛ = 16 % от площади р-на, в СР = 51 %, в МН₁ = 76 %, в МН₂ = 83 %.

Продолжительность пол-й МЛ в 2 раза < МН₁, в 2 раза < МН₂, в 1.2 раза < СР. МН₂ ≈ МН₁.

Продолжительность полки пол-й СР в 2.2 раза < МН₁, в 1.4 раза < МН₂, в 1.1 раз < МЛ.

Продолжительность подъема пол-й МЛ в 2.3 раза < МН₁, в 3 раза < МН₂, в 2 раза < СР.

Продолжительность спада пол-й МЛ в 1.9 раз < МН₁, в 2.3 раза < МН₂, в 1.2 раза < СР.

Спад пол-я дольше подъема пол-я у МН₁ в 1.8 раз, у МН₂ 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 < МН₁, в 1.4 раза < МН₂, в 1.2 раза < СР.

(среднее значение между H_r на г/п Верхнелебяжье 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 .

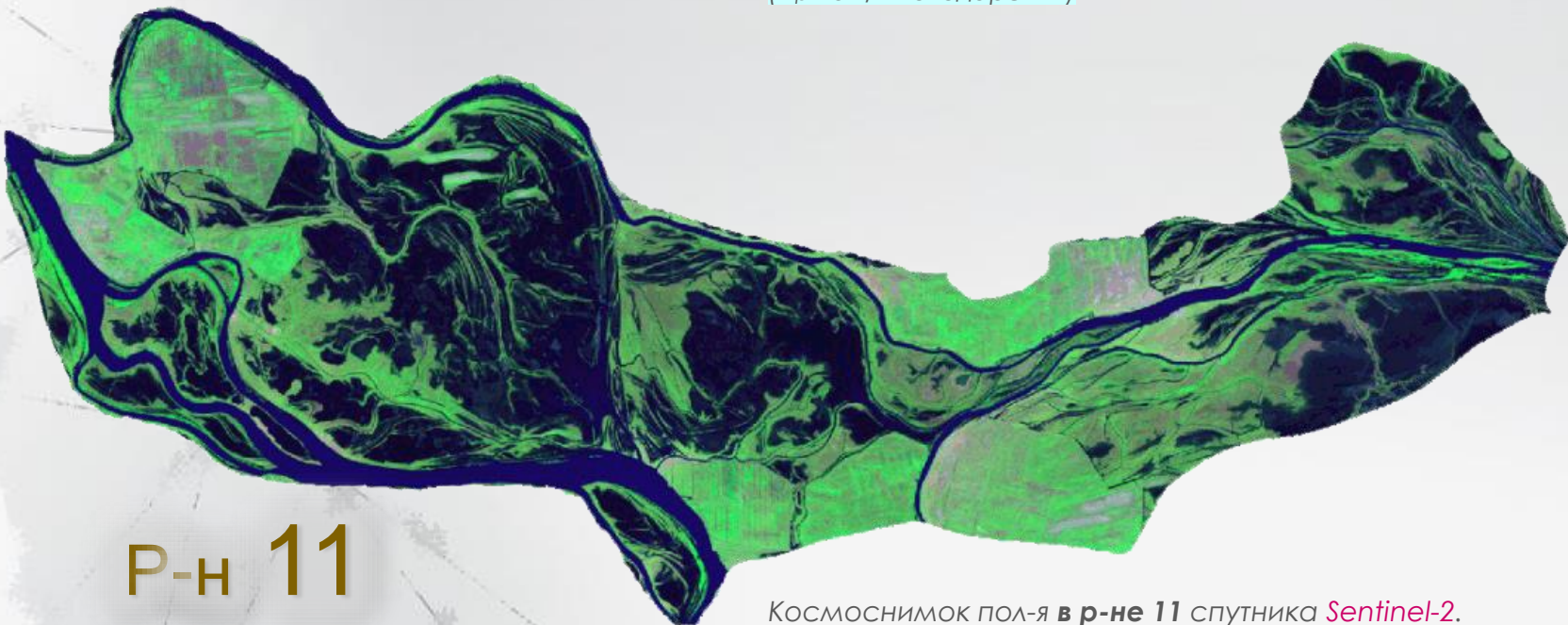
Продолжительность подъема пол-й ML в 2.6 раз < MH_1 , в 2.8 раз < MH_2 , в 1.8 раз < CP .

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_{общ}* 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_{общ макс} 1 = 28 % от площади р-на, 7 = 16 %, 11 = 22 %.

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 = 11.

