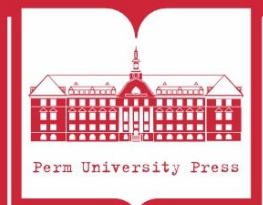


ПЕРМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ:

## ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Методические указания  
для выполнения практических работ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра гидрологии  
и охраны водных ресурсов*

**ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ:  
ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**



Пермь 2024

УДК 504.4: 556(075.8)  
ББК 26.220.8я73  
О603

*Составители:* Микова К. Д., Механошина Е. В.

**Опасные природные явления:** опасные гидрологические явления. Методические указания по выполнению практических работ [Электронный ресурс] : методические материалы / сост. К. Д. Микова, Е. В. Механошина ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2024. – 2,41 Мб ; 63 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/opasnye-prirodnye-yavleniya-opasnye-gidrologicheskie-yavleniya-Metodicheskie-ukazaniya-po-vypolneniyu-prakticheskikh-rabot.pdf>. – Заглавие с экрана.

Методические указания соответствуют программе курса «Опасные гидрологические явления» модуля «Опасные природные явления».

Цель издания – формирование у студентов навыков анализа опасных гидрологических явлений для оценки состояния водных объектов и выявления мест, подверженных формированию опасных явлений гидрологического характера.

Предназначено для студентов географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров «Гидрометеорология», «Прикладная гидрометеорология» и «Геодезия и дистанционное зондирование».

**УДК 504.4: 556(075.8)**  
**ББК 26.220.8я73**

*Издается по решению методической комиссии географического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

© ПГНИУ, 2024  
© Микова К. Д., Механошина Е. В.,  
составление, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Характеристика весеннего половодья.....	5
Практическая работа № 1. Определение основных характеристик весеннего половодья и расчет вероятности затопления поймы .....	9
2. Анализ заторообразования .....	29
Практическая работа № 2. Характеристика формирования заторов на реках и построение физико-статистических зависимостей для прогноза заторообразования .....	33
3. Характеристика маловодья на реках .....	40
Практическая работа № 3. Расчет характеристик маловодья .....	42
4. Оценка опасных гидрометеорологических явлений в районе изысканий.....	47
Практическая работа № 4. Определение опасных гидрометеорологических явлений в районе изысканий .....	49
5. Доклад по теме реферата .....	54
Список используемой литературы .....	57
Приложение 1 .....	58
Приложение 2 .....	60
Приложение 3 .....	61
Приложение 4.....	62

## ВВЕДЕНИЕ

Опасные гидрологические явления – это события, формирующиеся в результате гидрологических процессов, возникающих под действием различных природных факторов или их сочетаний, оказывающие поражающее воздействие на людей, объекты экономики и окружающую природную среду (Бузин, 2015). К гидрологическим опасным явлениям относятся:

**1) высокие уровни воды** при половодьях, дождевых паводках, заторах льда, зажорах, ветровых нагонах – уровни, при которых возможно затопление пойменных участков и расположенных на них населенных пунктов, крупных промышленных объектов, дорог, линий электропередач, водопроводов, посевов сельскохозяйственных культур;

**2) низкие уровни воды** в меженные периоды – уровни, которые характеризуются малой водностью и длительным стоянием в зимний и летне-осенний период, когда питание реки осуществляется только за счет подземных вод.

**3) раннее замерзание и позднее вскрытие** судоходной реки, водохранилища или озера, повторяющееся не чаще чем 1 раз в 10 лет; появление льда, непроходимого судами и ледоколами в период навигации на судовых трассах; интенсивный ледоход, угрожающий напором льда на речные гидротехнические сооружения и их разрушением; внутриводный лед, забивающий водозаборные сооружения;

**4) наледи** – слоистые ледяные массивы, приводящие к подпору воды в реках и затоплению прилегающей территории холодной водой, а также разрушающие различного рода сооружения путем статического и динамического давления наледного льда на них;

**5) сели** – водогрязекаменные потоки в горах, вызванные сильными осадками, прорывами завальных и моренных озер, угрожающие населенным пунктам, спортивным и санаторно-курортным комплексам, объектам горнодобывающей промышленности, железным и автомобильным дорогам, оросительным системам и другим хозяйственным объектам;

**6) снежные заносы и лавины**, также угрожающие населенным пунктам, железным и автомобильным дорогам, линиям электропередачи и другим хозяйственным объектам;

**7) оползни и разрушение берегов**, наиболее ярко проявляющееся на вновь созданных водохранилищах, которые угрожают различного рода сооружениям на берегах, в том числе жилым постройкам (Бузин, 2015).

В методических указаниях дана схема сбора исходных данных для детального анализа весеннего половодья, заторообразования и маловодья на реках. Данные практические работы помогут приобрести навыки анализа и предварительного прогноза некоторых опасных гидрологических явлений.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

Весеннее половодье – это фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон года. Характеризующаяся относительно длительным и значительным увеличением водности реки, вызывающим подъём уровня воды. Обычно весеннее половодье сопровождается выходом вод из русла и затоплением поймы (Михайлов и др., 2007).

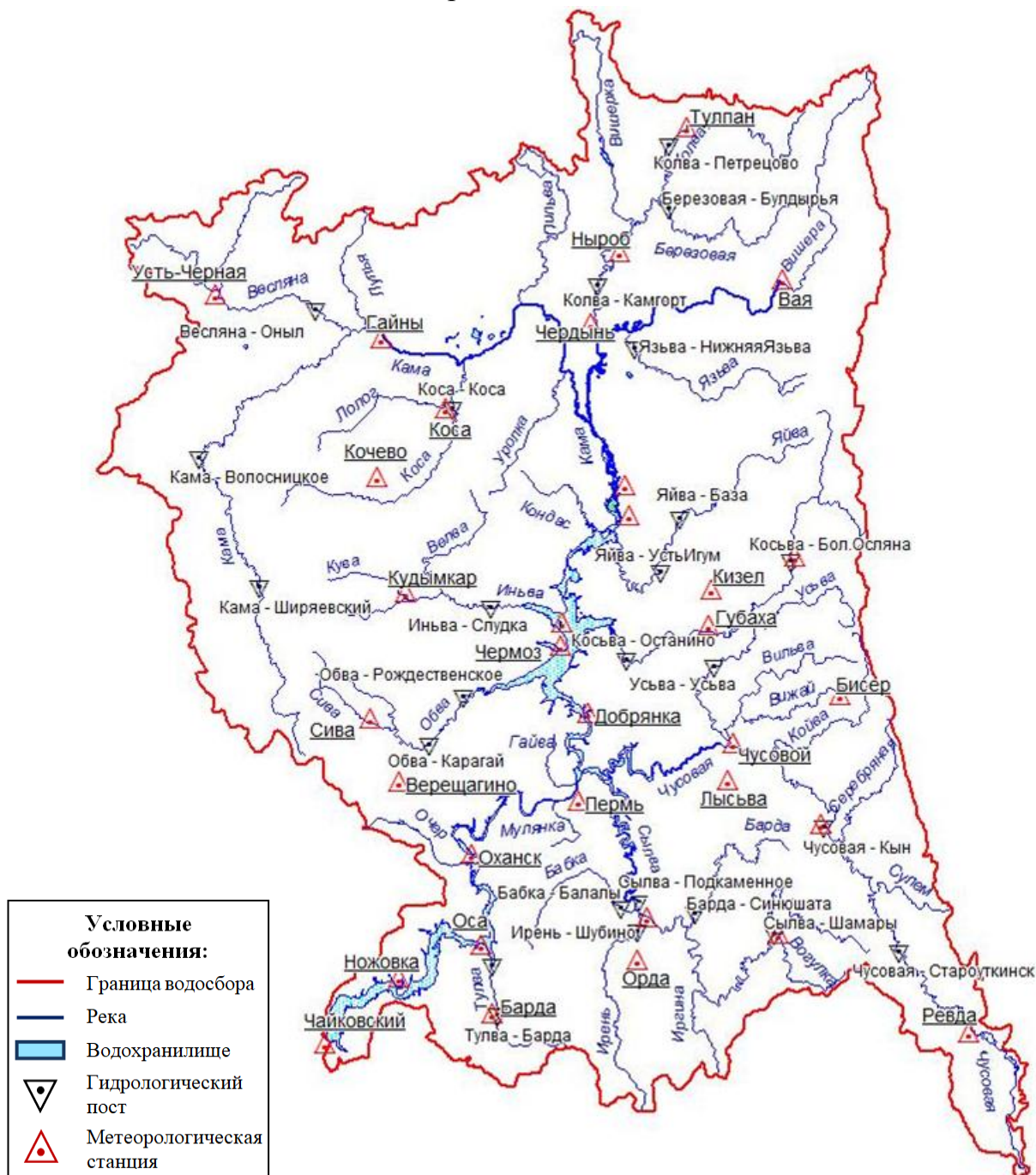


Рис. 1. Схема гидрографической сети территории водосбора Воткинского водохранилища (Калинин, 2014)

Выполнить анализ главной фазы водного режима рек (чисто снегового, преимущественно снегового и смешанного с преобладанием снегового типа пи-

тая) возможно с помощью рассчитанных средних, наибольших/поздних, наименьших/ранних показателей основных характеристик весеннего половодья. Рассмотрим некоторые особенности прохождения весеннего половодья на реках в период с 1971 по 2017 гг. для следующих гидрологических постов (г/п): р. Кама – с. Бондюг (1971-2017 гг.); р. Вишера – пос. Рябино (1971-2017 гг.); р. Яйва – с. Усть-Игум; р. Иньва – д. Слудка; р. Косьва – с. Перемское; р. Обва – с. Карагай; р. Чусовая – пгт. Лямино; р. Сылва – с. Сылвенск. Схема расположения гидрологических постов указана на рис. 1.

Результаты проведенных исследований за многолетний период показали, что в среднем весеннее половодье на реках начиналось с 30 марта по 5 апреля (амплитуда 7 дней). Наивысшие расходы воды на реках равнинной части водосбора наблюдались в период с 27 апреля по 11 мая (14 дней), а в предгорных районах в среднем на 6 дней позже с 3 по 18 мая (15 дней). Однако при этом на предгорных реках увеличение расходов воды с момента начала фазы и до формирования пика волны половодья в 2 раза больше (т.е. продолжительность меньше), чем на равнинных реках. Окончание весеннего половодья в среднем приходилось на 5-28 июня. Средняя продолжительность весеннего половодья составляет от 68 до 83 дней.

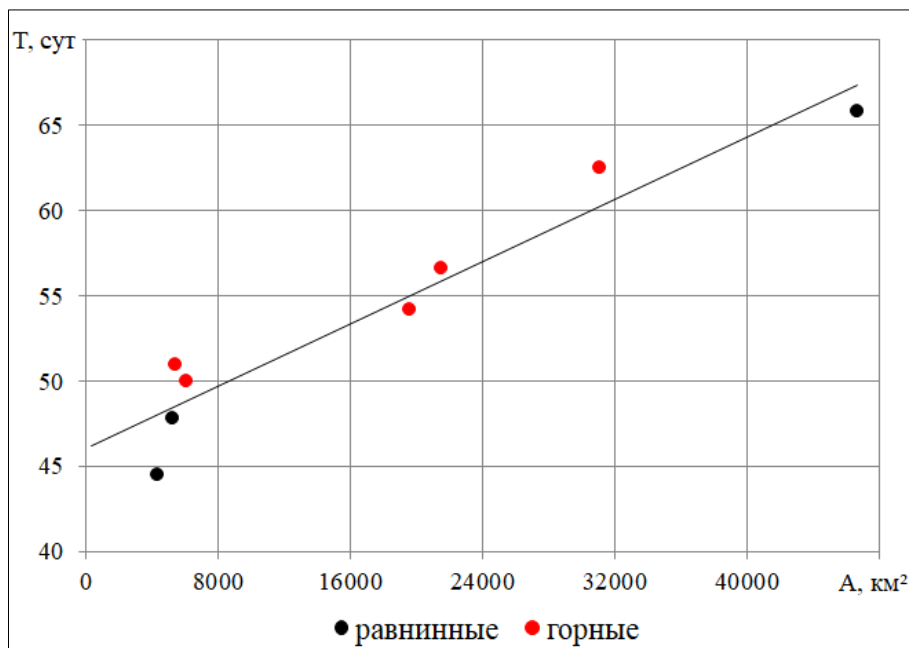


Рис. 2. Зависимость продолжительности весеннего половодья ( $T$ , сут) от площади водосбора рек ( $A$ , км<sup>2</sup>)

Анализ зависимости продолжительности весеннего половодья от площади водосбора рек показал, что чем больше площадь водосбора, тем больше продолжительность весеннего половодья и наоборот (рис. 2). Так как с увеличением площади водосбора увеличивается количество стекающей воды в русло

реки, и соответственно увеличивается время ее конечного добегания, то в результате продолжительность фазы весеннего половодья увеличивается.

Позднее наступление весеннего половодья на реках равнинной части наблюдалось в период с 4 по 15 апреля (11 дней), на реках предгорной части позже в среднем на 8 дней – с 12 по 23 апреля (11 дней). Поздние даты наблюдения пика половодья отмечались с 11 мая по 24 июня (равнинные реки) и с 22 мая по 18 июня (предгорные реки). Выявлено, что поздние даты наступления наивысших уровней воды наблюдались в 1978 году, а сами наивысшие уровни воды были зарегистрированы в 1979 г. Позднее окончание весеннего половодья происходило более дружно на равнинных реках (с 12 по 25 июля, амплитуда колебания – 13 дней), чем на предгорных реках (с 3 по 23 июля, амплитуда колебания – 20 дней).

Раннее наступление весеннего половодья можно было наблюдать с третьей декады марта (20-29 марта). Ранние пики половодья были зафиксированы с 4 по 21 апреля на реках равнинной части водосбора и с 13 по 25 апреля на реках предгорной части. Так как в предгорных районах на режим температуры воздуха большое влияние оказывает вертикальная зональность, зачастую происходят заморозки и обратные переходы температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$ , вследствие чего начало весеннего половодья в предгорных районах формируется позднее, чем на равнинных. Увеличение расходов воды в исторические минимумы происходило практически идентично для обоих по рельефу типов рек. Наиболее ранние даты окончания весеннего половодья для равнинных рек отмечаются с 8 мая по 12 июня, а для предгорных с 23 мая по 10 июня. Наименьшая продолжительность весеннего половодья как для исследуемых рек составила от 43 до 66 суток.

Наивысшие расходы воды весеннего половодья наступают позже на крупных водосборах (рис. 3). Потому что с увеличением площади водосбора увеличивается количество аккумулируемого стока по всей площади и увеличивается продолжительность весеннего снеготаяния. Следовательно, для преобразования осадков со всей площади водосбора в речной сток и их аккумуляции требуется большее количество времени.



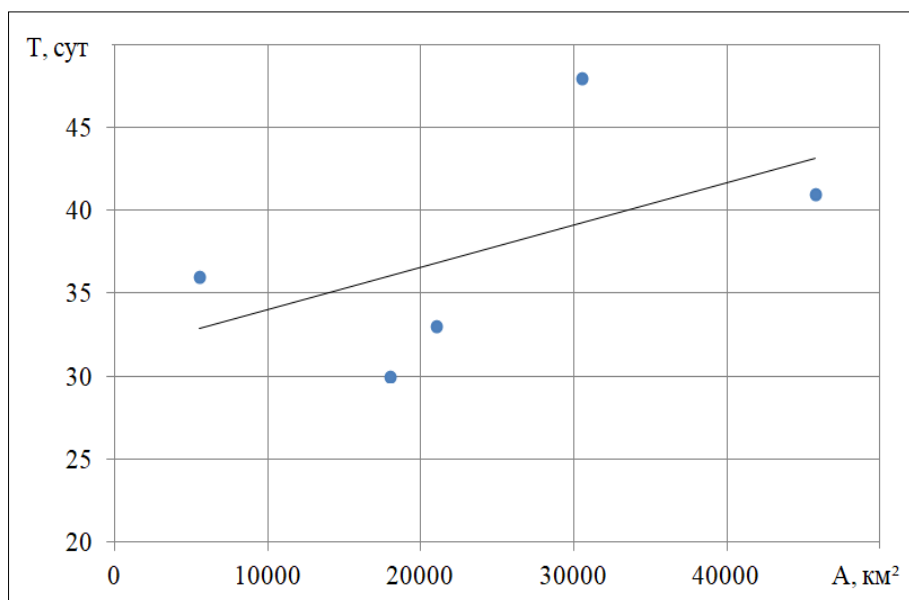


Рис. 3. Зависимость дат (в числа от 1 марта) наступления наивысших расходов воды весеннего половодья ( $D_{max}$ ) на некоторых реках Пермского края от площади водосбора рек ( $A$ , км<sup>2</sup>)

Также бывают исключения в виде рек, находящихся на самом севере территории водосбора Воткинского водохранилища и протекающих в гонных и предгорных областях, нестабильный переход температуры воздуха через 0°C и беспокойный характер течения могут отсрочить наступление наивысших расходов воды весеннего половодья на более поздние даты. На рис. 3. такой рекой является Вишера – пос. Рябинино.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### Определение основных характеристик весеннего половодья и расчет вероятности затопления поймы

#### Исходные данные:

1. Максимальные уровни воды и характерные даты весеннего половодья за период 2008–2021 гг. на гидрологических постах, расположенных на территории водосбора Воткинского водохранилища. Скачать информацию по ежедневным уровням воды рек можно на сайте <https://gmvo.skniivh.ru> (Состояние поверхностных вод – ф. 14 Уровни воды рек, ручьев, каналов, см), предварительно зарегистрировавшись (регистрация бесплатная).

2. Среднесуточная температура воздуха ( $t$ , °С) и сумма осадков за сутки ( $X$ , мм) по ближайшей к гидрологическому посту метеостанции (рис. 1) скачивается в виде архива погоды с сайта <https://rp5.ru>.

