

Общество с ограниченной ответственностью ГеоИнноТех



Общество с ограниченной ответственностью Эмерсит



# Экологический мониторинг р. Темерник: первый этап создания и предварительные результаты

Новочеркасск - Краснодар 2017

## Экологический мониторинг бассейна реки Темерник

Экологический мониторинг бассейна реки Темерник – это автоматизированная система непрерывного контроля, сбора и анализа данных о состоянии окружающей среды, математического моделирования ситуационных явлений, текущих оценок и прогнозов, в том числе неблагоприятных и опасных явлений гидрологического и экологического характера

## Цели и задачи автоматизированной системы экологического мониторинга (АСЭМ) бассейна р. Темерник

Организация непрерывных в режиме реального времени наблюдений за гидрологическими, гидрогеологическими, метеорологическими параметрами и характеристиками загрязненности вод в бассейне р. Темерник на сети автоматических станций

Оценка и прогнозирование гидрологической, метеорологической и экологической обстановки в бассейне и на отдельных его участках, в том числе на сверхкраткосрочном отрезке времени

Комплексная оценка уровня гидрологической и экологической опасности в текущих условиях на основе бальной шкалы ранжирования рисков, в том числе с учетом экономических показателей

Отображение оперативной и прогнозной информации на интерактивной геоинформационной карте, обеспечение доступа пользователей к текущей и архивной информации

Определение, выдача и отображение информации о времени наступления, масштабе и распространении неблагоприятных (НЯ) и опасных (ОЯ) явлений гидрологического и экологического характера

# Структура

## Автоматизированная система экологического мониторинга р. Темерник

Гидрометеорологический мониторинг (АГММ)

Оценка и прогнозирование гидрологической обстановки на различных участках бассейна, в том числе неблагоприятных и опасных явлений гидрологического характера

Гидрогеологический мониторинг (АГГМ)

Оценка и прогнозирование состояния и динамики подземных вод, их загрязненности и явлений подтопления территорий

Мониторинг качественного состояния вод (АМЗВ)

Оценка динамики загрязнённости вод, определение участков с неблагоприятной экологической обстановкой, источников негативных воздействий и их влияния на уровень загрязненности вод

## Назначение АСЭМ

Оперативное информирование должностных лиц, общественности и населения о возможных неблагоприятных и опасных явлениях гидрологического и экологического характера

Разработка и осуществление превентивных мер для снижения вероятности наступления и последствий негативных явлений

Накопление многолетних данных наблюдений, их статистическая обработка, научных анализ в целях определения текущих тенденций и изменений

Разработка долгосрочных мероприятий для улучшения гидрологической и экологической обстановки в бассейне р. Темерник и на прилегающих территориях

**Первый этап создания АСЭМ – 2017-2018 гг.:**  
Разработка и внедрение автоматизированного гидрометеорологического мониторинга (АГММ) бассейна р. Темерник

**Основные технические решения. Функциональные подсистемы**

Подсистема оперативного сбора данных гидрологических и метеорологических наблюдений на автоматических станциях в реальном времени

Подсистема связи и доставки сведений

Подсистема накопления, хранения, аналитической обработки, отображения и представления гидрологической и метеорологической информации

Подсистема математического моделирования на основе моделей гидродинамики

Подсистема информирования должностных лиц

Подсистема защиты информации

## Сенсорный уровень мониторинга (уровень сбора и передачи данных)

Сеть стационарных (и виртуальных) автоматических гидрологических комплексов (АГК) для контроля уровня воды рек и открытых водоемов, прогнозирования расходов воды и уровней в опорных створах гидрографической сети в реальном масштабе времени

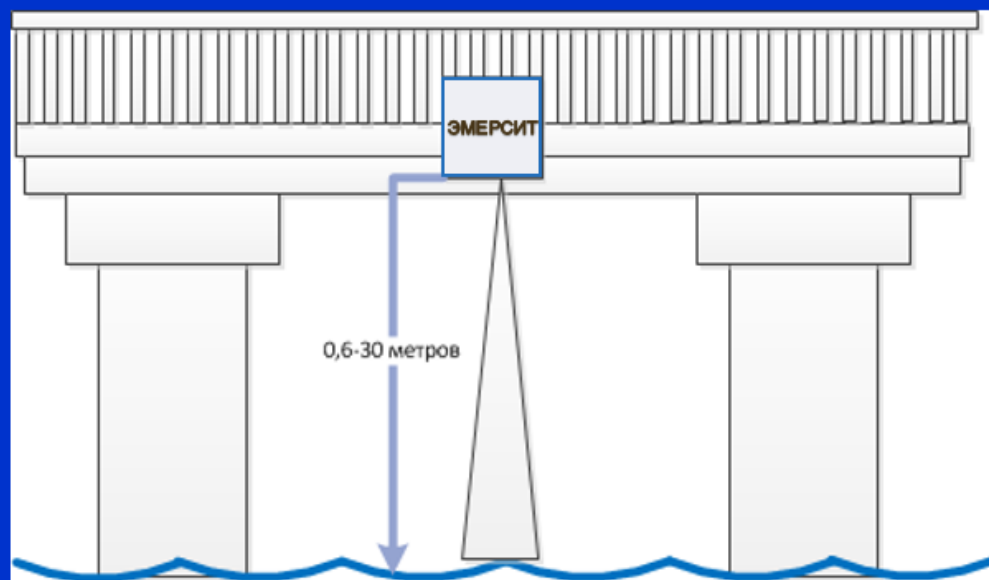
Сеть стационарных автоматических метеорологических станций (АМС) для сбора данных о текущих метеорологических параметрах окружающей среды

Передающая аппаратура программно-аппаратных средств АГК и АМС

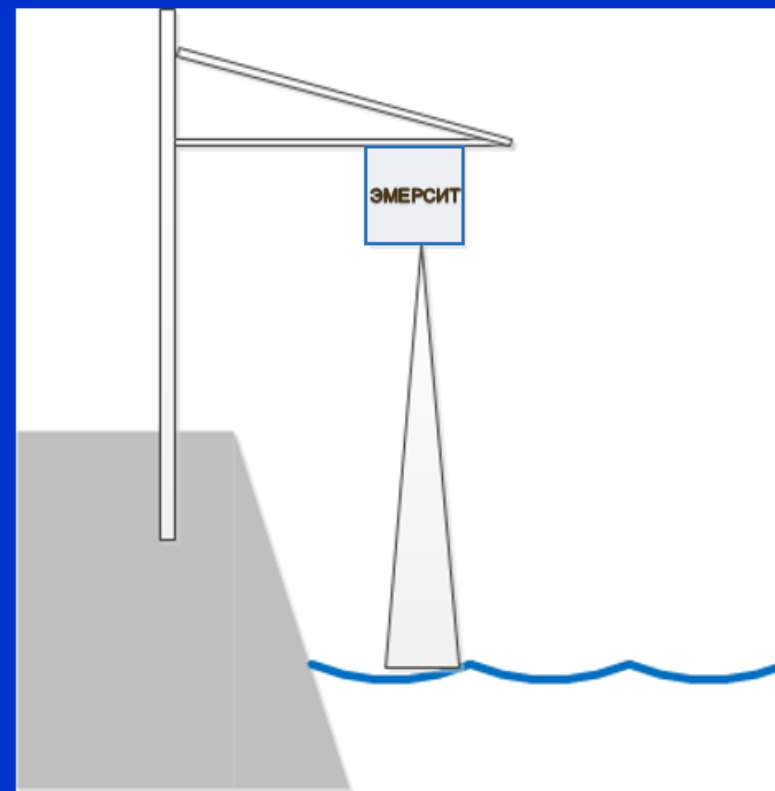
АМС размещаются с учетом оптимального радиуса охвата каждой станцией части водосборной площади для возможности репрезентативной оценки, интерполяции и построения **динамической компьютерной карты поля осадков** в пределах всей водосборной площади

## Схемы размещения АГК и АМС

*Крепление на мостовом переходе*



*Крепление на Г-образной арке*





## Характеристика измерительного комплекса АГК

Метод измерения уровня воды - радиолокационный

Точность измерения  $\pm 3$  мм

Определение расхода в реке (гидравлическим методом)

Передача данных по каналам сотовой и спутниковой связи

Автономное питание от солнечных батарей

Локальный архив данных

Статистическая обработка измерительной информации

Прогнозирование гидрологической обстановки для нижерасположенных участков

## Программно-аналитический уровень мониторинга

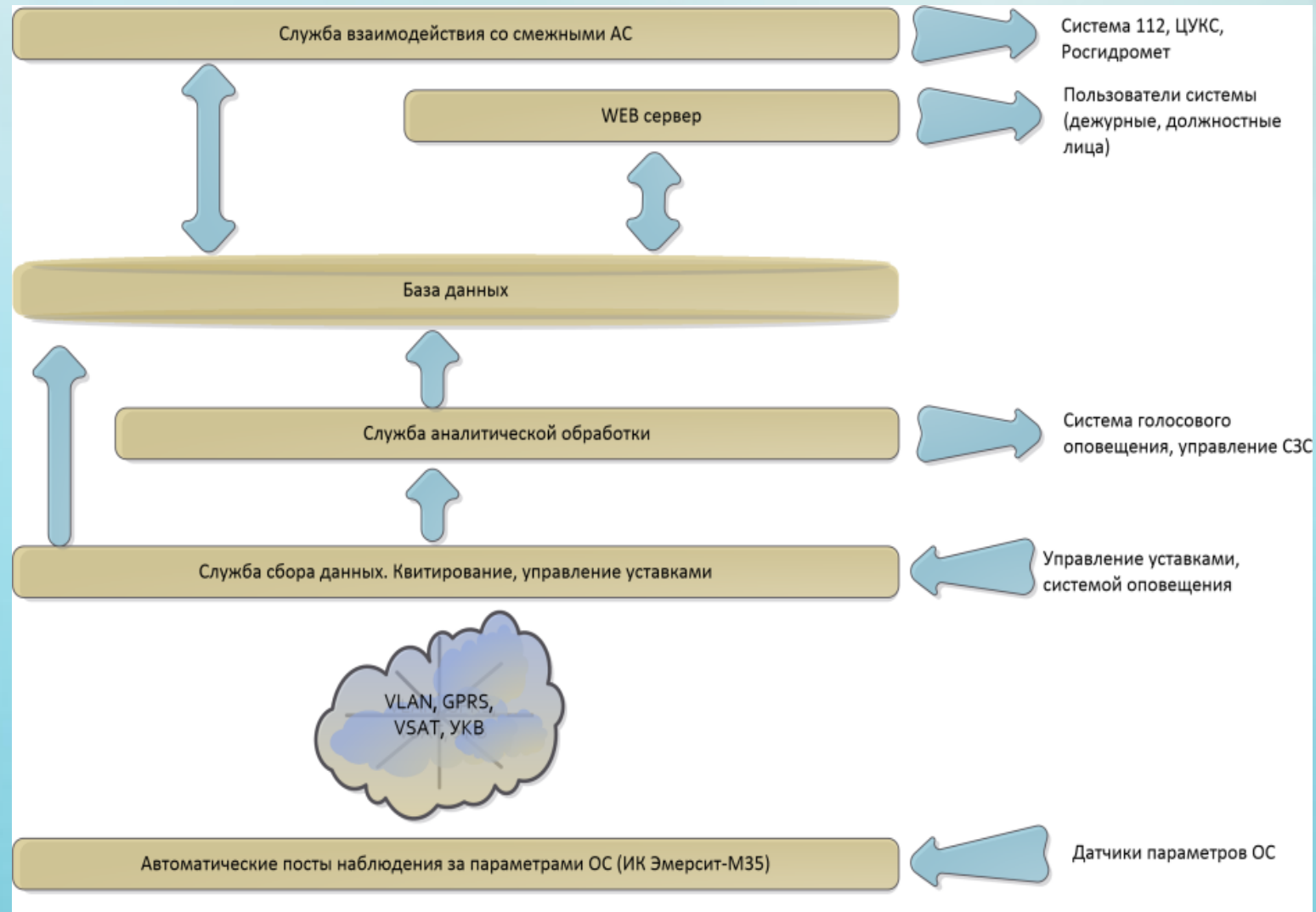
Специальное программное обеспечение для поддержки процессов сбора, накопления, оценки, аналитической обработки результатов измерений и создания долговременных архивов