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

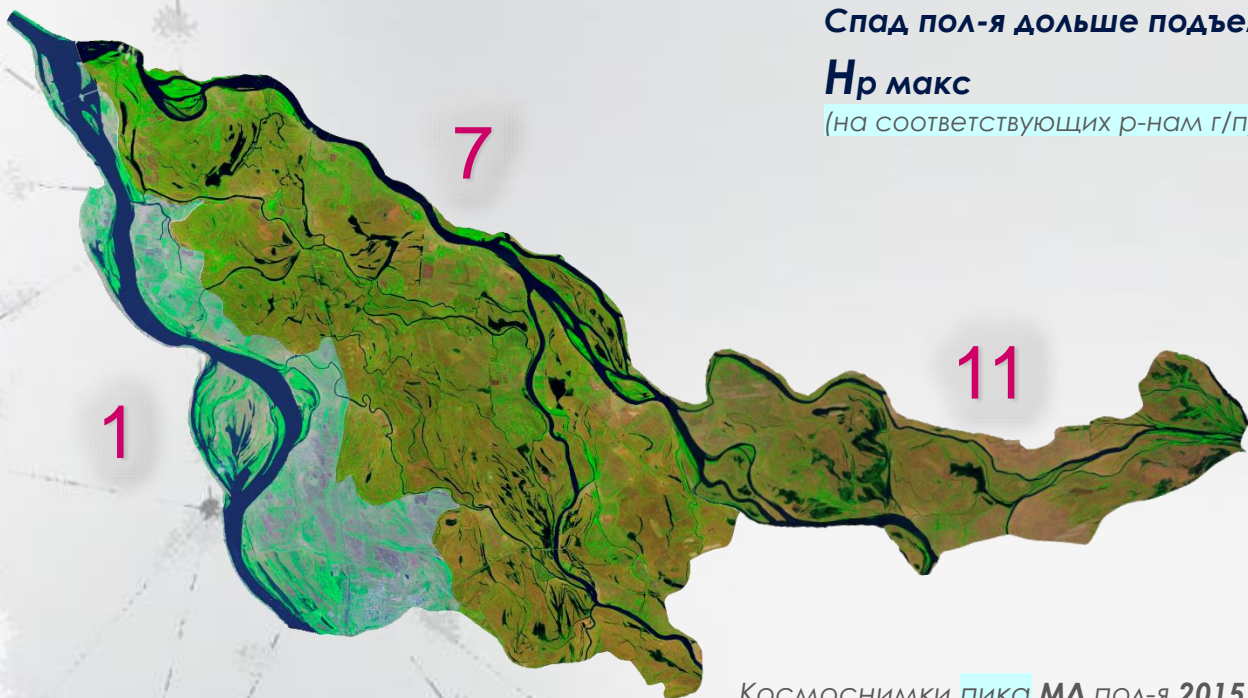
Продолжительность подъема пол-я 1 на 1 день > 7, на 1 день > 11. 7 = 11.

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_{р макс} 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.

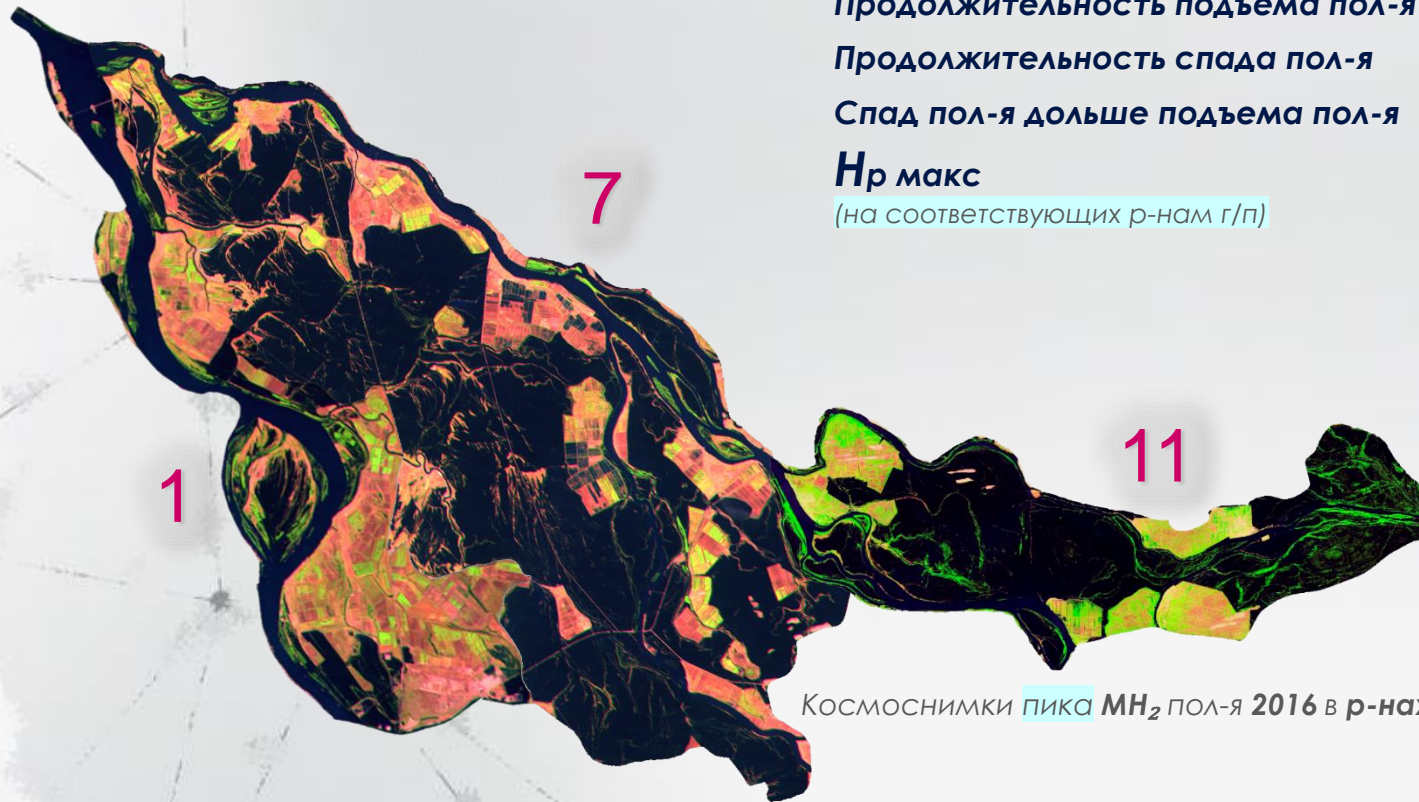
Продолжительность подъема пол-я 1 на 4 дня > 7, в 1.2 раза > 11.

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