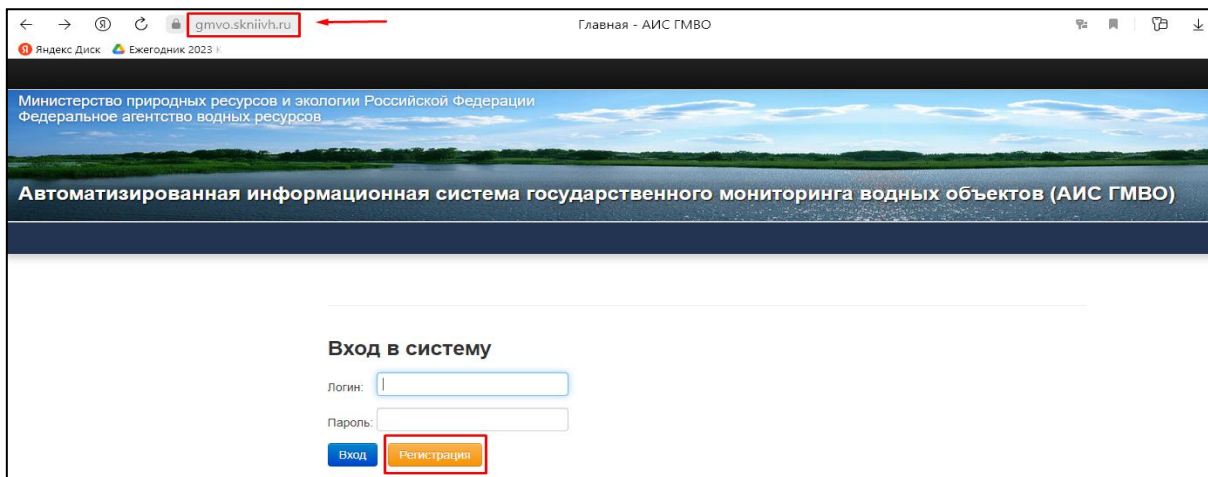
#### Задание:

1. Скачать исходные данные за период 2008-2021г.
2. Построить комплексные графики-гидрографы для анализа весеннего половодья.
3. Выписать основные характеристики весеннего половодья.
4. Рассчитать средние характеристики для всех величин.
5. Выписать в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение уровней воды.
6. Рассчитать повторяемость затопления поймы за исследуемый период.
7. Построить физико-статистические зависимости для прогноза сроков весеннего половодья.
8. Проанализировать особенности весеннего половодья на исследуемой вами реке за период 2008-2021 гг.

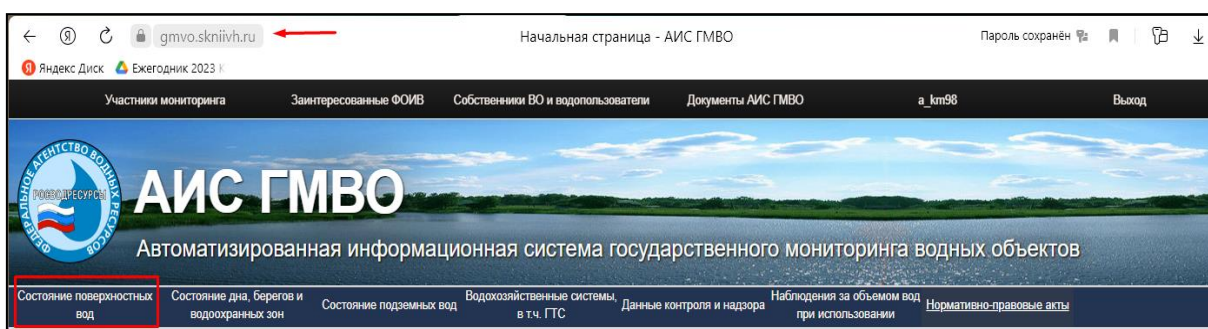
#### Решение:

**1. Скачайте исходные гидрологические и метеорологические данные за период 2008-2021 г. Для этого:**

1.1. Зайдите на сайт <https://gmvo.skniivh.ru> через любой доступный интернет-браузер. Заполните форму регистрации и дождитесь письмо подтверждения почты на указанный e-mail. После этого вам придет письмо с паролем для входа в систему.



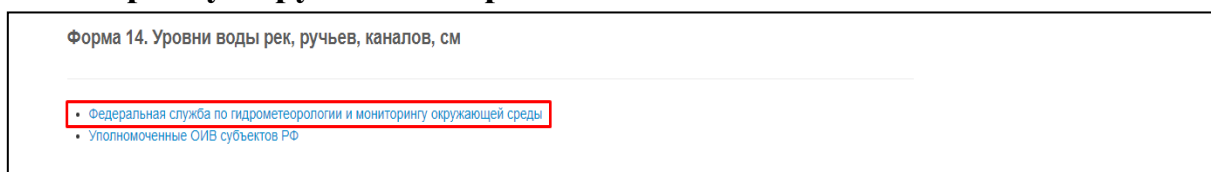
## 1.2. Выберите вкладку «Состояние поверхностных вод».



## 1.3. Выберите «ф. 14 Уровни воды рек, ручьев, каналов, см».

Участники мониторинга	Заинтересованные ФОИВ	Собственники ВО и водопользователи	Документы АИС ГМВО	а_км98	Выход
			Форма	Дата представления	Наличие информации
			ф. 7. Список гидрологических постов на реках, ручьях, каналах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 8. Список гидрологических постов на озерах, прудах, обводненных карьерах, водоохранилищах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 9. Список пунктов гидрохимических наблюдений на реках, ручьях, каналах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 10. Список пунктов гидрохимических наблюдений на озерах, прудах, обводненных карьерах, водоохранилищах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 11. Список пунктов гидробиологических наблюдений на реках, ручьях, каналах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 12. Список пунктов гидробиологических наблюдений на озерах, прудах, обводненных карьерах, водоохранилищах (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 13. Список станций наблюдения за гидрохимическими показателями морских вод (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			<b>ф. 14. Уровни воды рек, ручьев, каналов, см (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)</b>	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
			ф. 15. Расход воды рек, ручьев, каналов, куб. м/с (пр. МПР России от 07.05.2008 №111)	1 июля	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008

## 1.4. Нажмите на вкладку «Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».



### 1.5. Выберите вкладку «Формирование таблиц».

Форма 14. Уровни воды рек, ручьев, каналов, см

Участники мониторинга Росгидромет

**Формирование таблиц**

### 1.6. Нажмите на вкладку «Среднесуточные уровни воды рек, ручьев, каналов по постам, см».

Форма 14. Выходная информация

Росгидромет

форма 14. Уровни воды рек, ручьев, каналов, см

- Среднесуточные уровни воды рек, ручьев, каналов по постам , см**
- Средние, высшие и низшие уровни воды рек, ручьев, каналов по постам , см

### 1.7. Заполните все пустые поля согласно примеру, затем нажмите вкладку «найти».

Среднесуточные уровни воды рек, ручьев, каналов по постам , см

Форма 14. Уровни воды рек, ручьев, каналов, см

Форма 14. Выходная информация

(\*) - обязательно для ввода

Год(\*)   
2021  
2020  
2019  
2018

Бассейновый округ

Бассейн

Подбассейн

Водохозяйственный участок

**Найти**

### 1.8. Выберите гидрологический пост согласно вашему варианту, поставьте галочку напротив нужного названия г/п.

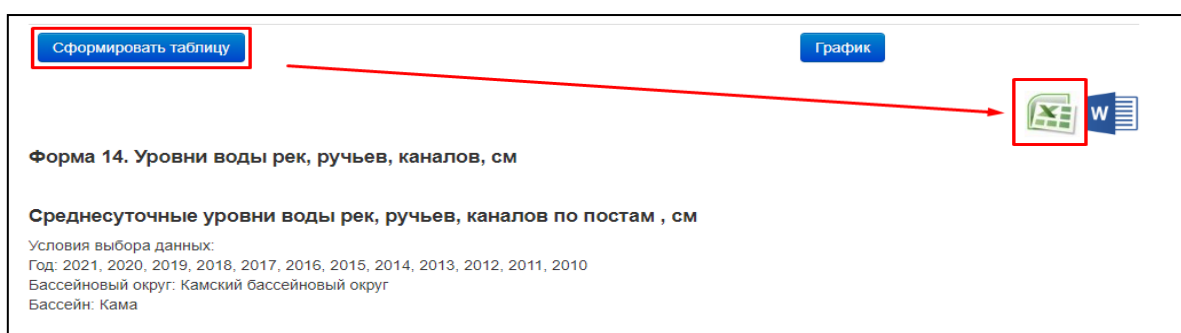
Выделить все Снять выделение

Отметка	Код поста	Водный объект	Местоположение	Расстояние от устья
<input type="checkbox"/>	76007	КАМА	р. КАМА - пгт ГАЙНЫ	1168.00
<input checked="" type="checkbox"/>	76008	КАМА	р. КАМА - с. БОНДЮГ	1045.00
<input type="checkbox"/>	76010	КАМА	р. КАМА - пгт КЕРЧЕВСКИЙ	966.00
<input type="checkbox"/>	76011	КАМА	р. КАМА - пгт ТЮЛЬКИНО	948.00
<input type="checkbox"/>	76058	КАМА	Р.КАМА - Г.САРАПУЛ	279.00
<input type="checkbox"/>	76071	Весляна	р. ВЕСЛЯНА - с. УСТЬ - ЧЕРНАЯ	114.00
<input type="checkbox"/>	76072	Весляна	р. ВЕСЛЯНА - пос. ОНЫЛ	36.00
<input type="checkbox"/>	76075	Коса	р. КОСА - с. КОСА	43.00
<input type="checkbox"/>	76076	Лолог	р. ЛОЛОГ - пос. СЕРГЕЕВСКИЙ	62.00

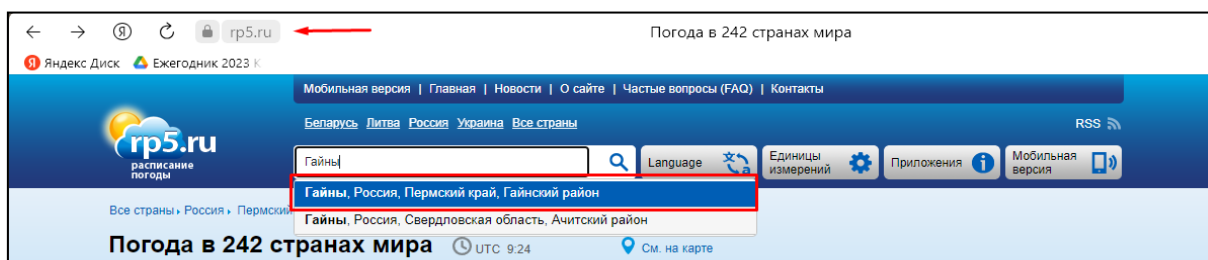
**\*Примечание:** если не можете найти гидрологический пост, который указан в вашем варианте, нажмите сочетание клавиш «**Ctrl+F**» и введите название вашего поста в окне поиска текста.

Отметка	Код поста	Водный объект	Местоположение	Расстояние от устья
<input type="checkbox"/>	76007	КАМА	р. КАМА - плт ГАЙНЫ	1168.00
<input checked="" type="checkbox"/>	76008	КАМА	р. КАМА - с <b>БОНДЮГ</b>	1045.00
<input type="checkbox"/>	76010	КАМА	р. КАМА - плт КЕРЧЕВСКИЙ	966.00
<input type="checkbox"/>	76011	КАМА	р. КАМА - плт ТЮЛЬКИНО	948.00
<input type="checkbox"/>	76058	КАМА	р.КАМА - Г.САРАПУЛ	279.00
<input type="checkbox"/>	76071	Весляна	р. ВЕСЛЯНА - с. УСТЬ - ЧЕРНАЯ	114.00
<input type="checkbox"/>	76072	Весляна	р. ВЕСЛЯНА - пос. ОНЫЛ	36.00
<input type="checkbox"/>	76075	Коса	р. КОСА - с. КОСА	43.00
<input type="checkbox"/>	76076	Полог	р. ПОЛОГ - пос. СЕРГЕЕВСКИЙ	62.00

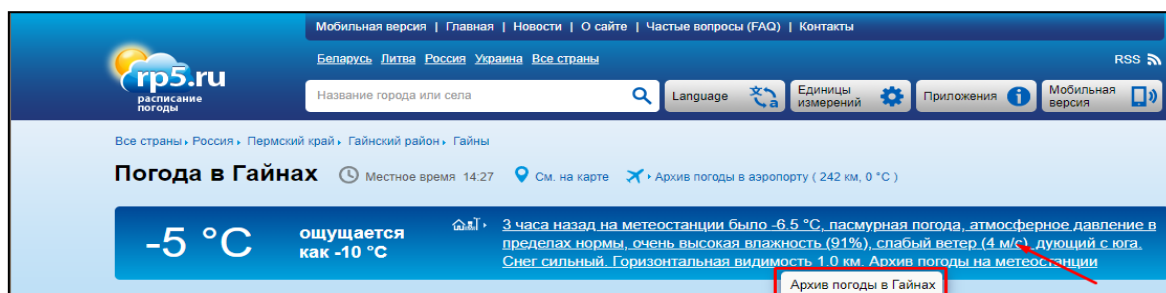
1.9. Пролитайте колесиком мыши до конца страницы, выберите вкладку «Сформировать таблицу», после чего откроется доступ для скачивания исходных данных в формате *xxls*.



1.10. Скачайте исходные метеорологические данные за период **2008–2021 г.** Для этого откройте сайт <https://rp5.ru> через любой доступный браузер, в поисковом окне введите название ближайшей метеорологической станции (которую вы определили по рис. 1) и выберите нужную метеостанцию из предложенных ниже.



1.11. Наведите курсор компьютерной мышки на синюю вкладку «3 часа назад на метеостанции, было...» – появится вкладка с архивом погоды на метеостанции.



## 1.12. Скачайте архив погоды.

rp5.ru  
Архив погоды в Гайнах  
См. на карте | Архив погоды в аэропорту (242 км, 0 °C) | Прогноз погоды  
номер метеостанции 23909, наблюдения с 1 февраля 2005

Смотреть архив погоды **Скачать архив погоды** Статистика погоды

Конечная дата периода: 30.01.2024 Период выборки:  1 сутки  7 суток  30 суток **Выбрать**

Дата / Местное время	T	Po	P	Pa	U	DD	Ff	#10	#3	N	WW	W1	W2	Tn	Tx	Cl	Nh	H	Cm	Ch	VV	Td	RRR	tR	E	Tg	E'	sss
14	-5.4	737.8	756.5	-1.3	93	Ветер, дующий с юго-запада	Легкий ветер (3 м/с)			100 %	Морось, замораживающая слабая.	Снег и/или другие виды твердых осадков	Морось.			Слоистые туманообразные или слоистые разорванные, либо та и другие, но не относящиеся к облакам плотной погоды.	100 %	200-300			10.0	-6.3						

1.13. Установите правильные даты периода наблюдений на метеостанции, выберите формат выхода данных (XLS) и скачайте архив погоды.

Архив погоды в Гайнах  
См. на карте | Архив погоды в аэропорту (242 км, 0 °C) | Прогноз погоды  
номер метеостанции 23909, наблюдения с 1 февраля 2005

Смотреть архив погоды **Скачать архив погоды** Статистика погоды

1. Диапазон дат: 01.01.2010 — 31.12.2021

2. Для заданного диапазона выбрать:  все дни  только месяц  только дату

3. Формат:  XLS (Excel)  CSV (текстовый)

**Выбрать в файл GZ (архив)**

1.14. Для дальнейшей работы понадобятся столбцы: дата; T (температура воздуха); RRR (осадки). Удалите ненужные данные.