Компьютерный модельный комплекс (КМК) для оценки получаемых данных, краткосрочного и сверхкраткосрочного прогнозирования гидрологического режима водных объектов и риска опасных гидрологических явлений (ОГЯ) на всем протяжении р. Темерник и его основных притоков (б. Темерник, б. Безымянная)

Особенность КМК — циклическое функционирование в реальном времени: по мере поступления новых данных в АГММ они загружаются в КМК и на модели «проигрывается» вариант развития гидрометеорологической обстановки, затем при новом поступлении данных цикл повторяется уже с учетом предыдущего варианта развития и т.д.

# Технология информационно-аналитической системы мониторинга

В основе технологии АСЭМ используется информационно-аналитическая система (ИАС Эмерсит) на базе измерительного комплекса (ИК Эмерсит-М35)



## Задачи измерительного комплекса (ИК) Эмерсит

Обеспечение взаимодействия с измерительными устройствами и датчиками

Вторичное преобразование физических величин

Сопоставление измеряемых параметров с предметной областью

Статистическая обработка результатов измерения

Архивирование результатов измерения

Передача результатов измерения службе сбора данных по каналам связи

Генерация информационных сообщений, соответствующих неблагоприятному или опасному явлению

## Режимы функционирования системы АГММ

Штатный режим: на интерактивной карте точка АГК окрашена в зеленый цвет (нормальное состояние)

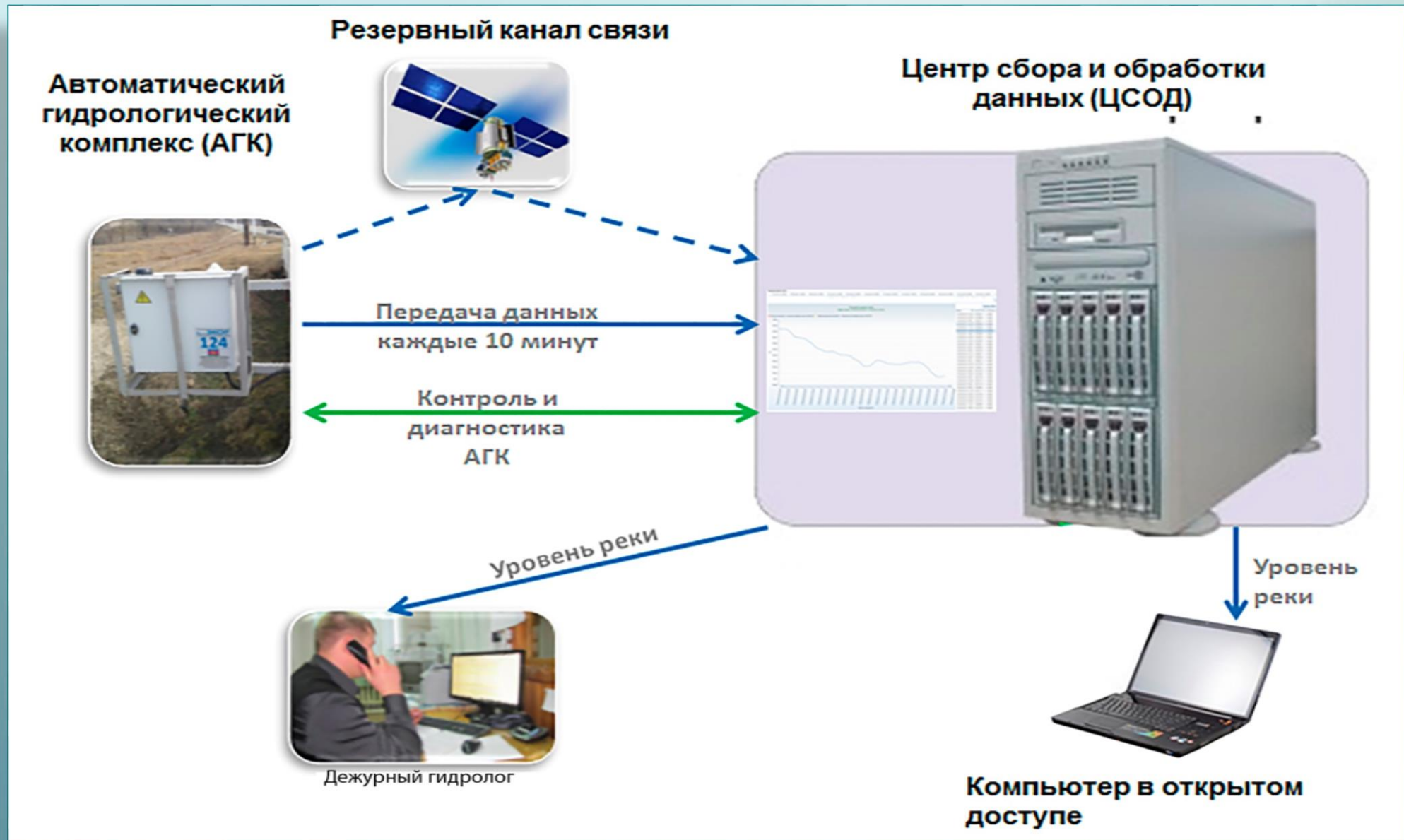
Режим повышенного внимания (ПВ): точка АГК на интерактивной карте окрашивается в желтый цвет; дается прогноз времени наступления НЯ

Режим неблагоприятного явления (НЯ): точка АГК на интерактивной карте окрашивается в оранжевый цвет; дается прогноз времени наступления ОЯ

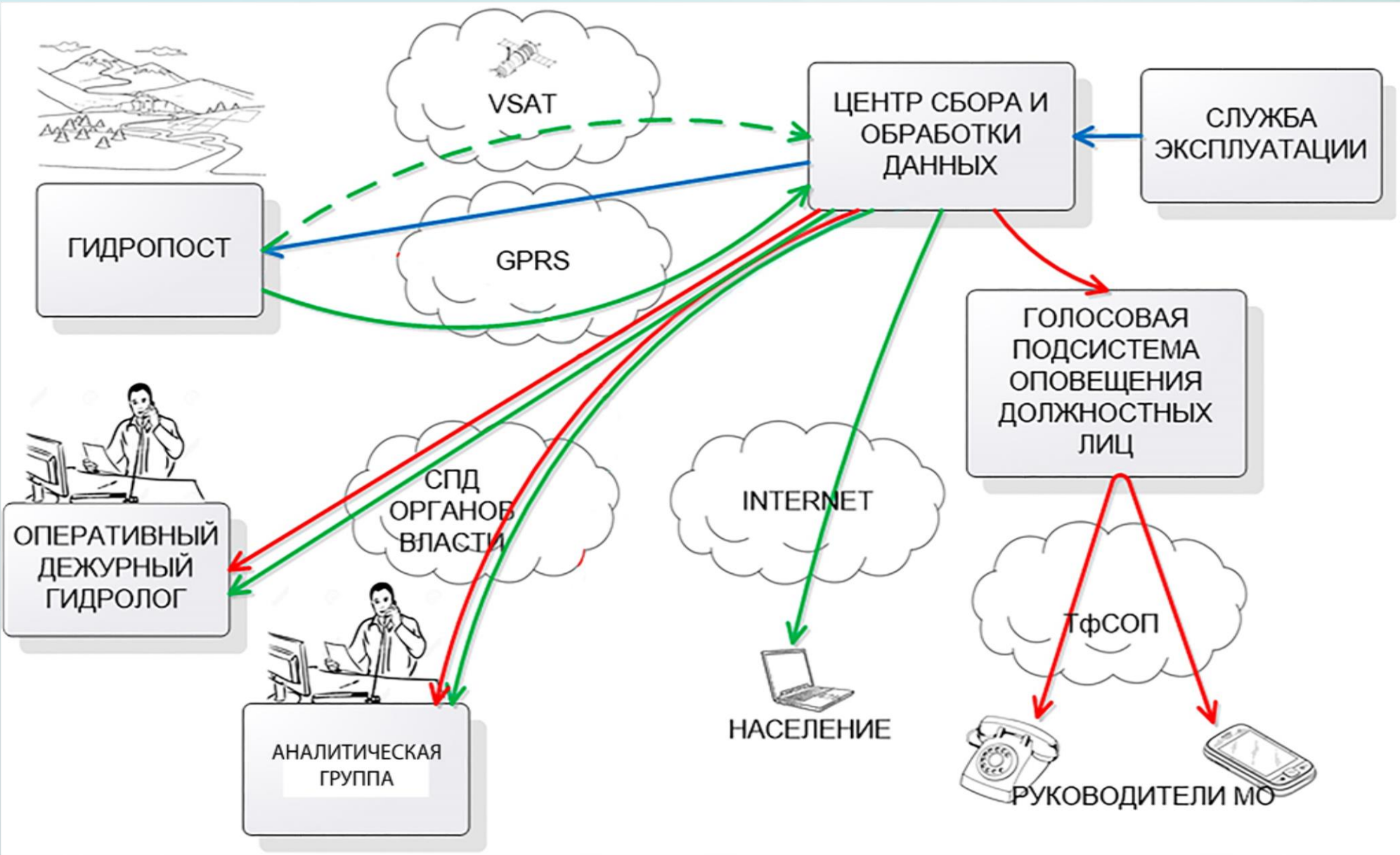
Режим опасного явления (ОЯ): точка АГК на интерактивной карте окрашивается в красный цвет

В условиях ПВ, НЯ и ОЯ предусмотрена возможность автоматической рассылки предупреждающей информации по заданному списку абонентов

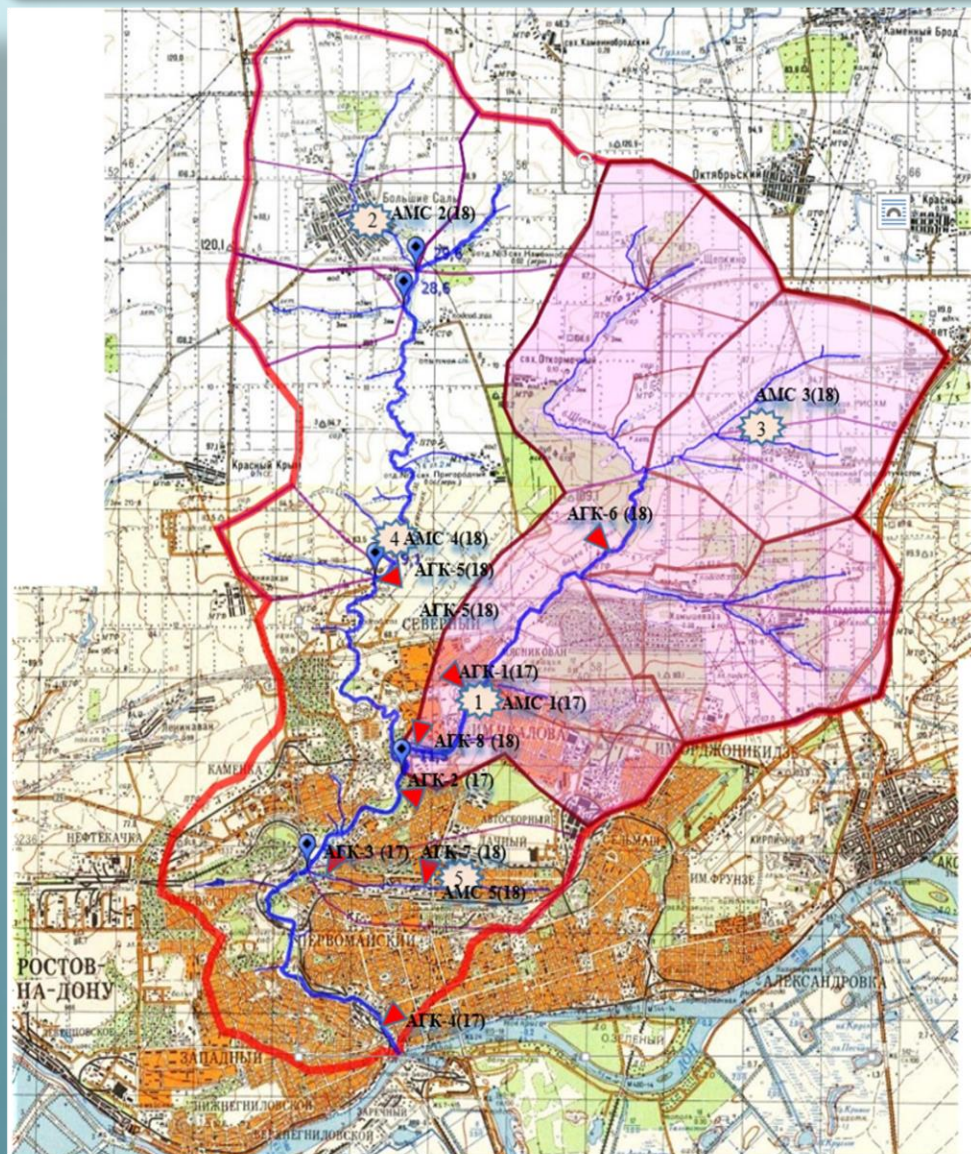
# Нормальный режим работы АГММ



# Схема передачи данных АГММ



# Схема размещения АГК и АМС в бассейне р. Темерник



## Географические координаты станций:

1. АГК-1(17) N: 47°17'26,34''; E: 39°43'46,36''
2. АГК-2(17) N: 47°16'16,60''; E: 39°42'07,10''
3. АГК-3(17) N: 47°15'00,70''; E: 39°40'20,20''
4. АГК-4(17) N: 47°12'53,50''; E: 39°41'52,10''
5. АГК-5(18) N: 47°18'48,06''; E: 39°41'36,43''
6. АГК-6(18) N: 47°18'59,07''; E: 39°46'00,25''
7. АГК-7(18) N: 47°18'50,36''; E: 39°43'45,04''
8. АГК-7(18) N: 47°16'32,07''; E: 39°42'16,81''
9. АМС-1(17) N: 47°17'26,34''; E: 39°43'46,36''
10. АМС-2(18) N: 47°17'26,34''; E: 39°43'46,36''
11. АМС-3(18) N: 47°20'32,51''; E: 39°49'55,50''
12. АМС-4(18) N: 47°18'48,06''; E: 39°41'36,43''
13. АМС-5(18) N: 47°18'50,36''; E: 39°43'45,04''

— граница водосбора р. Темерник

— границы «частных» водосборов

1 АМС-1(17) - метеостанция (в скобках год установки)

▲ АГК-1(17) - АГК (в скобках указан год установки)





## Характеристика АГК и АМС, введенных в 2017 г.

Первоочередные четыре АГК установлены в 2017 году. Они обеспечат оценку и сверхкраткосрочное прогнозирование гидрометеорологической обстановки в бассейне р. Темерник от Верхового водохранилища до устья р. Темерник, а также в устьевой части балки Безымянная и р. Темерник ниже ее впадения, в районе Зоопарка

АГК-АМС-238: измерение уровня воды в реке, суммы и интенсивности осадков, силы и направления ветра, температуры, относительной влажности, атмосферного давления, точки росы, а также определение расхода воды в реке

АГК-241: измерение уровня воды в реке и определение расхода

АГК-АМС-240: измерение уровня воды в реке, температуры, относительной влажности, атмосферного давления, точки росы, определение расхода воды в реке

АГК-239: измерение уровней воды в реке в устьевом створе. Уровень воды в данном створе является результатом совместного влияния поступающих расходов по основному руслу и колебания уровней в р. Дон

Расход воды в низовьях реки определяется с помощью математической модели на основе данных текущих измерений на вышерасположенных АГК с поправкой на время добегания расходов и приращение водосборной площади

## Виртуальные АГК

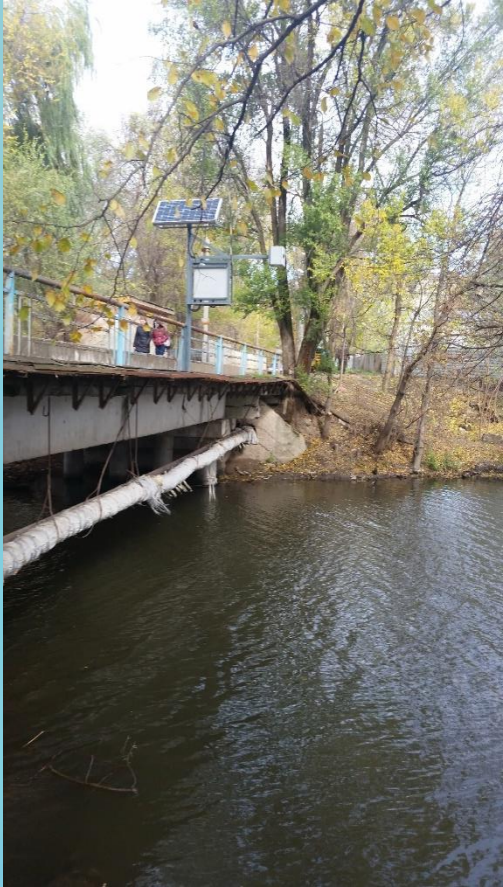
Виртуальные АГК позволяют получить оценку уровня и расхода воды в заданном створе на основе математических моделей с использованием полученных данных на вышерасположенных физических АГК

АГК-241-1 расположен на реке Темерник ниже впадения балки Безымянная в районе Зоопарка

АГК-241-2 расположен на реке Темерник в 2-х км южнее Ботанического сада

Как для физических, так и виртуальных АГК выполняется оценка положения уровня воды относительно отметок неблагоприятного (НЯ) и опасного (ОЯ) явления, а также определение индекса гидрологической опасности (по 10 бальной шкале). В составе модельного блока определяется ситуация «Состояние повышенного внимания» и текущий прогноз времени наступления НЯ и ОЯ и соответствующая рассылка предупреждающей информации

# АГК и АМС, установленные в 2017 г.



АГК-241, сан. Надежда



АГК-241,  
сан. Надежда



АГК-239,  
мост пр. Стачки



АГК-239, мост пр. Стачки



АГК-АМС-240, Зоопарк



АГК-АМС-240, Зоопарк



АГК-АМС-238, СЖМ,  
ул. Армянская

## Сеть АГК планируемая на втором этапе (2018 г.)

Планируется дополнительно установить четыре АГК для контроля и прогнозирования гидрологической обстановки:

на участке р. Темерник от истока до Низового водохранилища

на балке Темерник на участке от истока до ее слияния с б. Камышеваха

на б. Безымянная выше входного портала закрытого коллектора (в районе школы № 93) для контроля водного режима в средней части в верховьях балки (густо застроенная территория)

в приплотинной части Низового водохранилища, включая видео мониторинг

## Сеть АМС

В 2017 году установлена полнофункциональная метеостанция размещенная в географическом центре тяжести бассейна в районе северного жилого массива (ул. Армянская). Функционал АМС включает измерения полного набора метеорологических параметров

Дополнительная метеостанция установлена в районе Зоопарка с частичным набором измеряемых параметров