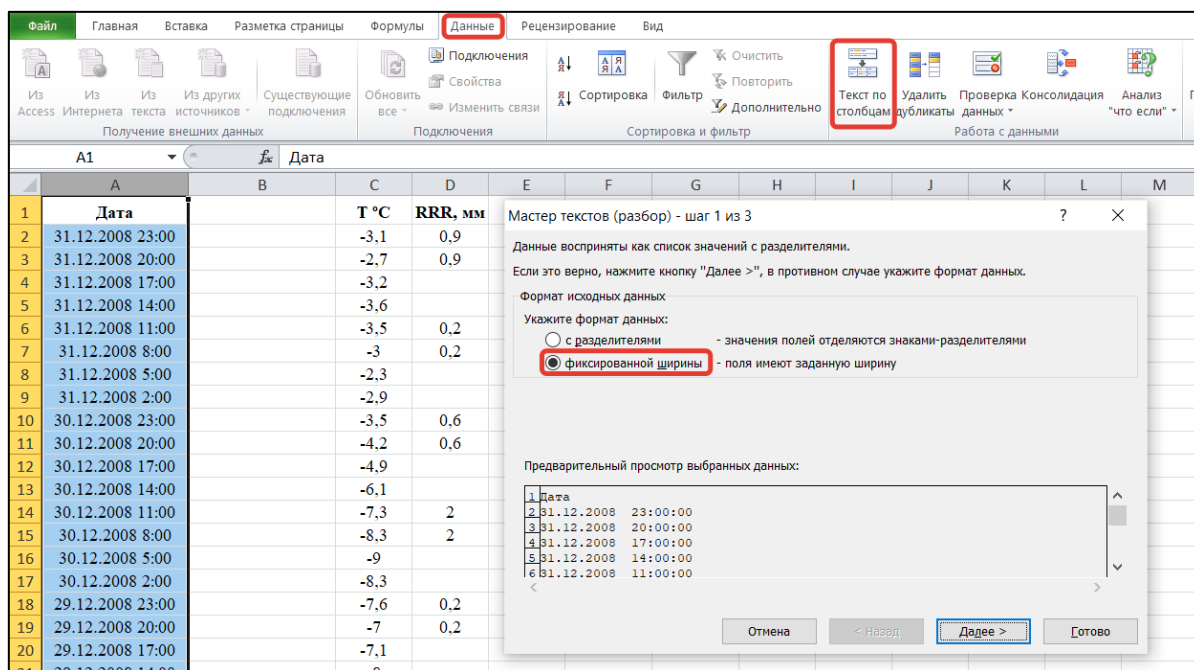
Дата / Местное время	T	Po	P	Pa	U	DD	Ff	#10	#3	N	WW	W1	W2	Tn	Tx	Cl	Nh	H	Cm	Ch	VV	Td	RRR	tR	E	Tg	E'	sss
23	-12.3	763.1	783.2		93	Ветер, дующий с севера	Легкий ветер (3 м/с)			Облаков нет.						-3.9					20.0	-13.2	0.7	12				
20	-10.7	760.9	780.8		93	Ветер, дующий с северо-запада	Легкий ветер (3 м/с)			20-30 %						-3.9	20-30 %	2500 или более, или облаков нет			20.0	-11.6	0.7	12	Сухая			
17	-7.0	759.0	778.5		93	Ветер, дующий с северо-востока	Легкий ветер (3 м/с)			70-80 %	Облака в нижней трети атмосферы или сплошной туман.	Снег и/или другие виды твердых осадков	Метель.				70-80 %	2500 или более, или облаков нет			20.0	-7.9						
14	-4.5	755.8	775.1		96	Ветер, дующий с западо-северо-запада	Легкий ветер (3 м/с)			100 %	Снег, непрерывный умеренный и проливной.	Снег и/или другие виды твердых осадков	Метель.				100 %	100-200	Высокоумноженные просветляющиеся.		2.0	-5.1						
11	-5.0	754.6	773.9		98	Ветер, дующий с юго-запада	Слабый ветер (4 м/с)			100 %	Снег, непрерывный умеренный и проливной.	Снег и/или другие виды твердых осадков	Метель.				100 %	100-200	Высокоумноженные просветляющиеся.		2.0	-5.3	Сухая осадки	12				
08	-5.1	754.6	773.8		96	Ветер, дующий с юго-запада	Слабый ветер (4 м/с)			100 %	Снег, непрерывный слабый и проливной.	Снег и/или другие виды твердых осадков	Метель.				100 %	100-200	Высокоумноженные башеннообразные или хлопьевидные.		4.0	-5.4	Сухая осадки	12	Сухая		Рольный слой куполообразного типа, покрывает поверхность почвы полностью.	
05	-4.7	754.4	773.6		98	Ветер, дующий с юго-запада	Слабый ветер (5 м/с)			100 %	Слабый или умеренный пологий в целом легкий (более ровный слой наблюдений).	Метель.	Облака покрывают более половины неба в течение всего соответствующего периода.				100 %	100-200	Высокоумноженные башеннообразные или хлопьевидные.		4.0	-5.0						
02	-5.2	754.0	773.2		98	Ветер, дующий с юго-запада	Слабый ветер (5 м/с)			100 %	Слабый или умеренный пологий в целом легкий (более ровный слой наблюдений).	Метель.	Облака покрывают более половины неба в течение всего соответствующего периода.				100 %	100-200	Высокоумноженные башеннообразные или хлопьевидные.		2.0	-5.5						

1.15. Поскольку в архиве погоды представлены данные за 8 сроков наблюдений в сутки, нужно выполнить расчет средних значений температуры воздуха ( $T_{cp}, ^\circ\text{C}$ ) и атмосферных осадков ( $X_{cp}, \text{мм}$ ) с помощью формулы: =СРЗНАЧЕСЛИ (диапазон №1; условие; диапазон усреднения №2):

- ✓ Диапазона №1 – выбирается весь столбик с датами;
- ✓ Условие – дата;
- ✓ Диапазон усреднения №2 – выбирается весь столбик с температурой воздуха ( $T_{cp}, ^\circ\text{C}$ ) или атмосферными осадками ( $X_{cp}, \text{мм}$ ).

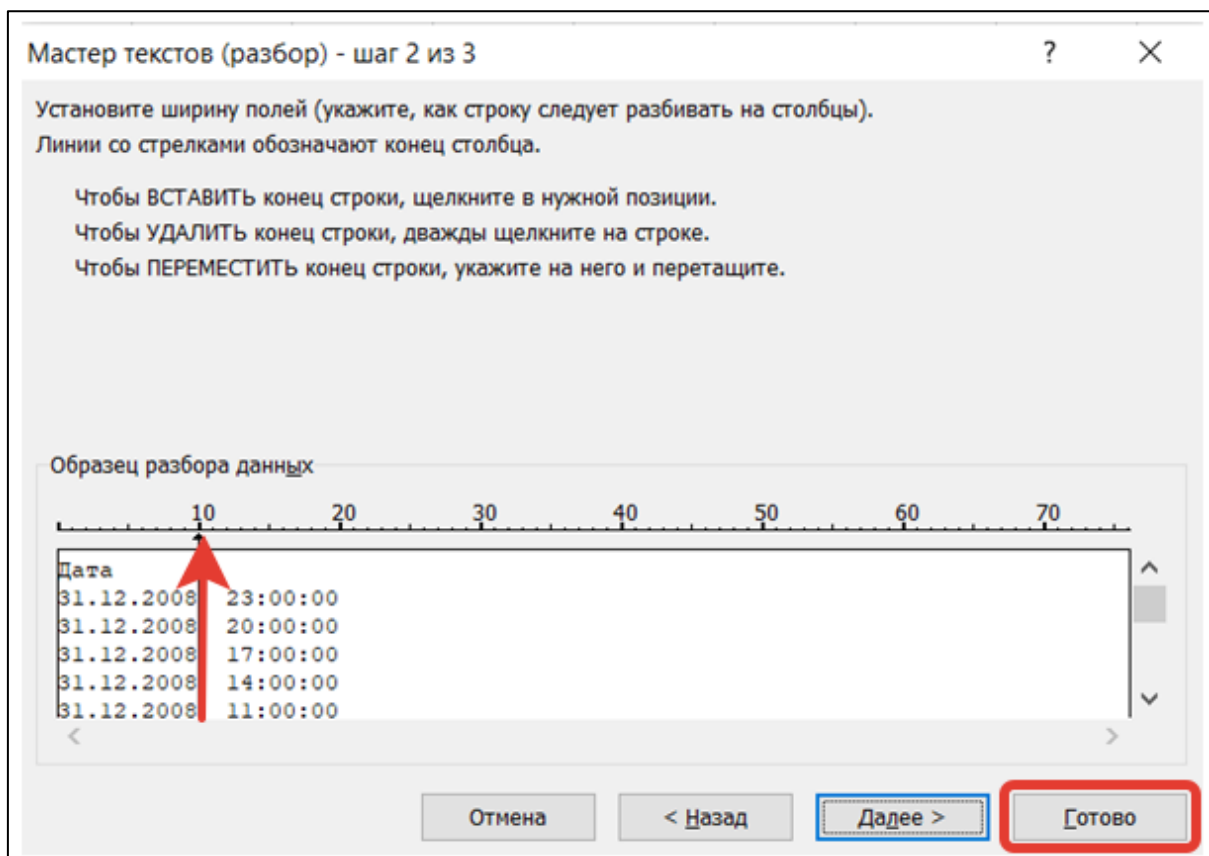
1.16. Для применения формулы =СРЗНАЧЕСЛИ (диапазон №1; условие; диапазон усреднения №2) и расчета средних значений удалите время из столбика с датами:

- рядом со столбиком А вставьте дополнительный пустой столбец, кликнув правой кнопкой мыши по столбику В и выбрав вкладку «Вставить»;
- выберите столбик А с датами, дальше в главном меню перейдите по вкладке «Данные» – «Текст по столбцам». Укажите формат данных – «фиксированной ширины», нажмите «Далее»;



- установите ширину полей курсором мыши, отделяя дату от времени, нажмите вкладку «Готово»;





- удалите столбик со временем, для этого нажмите правой кнопкой мыши на столбик В и выберите вкладку «удалить»;

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Дата		T °C	RRR, мм			T <sub>ср</sub> , °C	Х <sub>ср</sub> , мм
2	31.12.2008	23:00:00	-3,1	0,9				
3	31.12.2008	20:00:00	-2,7	0,9				
4	31.12.2008	17:00:00	-3,2					
5	31.12.2008	14:00:00	-3,6					
6	31.12.2008	11:00:00	-3,5	0,2				
7	31.12.2008	8:00:00	-3	0,2				
8	31.12.2008	5:00:00	-2,3					
9	31.12.2008	2:00:00	-2,9					
10	30.12.2008	23:00:00	-3,5	0,6				
11	30.12.2008	20:00:00	-4,2	0,6				
12	30.12.2008	17:00:00	-4,9					
13	30.12.2008	14:00:00	-6,1					
14	30.12.2008	11:00:00	-7,3	2				
15	30.12.2008	8:00:00	-8,3	2				
16	30.12.2008	5:00:00	-9					
17	30.12.2008	2:00:00	-8,3					



- выпишите в столбик Е даты в порядке убывания или возрастания и вычислите средние значения температуры воздуха ( $T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$ ) и атмосферных осадков ( $X_{\text{ср}}, \text{мм}$ );

	А	В	СРЗНАЧЕСЛИ(диапазон; условие; [диапазон_усреднения])		Г	Д
1	Дата	T °C	RRR, мм		T <sub>ср</sub> , °C	X <sub>ср</sub> , мм
2	31.12.2008	-3,1	0,9	31.12.2008	=СРЗНАЧЕСЛИ(\$A:\$A;E2;\$B:\$B)	
3	31.12.2008	-2,7	0,9	30.12.2008		
4	31.12.2008	-3,2		29.12.2008		
5	31.12.2008	-3,6		28.12.2008		
6	31.12.2008	-3,5	0,2	27.12.2008		
7	31.12.2008	-3	0,2	26.12.2008		
8	31.12.2008	-2,3		25.12.2008		
9	31.12.2008	-2,9		24.12.2008		
10	30.12.2008	-3,5	0,6	23.12.2008		
11	30.12.2008	-4,2	0,6	22.12.2008		
12	30.12.2008	-4,9		21.12.2008		
13	30.12.2008	-6,1		20.12.2008		
14	30.12.2008	-7,3	2	19.12.2008		
15	30.12.2008	-8,3	2	18.12.2008		
16	30.12.2008	-9		17.12.2008		
17	30.12.2008	-8,3		16.12.2008		

**2. Постройте комплексные графики-гидрографы** для анализа весеннего половодья следующим образом: по горизонтальной оси откладывается шкала времени, а по вертикальной оси – среднесуточные уровни воды (рис. 4). Также на график помещается информация по осадкам и температуре воздуха (дополнительная вертикальная ось у справа графика). Всего должно быть построено 28 комплексных графиков (по два на каждый год).

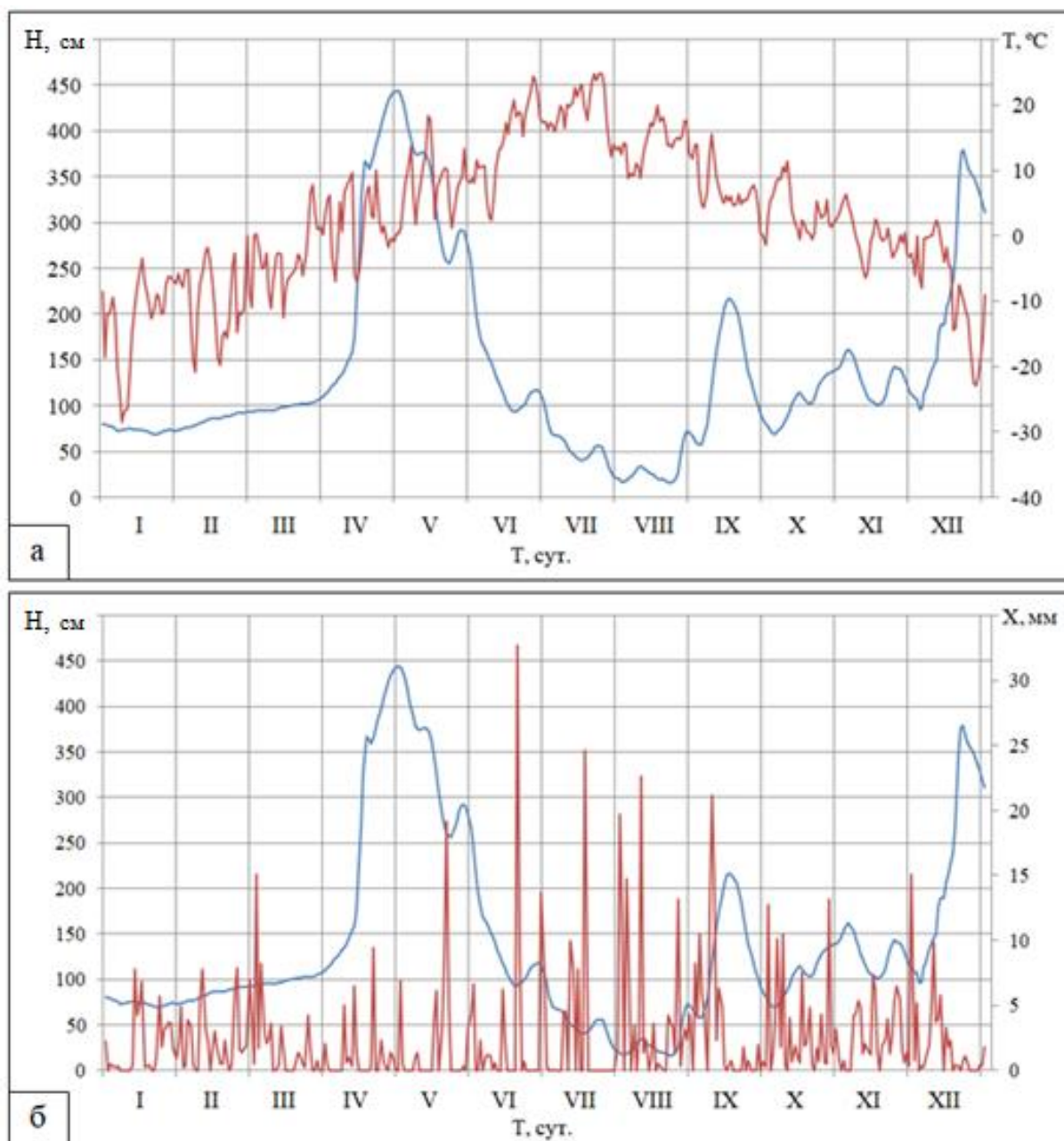


Рис. 4. Комплексные графики р. Кама – с. Бондюг, 2008 г.:  
 а) уровни воды и температура воздуха, б) уровни воды и атмосферные осадки

**3. Выпишите основные характеристики весеннего половодья** из таблиц среднесуточных уровней воды (пример в табл. 1) за период наблюдений 2008-2021 гг. Данные заносятся в табл. 4. Как правило, данные выбираются за апрель, май и июнь (в зависимости от местоположения реки). На южных реках и реках запада половодье начинается и заканчивается раньше (апрель-май). На реках севера и северо-востока половодье начинается и заканчивается позже (конец апреля-май-июнь).

## Среднесуточные уровни воды (см) на р. Кама- с. Бондюг за 2008 г.

Дата	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	80 ^I	74 _I	93 _I	113 I	444 ^	217 ^	82 ^	17	58	70 _	162 ^	97 _JI
2	80 ^I	74 I	93 _I	115 I	439	196	74	18	58 _	69 _	159	114 X*
3	79 I	75 I	94 _I	118 I	431	181	69	20	66	72	153	119 )
4	78 I	76 I	95 I	122 I	420	170	68	22	79	75	144	133 )
5	77 I	76 I	95 I	125 I	405	163	67	25	99	79	137	139 )
6	75 I	77 I	95 I	129 I	391	158	66	29	120	84	128	146 )
7	73 I	78 I	95 I	132 I	380	152	64	33	141	89	122	149 X
8	73 I	79 I	95 I	135 I	375	147	61	34	158	94	116	180 LIX
9	74 I	80 I	95 I	139 I	374	141	57	33	174	102	110 X)	189 X
10	74 I	81 I	95 I	145 I	376	132	51	31	192	109	105 X)	189 X
11	75 I	83 I	95 I	153 I	377	124	48	28	206	113	105 )	207 X)
12	75 I	84 I	96 I	159 I	375	118	45	26	214	115	102 )	215 JI)
13	75 I	85 I	97 I	177 (I	370	112	43	26	217 ^	111	100	228 JI)
14	74 I	86 I	98 I	225 ПП	360	105	41	23	216 ^	107	102	238 JI)
15	74 I	86 I	99 I	266 ЛР	345	101	40	21	212	105	104	268 JI)
16	74 I	86 I	99 I	329 >>	327	96	41	19	205	102	111	347 >>
17	74 I	86 I	100 I	367 JI	306	93 _	43	20	196	104	123	377 ^Z
18	73 I	86 I	100 I	364 X	283	93 _	46	18	184	109	132	379 ^Z
19	72 I	87 I	101 I	359 X	269	96	49	17	168	117	139	368 Z
20	71 I	88 I	101 I	366 X	261	97	54	16 _	154	123	143	360 Z
21	70 _I	89 I	101 I	375 X	257	100	56	17 _	138	127	141 Ш*	355 Z
22	69 _I	89 I	102 I	386	256	102	56	18	127	132	140 LIX	350 Z
23	69 _I	90 I	102 I	398	262	111	55	26	117	134	136 LIX	343 Z
24	70 I	91 I	102 I	409	273	114	48	42	108	136	130 X)	336 Z
25	71 I	92 I	102 I	418	285	116	41	57	101	137	123 JI)	329 Z
26	72 I	92 I	103 I	426	291	117	33	68	92	138	116 JI)	319 Z
27	73 I	92 I	104 I	434	292	117	28	73 ^	86	139	112 JI)	311 Z
28	74 I	92 I	105 I	439	290	115	23	71	80	142	108 JI)	301 Z
29	74 I	93 ^I	106 I	443	281	106	21	67	77	147	107 X)	294 Z
30	73 I	-	108 I	444 ^	266	96	20	63	72	153	96 _LIX	291 Z
31	73 I	-	110 ^I	-	243 _	-	17 _	59	-	159 ^	-	288 Z

\* У значений уровня воды символами приведена характеристика водного объекта (табл. 2).