В 2018 г. планируется размещение четырех локальных осадкомерных станций в верховьях водосборной площади с учетом оптимального радиуса репрезентативности (5-8 км)

Планируемые к установке АМС будут использоваться для оценки, интерполяции и построения **интерактивной компьютерной карты** изогет осадков (снеготаяния) в пределах всей водосборной площади и последующего моделирования поверхностного стока в периоды дождевых ливней и интенсивного снеготаяния с использованием гидродинамических моделей

## Компьютерный модельный комплекс (КМК)

Назначение КМК: обработка данных наблюдений, сверхкраткосрочный прогноз гидрологической обстановки, оценка рисков неблагоприятных и опасных явлений

Полнофункциональная версия КМК может быть создана в течение 2018-2019 гг. и будет охватывать все участки бассейна р. Темерник. Функционал КМК должен включать:

Краткосрочные и сверхкраткосрочные прогнозы расходов и уровней на различных участках

Выдача информации, в том числе прогноз и оценка рисков наступления неблагоприятных (НЯ) и опасных (ОЯ) гидрологических явлений

Оценка рисков гидродинамических аварий на ГТС прудов и водохранилищ с расчетом характеристик волны прорыва, возможных зон затопления, подтопления

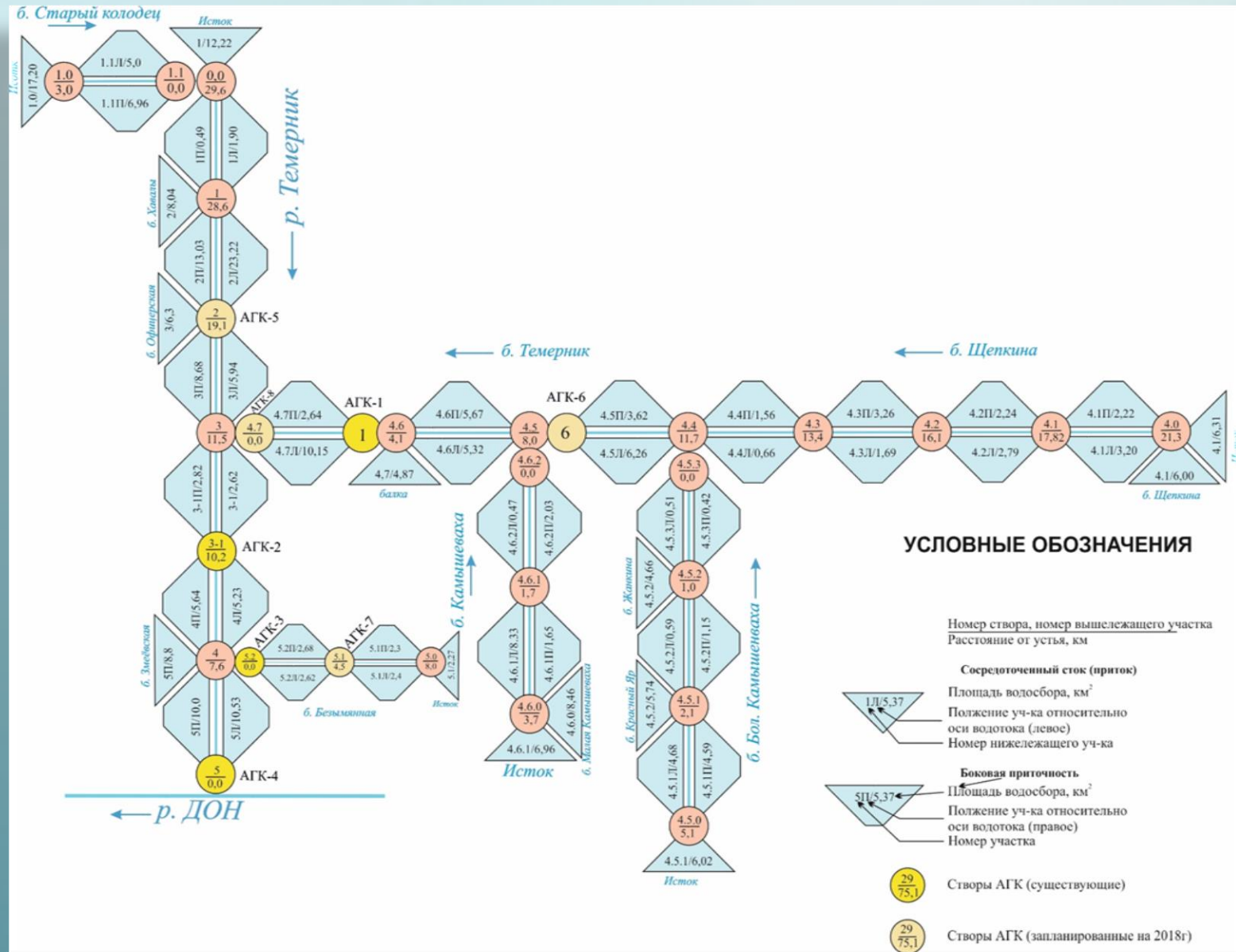
Отображение на геоинформационной интерактивной карте прогнозных контуров зон затопления и подтопления прибрежных территорий на всем протяжении р. Темерник и его основных притоков

# Компьютерный модельный комплекс сверхкраткосрочного прогнозирования гидрологической обстановки и негативных явлений (КМК)





# Структурно-информационная модель бассейна р. Темерник



## Анализ мониторинговых данных за период 30.10.2017 – 15.12.2017

### Метеорологические и гидрологические явления 21-22 ноября 2017 года

За указанный период осадки составили в сумме 27 мм (около половины месячной нормы) и прошли тремя волнами: 7 мм – в ночь на 21.11, 10 мм – утром 21.11 и 10 мм вечером 21.11.2017

На АГК-240 (б. Безымянная, Зоопарк), произошло повышение уровня от первой волны на 15 см (3.00 утра 21.11.17), от второй волны до 60 см (9.30 утра 21.11.17), и от третьей волны, после кратковременного спада и стабилизации уровня, вновь до 45 см

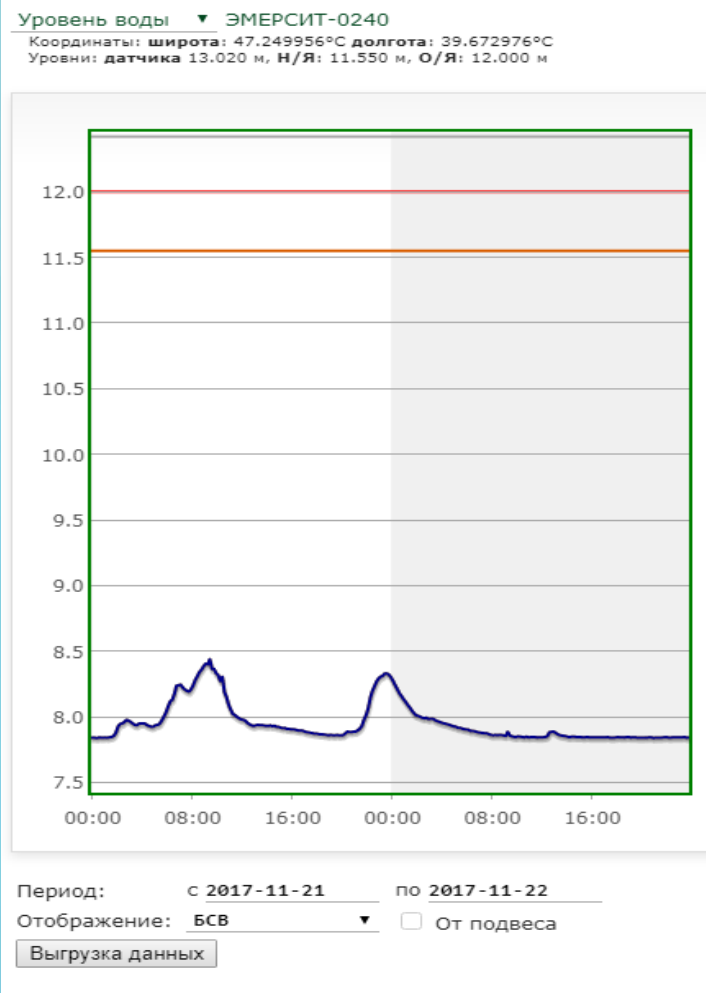
Увеличение расхода воды в б. Безымянная по сравнению с меженным расходом составило:

- в первой волне выпавших осадков с 0,060 м<sup>3</sup>/с до 0,180 м<sup>3</sup>/с, т.е. в три раза,
- во второй волне максимальный расход составил 1,125 м<sup>3</sup>/с, увеличение в 18 раз,
- в третьей волне 0,841 м<sup>3</sup>/с, увеличение расхода в 14 раз

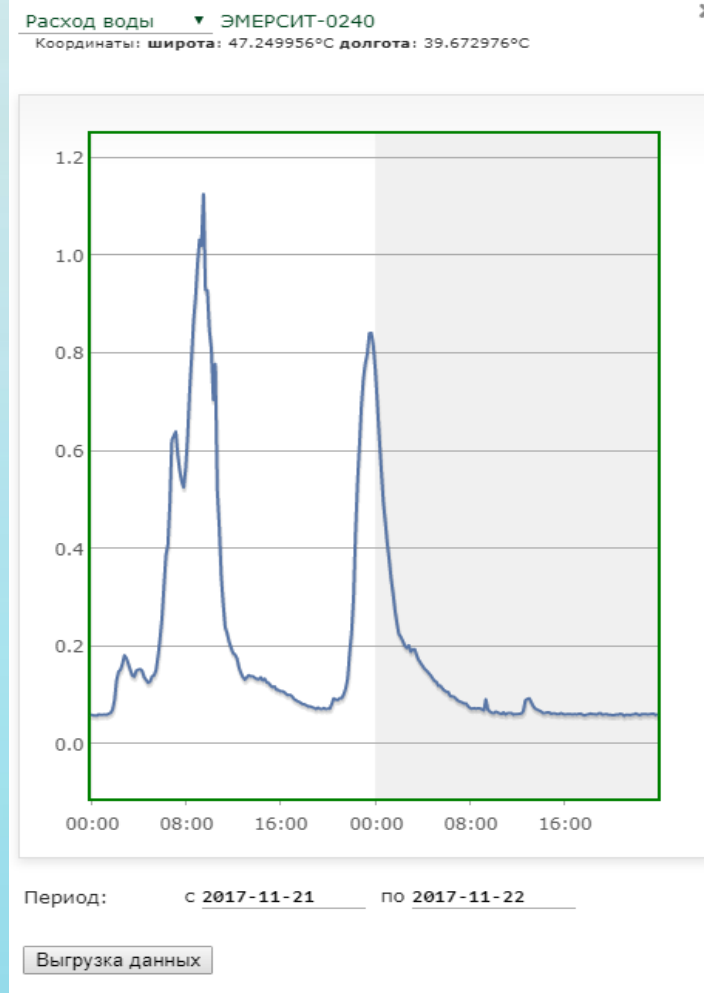
Расчеты показали: если бы осадки прошли за одни сутки (а не двое), общий рост уровня мог бы составить более 1,2 метра.

Аналогичная картина отмечалась и в других створах р. Темерник (АГК-238). Максимальный рост уровней за две волны выпавших осадков составил около 45 см и 35 см соответственно.

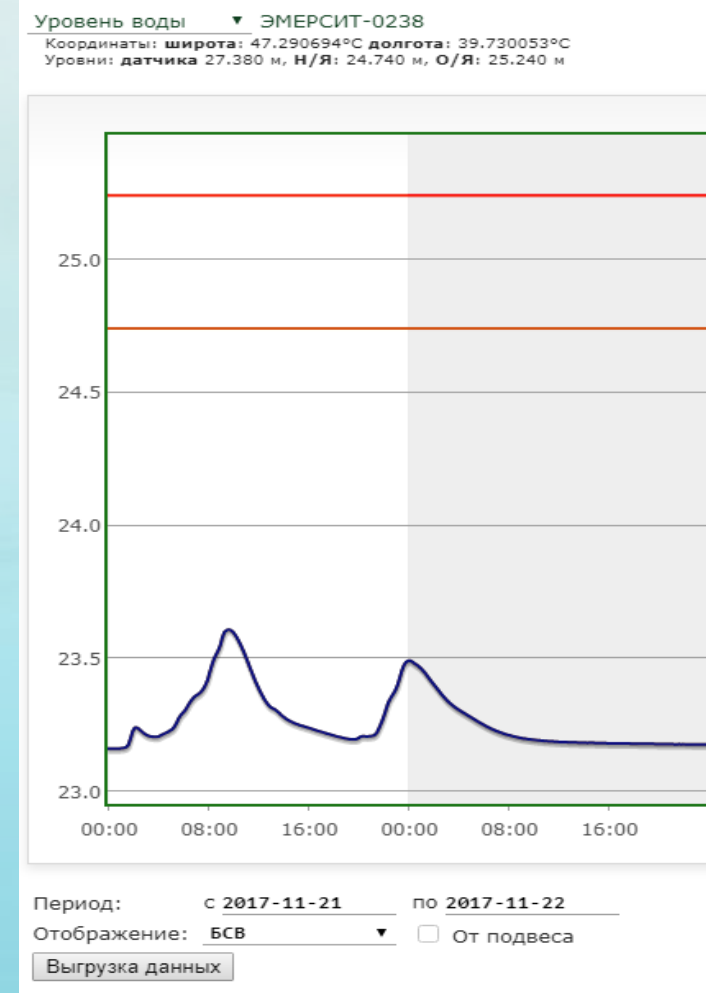
# Результаты измерений уровней и расходов на АГК 21-22 ноября 2017 года



Ход уровней на АГК-240  
21-22.11.2017



Расходы на АГК-240  
21-22.11.2017



Ход уровней на АГК-238  
21-22.11.2017

## Метеорологические и гидрологические явления 4-5 декабря 2017 года

Выпавшие осадки произошли менее чем за сутки (за 11 часов) с вечера 4.12.17 до утра 5.12.17 и составили в сумме 11 мм

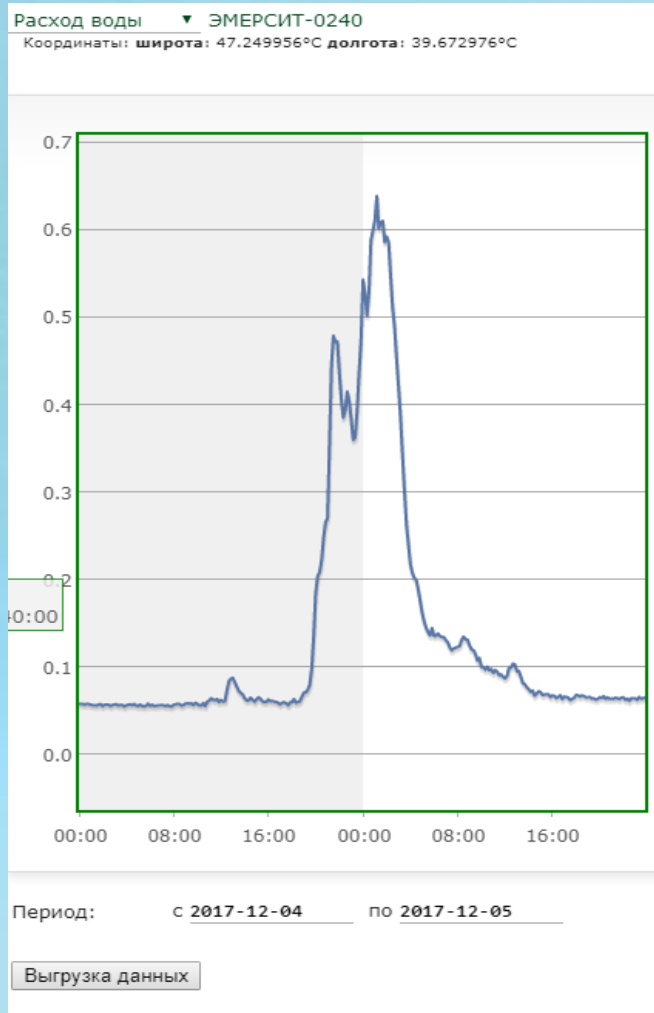
Повышение уровня на гидрологических постах составило:

- на АГК-240 (балка Безымянная, Зоопарк) – 40 см,
- на АГК-241 (р.Темерник, сан. Надежда) – 20 см,
- на АГК-238 (балка Темерник, СЖМ) – 30 см.

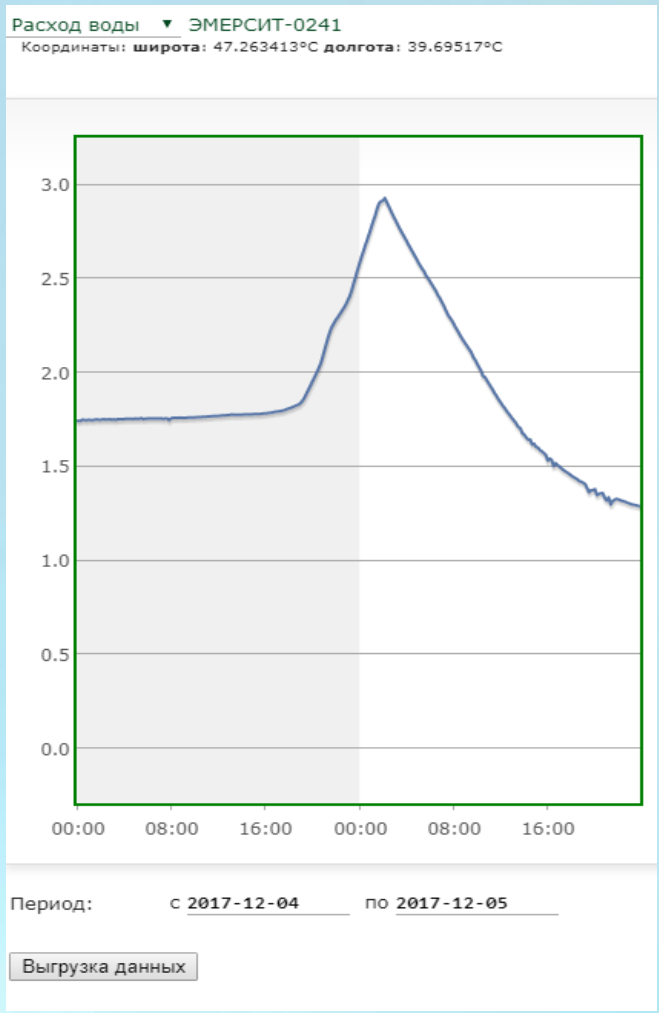
Увеличение расхода воды в реке по сравнению с меженным расходом составило:

- на АГК-240 (балка Безымянная, Зоопарк) – более чем в 11 раз
- на АГК-241 (р.Темерник, сан. Надежда) – более, чем в 2 раза
- на АГК-238 (балка Темерник, СЖМ, ул. Армянская) – более чем в 3 раза.

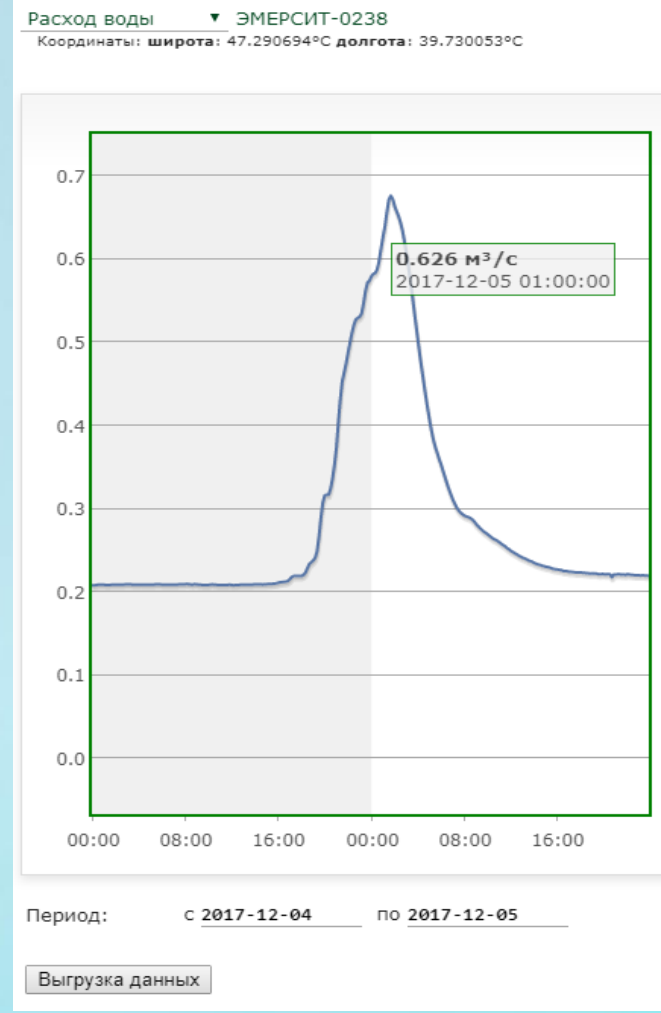
# Результаты измерений уровней и расходов на АГК 4-5 декабря 2017 года