## Условные обозначения

Символ	Описание	Символ	Описание	Символ	Описание
"	высший и низший уровень за месяц в один день	<	затор ниже поста	Д	естественные или искусственные деформации русла
#	изменение ледовых условий техническими средствами	=	лед ярусный	Е	наледная вода
&	ледостав с торосами	>	затор выше поста	И	редкая снежура
(	закраины	F	лед нависший	К	редкий ледоход вторичный
)	забереги	I	ледостав	Л	средний и густой ледоход
*	редкий шугоход	L	лесосплав	Н	наледь
/	искажение уровня воды естественными или искусственными явлениями	N	навалы льда	П	подвижка льда
:	сало	Q	лед на дне	прмз	река промерзла
;	внутриводный лед	S	сель	прсх	река пересохла
@	плавучий лед	V	искажение стока воды искусственными явлениями	Р	разводья
[	залом леса	W	вода течет поверх льда	С	средняя и густая снежура
]	подо льдом шуга	Z	неполный ледостав	Т	трава
^	высший уровень за месяц	A	трава на дне	Ф	ледяная перемышка
-	низший уровень за месяц	Б	зажор выше поста	Х	редкий ледоход
~	вода на льду (стоячая)	В	стоячая вода	Ш	средний и густой шугоход
+	ледоход поверх льда	Г	средний и густой ледоход вторичный	Ъ	зажор ниже поста

В качестве основных характеристик, с помощью которых можно описать особенности весеннего половодья, используются:

➤  $D_{нач}$  – дата начала весеннего половодья определяется как дата, с которой начинается стабильное и интенсивное увеличение уровня воды, и определяется по точке перегиба на кривой графика уровня воды (без учёта мелких её неровностей);

➤  $H_{нач}$  – уровень воды на дату начала весеннего половодья, см;

➤  $D_{макс}$  – дата наступления наивысшего уровня воды за период весеннего половодья;

➤  $H_{макс}$  – наивысший уровень воды за период весеннего половодья, см;

➤  $D_{кон}$  – дата окончания весеннего половодья определяется как дата, когда уровень воды стал стабильно уменьшаться на 5 см и менее за 1 сутки, когда

интенсивность спада уже резко снизилась в результате окончания стока основного объема талых вод;

➤  $H_{кон}$  – уровень воды на дату окончания весеннего половодья, см;

➤  $T$  – продолжительность весеннего половодья, сут., рассчитывается как разность дат начала и окончания весеннего половодья;

➤ **Кол-во пиков** – для каждого года подсчитывается количество пиков за период половодья (1 пик, 2 пика и т.д.).

**Пример** выбора данных разберем на примере р. Кама – с. Бондюг за 2008 г. В табл. 2 представлены данные наблюдений за среднесуточными уровнями воды на р. Кама – с. Бондюг в 2008 году. Ближайшая метеорологическая станция к гидрологическому посту – м/с Гайны (рис. 1).

**Дата начала весеннего половодья ( $D_{нач}$ )** определяется как дата, с которой начинается стабильное и интенсивное увеличение уровня воды, устанавливается по точке перегиба на кривой графика уровня воды (без учёта мелких её неровностей).

Анализируя изменение уровней за сутки в конце марта – начале апреля по рис. 4б и табл. 1, видим, что до 30 марта уровень воды изменялся на +1 – +2 см. С 30 на 31 марта на графике хода уровней воды отмечается точка перегиба.

В табл. 2 записываем дату (столбец 2) и уровень воды (столбец 4), когда отмечается точка перегиба, на графике хода уровня воды: 31 марта, 110 см.

**Дата наивысшего уровня воды ( $D_{макс}$ )** за период весеннего половодья выбирается из среднесуточных уровней воды. На рассматриваемом посту наивысший уровень воды наблюдался дважды: 30 апреля (444 см) и 01 мая (444 см). Выписываем в табл. 4 дату наибольшего уровня весеннего половодья (столбец 5) и уровень воды на эту дату (столбец 7): 30 апреля, 444 см.

**Дата окончания весеннего половодья ( $D_{кон}$ )** определяется как дата, когда уровень воды на спаде половодья стал стабильно уменьшаться менее чем на 5 см за 1 сутки. Спад весеннего половодья начинается с даты наивысшего уровня воды ( $D_{макс}$ ). Спад половодья можно определять по графику изменений уровня воды или рассчитать изменение уровней за 1 сутки ( $\Delta H$ , см) как в табл. 3.

Дата окончания весеннего половодья (столбец 8) и уровень воды на эту дату (столбец 10) заносим в табл. 4: 17 июня, 93 см.

Чтобы рассчитать среднюю дату, преобразовываем даты в числа от постоянного начала (от 1 марта).

Например:

31 марта = 31 (кол-во дней в марте) = 31

30 апреля = 31 (кол-во дней в марте) + 30 (кол-во дней в апреле) = 61

17 июня = 31 (март) + 30 (апрель) + 31 (май) + 17 (июнь) = 109

Заполняем графы 3, 6, 9.

Таблица 3

**Расчет изменения уровней воды за 1 сут на спаде весеннего половодья для р. Кама – с. Бондюг в 2008 г.**

Дата	$H$ , см	$\Delta H$ , см
...	...	...
30.май	266	-15
31.май	243	-23
01.июн	217	-26
02.июн	196	-21
03.июн	181	-15
04.июн	170	-11
05.июн	163	-7
06.июн	158	-5
07.июн	152	-6
08.июн	147	-5
09.июн	141	-6
10.июн	132	-9
11.июн	124	-8
12.июн	118	-6
13.июн	112	-6
14.июн	105	-7
15.июн	101	-4
16.июн	96	-5
<b>17.июн</b>	<b>93</b>	<b>-3</b>
18.июн	93	0
19.июн	96	3
20.июн	97	1
...	...	...

**Продолжительность весеннего половодья ( $T$ , сут)** рассчитывается как разность дат начала и окончания весеннего половодья.

**Количество пиков** определяется визуально либо по графику изменения уровней воды, либо по таблице уровней воды. В случае, если наблюдается еще один пик, по высоте сопоставимый с наивысшим уровнем воды за период весеннего половодья, то данный пик считается как второй и т.п. В табл. 2, столбец 12 заносим: 1 пик либо 2 пика и т.д.

Таблица 4

**Основные характеристики весеннего половодья на р. Кама – с. Бондюг за период 2008-2021 гг.**

Год	$D_{0^{\circ}C}$		$D_{нач}$		$H_{нач}$	$D_{макс}$		$H_{макс}$	$D_{кон}$		$H_{кон}$	T, сут	Кол-во пиков
	дата	в числах от 1 мар	дата	в числах от 1 мар	см	дата	в числах от 1 мар	см	дата	в числах от 1 мар	см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2008	25 мар	25	31 мар	31	110	30 апр	31+30=61	444	17 июн	31+30+31+17=109	93	109	1
2009													
2010													
2011													
2012													
2013													
2014													
2015													
2016													
2017													
2018													
2019													
2020													
2021													
Среднее													
Поздняя (наибольшее)													
Год													
Ранняя (наименьшее)													
Год													

**Примечание:**  $D_{0^{\circ}C}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной, °C;  $D_{нач}$  – дата начала весеннего половодья, дата;  $H_{нач}$  – уровень воды на дату начала весеннего половодья, см;  $D_{макс}$  – дата максимального уровня воды весеннего половодья, дата;  $H_{макс}$  – максимальный уровень воды весеннего, см;  $D_{кон}$  – дата окончания весеннего половодья;  $H_{кон}$  – уровень воды на дату окончания весеннего половодья, см.

#### 4. Рассчитайте средние величины для всех характеристик.

Средняя дата наступления явления рассчитывается как сумма всех дат в числах от постоянного начала, деленная на количество лет.

$$\bar{D}_{\text{нач}} = \frac{D_{2008} + D_{2009} + D_{2010} + \dots + D_{2018}}{14} = 46$$

Затем полученная величина переводится в дату. Так, 46 дней от 1 марта соответствует 15 апреля.

#### 5. Выпишите в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение уровней воды.

Поздние даты наступления явления определяются по табл. 4 как наиболее поздняя дата. В строке ниже записывается год, в который наблюдалось наступление позднего явления

Ранние даты определяются аналогично по табл. 4 как самая ранняя дата наступления явления. Год записывается ниже. Если одна и та же дата наблюдалась в течение 3-х лет, то годы перечисляются через запятую.

Наибольшие/наименьшие уровни воды и годы, в которые они наблюдались, выбираются аналогично.

**6. Рассчитайте повторяемость затопления поймы за исследуемый период.** В Приложении 1 найдите уровни выхода воды на пойму и проанализируйте, сколько раз за исследуемый период пойма затоплялась. Рассчитайте повторяемость затопления поймы за исследуемый период, в %.

**7. Постройте физико-статистические зависимости для прогноза сроков весеннего половодья, оцените тесноту связи и рассчитать заблаговременность.**

**7.1. Постройте зависимости для прогноза сроков весеннего половодья.** Сначала определите даты перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям ( $D_{0^{\circ}}$ ):

*Дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям ( $D_{0^{\circ}}$ )* определяется по среднесуточным температурам воздуха ближайшей метеостанции в табл. 2, столбец 2. Исходные данные выбираются с сайта **gp5.ru** (п. 1.14) В случае когда после перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  наблюдались возврат холодов, подсчитывается сумма отрицательных и сумма положительных температур. Если сумма положительных температур будет больше, чем сумма отрицательных температур, то переход через 0 будет считаться устойчивым и наоборот. Пример выбора даты перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям ( $D_{0^{\circ}}$ ) представлен в приложении 2.



**7.1.1.** Постройте две зависимости (рис. 5):

$D_{нач} = f(D_{0^{\circ}C})$  и  $D_{макс} = f(D_{0^{\circ}C})$ , где  $D_{0^{\circ}C}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной (табл. 4, столбец 3);  $D_{нач}$  – дата начала весеннего половодья (табл. 4, столбец 5);  $D_{макс}$  – дата максимального уровня воды весеннего половодья (табл. 4, столбец 8).

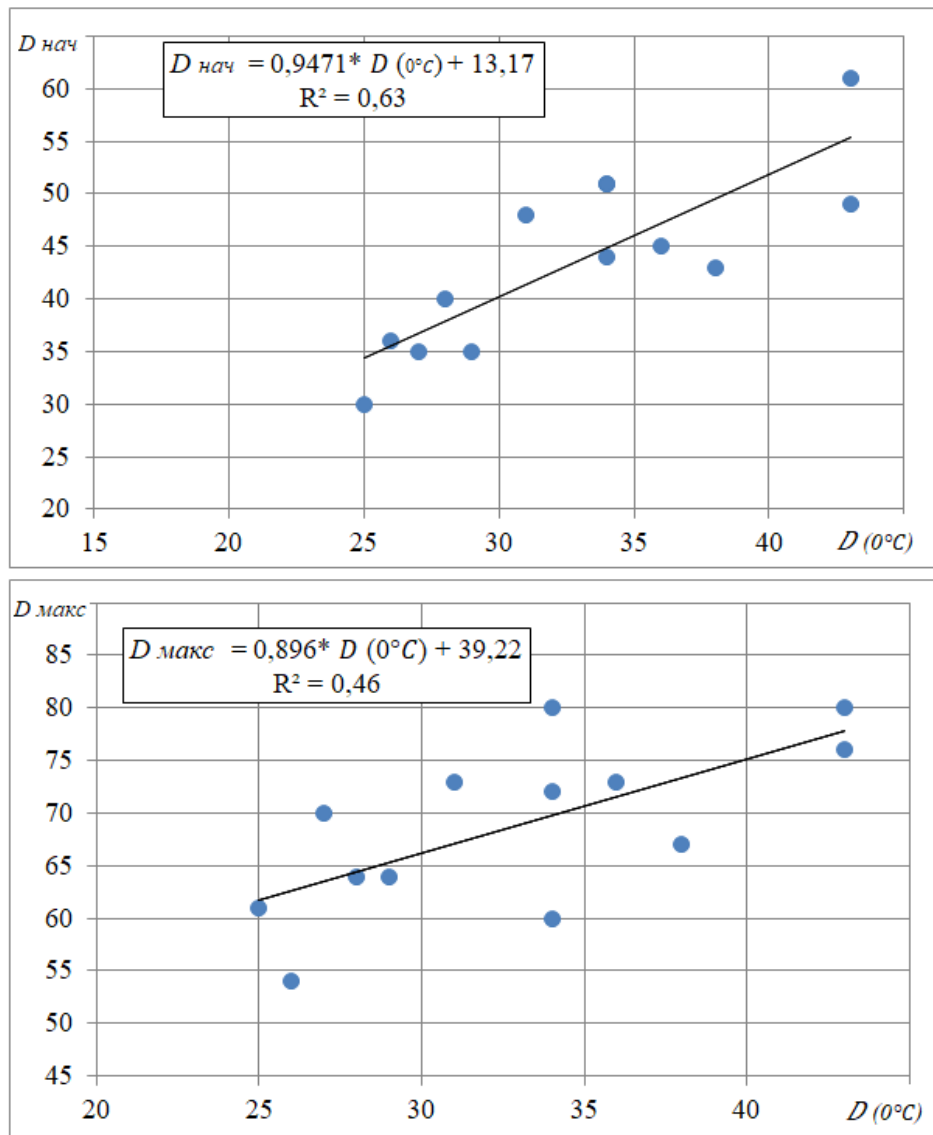
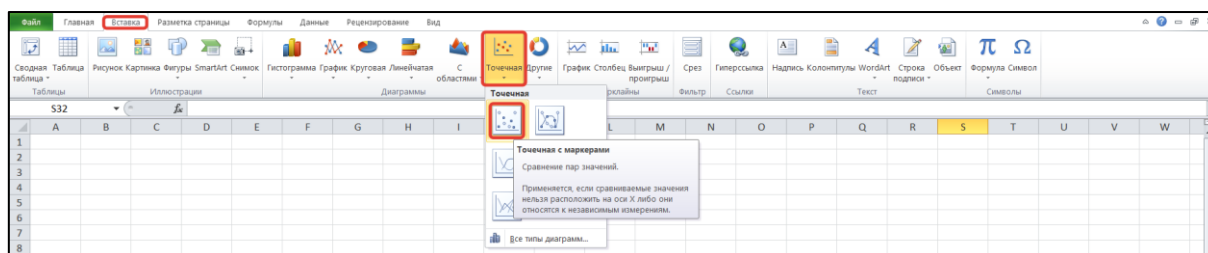


Рис. 5. Физико-статистические зависимости  $D_{нач} = f(D_{0^{\circ}C})$   
и

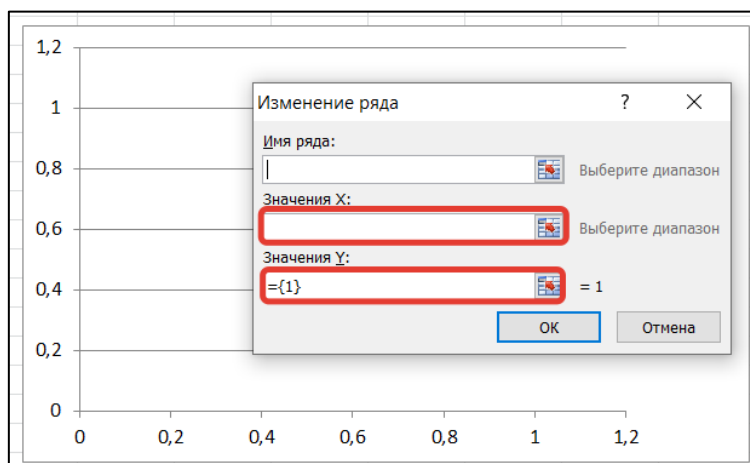
$D_{макс} = f(D_{0^{\circ}C})$  для прогноза сроков весеннего половодья  
р. Кама – с. Бондюг, 2008 г.

\* **Примечание:** на графике нанесены преобразованные даты в числах от постоянного начала (от 1 марта).