Расходы на АГК-240  
4-5.12.2017

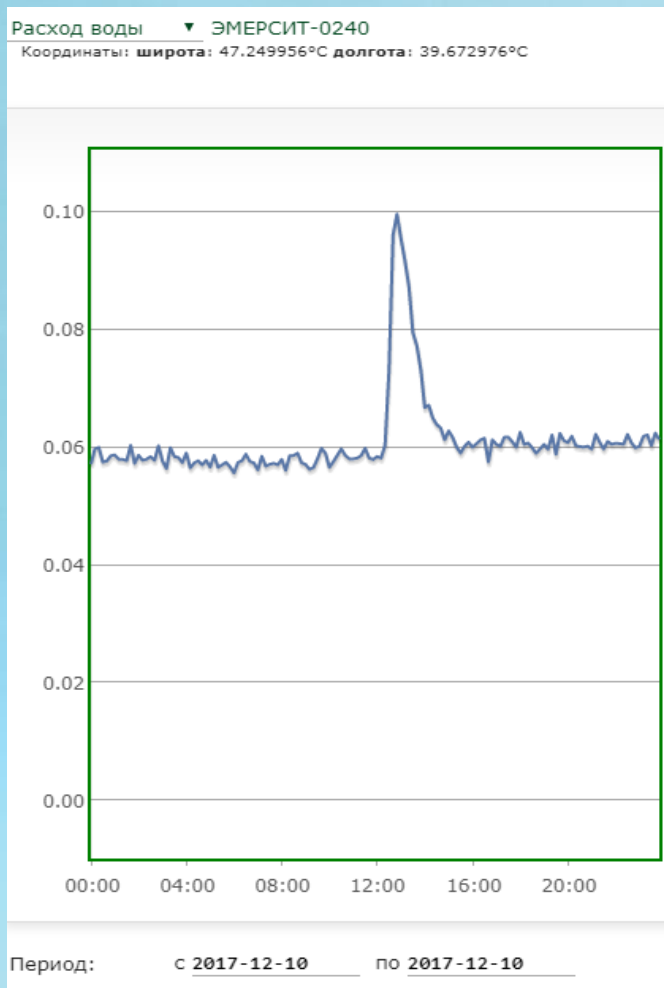


Расходы на АГК-241  
4-5.12.2017

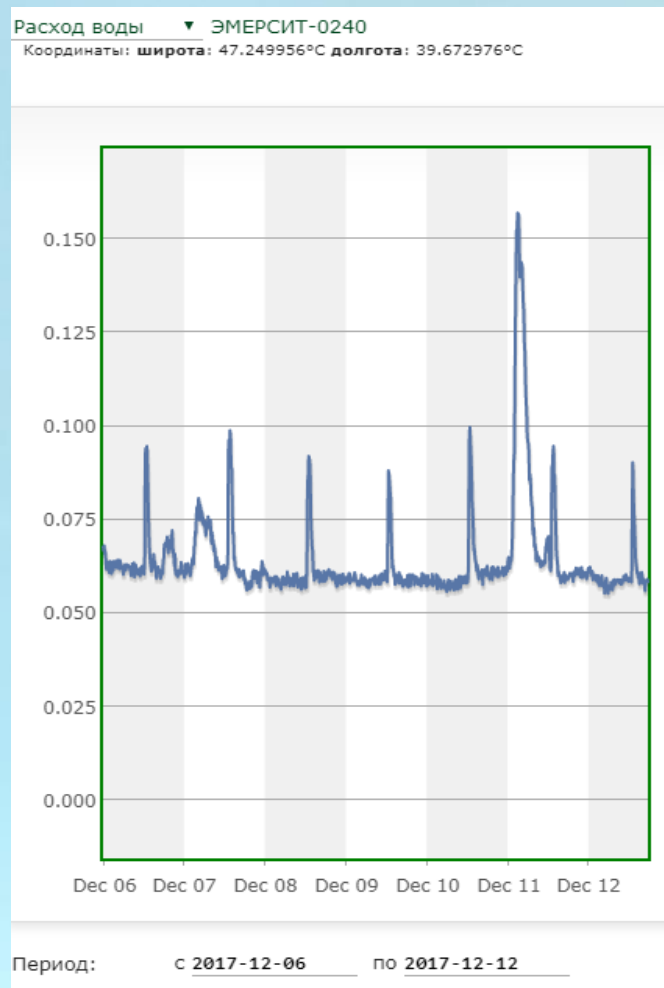


Расходы на АГК-238  
4-5.12.2017

# Систематические сбросы воды в б. Безымянную



Типичный суточный гидрограф на балке Безымянной (Зоопарк)



Недельный гидрограф на балке Безымянной (Зоопарк)

Ежедневно с 13.00 до 15.00 часов (плюс-минус 10 минут) в балке Безымянной отмечается резкий рост, а затем спад уровня и расхода, свидетельствующие о мгновенном сбросе значительного объема воды выше по течению

Максимальное увеличение расхода в водотоке в полтора-два раза. Установлено, что общий объем разового ежесуточного сброса составляет от 60 до 120 м<sup>3</sup> в зависимости от случая. Также иногда имеют место эпизодические сбросы воды с общим разовым сбросом до 300 м<sup>3</sup>. Источники сбросов не установлены.

## Сгонно-нагонные колебания уровней в низовьях реки Дон и устье р. Темерник

Созданная сеть АГК будучи представленной на совместном сервере с действующими АГК на акватории, в береговой зоне Азовского моря и дельте реки Дон, позволяют осуществлять контроль и краткосрочное прогнозирование сгонно-нагонных явлений в дельте и низовьях Дона.

Информация сторонних АГК может использоваться в свободном доступе

Этой цели может служить линейка АГК:

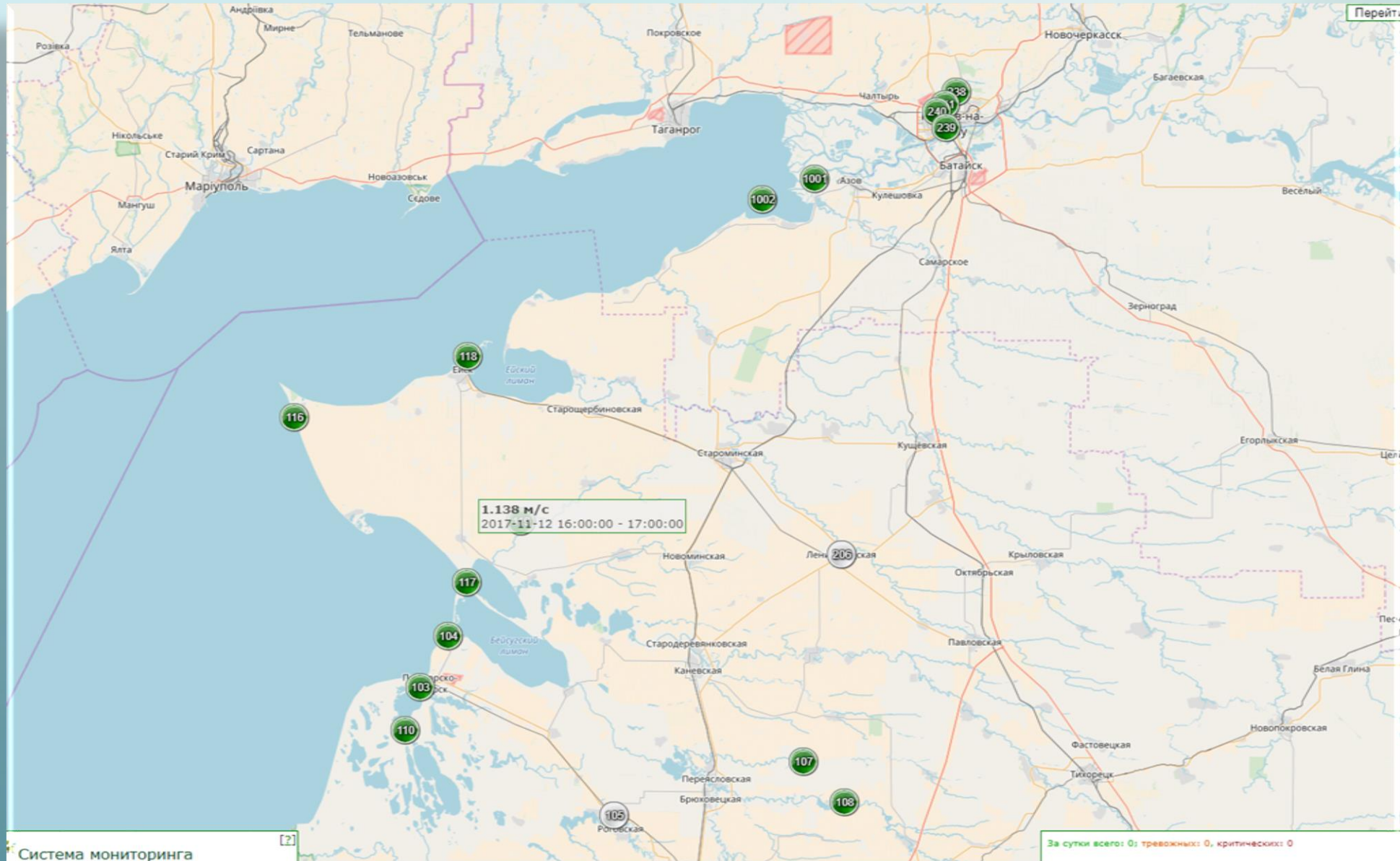
- 1) АГК-103 (Приморско-Ахтарск), 2) АГК-116 (Должанка), 3) АГК-118 (Ейск), 4) АГК-1002 (на платформе в Таганрогском заливе), 5) АГК-1001 (в дельте Дона, пос. Донской), 6) АГК-239 (устье р. Темерник)

Представленные АГК контролируют как динамику уровней воды в море и реке Дон, так и метеорологические характеристики в Таганрогском заливе и дельте Дона (в том числе силу и направление ветра, атмосферное давление и др.)