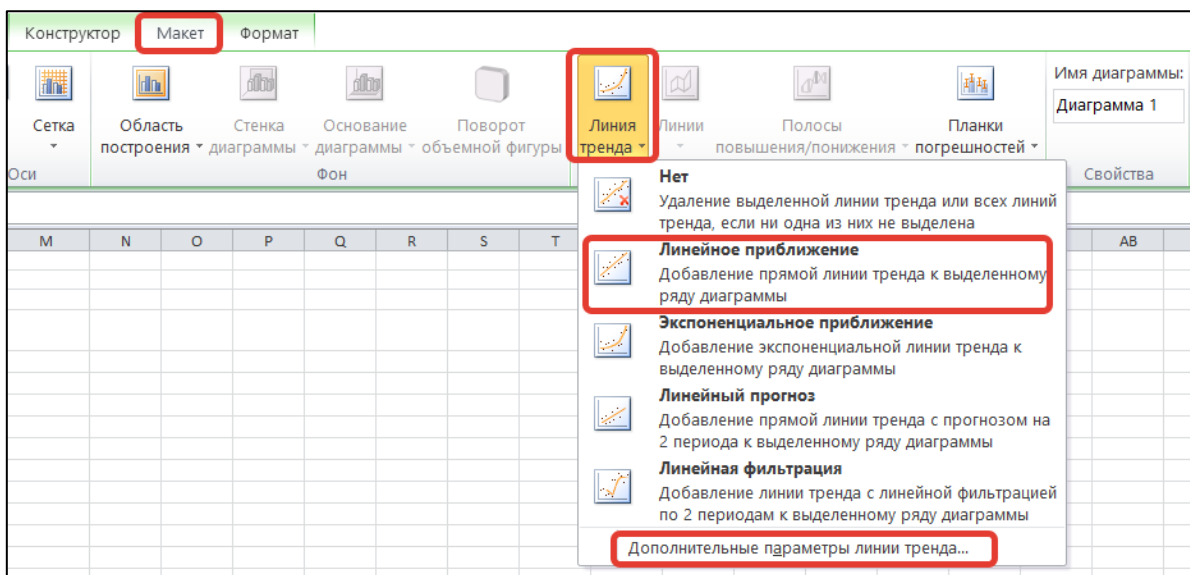
Для построения зависимостей в Microsoft Excel выберите «Вставка» – «Диаграмма» – «Точечная с маркерами»:



**7.1.2.** Нажмите правой кнопкой мыши на график, выберите «Выбрать данные» – «Добавить» – «Изменение ряда». В первом случае для получения зависимости  $D_{нач} = f(D_{0^{\circ}C})$  по оси X выберите ряд  $D_{0^{\circ}C}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной, по оси Y –  $D_{нач}$  (дата начала весеннего половодья). Во втором случае для получения зависимости и  $D_{макс} = f(D_{0^{\circ}C})$  по оси X выберите ряд  $D_{0^{\circ}C}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной, по оси Y –  $D_{макс}$  (дата максимального уровня воды весеннего половодья).

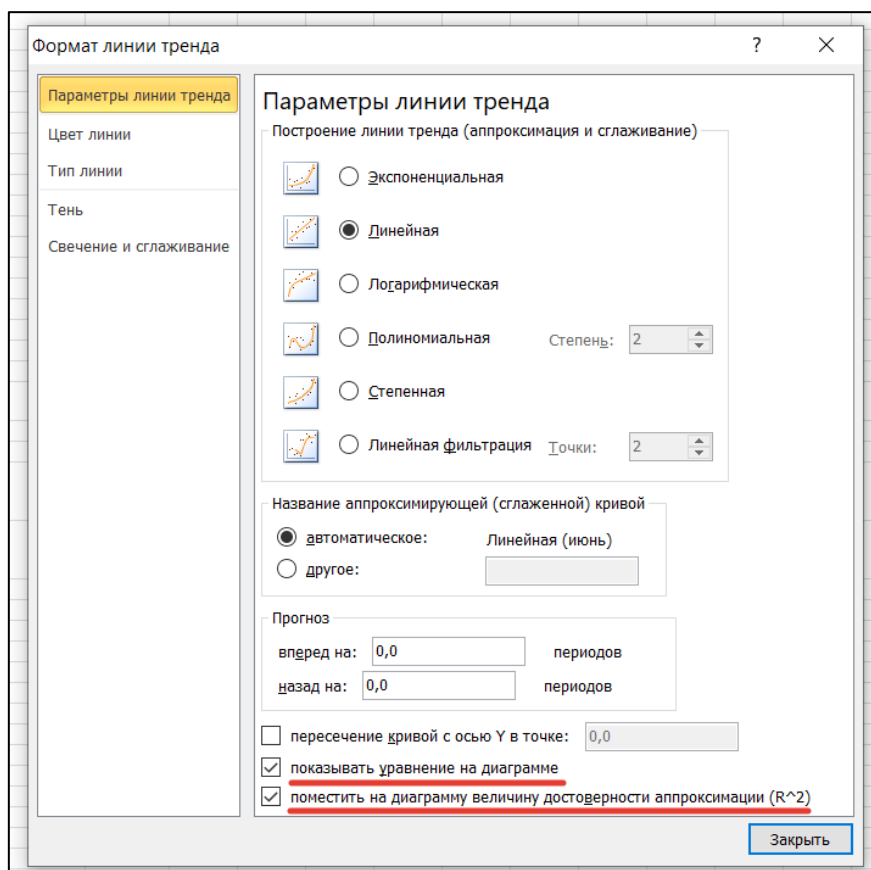


**7.1.3.** Проведите линейную линию тренда, для этого нажмите на график, и во вкладке «Макет» выберите «Линия тренда» – «Линейное приближение».



**Тренд** – это функция заданного вида, с помощью которой можно аппроксимировать построенный по данным таблицы график. Линии тренда позволяют графически отображать тенденции данных и прогнозировать их дальнейшие изменения. Подобный анализ называется также регрессионным анализом. Используя регрессионный анализ, можно продлить линию тренда в диаграмме за пределы реальных данных для предсказания будущих значений.

**7.1.4.** Выведите уравнение и поместите на график зависимости величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ ), для этого выберите «**Дополнительные параметры линии тренда**» и поставьте галочки напротив как на примере.



**7.2.** Рассчитайте коэффициент корреляции и определите степень тесноты и направления связи между двумя коррелируемыми параметрами  $D_{нач}$  и  $(D_{0^{\circ}C})$ , а также  $D_{макс}$  и  $(D_{0^{\circ}C})$ , в случае если между ними имеется линейная связь.

**Корреляционная связь** – это согласованное изменение двух признаков, отражающее тот факт, что изменчивость одного признака находится в соответствии с изменчивостью другого.

Коэффициент корреляции принимает значения от -1,0 (строгая отрицательная корреляция) до +1,0 (строгая положительная корреляция). Значение 0,0 означает отсутствие корреляции. Связи между переменными могут быть слабыми и сильными (тесными).

Определение коэффициента корреляции  $r$  возможно выполнить средствами Microsoft Excel, используя функцию =КОРРЕЛ (массив 1; массив 2). При этом в качестве массива 1 используется ряд наблюдений с первого до предпоследнего значений, а в качестве массива 2 – со второго до последнего значений.

**7.3. Интерпретируйте степень тесноты** связи полученного коэффициента корреляции ( $r$ ) между характерными датами по шкале Чеддока (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала Чеддока**

$r$	Теснота связи
0,1 – 0,3	Слабая
0,3 – 0,5	Умеренная
0,5 – 0,7	Заметная
0,7 – 0,9	Высокая
0,9 – 1,0	Весьма высокая

**7.4. Вычислите заблаговременность прогноза.**

**Заблаговременность** ( $\Delta$ , сут) – промежуток времени между составлением прогноза и датой осуществления предсказываемого явления. Расчет заблаговременности полученных зависимостей выполняется отдельно для зависимости для прогноза сроков начала весеннего половодья ( $\Delta_{нач}$ , сут) и для дат наступления максимальных уровней воды ( $\Delta_{макс}$ , сут) следующим образом:

$$\Delta_{нач} = D_{нач} - D_{0^{\circ}C}, \quad (\text{сут})$$

$$\Delta_{макс} = D_{макс} - D_{0^{\circ}C}, \quad (\text{сут})$$

Таблица 6

**Расчет заблаговременности**

<i>Год</i>	<i>D<sub>0°C</sub></i>	<i>D<sub>нач</sub></i>	<i>D<sub>макс</sub></i>	<i>Δ<sub>нач</sub>, сут</i>	<i>Δ<sub>макс</sub>, сут</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
2010					
2011					
...	...	...	...	...	...
2021					
Среднее					

\* **Примечание:** даты в числах от постоянного начала (от 1 марта).

Расчет необходимо выполнять в табл. 6. Полученные средние значения по столбцам 5 и 6 являются средними заблаговременностями для зависимостей  $D_{нач} = f(D_{0°C})$  и  $D_{макс} = f(D_{0°C})$ .

**8. Выполните анализ весеннего половодья** на исследуемой вами реке за период 2010-2021 гг. Пример анализа есть в начале данной практической работы.

## 2. АНАЛИЗ ЗАТОРООБРАЗОВАНИЯ

Затор – это многослойное скопление льдин в русле реки, образовавшееся во время подвижки или ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды. Затопы образуются весной при вскрытии рек.

Загор – это скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения речного потока и связанный с этим подъем уровня воды выше и спад ниже. Загоры образуются осенью при замерзании рек (Бузин, 2015).

Факторы, оказывающие влияние на процессы формирования скоплений льда, можно разделить на постоянные морфометрические и изменяющиеся от года к году гидрометеорологические. Мощность скоплений в том или ином году на конкретном участке реки зависит от двух групп гидрометеорологических факторов:

а) тепловых, которые определяют интенсивность образования и таяния льда, его толщину и прочность;

б) механических, под действием которых происходит взлом и нарушение целостности ледяного покрова, транспортирование льда вниз по реке, торшение и подсовы льда у кромки (Бузин, 2015).

Как показывают исследования периодичности появления затопов на большинстве рек водосбора Воткинского водохранилища (81%), повторяемость заторообразования составляет менее 20%, что соответствует периодичности наблюдения затопов 2 раза в 10 лет и реже (Кузнецова, 2020). Полученные результаты соответствуют данным В.А. Бузина (2015), где автор упоминает, что вследствие сравнительно небольшой толщины и прочности ледяного покрова затопные подъемы уровня воды на реке Кама и её притоках не превышали 2-3 м. Повторяемость затопов льда небольшая (20-30%) (Бузин, 2015).

На 7 гидрологических постах на рр. Колва, Косьва, Вильва, Очер, Сылва и Тулва (15% от общего числа) повторяемость затопных явлений составляет не менее 2 и не более 4 раз за десятилетие.

Самая высокая повторяемость затопов (41-60%) наблюдается на 2 гидрологических постах – р. Вогулка – с. Шамары и р. Межевая Утка – с. Усть-Утка. Затопы регистрировались 4-6 раз в 10 лет.

Согласно градации повторяемости затопов, описанной Калининым В.Г. (2008), повторяемость более 75% на реках водосбора Воткинского водохранилища не наблюдается. Частое образование затопов (от 25 до 75%) отмечалось на 6 гидрологических постах, что составляет всего 13% от общего числа постов, на которых наблюдаются затопы. Мест редкого образования затопов (менее

25%) значительно больше, они встречаются на 88% рек исследуемой территории (Калинин, 2008).

Анализируя процессы образования заторов на реках водосбора Воткинского водохранилища, можно четко выделить участки с частым формированием заторов. Данные участки расположены в горной части водосбора на реках Межевая Утка и Вогулка. Заторы образуются в среднем, в нижнем течении рек, в местах излучин и впадения притоков. Частое образование заторов наблюдается также преимущественно на горных рр. Косьва, Вильва и Колва, причем не только в среднем и нижнем течении, но и в верховьях, где характерной особенностью является увеличение уклонов и скоростей течения. В то же время процессы заторообразования отмечаются и на равнинных реках как северной, так и южной части водосбора в местах резких поворотов и перекаатов: Колве, Каме, Обве, Очер, Тулве, Бабке и Сылве. Места редкого образования заторов носят повсеместный характер, т.е. встречаются на большинстве малых и средних рек рассматриваемой территории (Калинин, 2008).

Выполнить анализ заторообразования на реках возможно с помощью рассчитанных средних, наибольших/поздних, наименьших/ранних показателей основных характеристик заторов. Рассмотрим некоторые особенности для следующих гидрологических постов, на которых заторы наблюдались наиболее часто: р. Вогулка – пгт. Шамары (1951-2016 гг.); р. Сылва – пгт. Шамары (1938-2016 гг.); р. Тулва – с. Барда (1938-2016 гг.); р. Косьва – пос. Большая Осяна (1971-2016 гг.); р. Колва – д. Петрецова (1927-2016 гг.). Схема расположения гидрологических постов указана на рис. 1.

Анализ табл. 6 показывает, что в среднем вскрытие ледяного покрова на всех исследуемых реках наблюдается с середины апреля по начало мая. Первые вскрываются реки на юге исследуемой территории (р. Тулва – с. Барда, р. Сылва – пгт. Шамары, р. Вогулка – пгт. Шамары). После происходит вскрытие рек в горной части (р. Косьва – пос. Большая Осяна) и на севере территории (р. Колва – д. Петрецова) (табл. 7).

Поздние сроки вскрытия рек, как правило, наблюдаются с конца апреля по середину мая (23 апреля – 12 мая). При раннем наступлении весны реки вскрываются в период с 27 марта по 5 апреля. Первыми вскрываются также реки в южной части водосбора Воткинского водохранилища. В горной части и на севере вскрытие рек наблюдается позже (табл. 7).

**Средние, поздние и ранние даты вскрытия и возникновения заторов  
на некоторых реках водосбора Воткинского водохранилища**

<i>Река – пост</i>	$D_{вскр}$	$H_{D_{вскр}}$	$D_{н_з}$	$H_{D_{н_з}}$	$T_{зат-вскр}$	$H_{зат-вскр}$	$T_з$
среднее значение							
р. Вогулка – пгт. Шамары	18 апр	241	19 апр	284	1	42	2
р. Сылва – пгт. Шамары	16 апр	279	17 апр	306	1	28	2
р. Тулва – с. Барда	12 апр	239	14 апр	274	2	35	2
р. Косьва – пос. Большая Осляня	27 апр	254	29 апр	268	2	14	1
р. Колва – д. Петрецова	29 апр	172	1 май	229	2	57	3
максимальное (позднее)							
р. Вогулка – пгт. Шамары	30 апр 1979	353 1966	1 май 1979	368 1967	7	108 1973	5
р. Сылва – пгт. Шамары	23 апр 1969	398 1970	24 апр 1969	398 1970	2	92 1982	4
р. Тулва – с. Барда	24 апр 1942	317 1939	25 апр 1942	355 1974	9	181 2009	4
р. Косьва – пос. Большая Осляня	8 май 1981	313 1975	9 май 1981	361 1975	3	48 1975	2
р. Колва – д. Петрецова	12 май 1970	259 2011	13 май 1969	369 1982	4	187 1982	5
минимальное (раннее)							
р. Вогулка – пгт. Шамары	3 апр 2012	175 1978	5 апр 1983	233 1984	0	0	1
р. Сылва – пгт. Шамары	5 апр 1983	190 1983	6 апр 1983	230 1978	0	0	1
р. Тулва – с. Барда	27 мар 1983	90 2009	2 апр 2009	150 2012	0	-38 1939	1
р. Косьва – пос. Большая Осляня	15 апр 1983	204 1984	16 апр 1975	226 1972	1	-12	1
р. Колва – д. Петрецова	6 апр 2010	90 1971	7 апр 1968	113 1971	0	0	1

**Примечание:**  $D_{вскр}$  – дата вскрытия, дата;  $H_{D_{вскр}}$  – уровень воды в день вскрытия, см;  $D_{н_з}$  – дата образования затора, дата;  $H_{D_{н_з}}$  – уровень воды на дату появления затора, см;  $T_{зат-вскр}$  – период времени между вскрытием и возникновением затора, сут;  $\Delta H_{зат-вскр}$  – изменение уровня воды за период от даты вскрытия до возникновения затора, см;  $T_з$  – длительность затора, сут.

Заторы на исследуемых реках в среднем за период 1936-2016 годы наблюдались с 14 апреля по 01 мая (табл. 7). Формирование заторов происходило с юга на север, как и вскрытие. Вначале заторы образовывались на реках, протекающих в южной части территории (р. Тулва – с. Барда, р. Сылва – пгт. Шамары, р. Вогулка – пгт. Шамары). После заторы формируются на горных реках (р. Косьва – пос. Большая Осляня) и на северных (р. Колва – д. Петрецова) (табл. 7). В соответствии с направлением начала потепления и вскрытия рек. В среднем от даты вскрытия до даты формирования заторов проходит 1-2 дня (табл. 7). Подъем уровня воды за этот период составлял в среднем 26 см на рав-



нинных и 50 см на горных реках. Интенсивность подъема была в среднем 25 см/сут.

*Позднее формирование заторов* происходит в период от 24 апреля по 13 мая. Максимальная продолжительность между датой вскрытия и датой формирования заторов составляет от 2 до 9 дней. Наибольшее значение наблюдается на р. Тулве – с. Барда в 1974 году. Наименьшие (2-3 дня) – на таких реках как р. Сылва – пгт. Шамары в 1970 году и р. Косьва-пос. Большая Осяна в 1975 году. Позднее формирование заторов также происходит, начиная с рек южной части, а затем горной и завершается реками северной части водосбора Воткинского водохранилища. Наибольший подъем уровня наблюдался на р. Колва – д. Петрецова в 1982 году, и составил 187 см за двое суток.

*Ранее формирование заторов* наблюдалось в период со 02 апреля по 16 апреля. Формирование заторов наблюдается на следующий день после вскрытия, в некоторые годы затор формировался в день вскрытия реки (табл. 6). Также стоит отметить, что уровень воды в день вскрытия мог быть больше, чем в день формирования затора. Такое явление можно заметить на двух изучаемых реках: р. Косьва – пос. Большая Осяна – уровень уменьшился на 12 см в 1977 году, и р. Тулва – с. Барда-уровень уменьшился на 38 см в 1939 году.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Характеристика формирования заторов на реках и построение физико-статистических зависимостей для прогноза заторообразования

#### Исходные данные:

1. Таблицы ежедневных уровней воды, включающие информацию о состоянии водного объекта за период 2008-2021 гг. Гидрологический пост выбирается из Приложения 3. Номер варианта соответствует порядковому номеру в листе группы. Скачать информацию по ежедневным уровням воды рек можно на сайте <https://gmvo.skniivh.ru> (Состояние поверхностных вод – ф. 14 Уровни воды рек, ручьев, каналов, см).

2. Среднесуточная температура воздуха ( $t$ , °C) по ближайшей к гидрологическому посту метеостанции (рис. 1) скачивается в виде архива погоды с сайта <https://rp5.ru>.

#### Задание:

1. Скачать исходные данные за период 2008-2021 г.
2. Выписать основные характеристики, необходимые для описания заторов на гидрологическом посту. Обозначения, приведенные после табл. 9.
3. Рассчитать средние характеристики для всех величин.
4. Выписать в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение уровней воды.
5. Построить физико-статистические зависимости для прогноза сроков возникновения заторов.
6. Проанализировать особенности заторообразования на исследуемой реке за период 2008-2021 гг.