Существующая сеть АГК и АМС может явиться началом для создания полноценной системы мониторинга сгонно-нагонных явлений в низовьях Дона при условии установки дополнительных АГК и АМС и создания соответствующего аналитического аппарата

Данные текущих измерений на АГК с совместным анализом прогнозной информации о силе и направлении ветра могут быть использованы для краткосрочного прогноза подъема уровней в дельте и низовьях Дона.

# АГК в береговой зоне, акватории Азовского моря и низовьях Дона

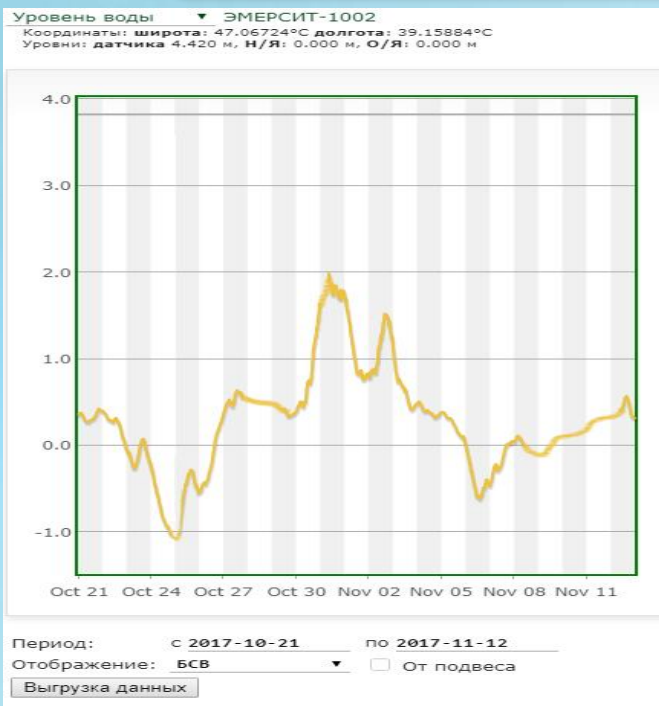




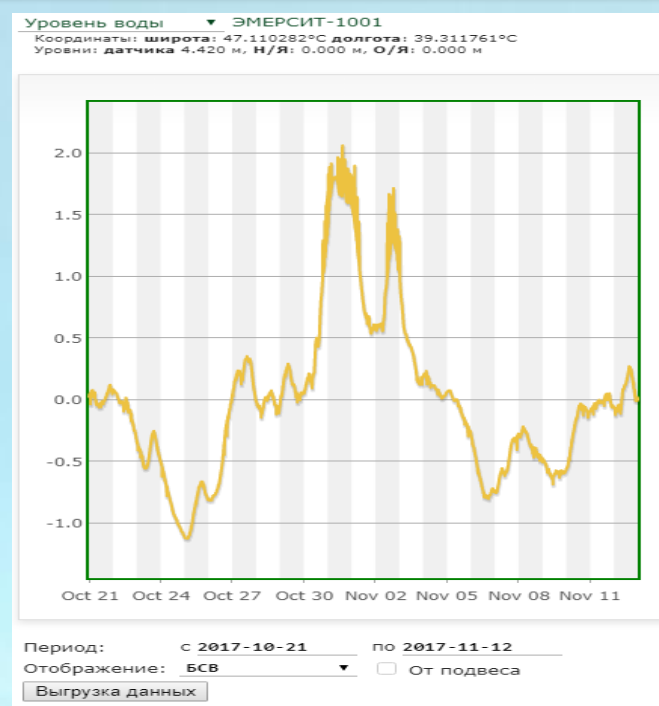
## Сгонно-нагонные явления, наблюдаемые с 21.10.17 по 11.11.17

За сравнительно небольшой период эксплуатации введенных в действие АГК на устьевом участке р. Темерник отмечалась фаза значительного сгона и нагона воды в дельте и низовьях Дона, произошедшие с 21.10.17 по 11.11.17

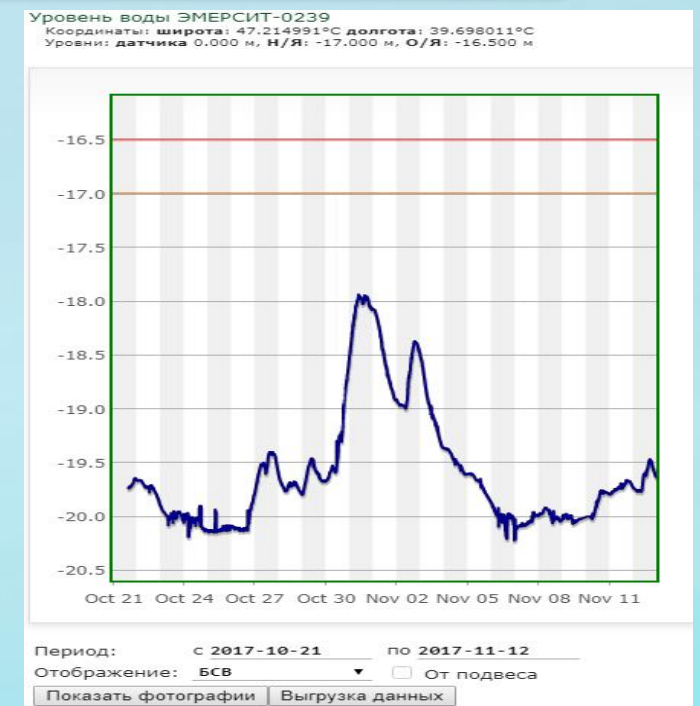
Сделанная выборка за указанный период наблюдений с временным шагом 10 минут, совместный анализ данных измерений уровней воды и характеристик измерения ветра позволил установить некоторые особенности произошедшего явления.



Ход уровней в Азовском море (АГК 1002) с 21.10.17-11.11.17

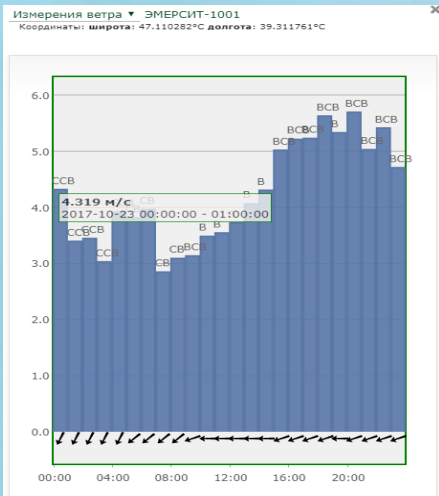


Ход уровней в дельте Дона (АГК-1001) с 21.10.17-11.11.17



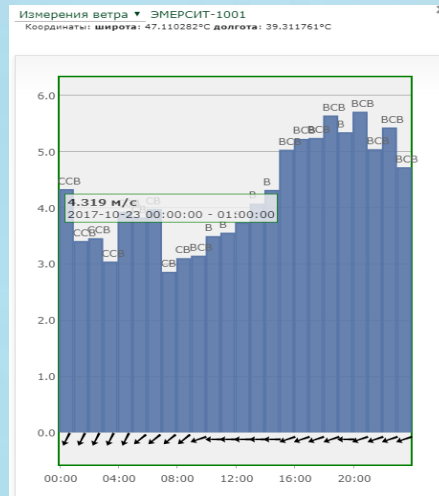
Ход уровней в р. Дон по данным АГК-239 с 21.10.17-11.11.17

# Максимальный сгон (1,2 м) воды в Азовском море и дельте Дона в период 23-26 октября 2017 г.



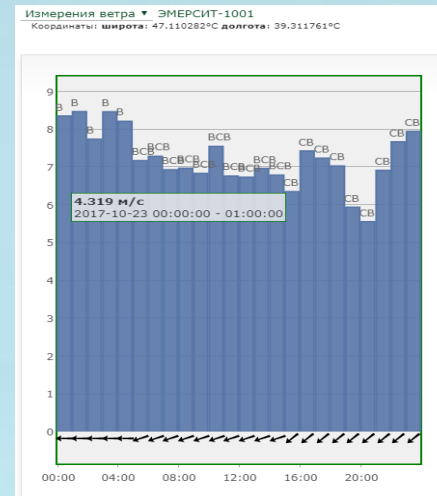
Дата: 2017-10-23

Сила и направление ветра 23.10.17



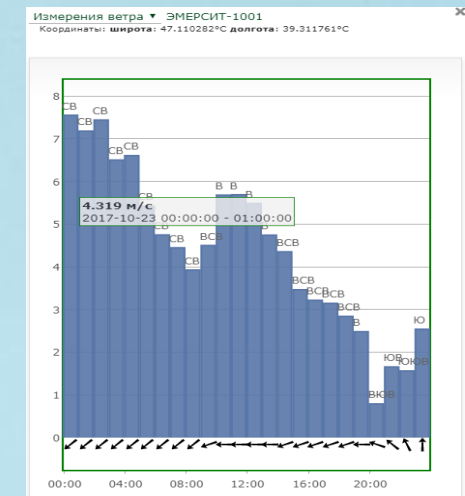
Дата: 2017-10-23

Сила и направление ветра 24.10.17



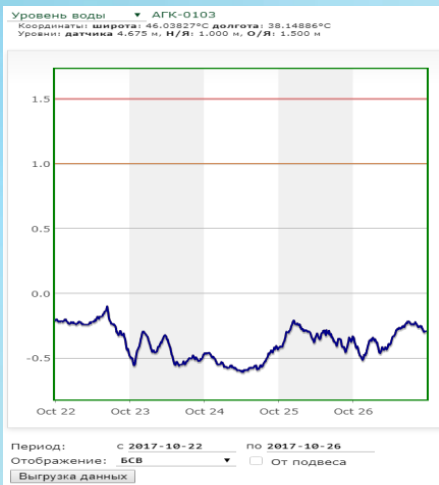
Дата: 2017-10-25

Сила и направление ветра 25.10.17



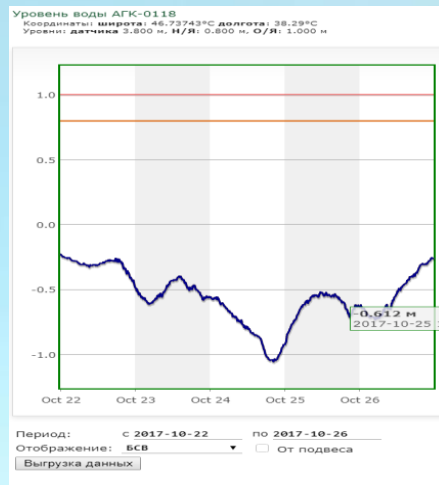
Дата: 2017-10-26

Сила и направление ветра 26.10.17



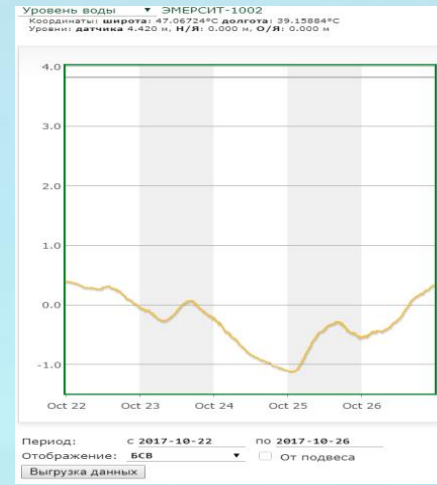
Период: с 2017-10-22 по 2017-10-26  
Отображение: БСВ  От подвеса  
Выгрузка данных