#### Решение:

**1. Скачайте исходные данные за период 2008-2021 г. согласно вашему варианту (см п.1, Практической работы 1).**

Гидрологические посты из приложения 3 относятся к Двинско-Печорскому бассейновому округу.

**2. Выпишите в табл. 9 информацию об основных характеристиках, необходимых для описания заторов на гидрологическом посту. Обозначения, приведенные в табл. 9:**

- $D_{0^{\circ}}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям, дата (см п.п 1.10-1.16 и Приложение 2);
- $D_{Hmin}$  – дата наименьшего зимнего уровня воды, дата;
- $H_{min}$  – наименьший зимний уровень воды перед вскрытием, см;

- $D_{вскр}$  – дата вскрытия, дата;
- $H_{D_{вскр}}$  – уровень воды в день вскрытия, см;
- $D_{н_з}$  – дата образования затора, дата;
- $H_{D_{н_з}}$  – уровень воды на дату появления затора, см;
- $D_{к-з}$  – дата разрушения затора, дата;
- $H_{D_{к-з}}$  – уровень воды на дату разрушения затора, см;
- $T_z$  – длительность затора, сут;
- $T_{вскр-затоп}$  – период времени между вскрытием и возникновением затора, сут.
- $\Delta H_{зат-вскр}$  – изменение уровня воды за период от даты вскрытия до возникновения затора, см;
- $\Delta H_{вскр-min}$  – подъем уровня воды в день вскрытия над минимальным зимним уровнем, см.

**Пример** выбора данных разберем для р. Сылва – пгт. Шамары за 2011 г. В табл. 9 представлены данные наблюдений за среднесуточными уровнями воды на р. Сылва – пгт. Шамары в 2011 году. Ближайшая метеорологическая станция к гидрологическому посту – м/с Кунгур (рис. 1).

Таблица 8

### Условные обозначения

Символ	Описание	Символ	Описание
"	высший и низший уровень за месяц в один день	I	ледостав
#	изменение ледовых условий техническими средствами	N	навалы льда
&	ледостав с торосами	W	вода течет поверх льда
(	закраины	Z	неполный ледостав
)	забереги	Б	зажор выше поста
*	редкий шугоход	Г	средний и густой ледоход вторичный
:	сало	И	редкая снежура
;	внутриводный лед	К	редкий ледоход вторичный
@	плавающий лед	Л	редкий и густой ледоход
[	залом леса	П	подвижка льда
]	подо льдом шуга	Р	разводья
^	высший уровень за месяц	С	средняя и густая снежура
_	низший уровень за месяц	Ф	ледяная перемычка
~	вода на льду (стоячая)	Х	редкий ледоход
+	ледоход поверх льда	Ш	средний и густой шугоход
<	затор ниже поста	Ъ	зажор ниже поста
>	затор выше поста	=	лед ярусный

Таблица 9

## Среднесуточные уровни воды на р. Сылва – пгт. Шамары за 2011 г.

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	150 ^I	149 _I	156 ^I	153 _I	288	156 T	158 T	162 ^T	140 T	138 A	127 _*	143 I
2	149 I	149 _I	156 ^I	153 _I	284	160 T	156 T	162 ^T	139 T	139 A	129	143 I
3	148 I	150 _I	156 ^I	154 _I	290	165 T	156 T	161 T	139 T	141 A	128	142 I
4	148 I	150 I	155 I	154 I	304	175 T	155 T	158 T	138 T	142 A	130	141 _I
5	148 I	151 I	155 I	154 I	306 ^	185 T	155 T	155 T	139 T	141 A	130 *)	140 _I
6	147 I	151 I	154 I	154 (I	291	188 T	153 T	153 T	137 T	140 A	137 Z	140 _I
7	147 I	152 I	153 I	153 _()	266	187 T	152 T	152 T	136 T	139 A	135 I	141 I
8	147 I	152 I	153 _I	154 (	248	193 T	164 T	150 T	137 T	144 ^A	136 I	141 I
9	146 I	153 I	152 _I	155 (	231	193 T	170 T	148 T	136 T	145 A	143 I	142 I
10	146 I	153 I	152 _I	157 (	214	193 T	183 T	147 T	135 T	146 A	145 ^I	142 I
11	146 I	154 I	152 _I	161 (	205	194 T	195 T	147 T	136 T	145 A	144 ^I	142 I
12	146 I	155 I	152 _I	165 (	203	196 T	200 ^T	146 T	137 T	143 A	141 I	142 I
13	146 I	157 I	152 _I	176 (	196	202 T	201 T	146 T	136 T	142 A	142 I	144 I
14	147 I	157 I	153 _I	189 (	192	218 ^T	188 T	145 T	139 T	141 A	142 I	144 I
15	147 I	158 ^I	153 I	220 (	187	216 T	182 T	145 T	140 T	139 A	142 I	145 I
16	147 I	158 ^I	153 I	270 П()	183	208 T	180 T	144 T	141 ^T	138 A	142 I	145 I
17	146 I	158 ^I	154 I	294 ХП	177	203 T	176 T	143 T	139 T	137 A	141 I	146 I
18	145 I	158 ^I	154 I	332 ^<Л	174	203 T	173 T	144 T	137 T	136 A	141 I	146 I
19	144 I	157 I	154 I	279 ХN	172	194 T	177 T	143 T	138 T	134 A	142 I	147 I
20	143 _I	157 I	155 I	270 X	170	191 T	177 T	142 T	138 T	132 A	142 I	147 I
21	143 _I	157 I	155 I	281 Л	170	192 T	173 T	142 T	136 T	131 A	142 I	148 I
22	143 _I	157 I	156 ^I	304 ЛХ	171	188 T	171 T	141 T	134 T	130 A	142 I	148 I
23	143 _I	157 I	156 ^I	274 X	170	181 T	169 T	140 T	133 T	130 A	142 I	149 I
24	143 _I	157 I	156 ^I	242 X	168	177 T	166 T	140 T	132 A	129 A	143 I	150 I
25	143 _I	157 I	155 I	228	166	174 T	163 T	141 T	132 A	129 A	142 I	150 I
26	144 _I	156 I	155 I	224	164	171 T	160 T	141 T	132 A	129 A	143 I	150 I
27	145 I	156 I	155 I	222	164	167 T	158 T	140 T	132 A	128 A	143 I	151 I
28	147 I	156 I	154 I	227	163	163 T	157 T	141 T	132 A	128 A	143 I	151 I
29	148 I		154 I	254	162	161 T	157 T	142 T	133 A	128 A	143 I	152 ^I
30	148 I	-	154 I	282	159	159 T	160 T	142 T	136 A	128 *)	144 I	152 ^I
31	149 I	-	154 I	-	157 _	-	164 T	141 T	-	126 _*	-	152 ^I

**Наименьший зимний уровень воды перед вскрытием ( $H_{min}$ ) и дата его наступления ( $D_{Hmin}$ )** выбирается из среднесуточных уровней воды (табл. 9). На рассматриваемом посту наименьший уровень воды перед вскрытием реки наблюдался 6 раз: с 20 января (143 см) по 25 января (143 см). Выписываем в табл. 10 первую дату наблюдения наименьшего уровня (столбец 3) и уровень воды на эту дату (столбец 4): 20 января, 143 см.

**Дата вскрытия ( $D_{вскр}$ )** определяется по таблице среднесуточных уровней воды и описанию значков ледовых явлений, как дата разрушения ледяного покрова реки в результате потери его толщины и прочности под влиянием тепла солнечной радиации, воздуха и воды, а также увеличения скорости течения при подъёме уровня воды. Процесс вскрытия рек включает образование закраин, полыней, подвижки льда и т.д. Анализируя табл. 9, можно увидеть, что разрушение ледяного покрова наблюдалось с вечера 6 апреля. Выписываем в табл. 10 дату

вскрытия реки (столбец 5) и уровень воды ( $H_{D_{вскр}}$ ) на эту дату (столбец 6): 6 апреля, 154 см.

**Дата образования затора ( $D_{н_з}$ )** определяется по таблицам среднесуточных уровней воды и описанию значков ледовых явлений. За начало образования затора выше или ниже гидрологического поста принимается дата появления нагроможденного битого льда в русле реки, вызывающего стеснение живого сечения, и связанный с этим подъем уровня воды в реке выше данного скопления. Выписываем в табл. 10 первый день образования затора согласно условным обозначениям (значки рядом с уровнем воды < или >): (столбец 7) и уровень воды ( $H_{D_{н_з}}$ ) на эту дату (столбец 8): 18 апреля, 332 см.

**Дата разрушения затора ( $D_{к-з}$ )** определяется по таблицам среднесуточных уровней воды и описанию значков ледовых явлений. За дату разрушения затора принимается первый день, когда затор не наблюдается. Выписываем в табл. 10 первый день разрушения затора согласно условным обозначениям: (столбец 9) и уровень воды ( $H_{D_{к-з}}$ ) на эту дату (столбец 10): 19 апреля, 279 см.

**Длительность затора ( $T_з$ )** рассчитывается как разность дат образования и разрушения затора (столбец 11, табл. 10).

$T_{вскр-затор}$  – рассчитывается как разность дат между вскрытием и возникновением затора, сут (столбец 12, табл. 10).

$\Delta H_{зат-вскр}$  – рассчитывается как разность уровня воды за период от даты вскрытия до возникновения затора, см (столбец 13, табл. 10).

$\Delta H_{вскр-мин}$  – рассчитывается как разность между уровнем воды в день вскрытия и минимальным зимним уровнем, см (столбец 14, табл. 10).

### **3. Рассчитайте средние величины для всех характеристик.**

Средняя дата наступления явления рассчитывается как сумма всех дат в числах от постоянного начала, деленное на количество лет.

$$\bar{D}_{нач} = \frac{D_{2008} + D_{2009} + D_{2010} + \dots + D_{2018}}{14} = 46$$

Затем полученная величина переводится в дату. Так 46 дней от 1 марта соответствует 15 апреля.

### **4. Выпишите в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение уровней воды.**

Поздние даты наступления явления определяются по табл. 9 как наиболее поздняя дата. В строке ниже записывается год, в который наблюдалось наступление позднего явления

Ранние даты определяются аналогично по табл. 9 как самая ранняя дата наступления явления. Год записывается ниже. Если одна и та же дата наблюдалась в течение 3-х лет, то годы перечисляются через запятую.

Наибольшие/наименьшие уровни воды и годы, в которые они наблюдались, выбираются аналогично.

### 5. Постройте физико-статистические зависимости для прогноза сроков возникновения заторов.

Целью прогнозирования заторов (зажоров) является определение максимального заторного уровня воды и даты его наступления.

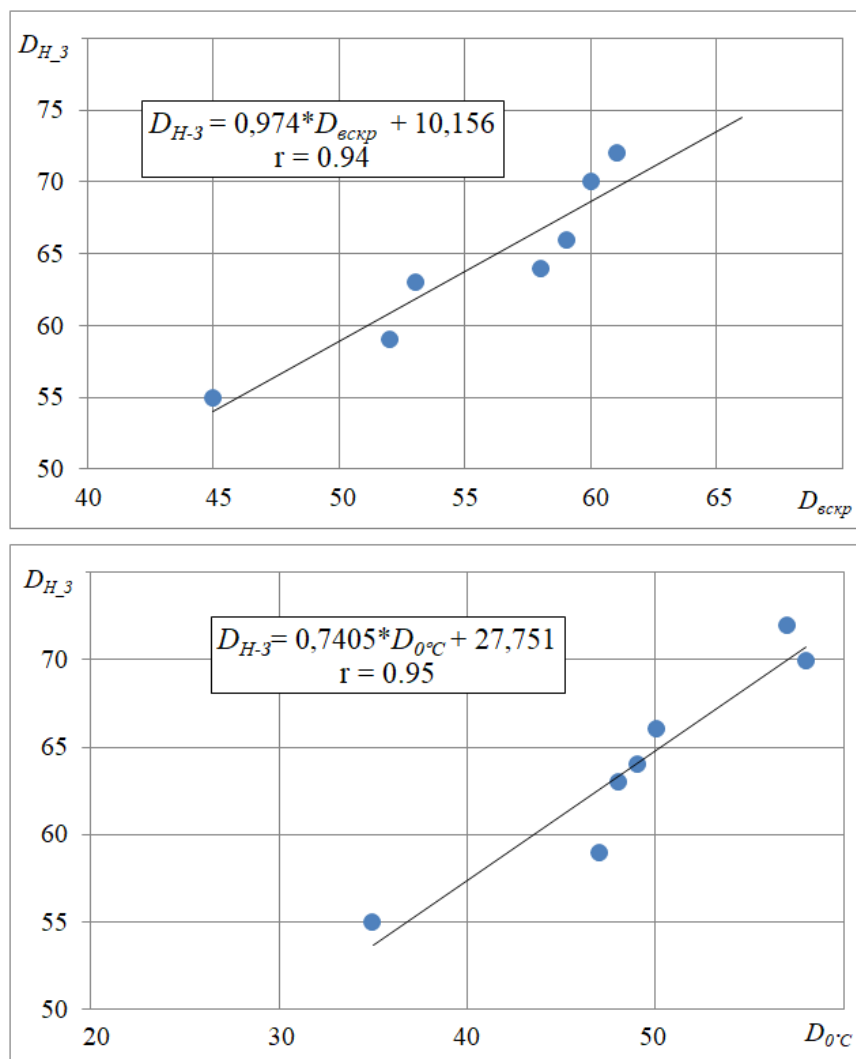


Рис. 6. Физико-статистические зависимости  $D_{H-3} = f(D_{вскр})$  и  $D_{H-3} = f(D_{0^\circ C})$  для прогноза сроков весеннего половодья р. Сылва – г/п Шамары, 2008-2014 гг.

\* **Примечание:** на графике нанесены преобразованные даты в числах от постоянно-го начала (от 1 марта).

Вначале нужно определить даты перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям ( $D_{0^\circ}$ ) по среднесуточным температурам воздуха близлежащей метеостанции. Исходные данные выбираются с сайта [gr5.ru](http://gr5.ru) (п. 1.14 и п.7.1 работы №1) Пример выбора даты перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям ( $D_{0^\circ}$ ) представлен в приложении 2.

**5.1.** Постройте две зависимости (рис. 5):  $D_{H_3} = f(D_{\text{вскр}})$  и  $D_{H_3} = f(D_{0^\circ C})$ , где  $D_{H_3}$  – дата образования затора (табл. 4, столбец 5);  $D_{0^\circ C}$  – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной (табл. 9, столбец 7);  $D_{\text{вскр}}$  – дата вскрытия реки весной (табл. 9, столбец 5).

**5.2.** Проведите линейную линию тренда.

**5.3.** Выведите уравнение и поместите на график зависимости величину достоверности аппроксимации ( $R^2$ ), для этого выберите «**Дополнительные параметры линии тренда**» и поставьте галочки напротив, как на примере.

**5.4.** Рассчитайте **коэффициент корреляции** и определите степень тесноты и направления связи между двумя коррелируемыми параметрами  $D_{H_3} = f(D_{\text{вскр}})$  и  $D_{H_3} = f(D_{0^\circ C})$ , если между ними имеется линейная связь.

**5.6.** **Интерпретируйте степень тесноты** связи полученного коэффициента корреляции ( $r$ ) между характерными датами по шкале Чеддока (табл. 5).

**6.** **Выполните анализ заторообразования** на исследуемой вами реке за период 2010-2021 гг. Пример анализа есть в начале практической работы № 2.

## Характерные даты заторообразования и уровни воды на р. \_\_\_\_\_ – в.п. \_\_\_\_\_ за период 2008-20\_\_

гг.

Год	D <sub>0с</sub>		D <sub>Hmin</sub>	H <sub>min</sub>	D <sub>вскр</sub>	H <sub>Dвскр</sub>	D <sub>H_з</sub>	H <sub>DH_з</sub>	D <sub>K-з</sub>	H <sub>DK-з</sub>	T <sub>з</sub>	T <sub>вскр-затоп</sub>	ΔH <sub>зат-вскр</sub>	ΔH <sub>вскр-min</sub>
	дата	в числах от 1 март												
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2008	4 апр	31+4=35	20 янв	143	6 апр	154	18 апр	332	19 апр	279	1	13	178	11
2009														
2010														
2011														
2012														
2013														
2014														
2015														
2016														
2017														
2018														
2019														
2020														
2021														
Среднее														
Позд- няя(макс)														
Год														
Ранняя (мин)														
Год														

**Примечание:** D<sub>0°</sub> – дата перехода температуры воздуха через ноль градусов весной к положительным значениям, дата; D<sub>Hmin</sub> – дата наименьшего зимнего уровня воды, дата; H<sub>min</sub> – наименьший зимний уровень воды перед вскрытием, см; D<sub>вскр</sub> – дата вскрытия, дата; H<sub>Dвскр</sub> – уровень воды в день вскрытия, см; D<sub>H\_з</sub> – дата образования затора, дата; H<sub>DH\_з</sub> – уровень воды на дату появления затора, см; D<sub>K-з</sub> – дата разрушения затора, дата; H<sub>DK-з</sub> – уровень воды на дату разрушения затора, см; T<sub>з</sub> – длительность затора, сут; T<sub>вскр-затоп</sub> – период времени между вскрытием и возникновением затора, сут; ΔH<sub>зат-вскр</sub> – изменение уровня воды за период от даты вскрытия до возникновения затора, см; ΔH<sub>вскр-min</sub> – подъем уровня воды в день вскрытия над минимальным зимним уровнем, см.



### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ

Минимальные расходы воды, определяющие собой водные ресурсы рек в самое маловодное время года, представляют большой интерес в практической гидрологии. Они учитываются при решении самых разнообразных водохозяйственных задач: проектирование гидростанций для выработки энергии, водоснабжение городов, сельских населенных пунктов, водного транспорта.

Величина минимального стока необходима при расчетах сброса сточных вод и самоочищения воды в реках, определение возможности судоходства и лесосплава и особенно при решении важнейшей проблемы, связанной с мелиорацией земель. В результате заборов воды происходит истощение речного стока, а при сбросах даже очищенных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков наблюдается изменение качества воды. В том и другом случаях последствием может быть ухудшение экологического состояния реки.

Наиболее остро это может происходить в маловодную фазу речного стока и особенно в годы с малой водностью. Таким образом, забор воды из рек ведет к общему уменьшению речного стока, а ее загрязнение практически дает тот же результат, уменьшая количество чистой воды. Однако в реке должен оставаться такой объем воды, который бы обеспечивал минимальные условия сохранения водных экосистем. Экологический сток – это то количество воды, которое должно оставаться в реке для обеспечения условий существования гидробионтов с одновременным сохранением ее необходимого качества. В этом случае сохраняются экосистемы пойм, а река остается элементом ландшафта. Следовательно, экологический сток обеспечивает количественное и качественное состояние водного объекта в самый маловодный период года.

Речной сток, наблюдающийся в маловодные сезоны при отсутствии значительных паводков, принято называть меженным, а время – *меженным периодом*, понимая фазу водного режима реки, наблюдающуюся в летне-осенний или зимний сезоны и характеризующуюся наличием относительно малых, устойчивых по величине расходов воды. В меженный период включаются паводки, если величина объема каждого из них не превышает 10–15% объема стока за меженный период, предшествующий и последующий этому паводку. При частых и различных по величине паводках (пилообразный вид гидрографа) в меженный период не включаются паводки с максимальными расходами воды, превышающими предшествующие среднесуточные минимумы больше, чем в 3–5 раз (чем больше объем пика паводка, тем меньше должна быть величина превышения).

В меженном периоде имеется отрезок времени, когда сток является наименьшим. Период наименьшего стока продолжительностью от 1 до 30 дней называется периодом минимального стока. В гидрологической литературе, особенно в зарубежной, до сих пор не существует четкое разделение понятий «меженный» и «минимальный сток». В работах английских и американских авторов эти понятия нередко объединяются общим термином «низкий сток» (low flow или low runoff).

**Минимальный сток** – наименьший по величине сток, обычно наблюдающийся в межень. Периодом минимального стока называют отрезок времени от 1 до 30 суток внутри меженного периода, когда наблюдаются наименьшие расходы воды. Опорные характеристики минимального стока – минимальные среднесуточные расходы воды и минимальные 30-дневные расходы. Последние представляют собой средний расход за 30 суток внутри летне-осенней или зимней межени (рассматриваются отдельно) с наиболее низким стоком. Введение в практику гидрологических и водохозяйственных расчетов минимального 30-дневного расхода вместо минимального среднемесячного вызвано необходимостью исключить влияние календарных месяцев, завышавших оценки низкого стока в условиях прерывистой межени. В зависимости от целей водохозяйственных расчетов применяются также величины 7 и 10-дневных минимальных расходов воды. Большое значение имеет определение этих характеристик при назначении минимально допустимых расходов воды, оставляемых в реках при осуществлении водозабора и устройства водохранилищ, расчета предельных величин сбросных расходов воды. Основное применение в практике водохозяйственного и строительного проектирования находят величины минимального стока большой обеспеченности в диапазоне 75–97%, характеризующие годы с маловодной меженью сравнительно редкой повторяемости. При оценке наихудших условий для формирования качества воды обычно используется минимальный сток 95%-ной обеспеченности (средняя повторяемость 1 раз в 20 лет).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Расчет характеристик маловодья

#### Исходные данные:

1. Таблицы ежедневных расходов воды, включающие информацию о состоянии водного объекта за период 2008-2021 гг. Гидрологический пост выбирается из Приложения 1. Номер варианта соответствует порядковому номеру в листе группы. Скачать информацию по ежедневным расходам воды рек можно на сайте <https://gmvo.skniivh.ru> (Состояние поверхностных вод – ф. 15 Расходы воды рек, ручьев, каналов, м<sup>3</sup>/с).

#### Задание:

1. Скачать исходные данные за период 2008-2021 гг.
2. Построить графики изменения расходов воды на гидрологическом посту за каждый исследуемый год.
3. Выписать основные характеристики, необходимые для описания маловодья на гидрологическом посту.
4. Рассчитать средние характеристики для всех величин.
5. Выписать в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение расходов воды.
6. Выполнить анализ летней межени на исследуемой реке за период 2008-2021 гг.

#### Решение:

**1. Скачайте исходные данные за период 2008-2021 гг. согласно вашему варианту** (см п.1, Практической работы 1). **Однако** в п. 1.3 необходимо выбрать *«ф. 15 Расходы воды рек, ручьев, каналов, м<sup>3</sup>/с»*, остальные пункты по выбору исходных данных соответствуют п.1, Практической работы 1.

**2. Постройте графики-гидрографы** для анализа летней межени следующим образом: по горизонтальной оси откладывается шкала времени, а по вертикальной оси – среднесуточные расходы воды (рис. 7). Всего должно быть построено 14 гидрографов.

**3. Выпишите информацию в табл. 12 об основных характеристиках, необходимых для описания летней межени на гидрологическом посту.** Обозначения, приведенные в табл. 12.

- $Q_{30-ти\ дн}$  – наименьший 30-суточный расход воды за период летней межени;
- $D_{нач}$  – дата начала периода с наименьшим 30-суточным расходом воды;

- $D_{кон}$  – дата окончания периода с наименьшим 30-суточным расходом воды;
- $Q_{ср.мес}$  – наименьший среднемесячный расход воды за период летней межени;
- $Q_{ср.сут}$  – наименьший среднесуточный расход воды за период летней межени;
- $D_{ср.сут}$  – дата наименьшего среднесуточного расхода воды за период летней межени.

**Пример** выбора данных разберем для р. Кама – с. Бондюг за 2008 г. В табл. 11 представлены данные наблюдений за среднесуточными расходами воды на гидрологическом посту за 2008 г.

Таблица 11

**Среднесуточные расходы воды на р. Кама – с. Бондюг за 2008 г.**

Дата	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	134 ^	111 ^	105	159 _	1970 ^	785 ^	296 ^	142	229	261 _	578 ^	332 _
2	134 ^	111 ^	105	166	1930	705	273	143	229 _	258 _	567	385
3	133	109	106	174	1880	649	258	146	250	267	545	402
4	132	107	104 _	184	1800	608	256	150	287	276	512	410 ^
5	130	107	104	197	1700	582	253	156	349	287	486	399
6	125	105	104	212	1610	564	250	163	423	302	453	400
7	122	107	104	221	1540	541	245	171	501	317	430	392
8	122	108	104	246	1510	523	237	173	564	333	409	384
9	123	109	104	263	1500	501	226	171	623	359	387	389
10	123	107	104	289	1520	467	210	167	690	384	370	384
11	125	109	104	325	1520	438	203	161	743	398	370	387
12	125	110	104	366	1510	416	196	157	773	405	359	389
13	125	108	105	437	1480	394	192	157	785 ^	391	352	387
14	123	109	110	591	1420	370	187	152	781 ^	377	359	394
15	123	109	111	772	1340	356	185	148	766	370	366	391
16	123	109	111	1080	1250	339	187	145	739	359	391	390
17	123	109	116	1360	1150	330 _	192	146	705	366	434	395
18	122	109	116	1440	1050	330 _	198	143	660	384	467	390
19	118	110	117	1410	990	339	205	142	601	412	493	394
20	116	107	117	1450	955	342	218	140 _	549	434	508	390
21	115	109	121	1510	939	352	223	142 _	490	449	496	391
22	114	109	122	1580	935	359	223	143	449	467	492	394
23	111 _	109	122	1660	960	391	221	157	412	475	472	396
24	112	107	122	1730	1010	398	203	189	380	482	451	396
25	113	108	126	1790	1060	409	187	226	356	486	421	388
26	115	108	127	1840	1090	412	171	256	326	490	397	387
27	113	108	128	1900	1090	412	161	270 ^	308	493	382	388
28	114	108	129	1930	1080	405	152	264	290	504	369	389
29	114	105 _	134	1960	1040	373	148	253	281	523	366	388
30	113		140	1970 ^	977	339	146	242	267	545	329 _	388
31	113		147 ^		883 _		143 _	231		567 ^		385

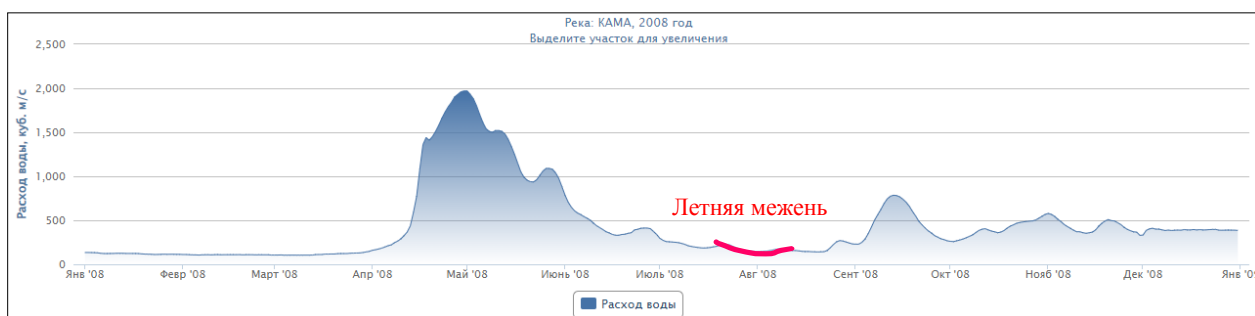


Рис. 7. График изменения среднесуточных расходов воды, г/п р. Кама – с. Бондюг, 2008г.

**Наименьший 30-суточный расход воды за период летней межени ( $Q_{30\text{-ти дн}}$ )** – это средний расход воды за 30 суток в период наиболее низкого стока летней межени. На графике гидрографа (рис.7) за каждый год определяется участок с наименьшими расходами воды в данном сезоне продолжительностью 30 суток, по таблицам ежедневных расходов воды (табл. 11 *серая заливка*) производится подсчет среднего расхода воды за выбранный период.

На рассматриваемом г/п р. Кама – с. Бондюг в 2008 г. анализ среднесуточных расходов воды (табл. 11) и графика-гидрографа (рис. 7) показал, что наименьшие расходы воды в летний сезон наблюдались с 25 июля по 23 августа, средний расход за этот период – 154 м<sup>3</sup>/с. Выписываем в табл. 12 первый день начала периода с наименьшим 30-суточным расходом воды ( $D_{нач}$ ) – столбик 3, последний день ( $D_{кон}$ ) – столбец 5 и средний расход за выбранные 30 суток ( $Q_{30\text{-ти дн}}$ ) – столбец 2: 25 июля, 23 августа, 154 м<sup>3</sup>/с.

**Наименьший среднемесячный расход воды за период летней межени ( $Q_{ср.мес}$ )** – это средний наименьший расход воды за календарный месяц в период летней межени. Среднемесячный расход воды за июль составил 208 м<sup>3</sup>/с, а за август – 176 м<sup>3</sup>/с, поэтому в табл. 12 выписываем  $Q_{ср.мес}$  – 176 м<sup>3</sup>/с (столбец 7), месяц – август (столбец 8).

**Наименьший среднесуточный расход воды за период летней межени ( $Q_{ср.сут}$ )** – это самый минимальный расход воды за выбранные 30 суток в период наиболее низкого стока летней межени. Выписываем в табл. 12 дату ( $D_{ср.сут}$ ) наименьшего среднесуточного расхода воды за период летней межени (столбец 10) и расход воды ( $Q_{ср.сут}$ ) на эту дату (столбец 9): 20 августа, 140 м<sup>3</sup>/с.

#### 4. Рассчитайте средние величины для всех характеристик.

Средняя дата наступления явления рассчитывается как сумма всех дат в числах от постоянного начала, деленное на количество лет.

$$\bar{D}_{\text{нач}} = \frac{D_{2008} + D_{2009} + D_{2010} + \dots + D_{2021}}{14} = 46$$

Затем полученная величина переводится в дату. Так, 46 дней от 1 июня соответствует 16 июля.

**5. Выпишите в подвал таблицы позднее/ранее наступление дат и наибольшее/наименьшее значение расходов воды.**

Поздние даты наступления явления определяются по табл. 12 как наиболее поздняя дата. В строке ниже записывается год, в который наблюдалось наступление позднего явления

Ранние даты определяются аналогично по табл. 12 как самая ранняя дата наступления явления. Год записывается ниже. Если одна и та же дата наблюдалась в течение 3-х лет, то годы перечисляются через запятую.

Наибольшие/наименьшие расходы воды и годы, в которые они наблюдались, выбираются аналогично.

**6. Выполните анализ летней межени на исследуемой реке по следующей схеме:**

- Опишите местоположение гидрологического поста.
- Покажите период летней межени на графиках-гидрографах.
- Проанализируйте средние сроки начала и окончания периода с наименьшими расходами воды.
  - Проанализируйте, чем средние за 30 сут минимальные расходы отличаются от среднемесячных расходов воды.
  - Опишите, в каком месяце чаще наблюдается наименьший расход воды.

Таблица 12

**Характерные даты летней межени и уровни воды на р. \_\_\_\_\_ – в.п. \_\_\_\_\_ за период 2008-2021 гг.**

Год	Минимальный 30-ти суточный расход воды					Минимальный среднемесячный рас- ход воды		Минимальный среднесуточный расход воды		
	$Q_{30\text{-ти дн.}}$	$D_{\text{нач}}$	в числах от 1 июня	$D_{\text{кон}}$	в числах от 1 июня	$Q_{\text{ср.мес}}$	месяц	$Q_{\text{ср.сут}}$	$D_{\text{ср.сут}}$	в числах от 1 июня
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2008	154	25 июля	30+25	23 августа	30+31+23	176	август	140	20 августа	30+31+20
2009										
2010										
2011										
2012										
2013										
2014										
2015										
2016										
2017										
2018										
2019										
2020										
2021										
Среднее										
Поздняя (макс)										
Год										
Ранняя (мин)										
Год										

**Примечание:**  $Q_{30\text{-ти дн}}$  – наименьший 30-ти суточный расход воды за период летней межени;  $D_{\text{нач}}$  – дата начала периода с наименьшим 30-ти суточным расходом воды;  $D_{\text{кон}}$  – дата окончания периода с наименьшим 30-ти суточным расходом воды;  $Q_{\text{ср.мес}}$  – наименьший среднемесячный расход воды за период летней межени;  $Q_{\text{ср.сут}}$  – наименьший среднесуточный расход воды за период летней межени;  $D_{\text{ср.сут}}$  – дата наименьшего среднесуточного расхода воды за период летней межени.

## 4. ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В РАЙОНЕ ИЗЫСКАНИЙ

Производственная деятельность многих секторов экономики, таких как энергетика, транспорт, строительство, сельское и лесное хозяйство, коммунальные службы и др., в значительной степени подвержена влиянию неблагоприятных гидрометеорологических условий и климата. Развитие новых технологий и хозяйственных инфраструктур усугубляет уязвимость экономики и жизнедеятельности общества от экстремальных проявлений окружающей среды.

На обширной территории России, обладающей большим разнообразием климатических условий, наблюдается широкий спектр неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений, которые могут нанести существенный экономический ущерб как отдельным хозяйствующим субъектам, так и отраслям экономики в целом.

В связи с этим своевременные и достоверные сообщения о возникновении и развитии (усилении и окончании) неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений, подаваемые наблюдательными подразделениями Росгидромета, позволяют уменьшить негативное воздействие этих явлений на работу отдельных предприятий и экономики страны в целом (РД 52.04.563-2013).

К гидрометеорологическим явлениям относятся:

- метеорологические явления – природные процессы и явления, возникающие в атмосфере;
- гидрологические явления – природные процессы и явления, возникающие в гидросфере (за исключением акватории морей и океанов);
- агрометеорологические явления – метеорологические, гидрологические явления или их сочетания, оказывающие воздействие на производство сельскохозяйственной продукции;
- морские гидрометеорологические явления – метеорологические и гидрологические явления или их сочетания, возникающие на акваториях морей и океанов.

К опасным природным явлениям (гидрометеорологическим) относятся отдельные гидрометеорологические явления или их сочетания, воздействие которых может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может наносить материальный ущерб (РД 52.04.563-2013).

Гидрометеорологические явления оцениваются как опасные явления (ОЯ) при достижении ими определенных значений гидрометеорологических величин – критериев. К ОЯ также относится сочетание (комплекс) гидрометеорологических



явлений, каждое из которых в отдельности по интенсивности или силе не достигает критерия ОЯ, но близко к нему.

Типовой перечень и критерии метеорологических и гидрологических явлений, сочетания которых образуют ОЯ, составленный с учетом рекомендаций Всемирной метеорологической организации (ВМО), приведен табл. 13.

Важную роль оценка возможных ОЯ на исследуемой территории играет при разработке проектной документации объектов капитального строительства. Для этого составляют таблицу основных опасных гидрологических и метеорологических явлений, наблюдаемых в районе исследования (табл. 13).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Определение опасных гидрометеорологических явлений в районе изысканий

#### Исходные данные:

Таблица опасных метеорологических и гидрологических природных явлений, включающая в себя информацию о характеристике и критерии ОЯ. Гидрологический пост выбирается из Приложения 1. Номер варианта соответствует порядковому номеру в листе группы.

Список опасных гидрометеорологических явлений, которые могут наблюдаться на территории проектируемого строительства, представлен в табл. 13 и должен быть составлен с учетом данных из справочника по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации и монографии «Опасные природные гидрометеорологические явления в Федеральных округах Европейской части России».

#### Задание:

1. Скачать справочники по опасным природным гидрометеорологическим явлениям.
2. Составить таблицу опасных метеорологических и гидрологических явлений на участке исследуемого поста.
3. Проанализировать особенности появления опасных метеорологических и гидрологических явлений в районе изысканий.

#### Решение:

##### 1. Скачайте:

- справочная монография «Опасные природные гидрометеорологические явления в федеральных округах Европейской части России» (2008);
- справочник «По опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации» (1997).

**2. Выпишите в табл. 13 информацию об основных опасных гидрологических и метеорологических явлениях, наблюдаемых в районе исследования.**

**3. Выполните анализ опасных природных гидрометеорологических явлений на исследуемом участке.**

**Основные опасные гидрологические и метеорологические явления, наблюдаемые в районе исследования**

<i>Название ОЯ</i>	<i>Характеристика (определение) ОЯ</i>	<i>Критерии ОЯ</i>	<i>Появление в районе исследования</i>
<i>Метеорологические</i>			
Очень сильный ветер	Сильный штормовой ветер разрушительной силы	Средняя скорость ветра не менее 20 м/с или максимальная скорость ветра (порыв) не менее 25 м/с (на побережье морей и в горных районах не менее 30 м/с)	<b>наблюдается / не наблюдается</b>
Ураганный ветер (ураган)	Ветер разрушительной силы	Максимальная скорость ветра (порыв) 33 м/с и более	
Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра в течение не менее 1 мин	Максимальная скорость ветра (порыв) 25 м/с и более	
Смерч	Сильный маломасштабный атмосферный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности	Независимо от скорости ветра	
Сильный ливень	Сильный дождь или ливневый дождь	Количество жидких осадков не менее 30,0 мм за период времени не более 1 ч	
Очень сильный дождь	Значительные жидкие (дождь, ливневый дождь) или смешанные (мокрый снег, дождь со снегом) осадки	Количество осадков не менее 50,0 мм (в ливнеопасных (селеопасных) горных районах не менее 30,0 мм) за период времени не более 12 ч	
Очень сильный снег	Значительные твердые осадки (снег, ливневый снег и др.)	Количество осадков не менее 20,0 мм за период времени не более 12 ч	
Продолжительный сильный дождь	Дождь почти непрерывный (с перерывами не более 1 ч) в течение нескольких суток	Количество осадков не менее 100,0 мм (в ливнеопасных районах не менее 60,0 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или не менее 120,0 мм за период 48 ч и более	

<i>Название ОЯ</i>	<i>Характеристика (определение) ОЯ</i>	<i>Критерии ОЯ</i>	<i>Появление в районе исследования</i>
<i>Метеорологические</i>			
Крупный град	Крупные частички льда (градины), выпадающие из кучево-дождевых облаков	Средний диаметр самых крупных градин не менее 20 мм	
Сильная метель	Общая или низовая метель при сильном ветре, вызывающая значительное ухудшение МДВ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч	
Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос больших количеств пыли или песка при сильном ветре, вызывающий значительное ухудшение МДВ	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч	
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления взвешенных мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), вызывающее ухудшение МДВ	МДВ не более 50 м продолжительностью не менее 12 ч	
Сильное ГИО	Сильное отложение льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на проводах гололедного станка	Диаметр ГИО не менее: - 20 мм для гололеда; - 35 мм для сложного отложения или мокрого снега; - 50 мм для изморози	
Сильный мороз	В период с ноября по март низкая минимальная температура воздуха	Минимальная температура воздуха не выше установленного для территории опасного значения	
Аномально-холодная погода	В период с октября по март в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7,0 °С и более	Критерий средней суточной температуры воздуха устанавливается УГМС	
Сильная жара	В период с мая по август высокая максимальная температура воздуха	Максимальная температура воздуха не ниже установленного для территории опасного значения	
Аномально-жаркая погода	В период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение средней суточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7,0 °С и более	Критерий средней суточной температуры воздуха устанавливается УГМС	

<i>Название ОЯ</i>	<i>Характеристика (определение) ОЯ</i>	<i>Критерии ОЯ</i>	<i>Появление в районе исследования</i>
<i>Гидрологические</i>			
Половодье	Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующая наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников (по <u>ГОСТ 19179</u> )	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	
Зажор	Скопление шуги с включением мелкобитого льда в русле реки, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды (по <u>ГОСТ 19179</u> )	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	
Очень большие расходы воды	Большие расходы воды (естественные), нарушающие условия эксплуатации гидротехнических сооружений и других хозяйственных объектов	Очень большие расходы воды повторяемостью не более 10%	
Очень малые расходы воды	Малые расходы воды (естественные), нарушающие условия эксплуатации гидротехнических сооружений и других хозяйственных объектов	Очень малые расходы воды повторяемостью не более 10%	
Затор	Скопление льдин в русле реки во время ледохода, вызывающее стеснение водного сечения и связанный с этим подъем уровня воды (по <u>ГОСТ 19179</u> )	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	
Паводок	Фаза водного режима реки, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды (по <u>ГОСТ 19179</u> )	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	

<i>Название ОЯ</i>	<i>Характеристика (определение) ОЯ</i>	<i>Критерии ОЯ</i>	<i>Появление в районе исследования</i>
<i>Гидрологические</i>			
Сель	Стремительный поток большой разрушительной силы, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек в результате интенсивных дождей или бурного таяния снега, а также прорыва завалов и морен (по ГОСТ 19179)		
Сход снежных лавин	Быстрый сход с горного склона больших снежных масс, увлекающих с собой талую воду, грунт, растительность, и обладающих огромной разрушительной силой	-	
Низкая межень (низкий уровень воды)	Понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в конкретных пунктах в течение не менее 10 дней	Критерии отметок понижения уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	
Раннее ледообразование	Экстремально раннее появление льда и образование ледостава на судоходных реках, озерах и водохранилищах	Дата раннего ледообразования для конкретного пункта повторяемостью не чаще одного раза в 10 лет	

## 5. ДОКЛАД ПО ТЕМЕ РЕФЕРАТА

Тема реферата выбирается согласно вашему номеру в списке группы.

### Темы рефератов

1. Половодье на реках РФ. Система контроля и обеспечения безопасности населения. Ущерб от половодий.
2. Наводнения в развитых и развивающихся странах. Система контроля и обеспечения безопасности населения. Ущерб от наводнений.
3. Дождевые паводки. Причины. Ущерб. Возможность прогноза.
4. Маловодье как опасное гидрологическое явление.
5. Нагонные наводнения в г. Санкт-Петербург. Способы защиты.
6. Прорывные паводки. Причины возникновения. Примеры.
7. Затопы льда на реках РФ. Повторяемость. Противозаторные мероприятия.
8. Зажоры льда на реках РФ. Повторяемость. Противозажорные мероприятия.
9. Затороопасные участки рек за рубежом. Повторяемость. Примеры применения противозаторных мероприятий. Самые разрушительные затопы за рубежом.
10. Ледовые затруднения в работе водозаборов и гидроузлов.
11. Наледная опасность на реках РФ. Методы борьбы.
12. Селевая опасность на территории России. Противоселевые защитные сооружения.
13. Селевая опасность за рубежом. Противоселевые защитные сооружения.
14. Снежные заносы. Методы защиты от снежных заносов.
15. Лавины. Методы защиты от лавин.
16. Проблема лавин в 2020 г.
17. Проблема обрушения берегов в РФ. Способы укрепления.
18. Проблема обрушения берегов на камских водохранилищах.
19. Наводнения в г. Кунгур.
20. Наводнение в г. Тулун на р. Ия в 2019 г.
21. Затопы наводнения в г. Ленск. (2001)

**В случае затруднений** с выделенной вам темой (что-то непонятно, нужно уточнить и т.п.), просьба обращаться после пар лекций или практик либо написать заранее на почту преподавателю.

Оценивается данный вид работ следующим образом:

- 3 балла – устное представление материала,
- 2 балла – оформление презентации,
- 3 балла – содержание реферата,
- 2 балла – оформление реферата,
- ВСЕГО максимум 10 баллов в рейтинг.

## **Реферат**

Реферат составляется в текстовом редакторе (\*.doc, \*.docx, \*.rtf либо любом другом). Должен включать: титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованной литературы. Объем реферата 12-17 стр, включая титульный лист.

Работа печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4. При этом объем реферата не должен превышать 20 страниц текста. Текст работы должен быть набран в редакторе Microsoft Word шрифтом Times New Roman (14 пунктов) через 1,5 интервала. Для акцентирования внимания на определенных терминах, важных моментах, специфических особенностях, содержащихся в работе, студент может использовать шрифты разной гарнитуры (полужирный, курсив), подчеркивание и т.п.

Все страницы работы (за исключением титульного листа) должны быть пронумерованы по центру в нижней части, причем нумерация страниц должна быть сквозной. При этом первой страницей является титульный лист (Приложение А), включаемый в общую нумерацию страниц работы. Текст работы печатается с соблюдением следующих размеров полей: верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 2 см.

Вне зависимости от способа выполнения работы качество напечатанного текста должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения, соблюдение равномерной плотности, контрастности и четкости изображения. Вписывать в отпечатанный текст отдельные слова, знаки допускается только черной пастой, при этом плотность вписанного текста должна быть максимально приближена к плотности основного изображения.



## Доклад

Время на доклад 5-10 мин. Презентация составляется на основе реферата.

Количество слайдов в презентации каждый студент определяет сам, исходя из выделенного на защиту времени. Например, если на защиту курсовой работы отводится 5–7 минут, то делать 20 слайдов не рекомендуется, так как будет мелькание слайдов на экране.

1-й слайд – титульный лист, где последовательно по центру указывается название университета, кафедра, тема курсовой / выпускной квалификационной работы, ФИО студента и научного руководителя;

2-й слайд – характеристика объекта исследования и актуальность работы;

3-й слайд – цель и задачи курсовой работы;

4–8-й слайды – результаты работы;

9-й слайд – выводы.

### Основные требования к презентации

1. Презентация должна быть исполнена в классическом черно-белом варианте, либо можно использовать презентацию в фирменном стиле географического факультета ПГНИУ. Ссылка на шаблон презентации:

[https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1jXgP8Bqau5\\_7904PYa9IWQdHr0FhVz41](https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1jXgP8Bqau5_7904PYa9IWQdHr0FhVz41)

2. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman. Шрифт должен быть только черного цвета.

3. Кегль для текста – 20–24, для таблиц и рисунков – не менее 16.

4. Заголовки должны быть оформлены единообразно, т.е. единым шрифтом и кеглем.

5. Все таблицы и рисунки должны быть пронумерованы и подписаны.

6. При использовании в презентации рисунков или таблиц, выполненных другими авторами, необходимо указать источник, из которого данная информация заимствована.

7. Знаки препинания ставятся только в предложениях. Точка не ставится в конце заголовка и после названия рисунка или таблицы.

8. Слайды должны быть пронумерованы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузин В. А. Зажоры и заторы льда на реках России. – 2015.
2. Калинин В. Г. Водный режим камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон. – 2014. С. 184.
3. Калинин В. Г. Ледовый режим рек и водохранилищ бассейна Верхней и Средней Камы. – 2008. С. 252.
4. Кузнецова И.Н. Особенности заторообразования на реках Пермского края: Выпускная квалификационная работа. ПГНИУ. Пермь. 2020. С. 84.
5. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология: Учебник для вузов. 2-е изд. испр. //М.: Высш. школа. – 2007.
6. РД 52.04.563-2013 «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями»

Распределение гидрологических постов для практических работ № 1, 3

<i>№ ва-рианта*</i>	<i>Река – пост</i>	<i>Уровень выхода воды на пойму, см</i>
1	р. Бабка – с. Жилино	Пойма затапливается при уровне 340 см.
2	р. Буй – пгт Куеда	Пойма реки левобережная, затапливается при уровне 350–400 см. Правобережная не затапливается.
3	р. Быстрый Танып – Чернушка	Пойма подтапливается при уровне 360 см, а выше 500 см – затапливается полностью. При уровне 509 см в 2,0 км выше поста начинается перелив воды через автодорожную насыпь на правобережной пойме и затопление моста через реку.
4	р. Велва – д. Ошиб	При уровне 500 см идёт затопление левобережной поймы.
5	р. Весляна – пос. Оныл	Пойма затапливается при уровне 310 см.
6	р. Вильва – с. Нововильвенский	Пойма затапливается при уровне 150 см.
7	р. Вогулка – пгт Шамары	Пойма затапливается при уровне 400 см.
8	р. Иньва – д. Слудка	Пойма затапливается при уровне 530 см.
9	р. Кама – пгт Гайны	Пойма затапливается при уровне 440 см.
10	р. Кама – с. Бондюг	Пойма затапливается при уровне 500 см.
11	р. Колва – д. Петрецова	Пойма затапливается при уровне 450 см.
12	р. Колва – д. Чердынь	Пойма затапливается при уровне 575 см.
13	р. Коса – с. Коса	При уровне 496 см в 600 метрах выше поста начинается выход воды на пойму.
14	р. Косьва – д. Перемское	Пойма затапливается при уровне 400 см.
15	р. Кува – с. Кува	Пойма затапливается ниже поста при уровне 320 см, в створе поста – при уровне 365 см.
16	р. Лолог – пос. Сергеевский	Пойма затапливается при уровне 500 см.
17	р. Мулянка – д. Субботино	Подтопление левобережной части поймы происходит при уровне 560 см. Правобережная пойма начинает затапливаться при уровне 580 см.
18	р. Обва – с. Карагай	Затопление правобережной поймы начинается при уровне 302–306 см. Полностью затопляется при уровне 380 см.
19	р. Очёр – д. Казымово	Пойма затапливается при уровне 430–450 см.
20	р. Сылва – пгт Шамары	Пойма затапливается при уровне 450 см.

<i>№ ва-ри-анта*</i>	<i>Река – пост</i>	<i>Уровень выхода воды на пойму, см</i>
20	р. Сылта – пгт Шамары	Пойма затапливается при уровне 450 см.
21	р. Сылта – Сылвенск	Пойма затапливается при уровне 950 см.
22	р. Тулта – с. Барда	Подтопление поймы идёт сверху через старицы на ширину до 1,5 км при уровне 340 см.
23	р. Чусовая – пгт Кын	Пойма затапливается при уровне 450 см.
24	р. Чусовая – пгт Лямино	Пойма затапливается при уровне 650 см.
25	р. Яйва – пос. База	Пойма затапливается при уровне 530 см.

\*Номер варианта соответствует порядковому номеру в листе группы.

## Приложение 2

### Среднесуточная температура воздуха ( $T_{cp}$ ) по м/с Самары за 2011 г.

Дата	$T_{cp}, ^\circ\text{C}$
15.03.2011	-7,28
16.03.2011	-1,60
17.03.2011	-3,58
18.03.2011	-5,24
19.03.2011	-3,68
20.03.2011	-1,70
21.03.2011	0,45
22.03.2011	-0,90
23.03.2011	-1,78
24.03.2011	0,20
25.03.2011	-1,79
26.03.2011	-4,41
27.03.2011	-7,21
28.03.2011	-6,68
29.03.2011	-5,05
30.03.2011	-5,79
31.03.2011	-4,59
01.04.2011	-2,64
02.04.2011	-5,31
03.04.2011	-2,76
<b>04.04.2011</b>	<b>3,74</b>
05.04.2011	4,90
06.04.2011	4,81
07.04.2011	4,54
08.04.2011	6,48
09.04.2011	3,65
10.04.2011	4,10
11.04.2011	3,85
12.04.2011	4,20
13.04.2011	5,84
14.04.2011	6,01
15.04.2011	4,10

Распределение гидрологических постов для практических работ № 2, 4

<i>№ вариан- та*</i>	<i>Река – пост</i>
1	р. Северная Двина – г.Котлас
2	р. Северная Двина – д. Абрамково
3	р. Северная Двина – с. Нижняя Тойма
4	р. Северная Двина – д. Сидоровская
5	р. Северная Двина – р.п. Березник
6	р. Северная Двина – д. Звоз
7	р.Онега – с.Турчасово
8	р.Сухона – г.Тотьма
9	р.Сухона – д.Каликино
10	р.Сухона – г.Великий Устюг
11	р.Пинега – д.Засурье
12	р. Вогулка – пгт Шамары
13	р. Сылва – пгт Шамары
14	р.Пинега – с.Усть-Покшеньга
15	р.Пинега – с.Кулогоры
16	р.Пинега – с.Кузомень
17	р. Мезень – д.Макариб
18	р. Мезень – д.Разгорт
19	р. Мезень – с.Большая Пысса
20	р.Мезень – с.Койнас
21	р.Мезень – д.Малонисогорская
22	р.Мезень – с.Дорогорское
23	р. Печора – с. Усть-Унья
24	р. Печора – с.Усть-Кожва
25	р. Печора – с.Усть-Уса

\*Номер варианта соответствует порядковому номеру в листе группы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский государственный национальный  
исследовательский университет»

*Кафедра гидрологии  
и охраны водных ресурсов*

**Практическая работа № 1**

**Характеристика весеннего половодья  
р. Кама – пгт. Гайны за период 2008-2021 гг.**

по курсу «Опасные природные явления»

выполнил(а): студентка 2  
курса  
группа: ГР/О ГДЗ-20 НБ  
Иванова А.И.

Проверила: ст. преподаватель  
Механошина Е.В.

Пермь 2024

*Учебное издание*

Составители:

**Микова Ксения Дмитриевна**  
**Механошина Екатерина Владимировна**

**Опасные природные явления:  
Опасные гидрологические явления**  
**Методические указания для выполнения практических работ**

Методические материалы

Издается в авторской редакции  
Компьютерная верстка: *Е. В. Механошина*

---

Объем данных 2,41 Мб  
Подписано к использованию 18.04.2024

---

Размещено в открытом доступе  
на сайте [www.psu.ru](http://www.psu.ru)  
в разделе НАУКА / Электронные публикации  
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Управление издательской деятельности  
Пермского государственного  
национального исследовательского университета  
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15