Уровни на АГК-103  
22-26.10.2017



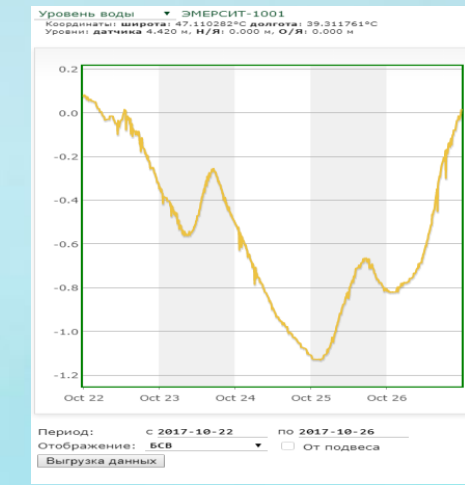
Период: с 2017-10-22 по 2017-10-26  
Отображение: БСВ  От подвеса  
Выгрузка данных

Уровни на АГК-118  
22-26.10.2017



Период: с 2017-10-22 по 2017-10-26  
Отображение: БСВ  От подвеса  
Выгрузка данных

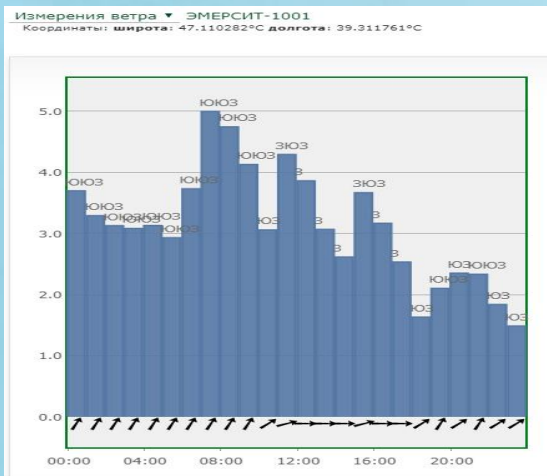
Уровни на АГК-1002  
22-26.10.2017



Период: с 2017-10-22 по 2017-10-26  
Отображение: БСВ  От подвеса  
Выгрузка данных

Уровни на АГК-1001  
22-26.10.2017

# Формирование нагона воды с 27 по 30 октября 2017 г. в Азовском море, дельте и низовьях Дона



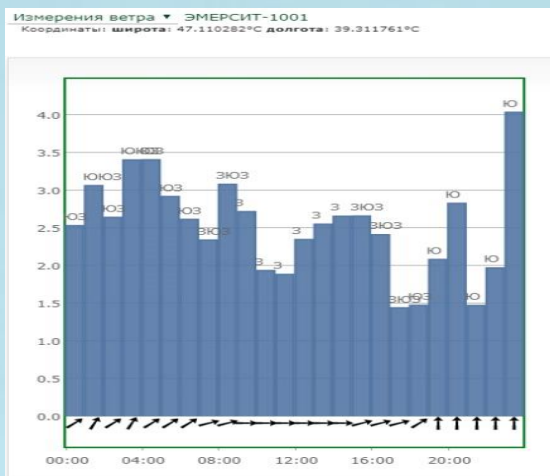
Дата: 2017-10-27

**Сила и направление ветра  
27.10.17**



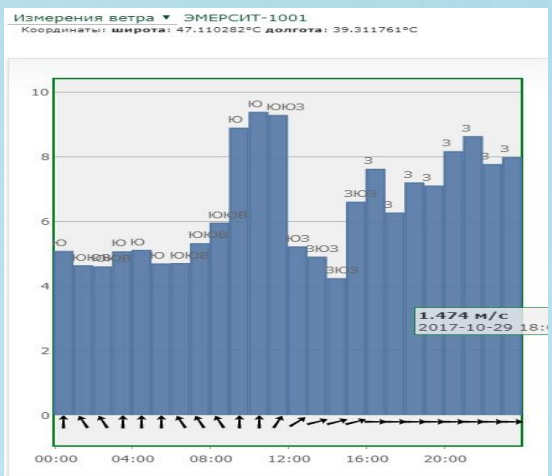
Дата: 2017-10-28

**Сила и направление ветра  
28.10.17**



Дата: 2017-10-29

**Сила и направление ветра  
29.10.17**



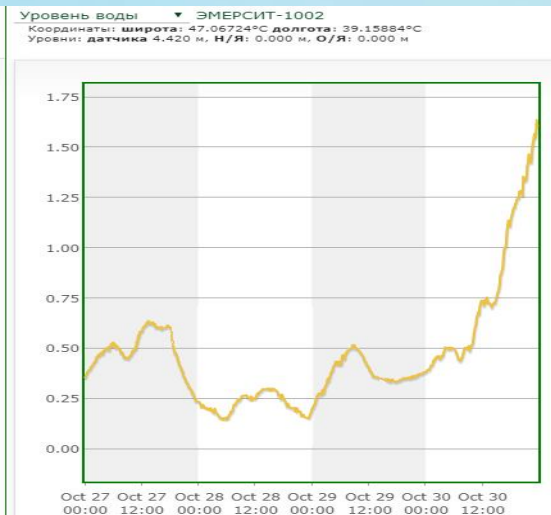
Дата: 2017-10-30

**Сила и направление ветра  
30.10.17**



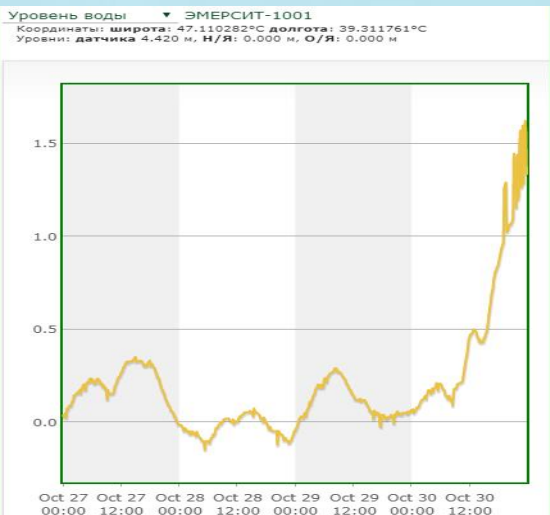
Период: с 2017-10-27 по 2017-10-30

**Уровни на АГК-118  
27-30.10.2017**



Период: с 2017-10-27 по 2017-10-30

**Уровни на АГК-1002  
27-30.10.2017**



Период: с 2017-10-27 по 2017-10-30

**Уровни на АГК-1001  
27-30.10.2017**



Период: с 2017-10-27 по 2017-10-30

**Уровни на АГК-239  
27-30.10.2017**

## Выводы по результатам изучения сгонно-нагонных явлений на сети АГК 21.10 – 11.11.2017

Фаза чередования явлений сгон-нагон-сгон и стабилизация уровня воды в дельте и низовьях Дона наблюдалась в период с 21 октября по 11 ноября 2017 года.

Наибольший сгон воды в дельте Дона и Таганрогском заливе происходил в период с 24-25 октября. Уровень воды в дельте Дона понизился более, чем на 1,17 м по сравнению со средним уровнем в межень

25-31 октября нагон воды в дельте Дона и Таганрогском заливе составил около 2 м. Уровень воды в р. Дон в Ростове-на-Дону, согласно измерений в устье р. Темерник на АГК-239 относительно минимального уровня в межень вырос на 2,1 м. Максимум уровня наблюдался с 9.40 час до 18.50 час 31.10.17

Продвижение нагонной волны из залива вверх по течению р. Дон происходило со сдвижкой по максимуму: от края дельты примерно 6-7 часов, от АГК-1002 в акватории Таганрогского залива – около 9 часов.

Эти данные в сочетании с текущими измерениями на АГК, прогнозной информацией о силе и направлении ветра могут быть использованы для краткосрочного прогноза подъема уровней в дельте и низовьях Дона

Согласно наблюдениям и анализу явления в его частном проявлении отмечается, что наиболее опасной схемой последовательности направления ветра является – В, СВ, ВСВ (3-4 суток интенсивностью 5-10 м/с или выше), Ю-ЮЮЗ (3-4 суток 5-10 м/с или выше), З-ЗЮЗ (1-2 суток 5-12 м/с или выше)

## Предложения по созданию системы мониторинга сгонно-нагонных явлений (СНЯ)

Каждое отдельное проявление сгонно-нагонных явлений уникально и является результатом сочетания гидрометеорологических факторов в конкретном случае.

Данные текущих измерений на АГК и совместный анализ прогнозной информации о силе и направлении ветра могут быть использованы для краткосрочного прогноза СНЯ. Общие закономерности СНЯ могут учитываться в математических моделях, работающих в циклическом режиме в реальном времени.

Для создания системы мониторинга СНЯ в дельте и низовьях Дона необходима установка дополнительных АГК

- в дельте Дона (для измерения уровня воды в реке и метеорологических параметров)

- два АГК в береговой зоне по одному по каждому берегу Таганрогского залива: одну в районе г. Таганроге и одну в пос. Чумбур-Коса (для измерения уровня воды в реке и метеорологических параметров)

- в р. Дон в районе Ростова-на-Дону (для измерения уровня воды)

- в акватории Таганрогского залива для измерения уровня воды и метеорологических параметров (возможно совместное с ЮНЦ РАН переоборудование и модернизация АГК-1002)

**БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ !**