







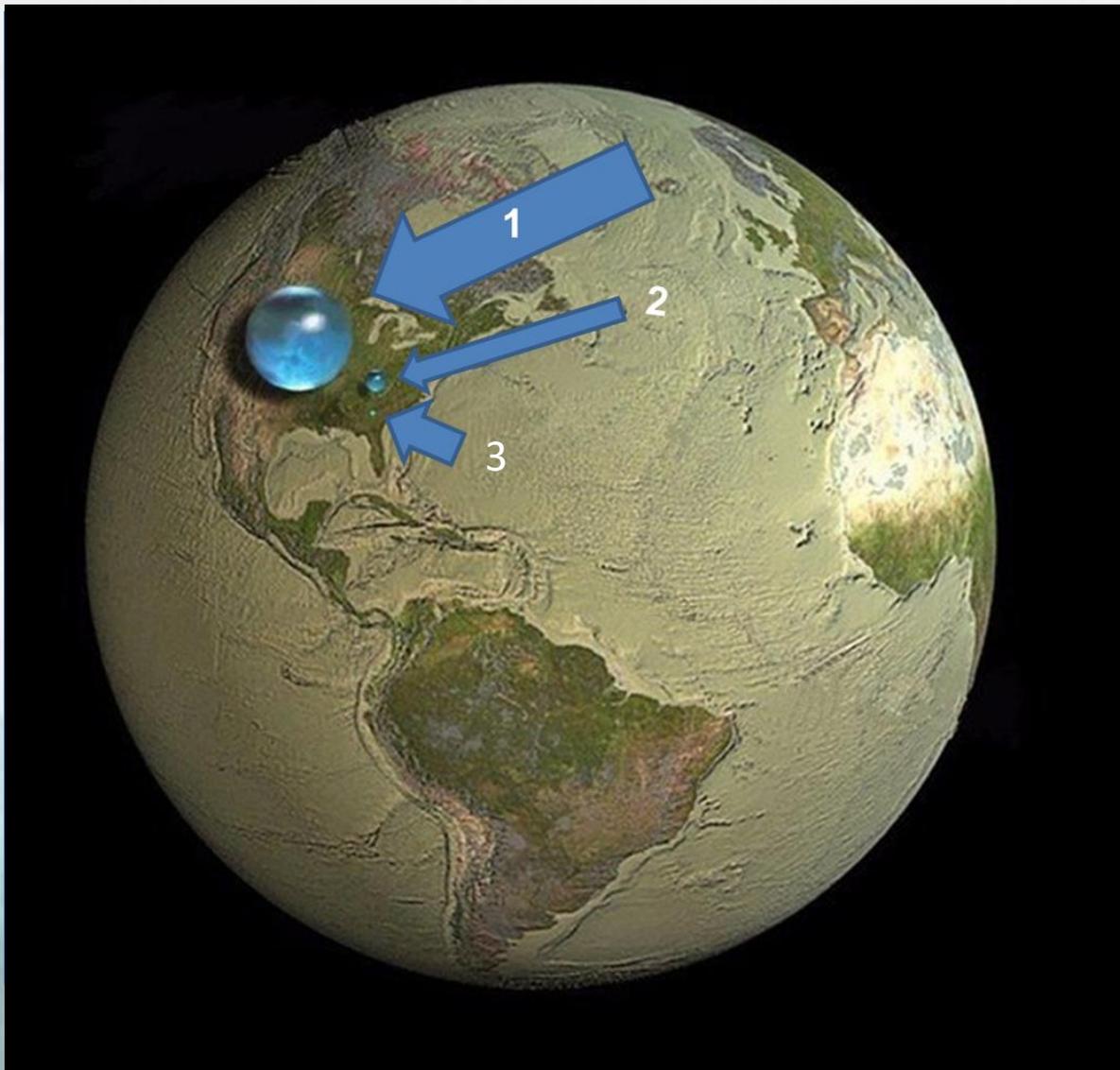


# ГИДРОЛОГИЯ

Зав. кафедрой гидрологии суши, профессор  
Фролова Наталья Леонидовна



# Вода, Ты – величайшее в мире богатство



В настоящее время **70%** территории нашей планеты покрыты водой. Общий запас воды сегодня составляет около **1,4 млрд м<sup>3</sup>** (200 млн м<sup>3</sup> на человека) **(1)**. **96,5%** запасов – соленые воды Мирового океана, которые непригодны для употребления. Всего **2,5%** воды на планете – пресные **(2)**. Только **0,3%** пресной воды легко доступны человеку для использования. Большая их часть – в реках и озерах **(3)**.

С каждым годом проблема доступа к водным ресурсам становится острее. За последние **50 лет** в мире произошло целых **507 конфликтов**, связанных с доступом к воде. 21 спор привел к военным действиям.



**«Вода!  
У тебя нет ни вкуса, ни  
цвета, ни запаха, тебя не  
опишешь, тобой  
наслаждаешься, не  
понимая, что ты такое.  
Ты не просто  
необходима для жизни,  
ты и есть жизнь... Ты –  
величайшее в мире  
богатство...»**

**Антуан де Сент-  
Экзюпери**

## Памятник реке Лене



**Волга-мать  
Рыбинское вдхр.**



**Енисей**

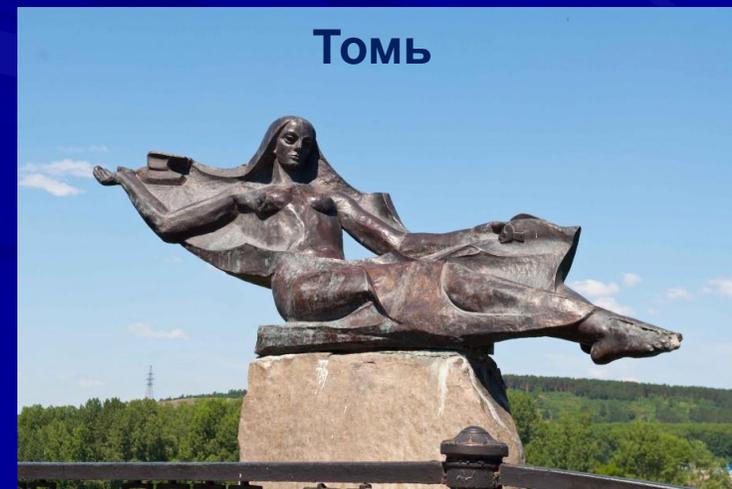


krascompas.ru

**Нева**



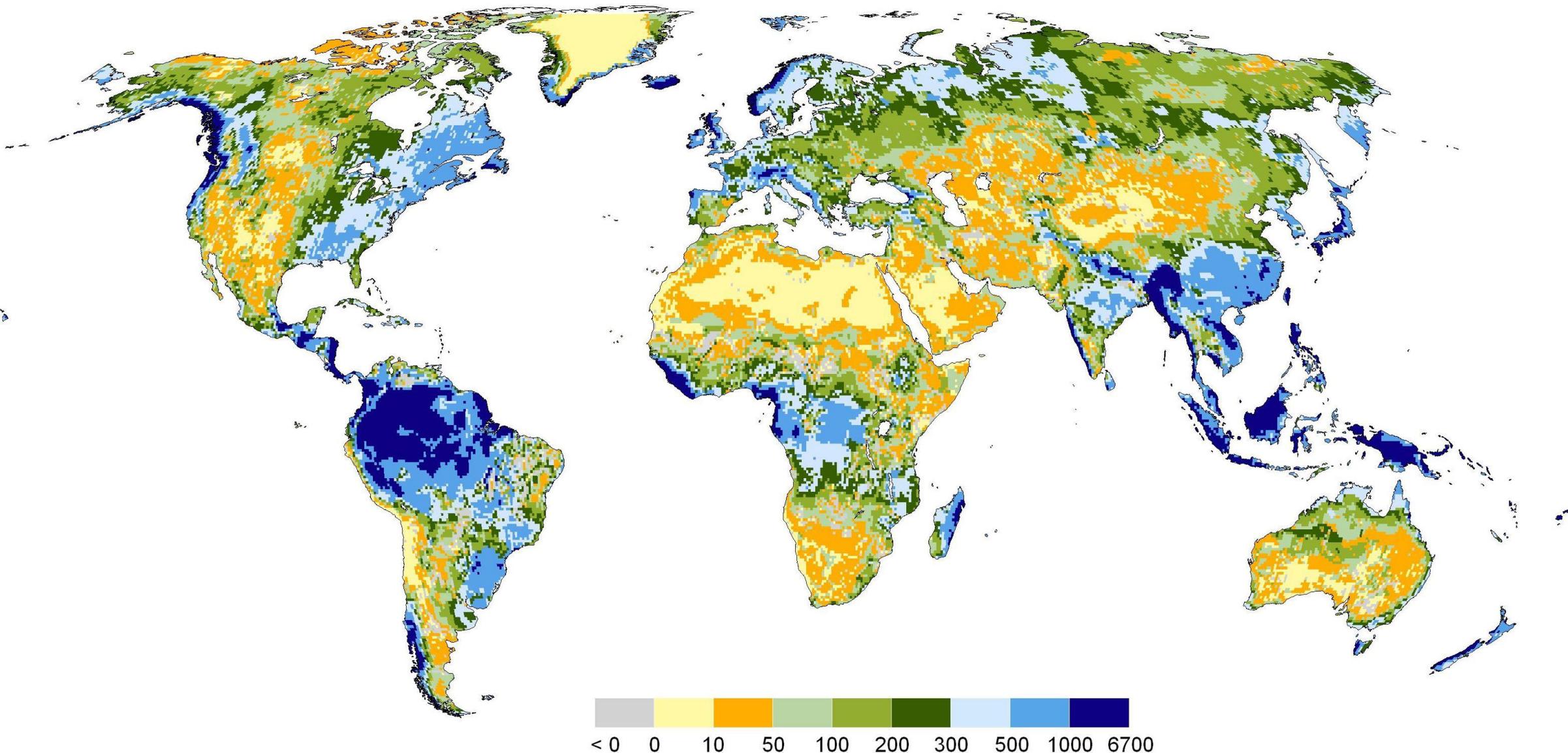
**Томь**



Река Томь



# Общие возобновляемые ресурсы пресных вод (мм/год)



# ***Возобновляемые ресурсы пресных вод***

- **ежегодно возобновляемые объемы воды (км<sup>3</sup>/год, м<sup>3</sup>/с )**
- **материковый сток (47 000 км<sup>3</sup>)**
- **непрерывное возобновление характерно лишь для речных вод (41 700 км<sup>3</sup>)**
- **использовать можно лишь некоторую часть речных и озерных вод**

**При этом в целом для использования человеком доступен всего 1% пресной воды на Земле, и почти три четверти этого объема тратятся на производство продуктов питания.**

# *Средние ресурсы пресной воды на душу населения, м<sup>3</sup>/год*

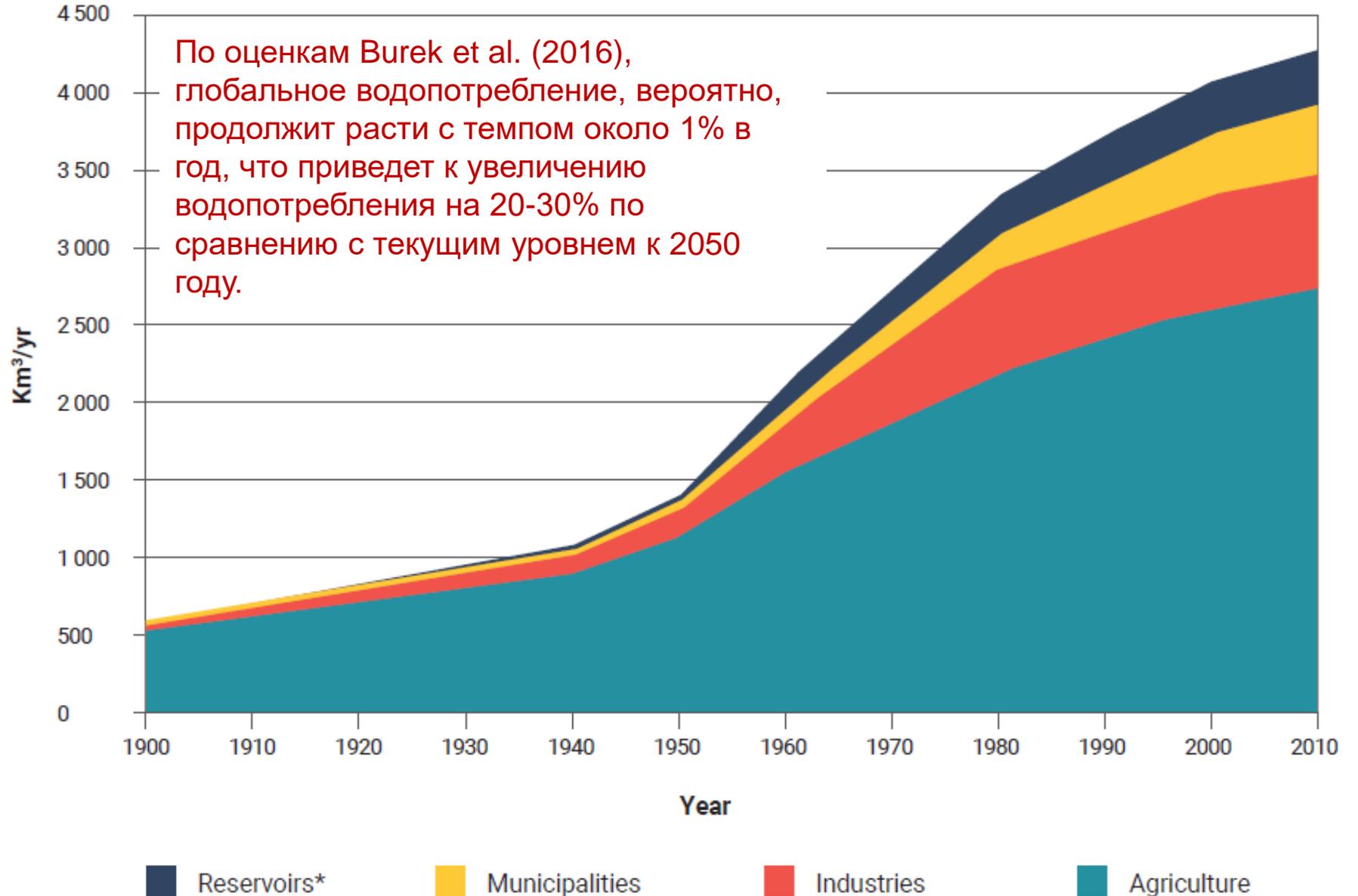
Страна	Средние ресурсы пресной воды на душу населения, м <sup>3</sup> /год
Китай	1900
Индия	1200
США	9600
Индонезия	13200
Бразилия	30700
Пакистан	350
Нигерия	1600
Россия	30000

Figure P1

Global water withdrawals,  
1900–2010

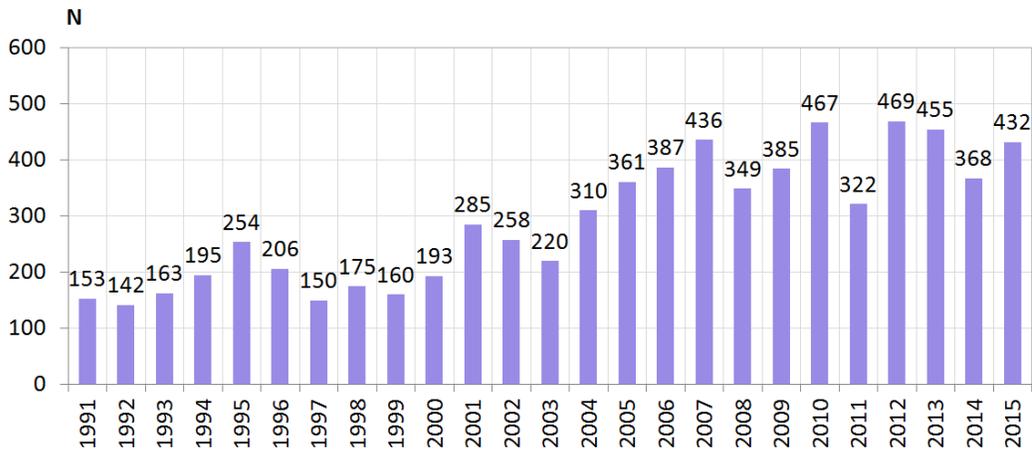
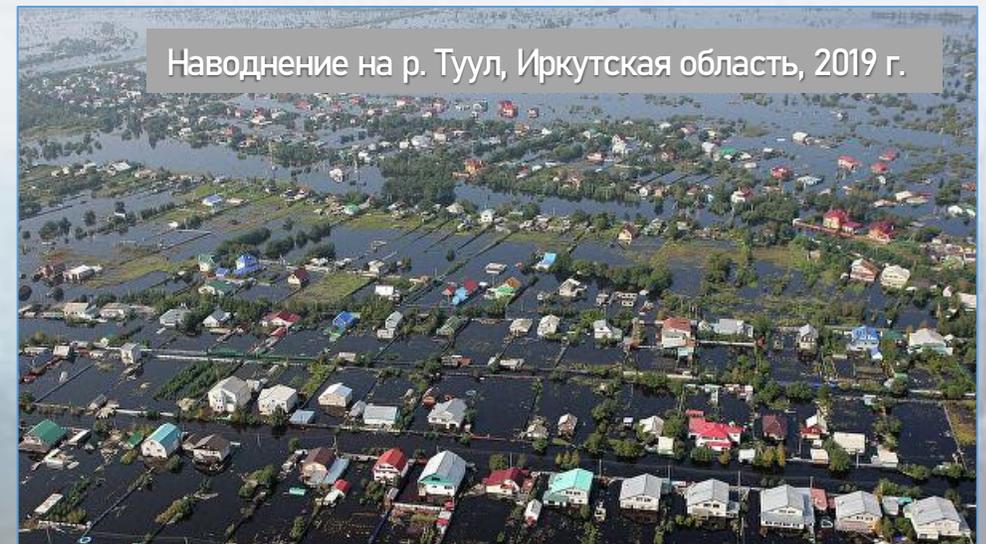
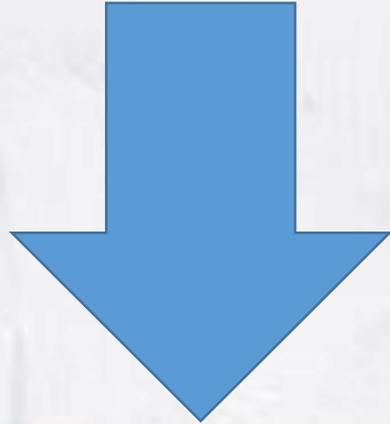
За последние 100 лет глобальное потребление пресной воды увеличилось в шесть раз и продолжает расти примерно на 1% в год с 1980-х годов (AQUASTAT, n.d.). Значительная часть этого роста можно объяснить сочетанием роста численности населения, экономического развития и изменением структуры потребления.

## Глобальное водопотребление, 1900-2019



# Водные угрозы

Наводнения, по данным МЧС России – самые повторяющиеся и самые опасные чрезвычайные явления в нашей стране



**Количество  
опасных  
гидро-  
метеорологи-  
ческих  
явлений в РФ**

# Водные угрозы (наводнения)



Великий Устюг - 2016



Амур - 2013



Крымск - 2012

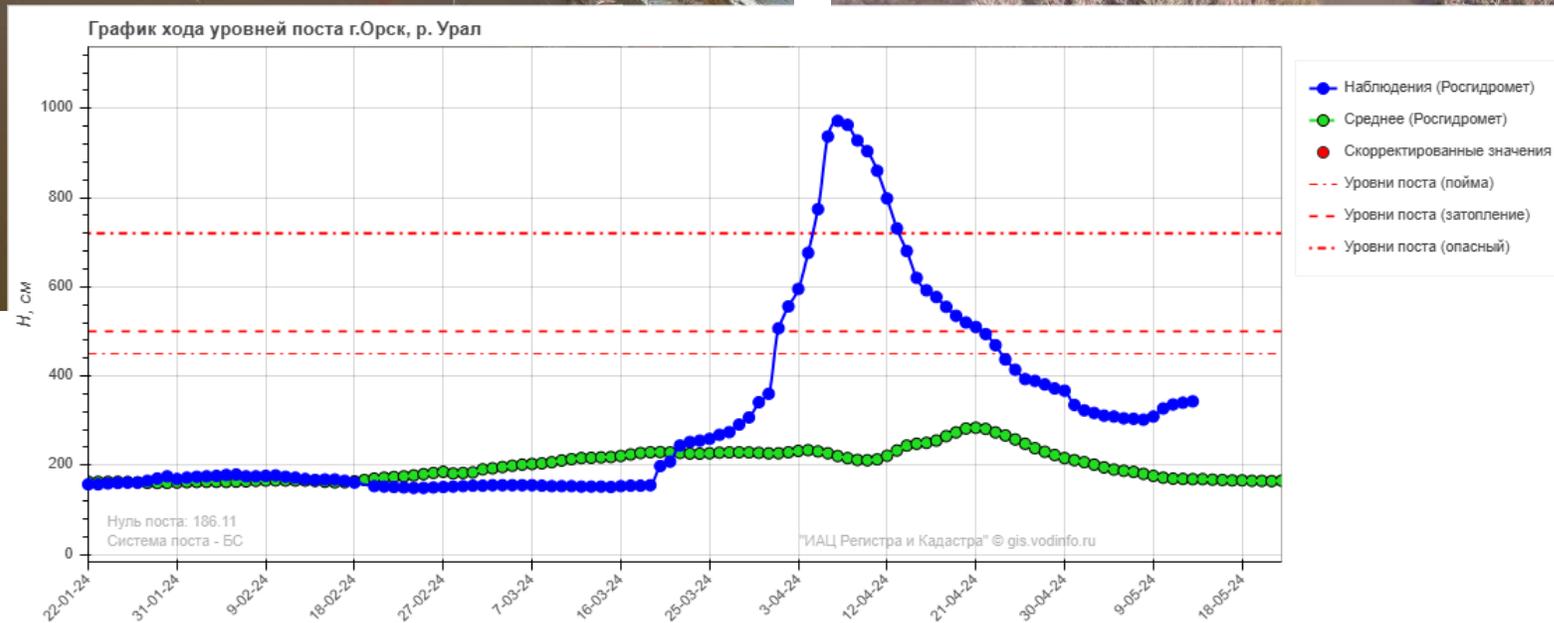


Ленск - 2001

В начале апреля 2024 г. началось половодье на реке Урал и её притоках. Уровень воды поднялся до 10 м, на 2 м выше опасного уровня. От наводнений сильнее всего пострадали Оренбург и Орск.

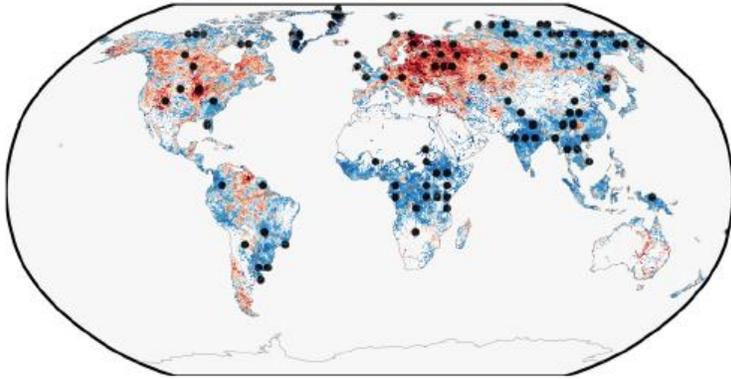


# Наводнение в бассейне Урала, Тобола, Ишима Апрель-май 2024 г.

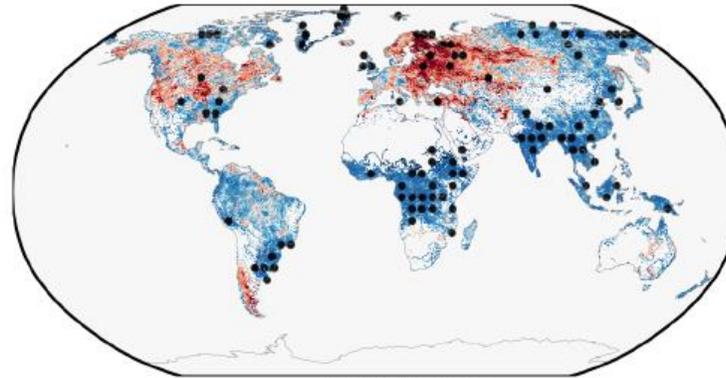


## Projected changes in river flooding

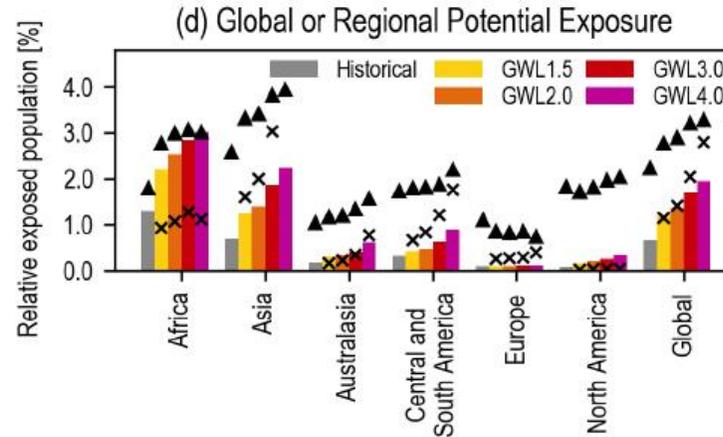
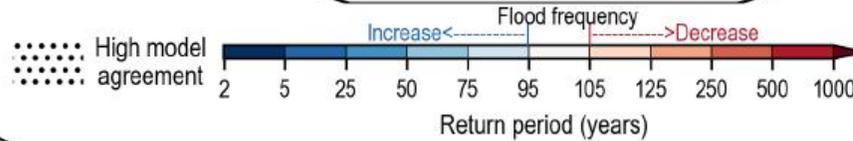
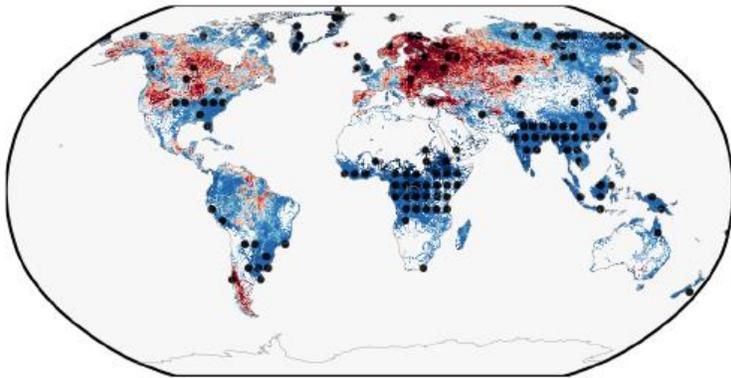
(a) SSP1-2.6



(b) SSP2-4.5



(c) SSP5-8.5



*Изменение частоты экстраординарных паводков в конце 21 века по сравнению с периодом 1970-2000 при трех сценариях глобального социально-экономического развития (из IPCC WGII AR6; рис. 4.17)*

# НАВОДНЕНИЯ И КЛИМАТ



**Прогнозируемые изменения «Угрозы водной безопасности возрастут при всех сценариях глобального потепления, но в разной степени (высокая достоверность)»**

Масштаб и частота наводнений увеличатся во многих регионах, включая Азию, Центр.Африку, Зап. Европу, Центр. и Юж. Америку, восток Северной Америки (высокая степень достоверности)

Потери глобального ВВП вследствие роста наводнений возрастут в 1,2–1,8 раза при потеплении на 2°C и в 4–5 раз при потеплении на 4°C по сравнению с потеплением на 1,5°C (средняя степень достоверности)

# Водные угрозы – засухи и маловодья

Дефицит водных ресурсов приводит к значительным проблемам для окружающей среды и экономики различных регионов России и мира

Прогноз изменения водных ресурсов и водопотребления (по данным В.И. Данилова-Данильяна –ИВП РАН)

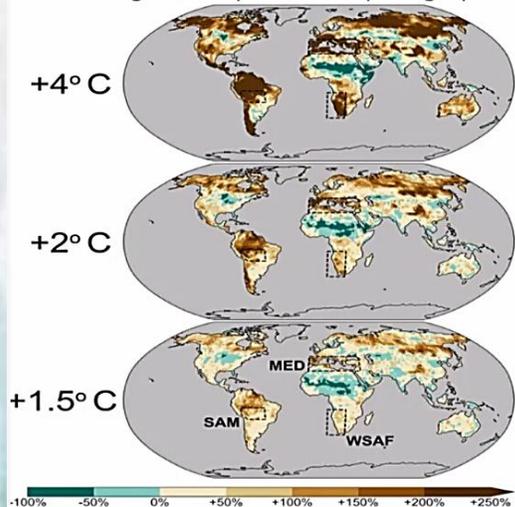
## SIXTH ASSESSMENT REPORT

Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability

ipcc  
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON Climate change



Changes in likelihood of extreme agricultural (soil moisture) drought years

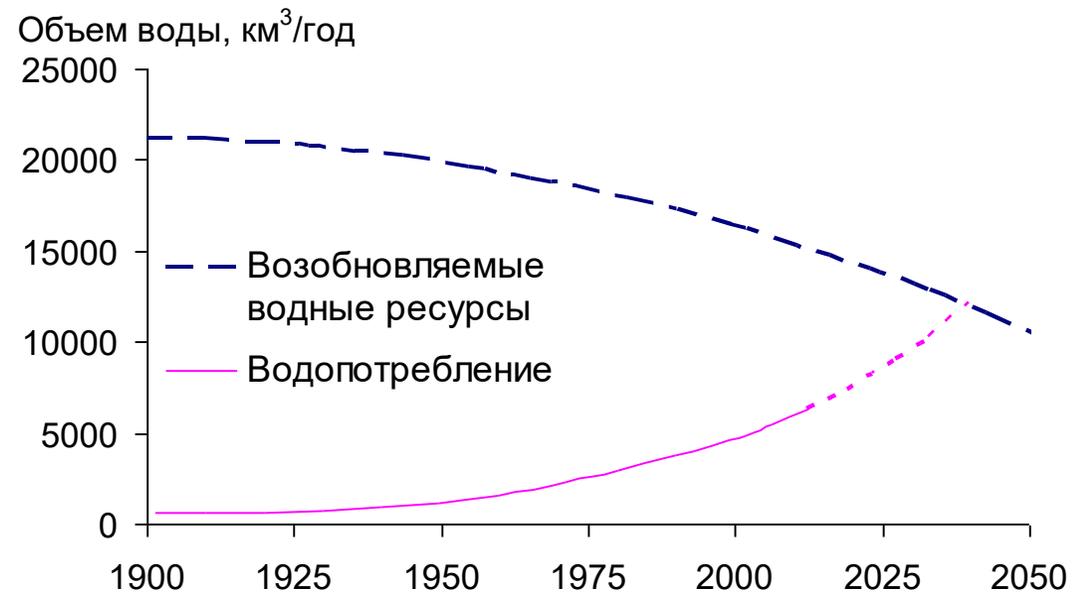


Прогнозируемые изменения вероятности с/х засух (из IPCC WGII AR6; рис. 4.18)

### Прогнозируемые изменения (засухи)

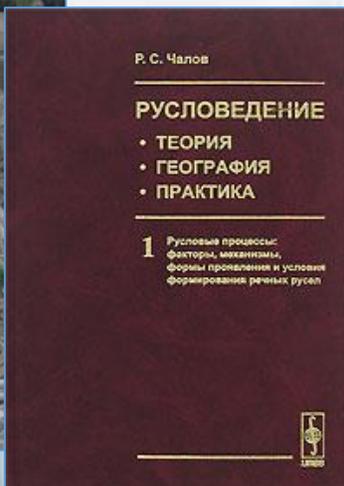
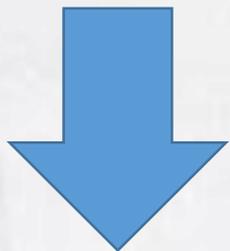
«Угрозы водной безопасности возрастут при всех сценариях глобального потепления, но в разной степени (высокая достоверность)»  
На севере части Ю. Америки, в Средиземноморье, на западе Китая, в высоких широтах Сев. Америки и Евразии вероятность экстремальных с/х засух вырастет в два раза при глобальном потеплении на 1,5°C, в 2.5-3 раза при потеплении на 2°C и более чем втрое при потеплении на 4°C (средняя достоверность). Риски для урожайности с/х культур могут быть в три раза выше при потеплении на 3°C по сравнению с 2°C (средняя степень достоверности).

При сценарии SSP2 население, подверженное экстремальным засухам, увеличится более чем вдвое (с 3% до 8%) в 21 веке (средняя достоверность).

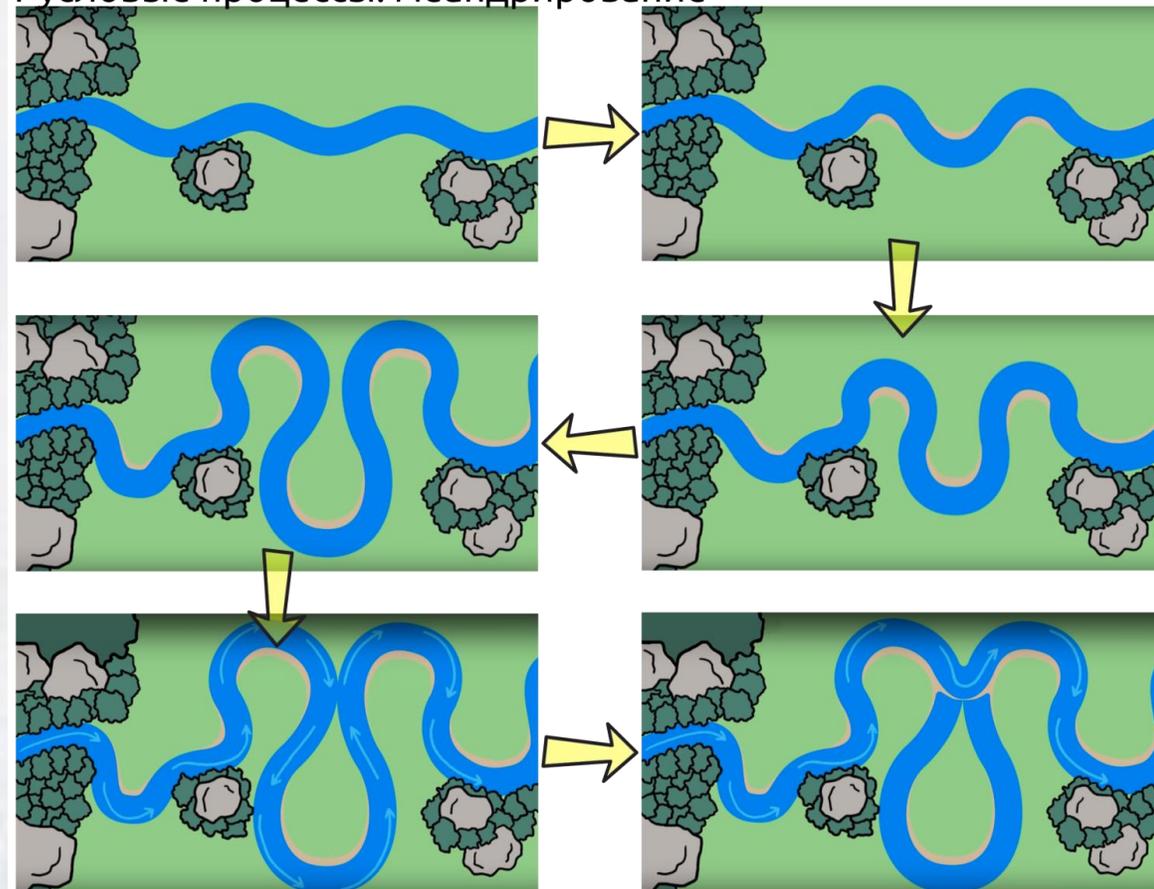


# Водные угрозы

Изменения русел рек – русловые деформации создают опасность разрушения населенных пунктов, мостов, водозаборов

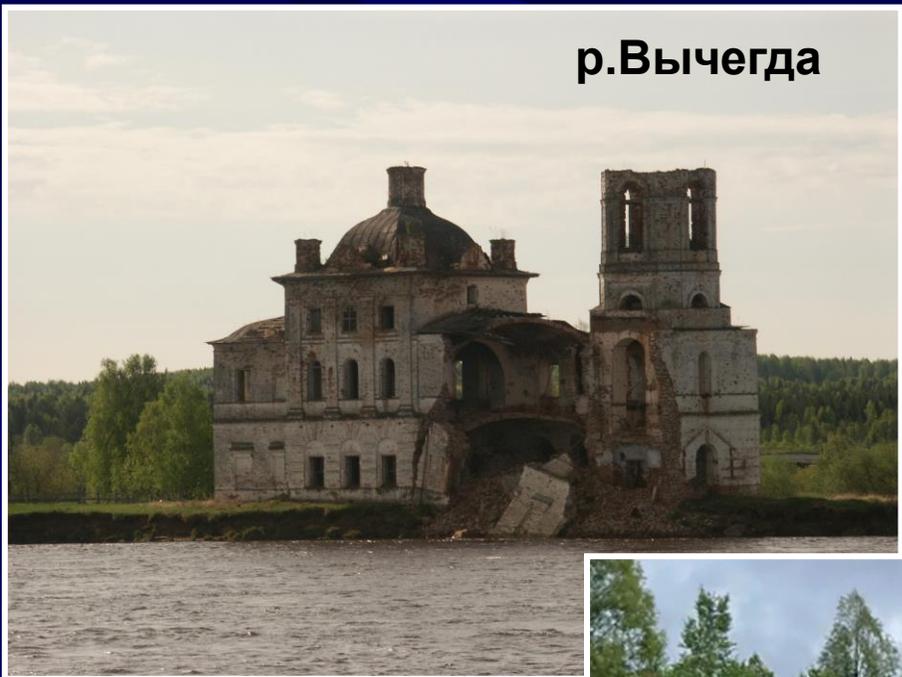


Русловые процессы: меандрирование



# Водные угрозы – русловые процессы

р.Вычегда



Заиление русла



Бурятия 2023

Размыв берега

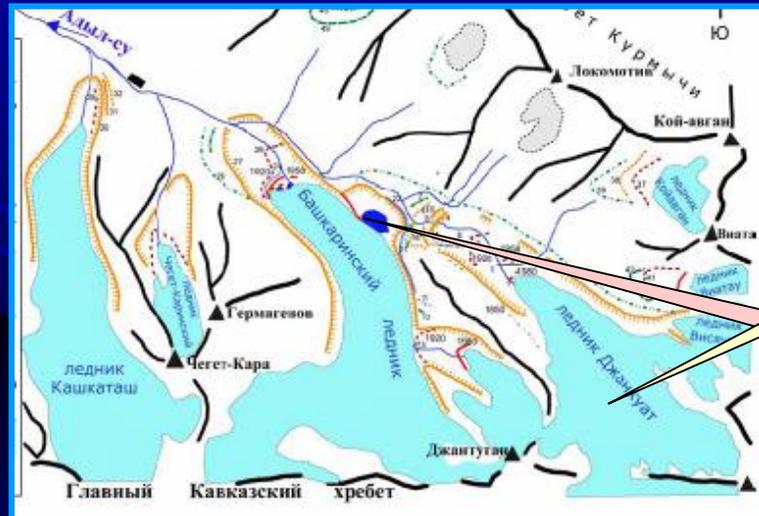


# ***Водные угрозы – селевые потоки***



г.Тырныауз, 2000

1 сентября 2017 г.  
После схода селея



Ледник  
Джанкуат

Озеро Башкара

# *Водные угрозы (заторы льда )*



# ***Водные угрозы (заторы льда)***

***Великий Устюг 17.04.2016***



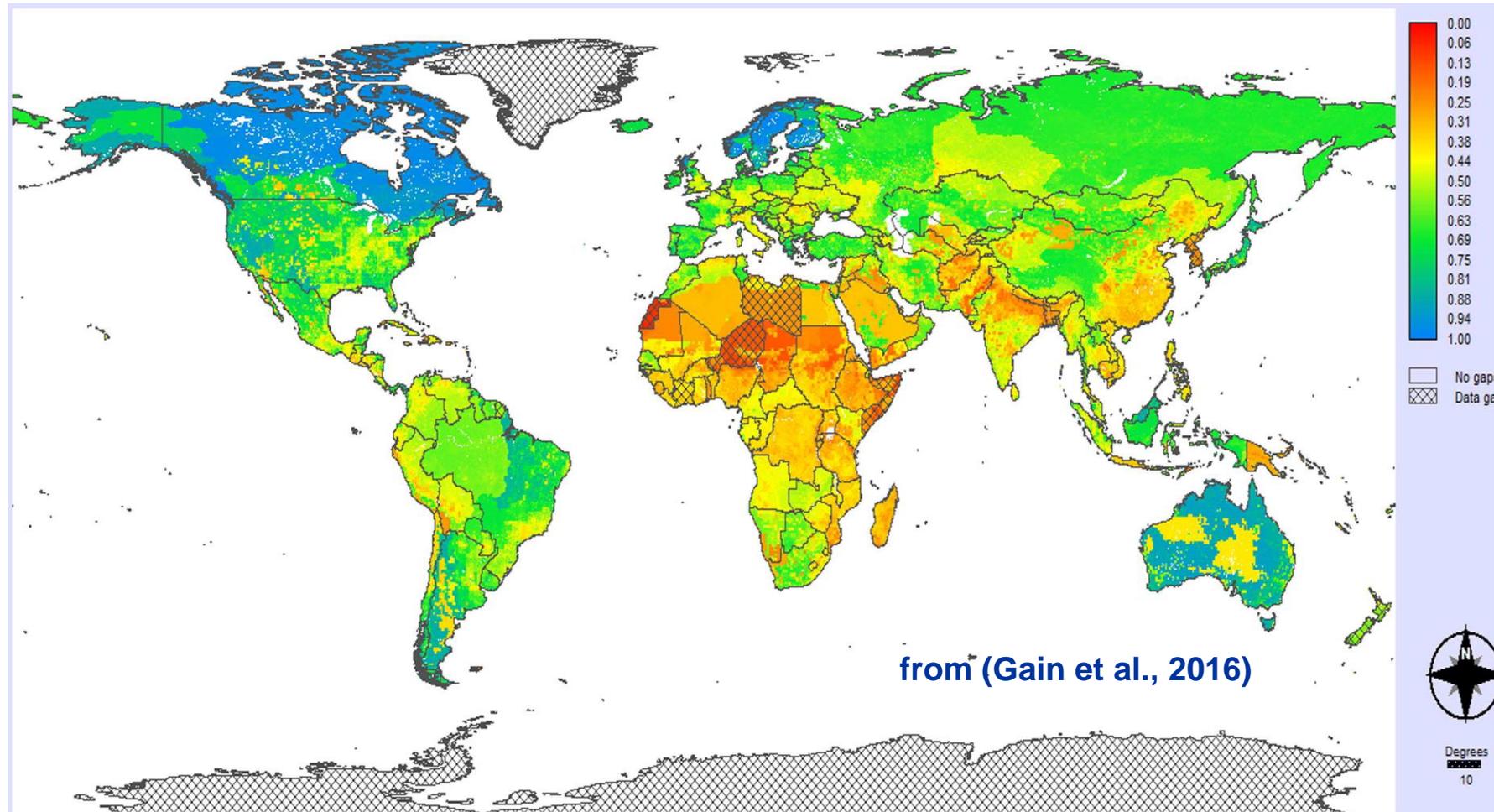
# Водные угрозы – плохое качество воды

Ухудшение качества воды ведет к проблемам с водоснабжением городов и предприятий, росту стоимости водоподготовки, ухудшению здоровья населения и снижению популяций водных биоресурсов



По данным ЮНЕСКО, самая чистая вода находится в Финляндии. Всего в исследовании свежей природной воды принимало участие 122 страны. При этом 1 млрд людей по всему миру вообще не имеет доступа к безопасной воде.

# Глобальный индекс водной безопасности



Глобальный индекс водной безопасности (GWSI) обобщает показатели ресурсов пресной воды, их доступности для населения, качества воды в системах водоснабжения, защищенности населения от наводнений и эффективности управления водными ресурсами (Gain et al., 2016; Mekonnen and Hoekstra, 2016)



В. Н. Михайлов,  
С. А. Добролюбов

# ГИДРОЛОГИЯ

Учебник



В. Н. Михайлов, С. А. Добролюбов

## ГИДРОЛОГИЯ

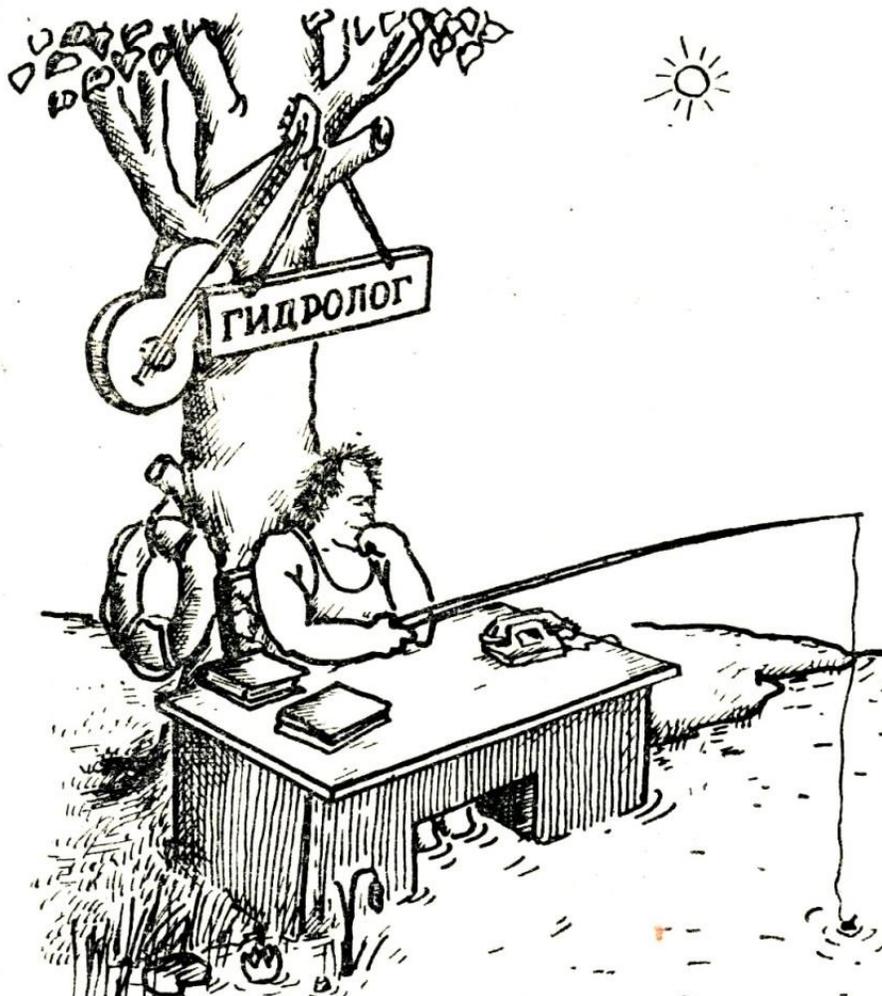
*Учебник для вузов*

*Рекомендовано Ученым советом географического факультета  
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова  
в качестве учебника для студентов, обучающихся  
по географическим специальностям*



Москва  
Берлин  
2017

**Гидрология, ее предмет и задачи.  
Составные части науки.  
Связь с другими научными дисциплинами.**





***Гидрология* –  
наука о водных  
объектах и  
гидрологических  
процессах**

(греч. Υδρολογία, от др.-греч. ὕδωρ — вода + λόγος —  
слово, учение)

# Объект и предмет науки

## Объект

- водные объекты планеты
- гидрологические процессы



## Предмет

- закономерности распределения водных объектов и гидрологических процессов



# Гидрология и смежные науки



■ Гидрология –  
часть физической  
географии?

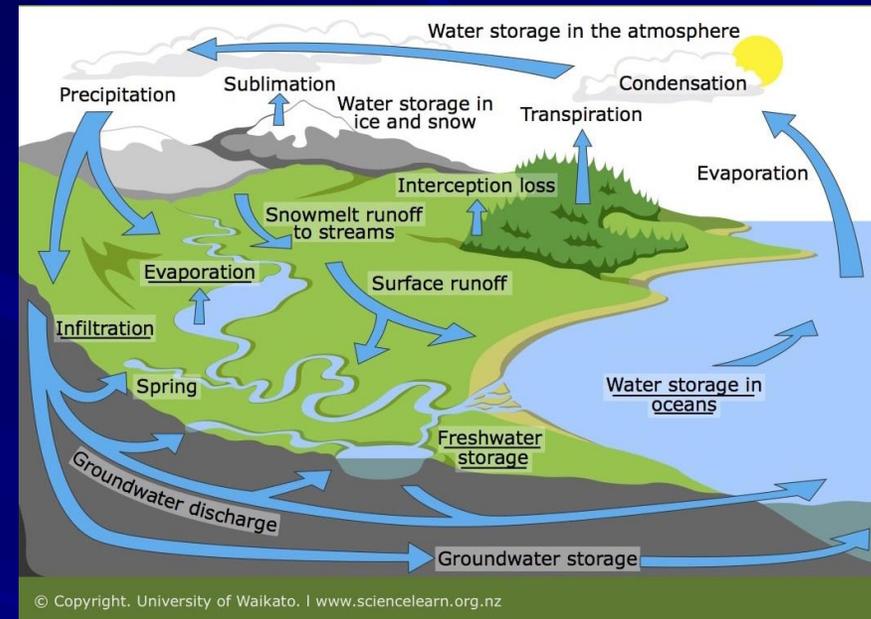


■ Или геофизики?



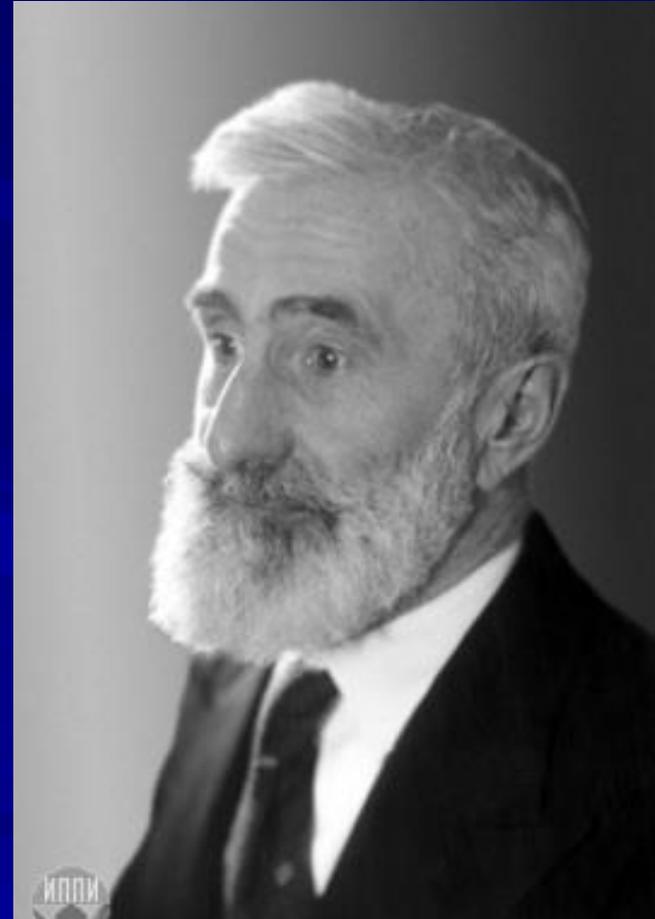
# Гидрология – часть физической географии

**Гидрология**, изучающая природные воды суши, относится к наукам географическим и тесно связана с другими физико-географическими науками — метеорологией и климатологией, геоморфологией, гляциологией, картографией и т.д. Эта связь отражает объективно существующее **единство природы**, проявляющееся во взаимосвязи и взаимодействии всех компонентов природной среды, а вода — один из ведущих ее компонентов.



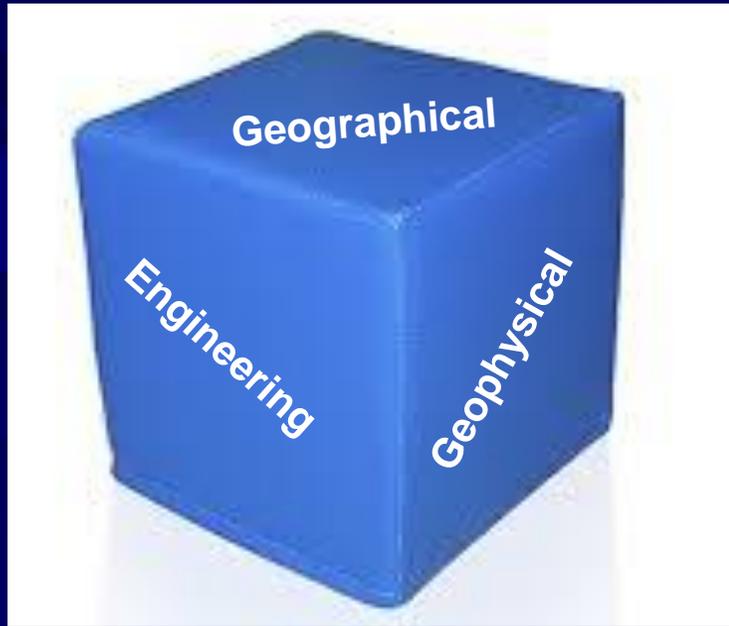
# Гидрология как геофизическая наука

В 1937 году, в предисловии к 3-му изданию учебника «Гидрология суши», один из основоположников отечественной гидрологии Михаил Андреевич Великанов сформулировал «взгляд на гидрологию, как на основу геофизики» и определил предмет гидрологии, как **«физика гидросферы»** (Великанов, 1937; стр. 3, 8)

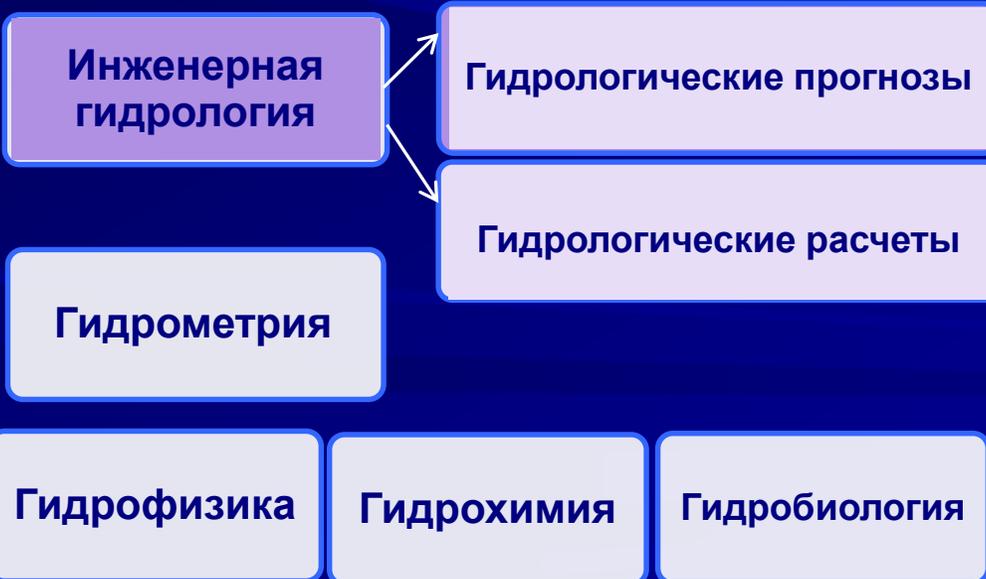
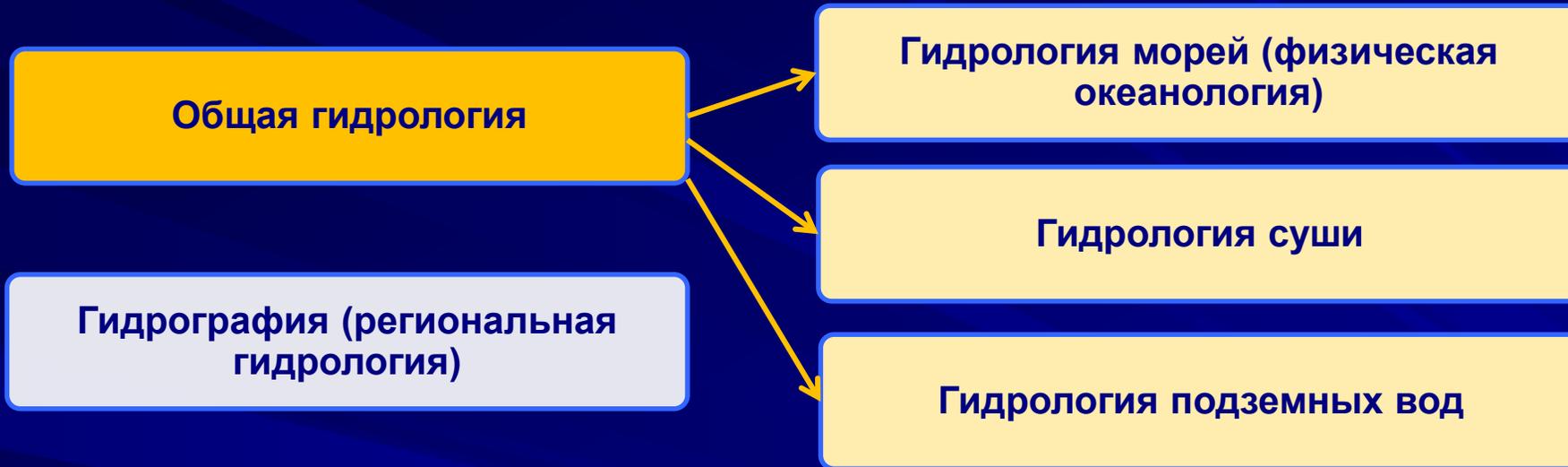


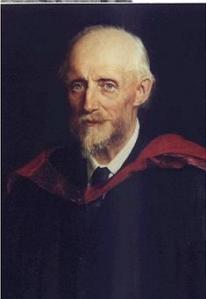
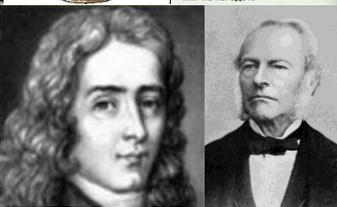
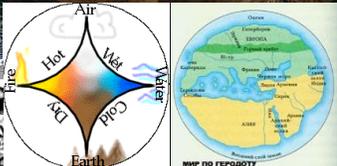
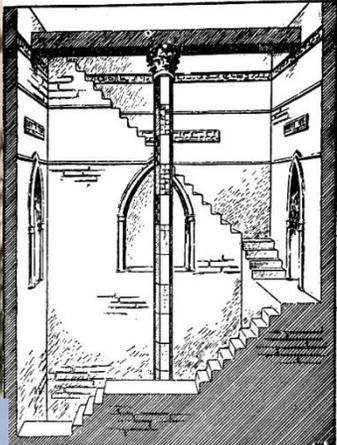
# Гидрология как геофизическая наука

За прошедшие 35-40 лет произошли существенные изменения в методологии гидрологических исследований и во взглядах научного сообщества на место гидрологии суши в системе наук о Земле. С одной стороны, эти изменения продиктованы объективной (внутренней) логикой развития гидрологии, как естественной науки, **в направлении построения собственной методологии на базовых физико-математических принципах и понятиях, единых для смежных геофизических наук.** С другой стороны, указанная тенденция стимулируется субъективными, внешними по отношению к науке факторами, которые связаны с общественным запросом на **расширение информационного содержания и увеличение точности гидрологических приложений в условиях растущего влияния человека на природную среду.**



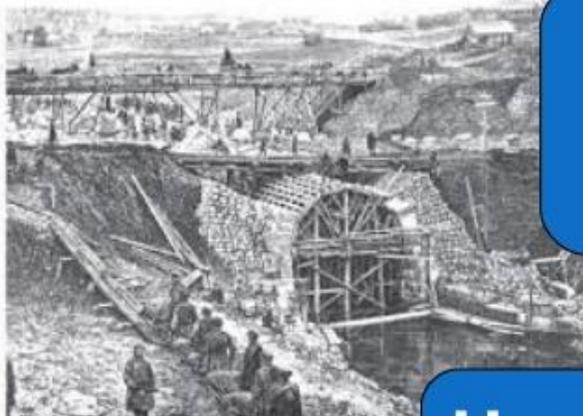
# Разделы гидрологии





# Основные этапы истории гидрологии

# *Периоды развития гидрологии*



**Решение прикладных задач**

**Накопление данных наблюдений**



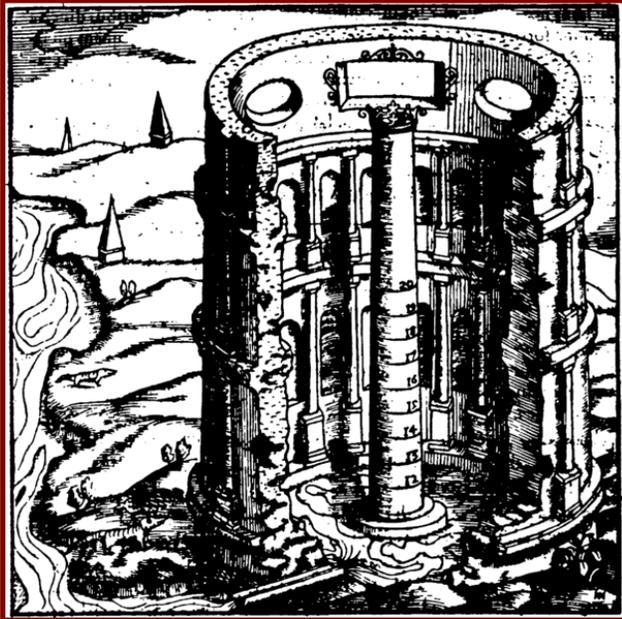
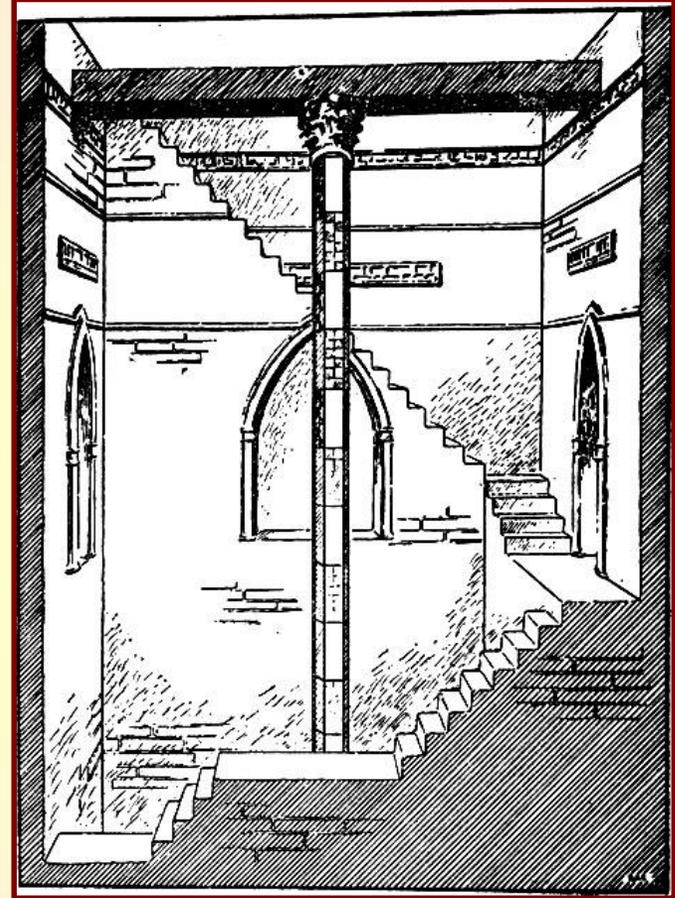
**Развитие гидрологической теории**





# ***Древние цивилизации***

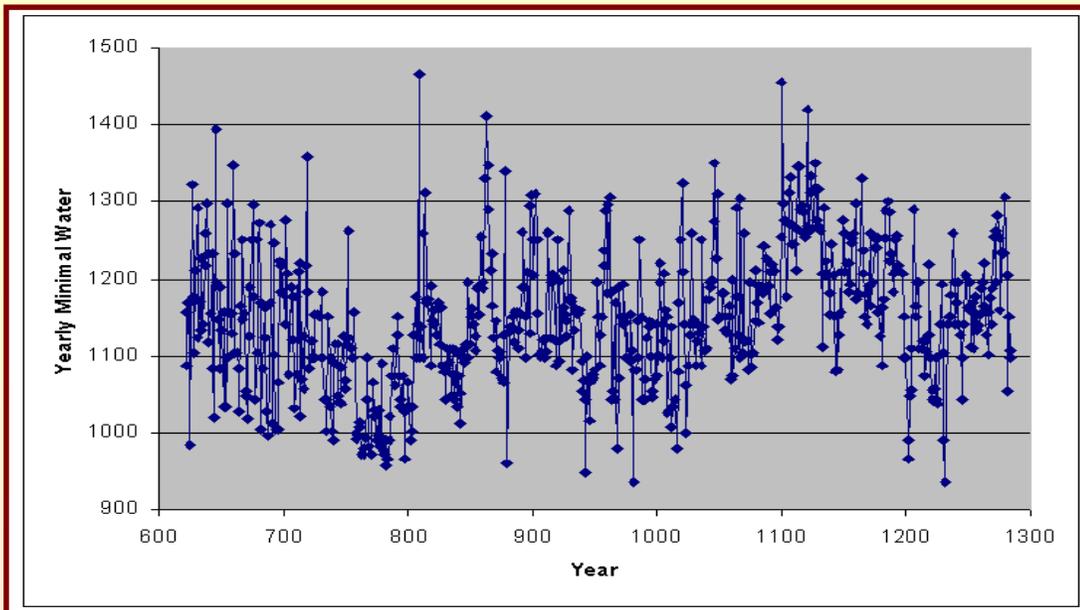
# Древний Египет



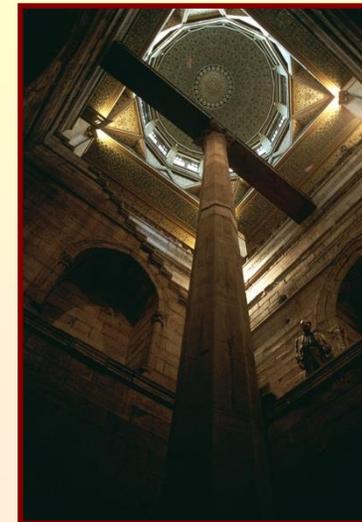
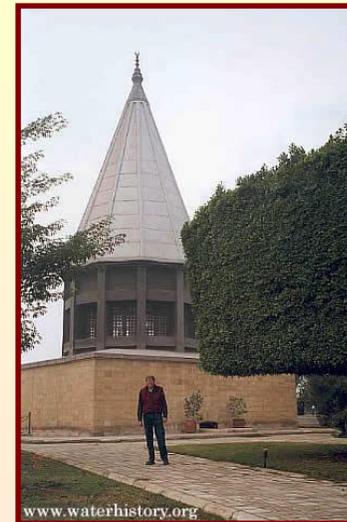
В бассейне Нила известно  
приблизительно 20 ниломеров.

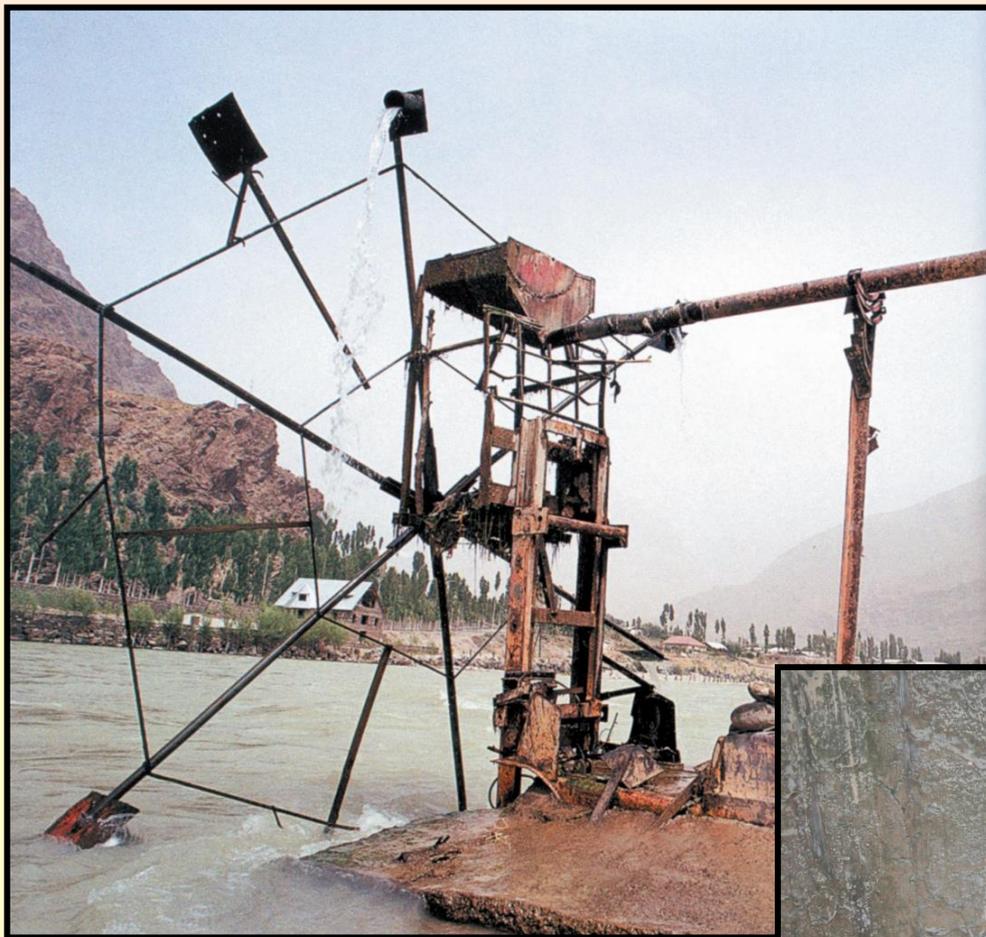


По Родскому **ниломеру** имеются данные наблюдений с **621 года нашей эры**, считается, это самый длинный в мире ряд систематических измерений.



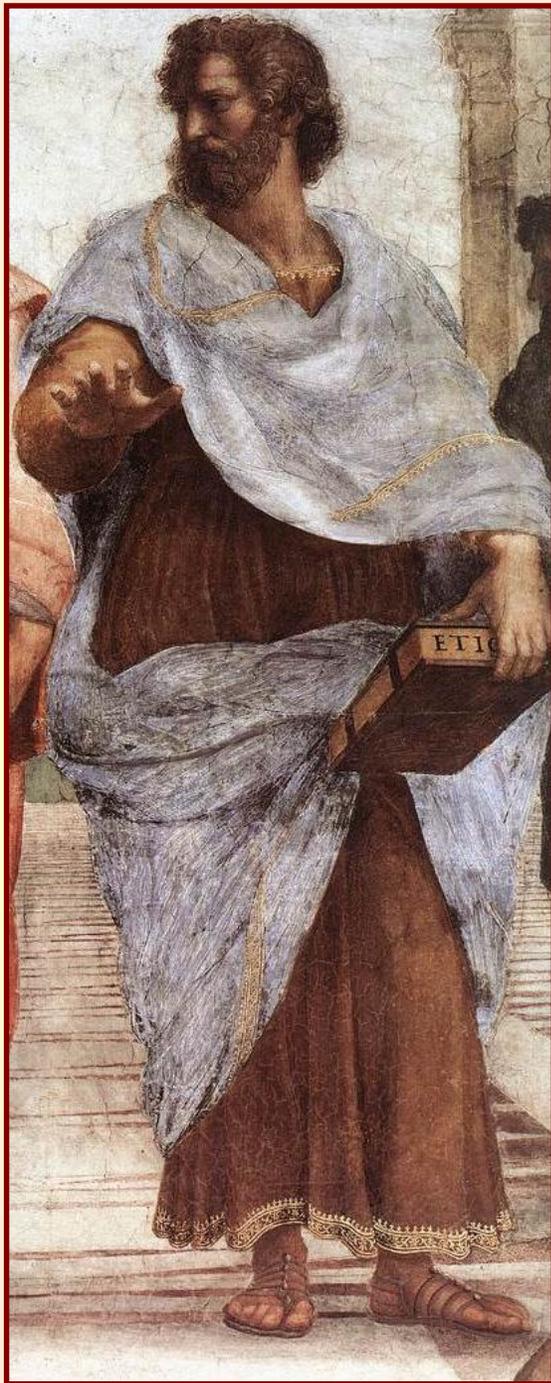
Ниломер соединен с Нилом тремя туннелями





***Древние  
водоподъемные  
механизмы***



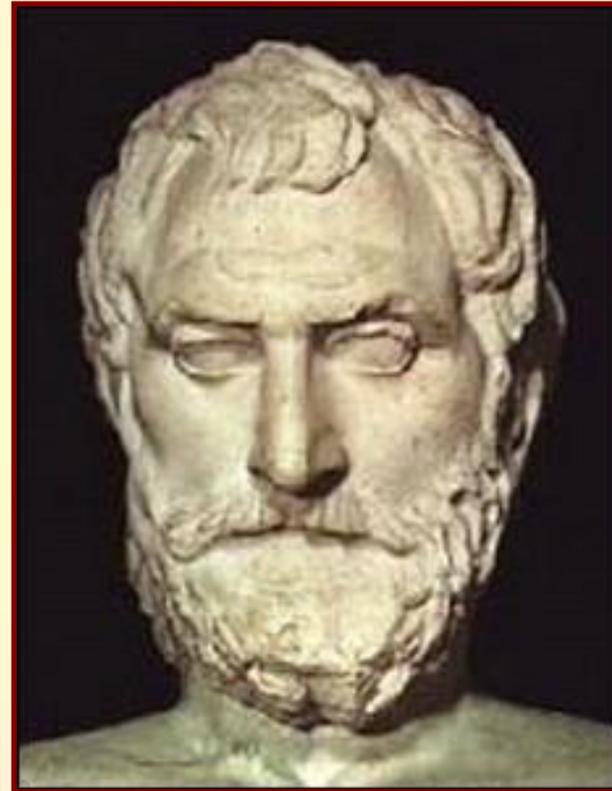


# ***Эллинская цивилизация***

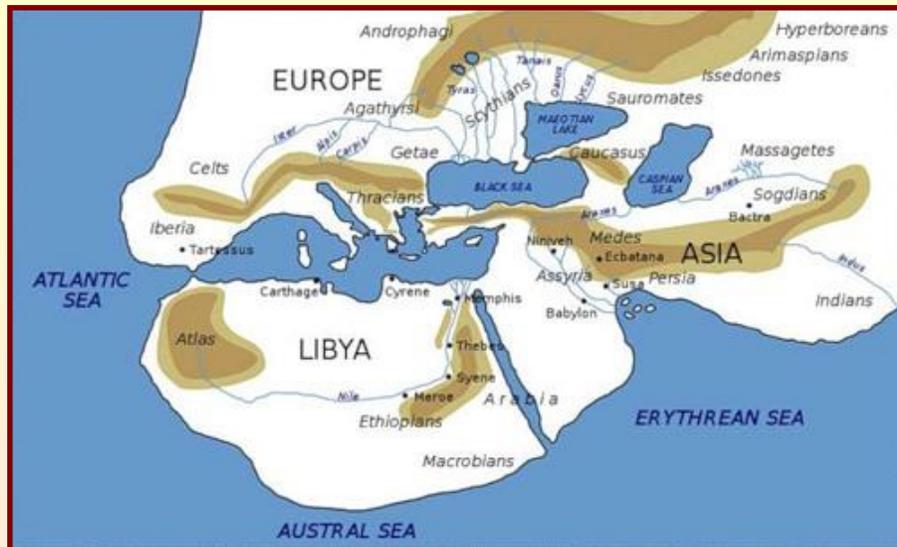
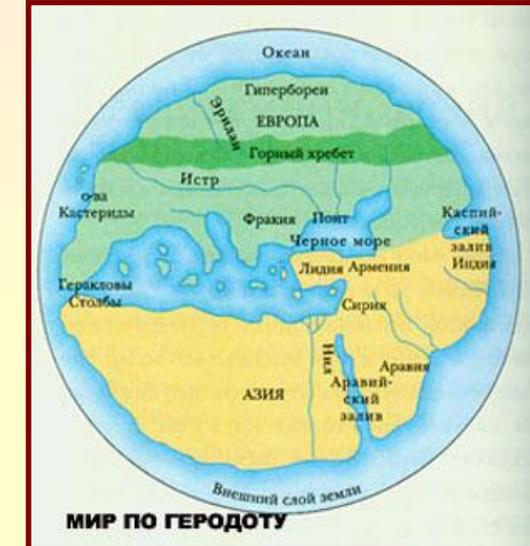
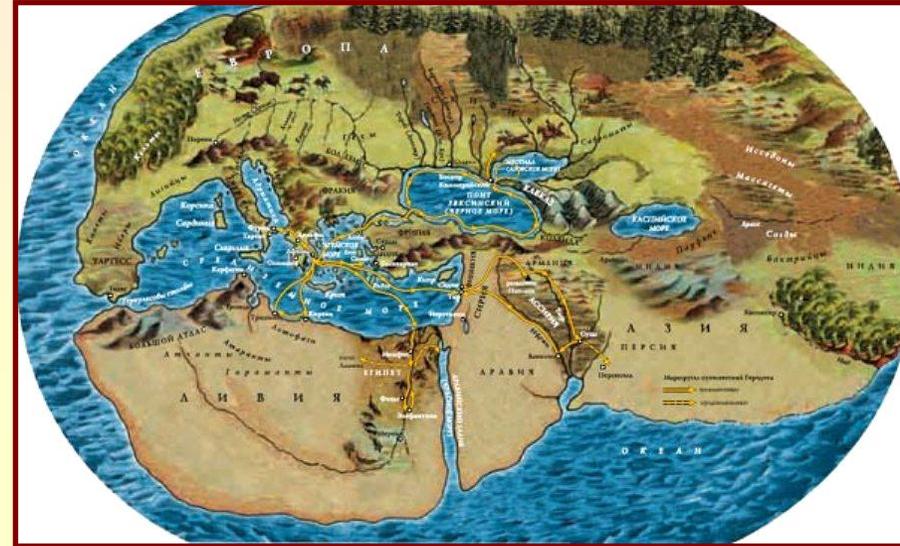
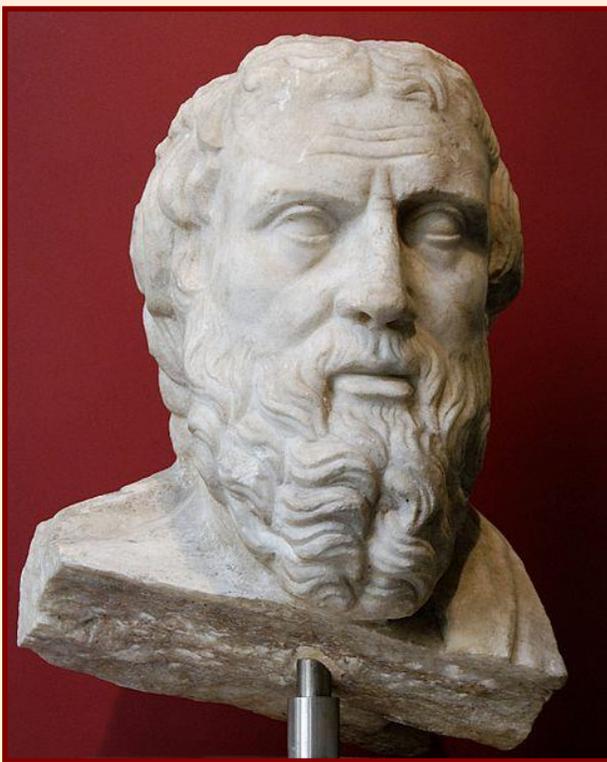
# **Фалес Милетский**

**(640/624 — 548/545 до н. э.)**

1. Фалес полагал, что все рождается из воды; все возникает из воды и в неё превращается.
2. Начало элементов, сущих вещей — вода; начало и конец Вселенной — вода.
3. Всё образуется из воды путем её затвердевания/замерзания, а также испарения; при сгущении вода становится землей, при испарении становится воздухом.
4. Причина образования/движения — дух (πνεῦμα), «гнездящийся» в воде.
5. Земля плавает в воде, а Солнце и другие небесные тела питаются испарениями этой воды

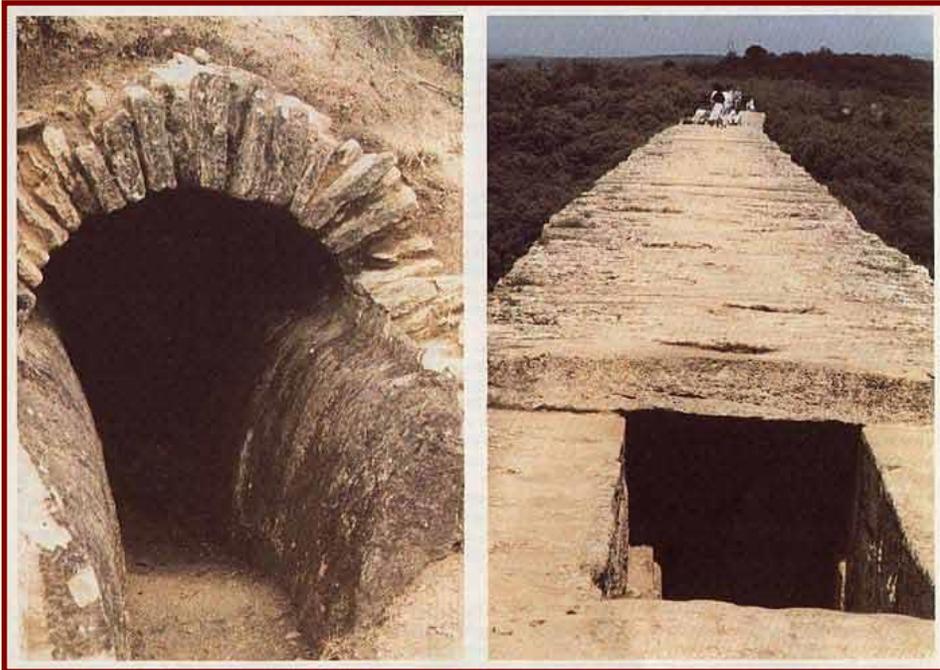
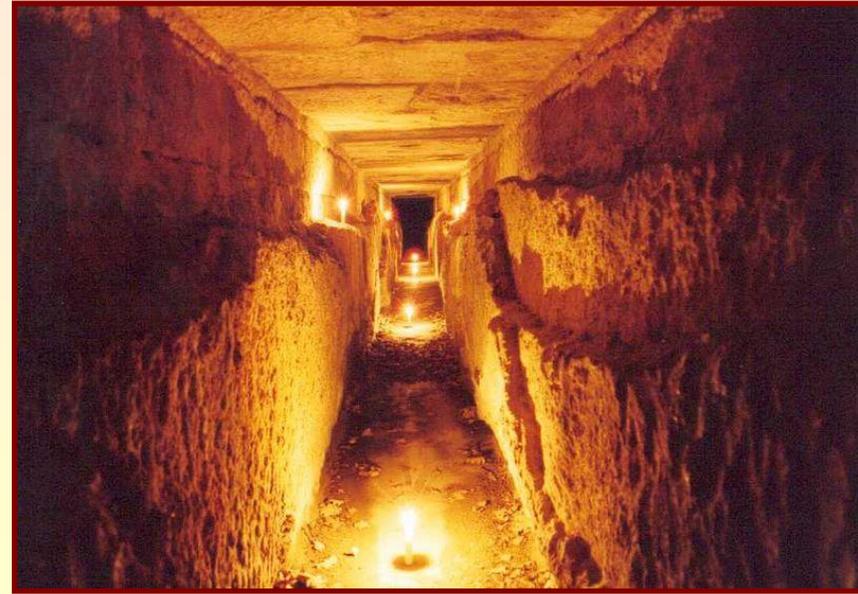
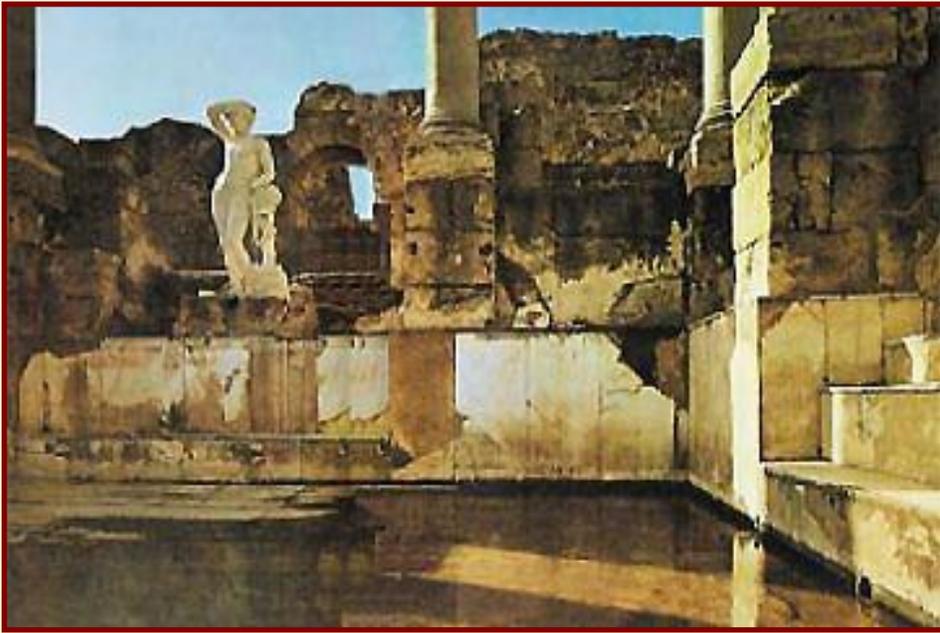


# Геродот (485–425 гг. до н. э.)



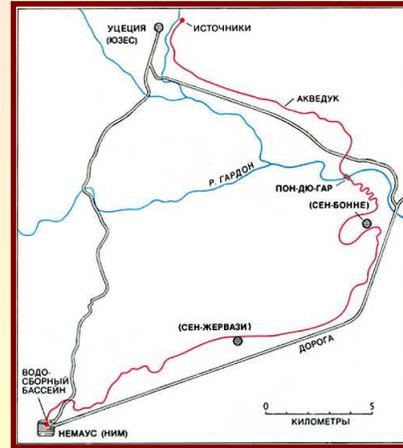
В путешествиях он провел более 10 лет, объехал почти все известные страны своего времени: Грецию, Южную Италию, Малую Азию, Египет, Вавилон, Персию, посетил большинство островов Средиземного моря, побывал на Черном море, в Крыму (вплоть до Херсонеса) и в стране скифов.

# ***Римская цивилизация***



**Первый водопровод в Риме был построен в 313 г. до н. э. В самом начале нашей эры 9 водопроводов давали до 88 ведер воды на каждого жителя, или примерно 700 л в сутки, а в конце XIX в. идеальным считался расход 12,5 ведра на человека в сутки, средний же расход воды на человека принимался равным 5,5-6,75 ведра в сутки, т. е. примерно 40-50 л. Большие достижения римлян в строительстве гидротехнических сооружений стали возможными благодаря изобретению ими бетона, в котором вода играет существенную роль, а также свинцовых и керамических водопроводных труб.**

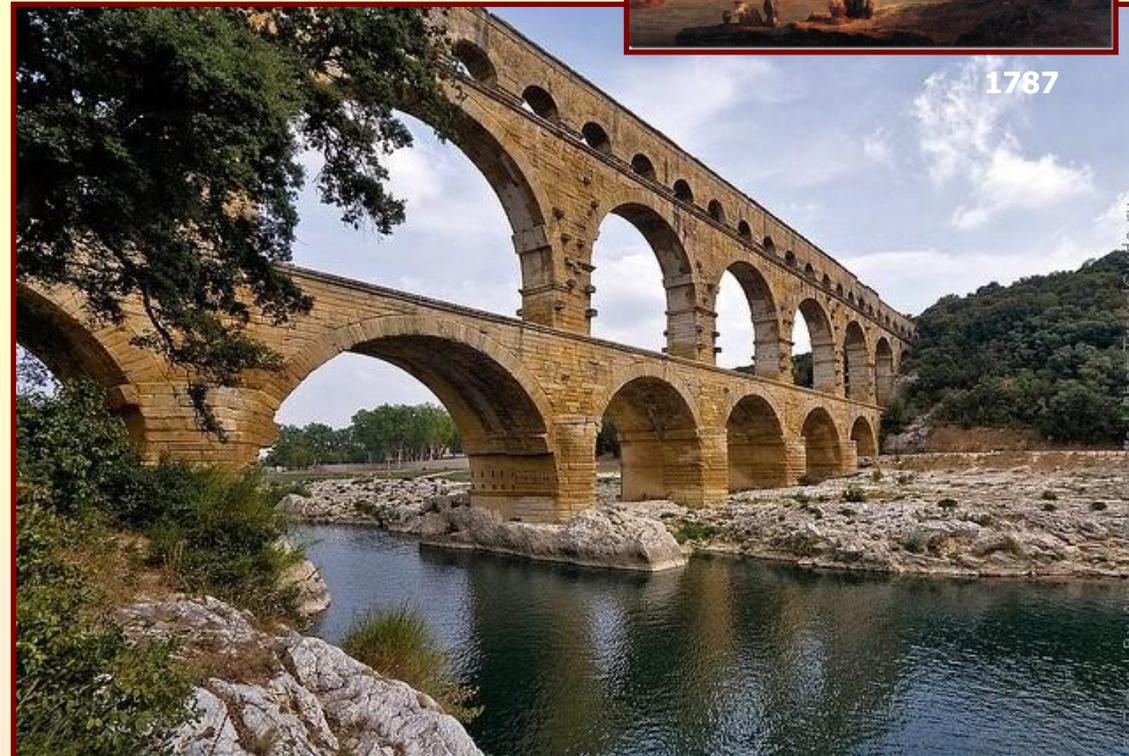
# Акведук в Сеговии - Испания



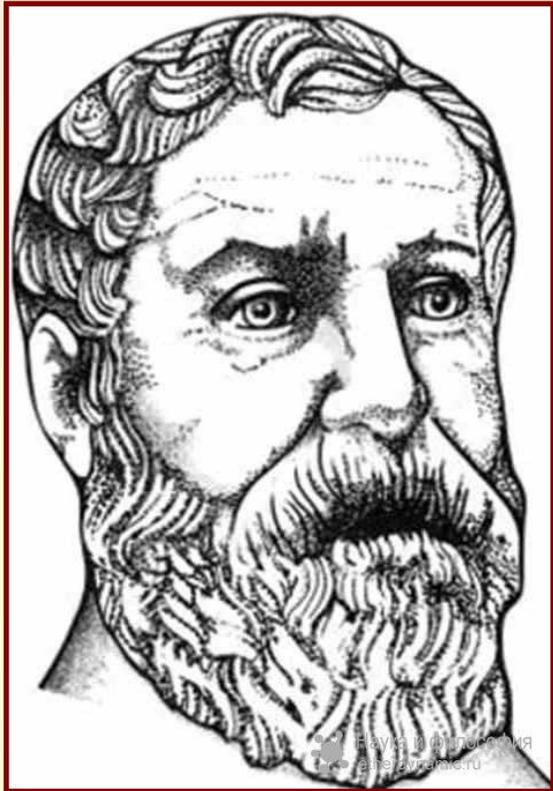
## Понт-дю-Гар Южная Франция

Пон-дю-Гар - мост через реку Гар, сооруженный незадолго до начала христианской эры, - стал составной частью 50-километрового акведука, поставлявшего питьевую воду в город Ним.

Высота этого сооружения – 49 метров, длина – 275 метров.



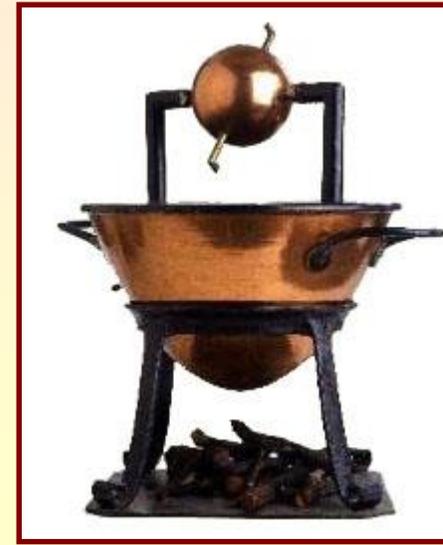
# Герон Александрийский



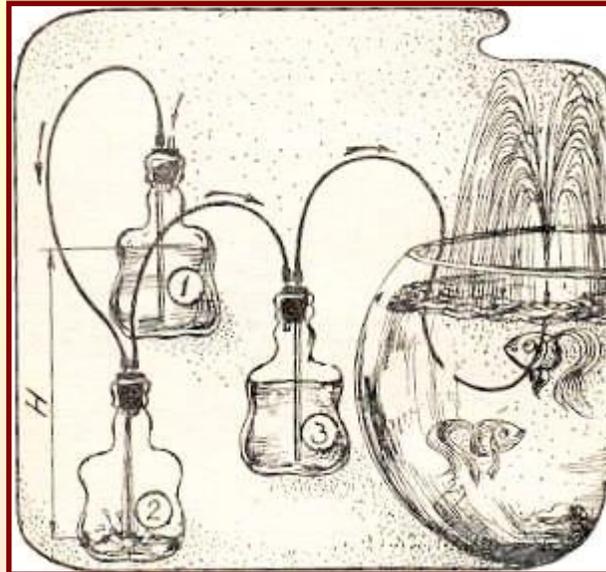
**Герон Александрийский**  
(вероятно, I-II вв. н. э.)-  
древнегреческий инженер,  
физик, механик,  
математик, изобретатель.

предложен объемный способ измерения расхода воды и было установлено, что расход воды равен площади сечения, умноженной на скорость.

**Эолипил** являлся первой известной нам паровой турбиной.



## Волшебный фонтан



**Одометр**

# Леонардо да Винчи (1452-1519)



Измерение скорости течения  
реки с помощью поплавков

## Вода, огибающая препятствия и льющаяся в бассейн (1507)

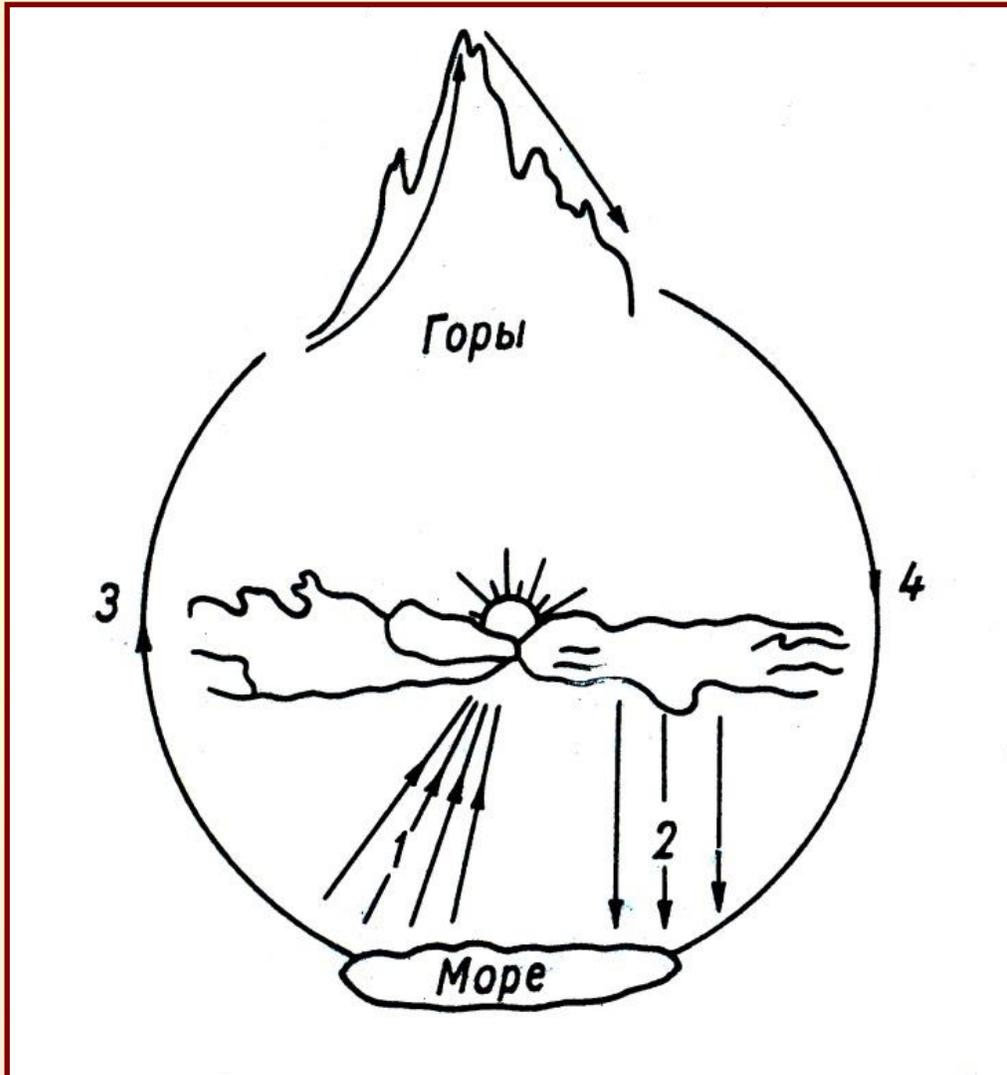


## Драга



## Водолазный КОСТЮМ

# Круговорот воды по Леонардо да Винчи



- 1 — испарение;
- 2 — осадки;
- 3 — морская вода, поднимающаяся по «земным жилам» на вершины гор;
- 4 — речной сток в море.

**Перечень открытий и идей Леонардо да Винчи, не считая его гениальных полотен, занимает более 7 тысяч страниц рукописей гения эпохи Возрождения.**

- за несколько сотен лет до Ньютона (1643-1727) открыл явление интерференции света, а также сформулировал его Первый закон (инерции), открытый только в 1687 г., (до этого в науке он назывался «принцип Леонардо»);
- за 200 лет до Торичелли пытался получить вакуум;
- создал теорию построения сводов и арок;
- изобрел подводную лодку, водолазный скафандр и ласты;
- разработал теорию полета и управления планером;
- сформулировал идею прообраза вертолета;
- создал прибор, измеряющий и сегодня крен самолета – авиагоризонт;
- сконструировал современный измеритель силы ветра – анемометр, токарный станок с ножным приводом, печатный станок с автоматической подачей листов бумаги;
- пришел к идее шарикового подшипника, зубчатой передачи, роликовой цепи для велосипедов и мотоциклов, способа преобразования вращательного движения в поступательное;
- обнаружил и зарисовал турбулентные вихри в жидкости;
- разработал теорию динамики морских наносов и строительства на ее основе берегоукрепительных сооружений;
- сконструировал артиллерийские орудия, заряжающиеся не с дула, а с казенной части;
- разработал проект многоствольной артиллерии залпового огня (прообраз Катюш);
- первым исследовал и описал клапан правого желудочка сердца;
- открыл явление гео- и гелиотропизма растений;
- по остаткам древней фауны установил факты морских трансгрессий и регрессий в горах Италии.



***Возникновение  
количественной  
гидрологии***

# Пьер Перро (1611-1680)



труд "Происхождение источников" положил начало научной гидрологии (1674)

Пьеру Перро было поручено соорудить водопровод для Лувра. В процессе этой работы он фактически провел воднобалансовые расчеты. Он измерил отдельные элементы круговорота воды и доказал, что сумма осадков в одном из районов верхней части бассейна реки Сены по меньшей мере в шесть раз превышает расход воды вышележащего притока Сены, т. е. именно осадки обеспечивают ток воды в реках. Из его же работ следовало, что часть влаги на сушу поступает с моря.

В 1674 г. он опубликовал трактат «О происхождении источников», в котором описал произведенное им количественное определение стока р. Сены в ее верховье и результаты сопоставления стока с атмосферными осадками в этом бассейне. Эти первые воднобалансовые исследования и расчеты показали, что в реку попадало только около  $1/6$  всего количества дождевых и снеговых осадков. Таким образом Перро пришел к справедливому выводу о том, что количество осадков было не только недостаточным для питания реки, но еще оставалось  $5/6$  их объема для покрытия различных потерь. Этим он опроверг широко распространенное с древних времен мнение о недостаточности дождевой воды для питания рек.

# Эдм Мариотт (1620–1684)

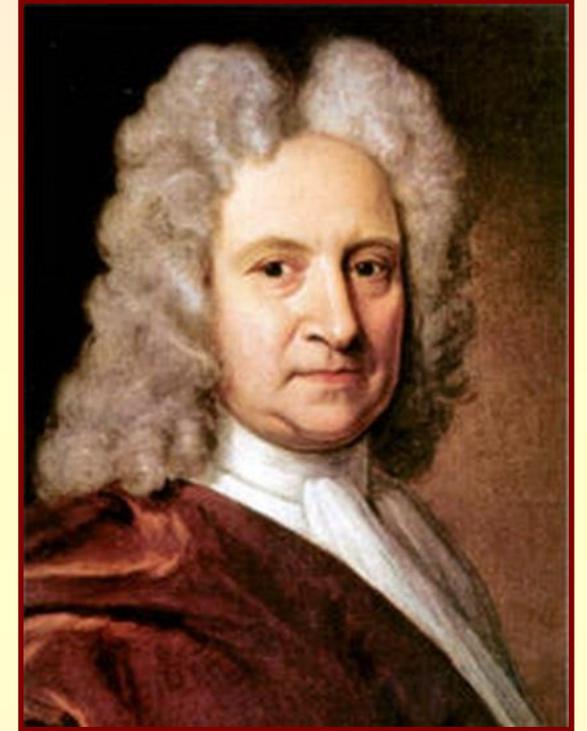
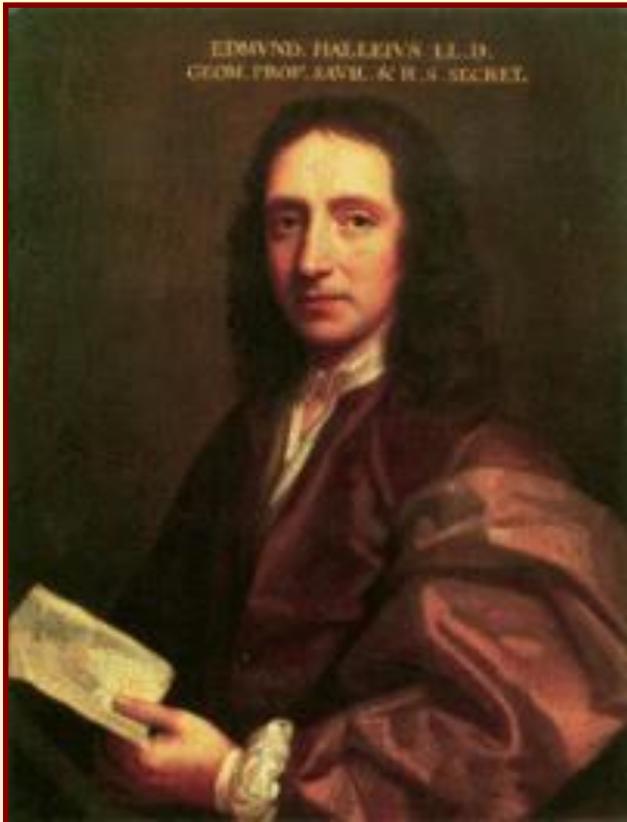


Сборник «Recueil des ouvrages de MM. de l'Académie des Science» (П., 1693) и первый том «Histoire et Mémoires de l'Académie» содержат множество статей Мариотта по гидродинамике; исходя из выводов Галилея и Торричелли, Мариотт приходит к большому числу важных заключений о течении жидкостей, о трубах, о давлении внутри труб, о равновесии жидких тел и т. д.

На основании измерений и расчетов осадков, стока и испарения впервые установил количественные соотношения главных фаз круговорота воды.

# Эдмонд Галлей (1656-1724)

Английский астроном Эдмон Галлей первым измерил испарение с поверхности моря и прямо указал, что океан и есть источник водяного пара, порождающего осадки над сушей. Измерения и выводы из них стали возможны благодаря появлению первых пунктов гидрологических и метеорологических наблюдений.



- Термин **"гидрология"** впервые появился в книге Э.Мельхиора, изданной во Франкфурте-на-Майне (1694 г.).

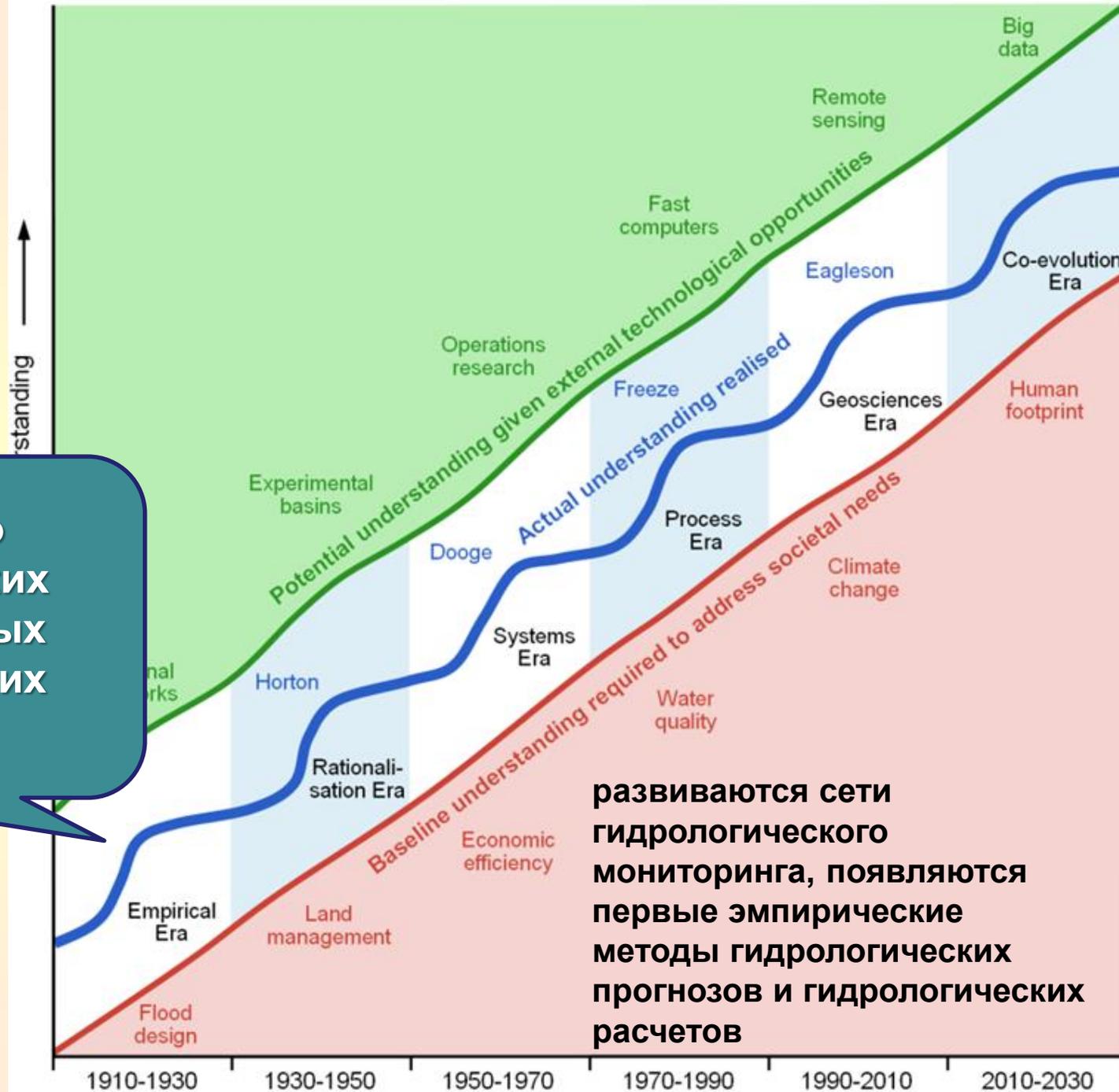
- **«Гидрология в трех частях»**, содержащая описание целебных минеральных источников Висбадена.
- В русской литературе термин **„гидрология“**, появился, по всей вероятности, лишь во второй половине 18 столетия: в статье П. Варгентина **„О натуральной истории вообще“** (1762 г.) упоминается о **„знании воды, то есть гидрологии“**.
- Однако еще в конце XIX в. гидрологию рассматривали как часть физической географии и лишь в начале XX в. определилось содержание гидрологии как самостоятельной науки.

# Этапы становления научной гидрологии (по Sivapalan, Blöschl, 2017)



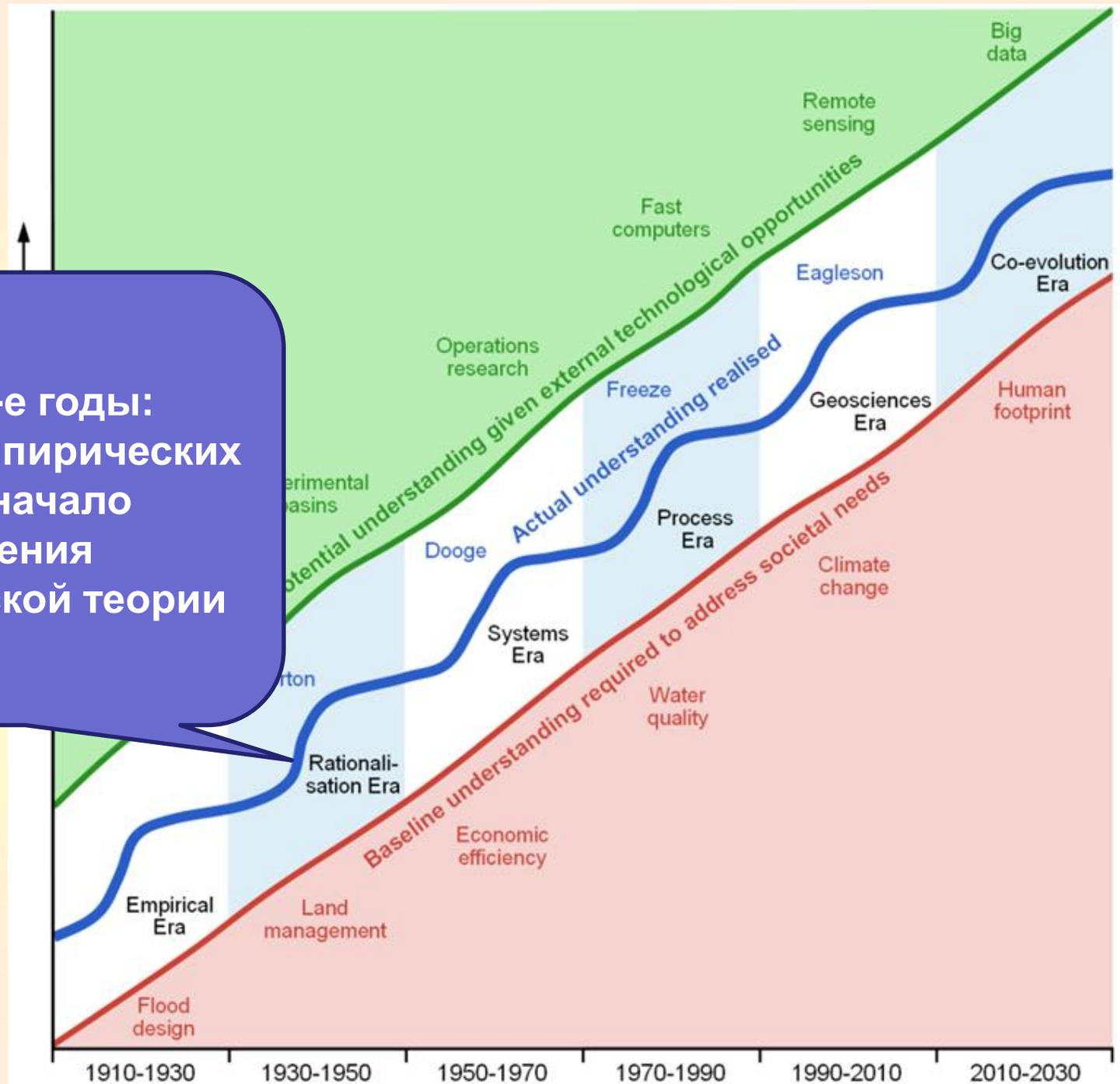
При всей условности временных границ в такого рода обобщениях выделенные этапы характеризуют, в целом, эволюцию точек роста гидрологических знаний.

1910-1920-е гг.: начало накопления эмпирических данных, создание первых моделей гидрологических процессов

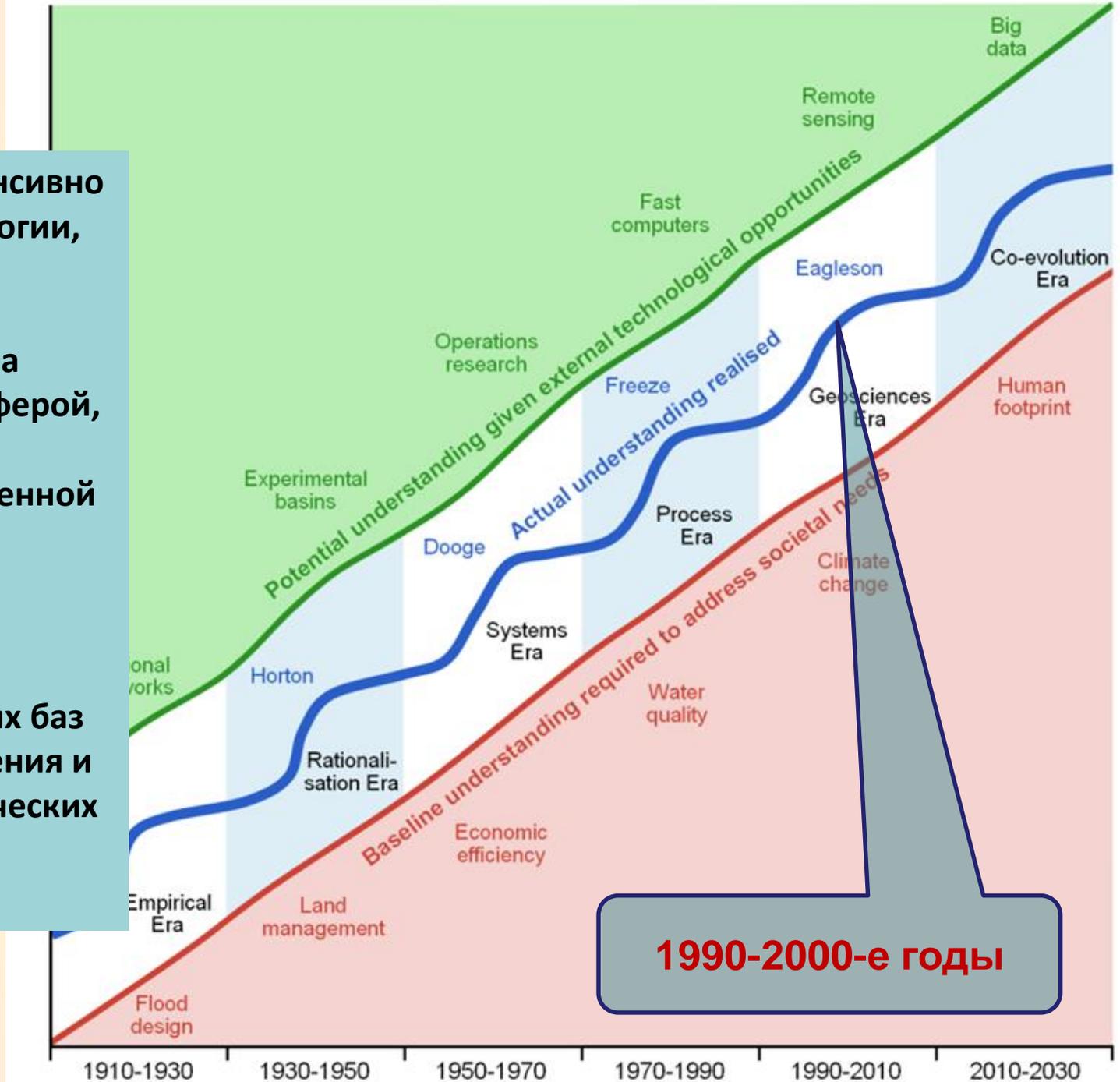


развиваются сети гидрологического мониторинга, появляются первые эмпирические методы гидрологических прогнозов и гидрологических расчетов

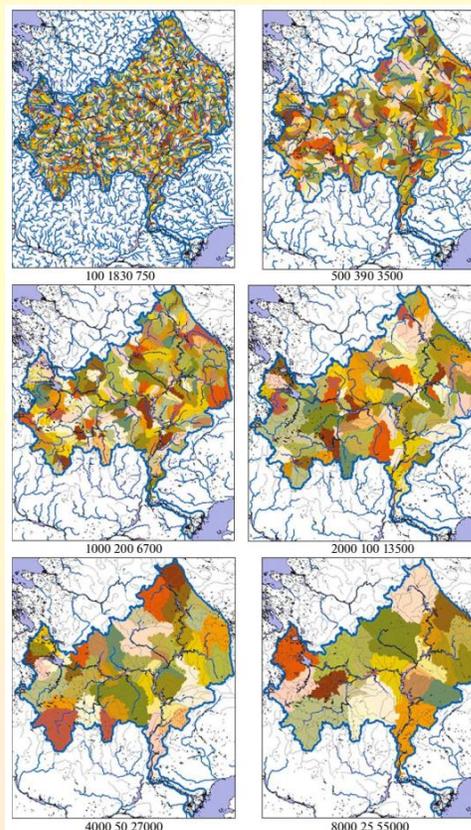
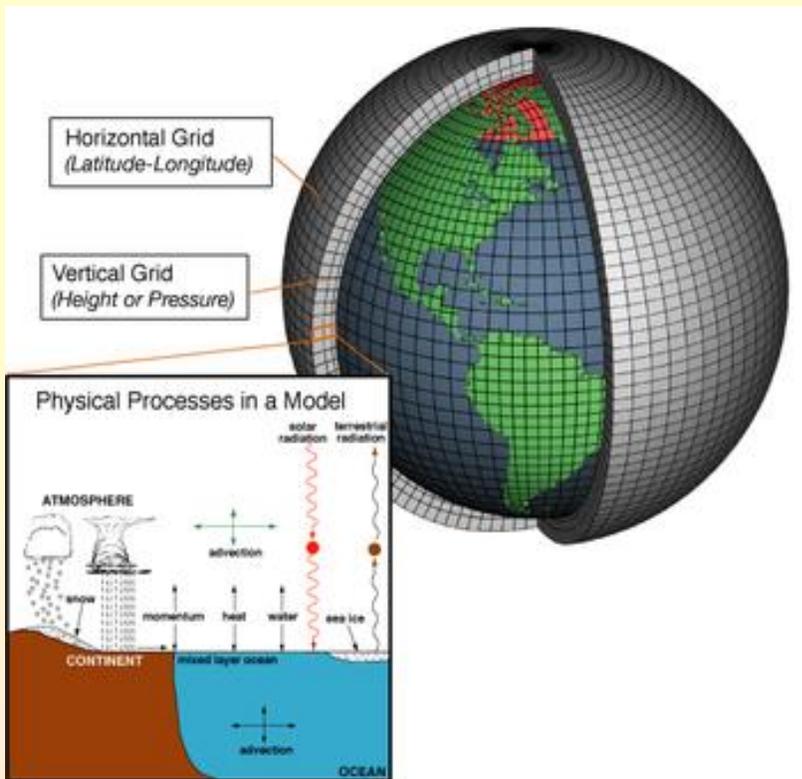
1930-1940-е годы:  
обобщение эмпирических  
фактов, начало  
построения  
гидрологической теории

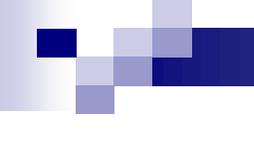


В течение этих лет наиболее интенсивно развиваются направления гидрологии, связанные с исследованиями пространственной организации процессов гидрологического цикла суши, их взаимодействия с атмосферой, океаном, экосистемами, и роли в глобальных процессах. В определенной степени интеграции гидрологии в систему геофизических наук способствовало развитие дистанционных измерительных технологий, появление глобальных баз данных, средств обработки, хранения и передачи информации, географических информационных систем (ГИС), интернета.



Последние годы характеризуются вниманием научного сообщества к эволюции гидрологических систем на климатических масштабах времени, вопросам предсказуемости их динамики, проникновением в гидрологические исследования достижений эволюционной географии, геоморфологии, почвоведения, а также изучением взаимообусловленного развития гидрологических систем и общества, вовлечением гидрологических исследований в решение глобальных задач устойчивого развития. Технологические достижения этого периода связаны с разработкой новых математических и технических средств обработки огромных массивов данных (“big data”), бурным развитием коммуникационных технологий, совершенствованием дистанционных методов измерений.





***Водные объекты и их типы.***  
***Гидрографическая сеть.***  
***Количество воды на земном  
шаре.***  
***Понятие о гидросфере.***

***Гидросфера*** – прерывистая водная оболочка планеты, образованная водными объектами

- ***водные объекты*** – скопления природных вод на земной поверхности и в верхних слоях земной коры, обладающих определенным гидрологическим режимом
- три группы водных объектов – ***водотоки, водоемы и особые объекты***

# *Признаки водных объектов*

- **временное или постоянное наличие скоплений воды**
- **наличие водосбора**
- **наличие русла, котловины, водовмещающей среды**

# *Типы водных объектов*

## *по местоположению*

- **надповерхностные**
- **поверхностные**
- **подземные**

## *по времени существования*

- **постоянные**
- **временные**

***Водотоки* –  
водные объекты с  
поступательным движением воды  
в направлении уклона русла**

- **реки**
- **ручьи**
- **каналы**

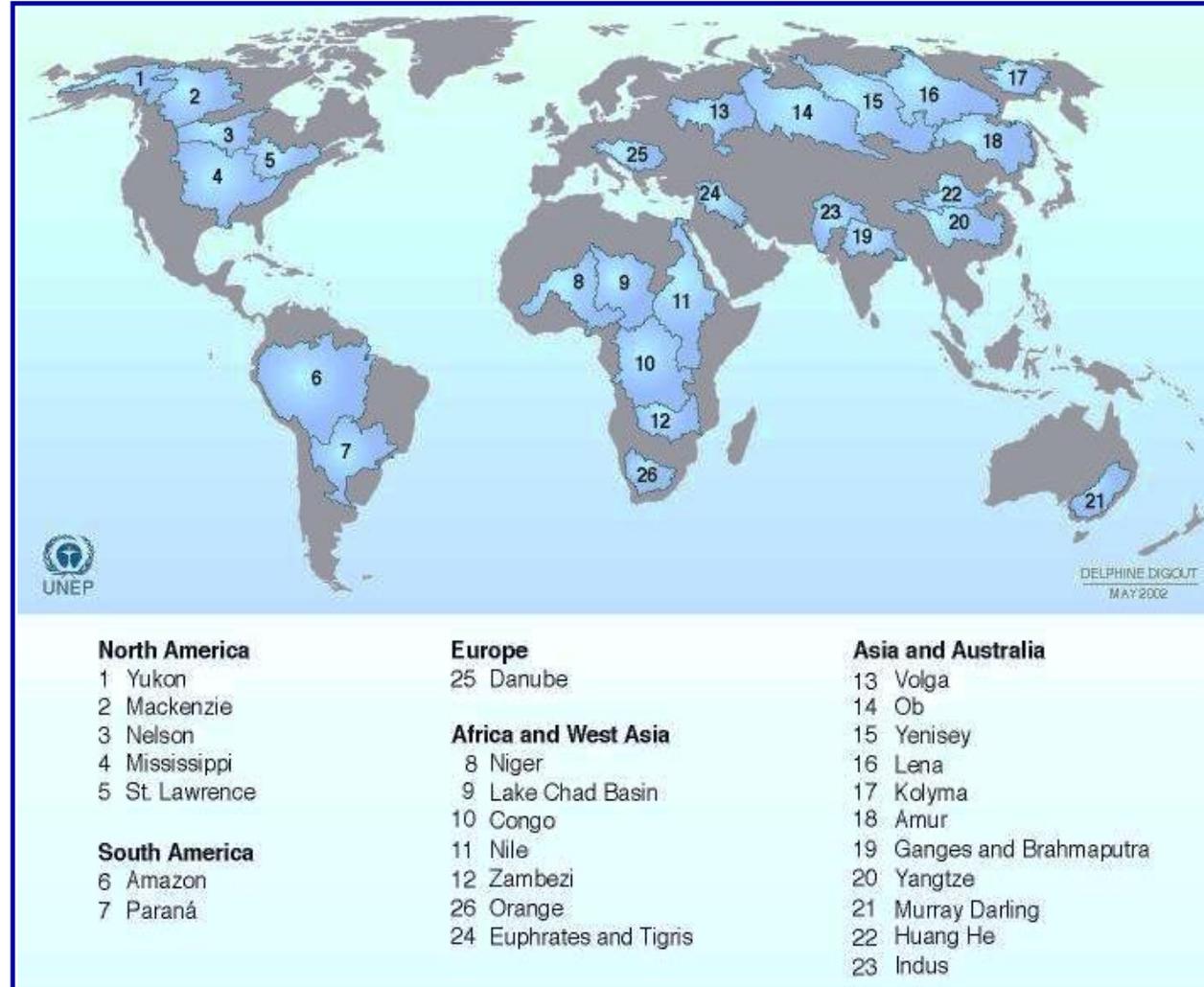


# *Река на севере ЕТР*



р. Сухона

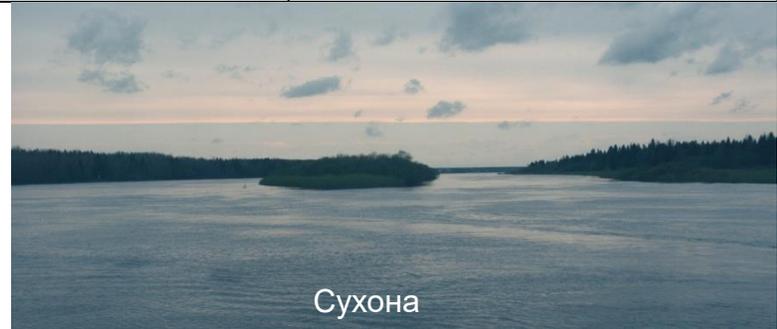
# Наибольшие реки



С длиной более 1000 км – не более полсотни

# Крупнейшие реки мира

Река	Длина, км	Река	Среднегодовой расход воды, м <sup>3</sup> /с
Нил с Кагерой	6671	Амазонка	220 000
Амазонка	6437	Конго	40 000
Миссисипи	6420	Ганг	38 000
Янцзы	5800	Янцзы	34 000
 <b>Обь с Иртышом</b>	<b>5410</b>	Ориноко	29 000
Хуанхэ	4845	 <b>Енисей</b>	<b>19 800</b>
Парана	4470	Миссисипи	19 000
Меконг	4500	 <b>Лена</b>	<b>17 000</b>
 <b>Амур и Аргунь</b>	<b>4440</b>	Замбези	16 000
 <b>Лена</b>	<b>4400</b>	Парана	15 000
Конго	4370	Маккензи	14 000
Маккензи	4241	 <b>Обь с Иртышом</b>	<b>12 700</b>
Нигер	4160	Меконг	12 000
 <b>Енисей</b>	<b>4092</b>	Нигер	12 000
Мюррей	3750	 <b>Амур</b>	<b>10 900</b>
 <b>Волга</b>	<b>3531</b>		



# Ручьи



***Магдебургский водный мост в Германии соединяет два судоходных канала.***



***Канал имени  
Москвы***



***Водоемы*** – водные объекты в понижениях земной поверхности с замедленным движением воды

***Типы водоемов***

- океаны и моря
- озера
- водохранилища и пруды
- болота

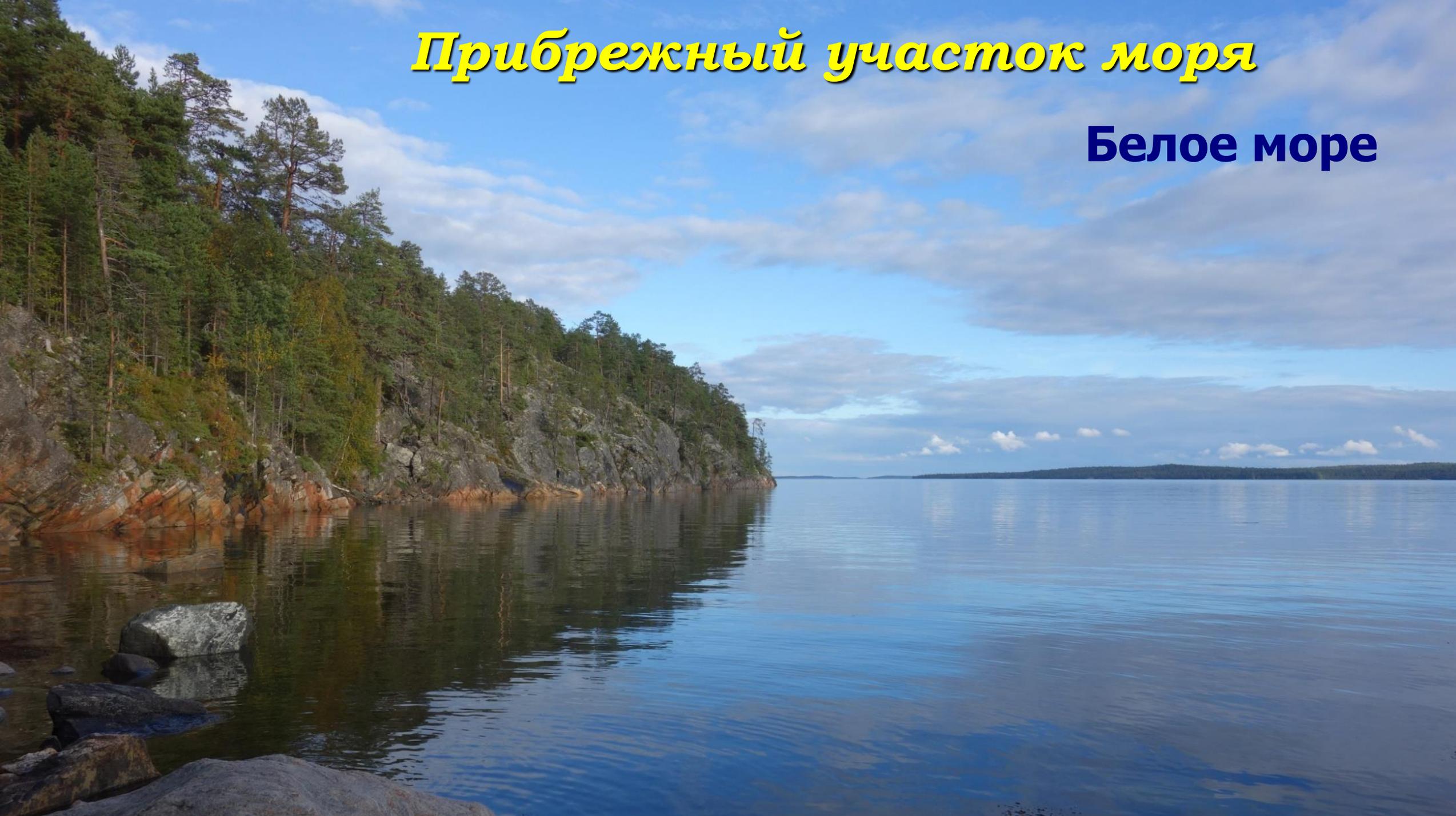


# Атлантический океан



# *Прибрежный участок моря*

**Белое море**



# *Озеро на плато Путорана*



# Водохранилища



Можайское  
водохранилище

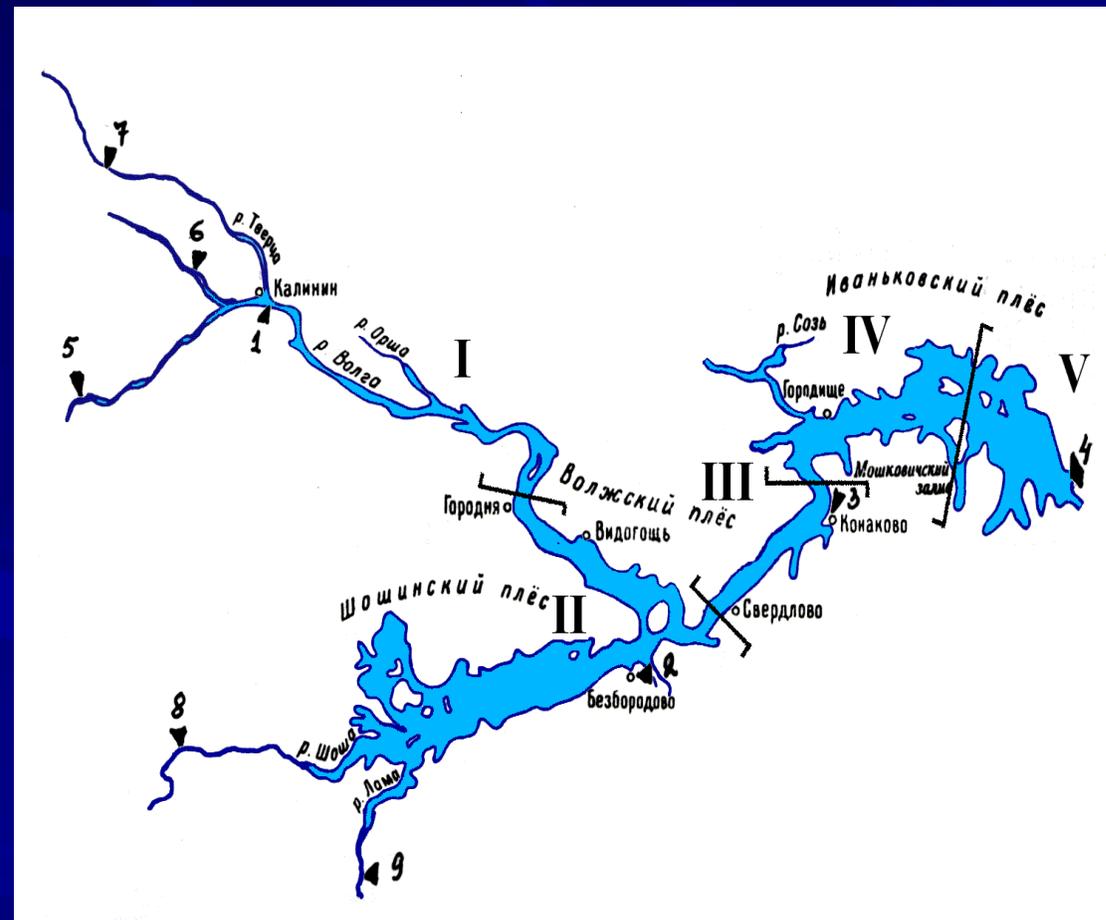
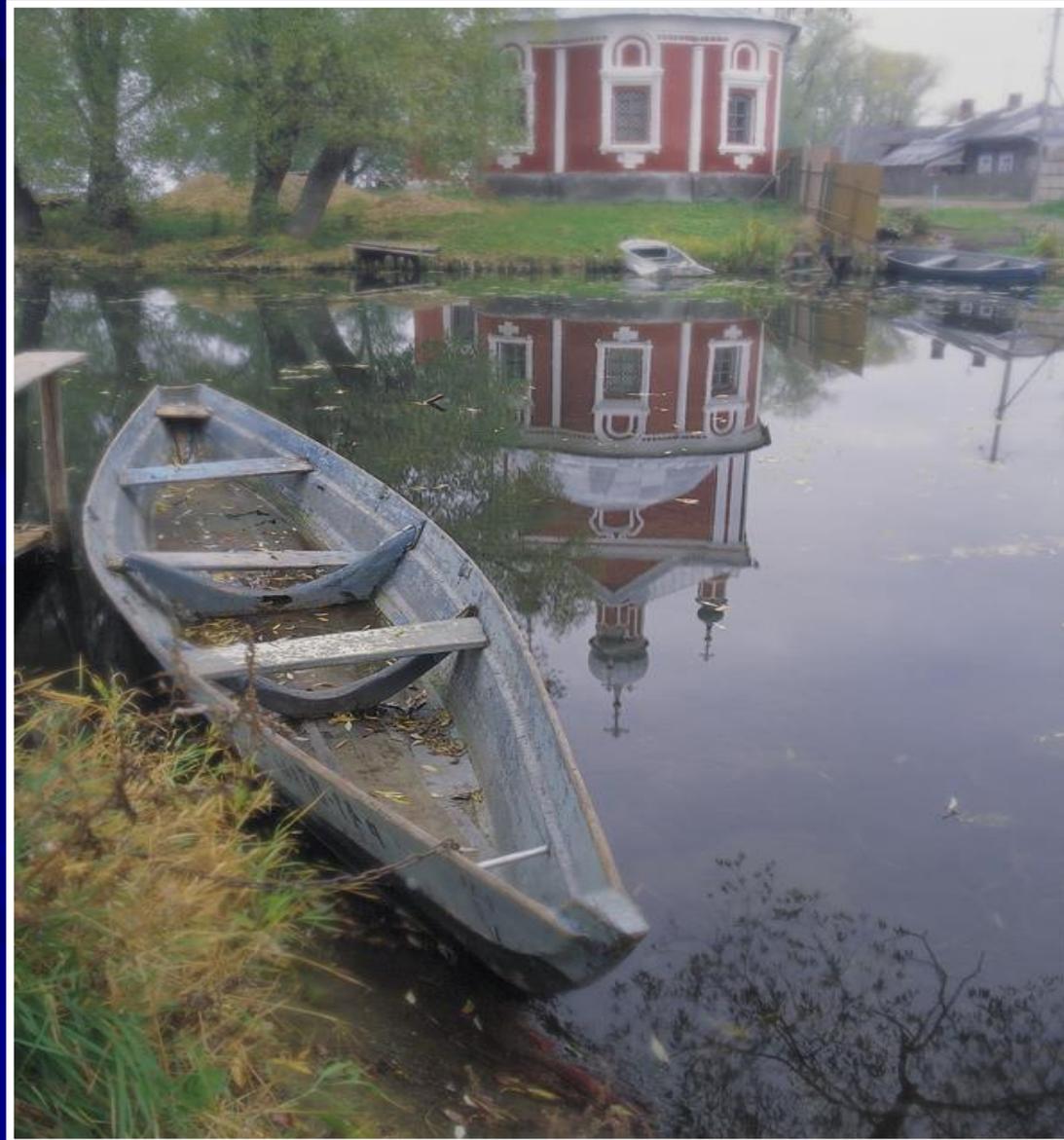
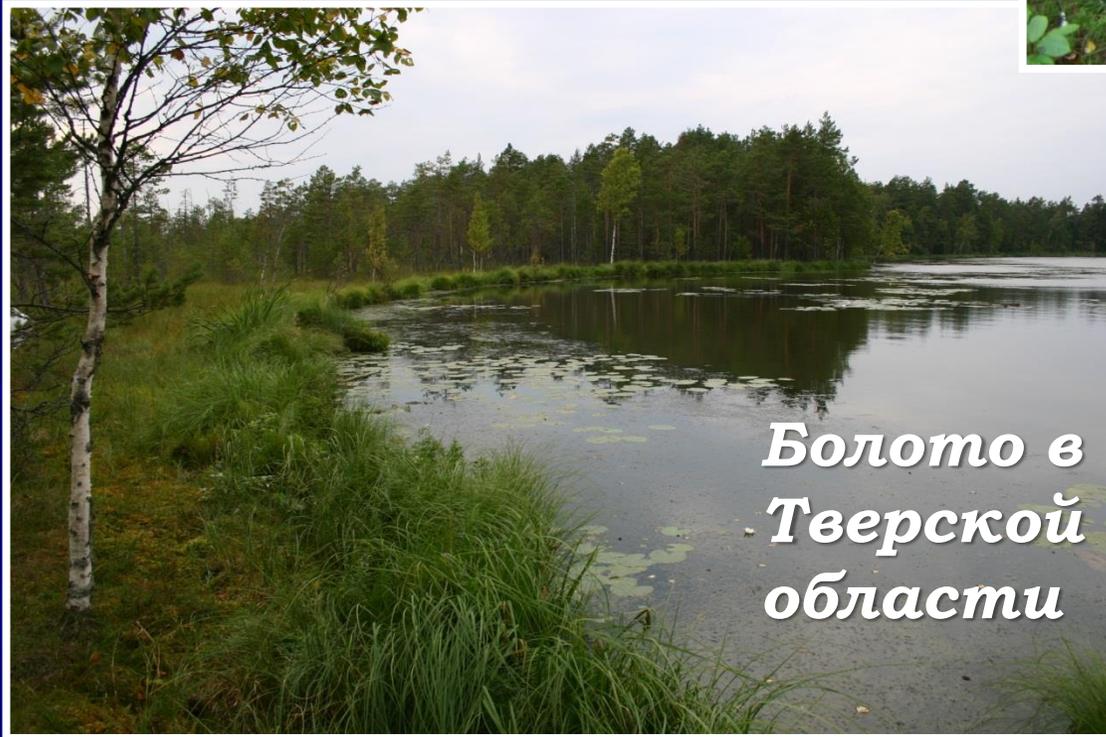


Схема расположения  
Иваньковского водохранилища

# Пруд в центре ЕТР





*Болото в  
Тверской  
области*



# *Особые водные объекты*

- ледники

- подземные воды

- атмосферная влага

- влага в живых организмах

# *Покровный ледник на о.Гренландия*



# Долинный ледник в Гималаях



Эверест

# *Подземные воды*

- почвенная влага
- грунтовые и подземные  
воды
- артезианские (напорные)  
воды

# *Подземные воды*



# Артезианские воды



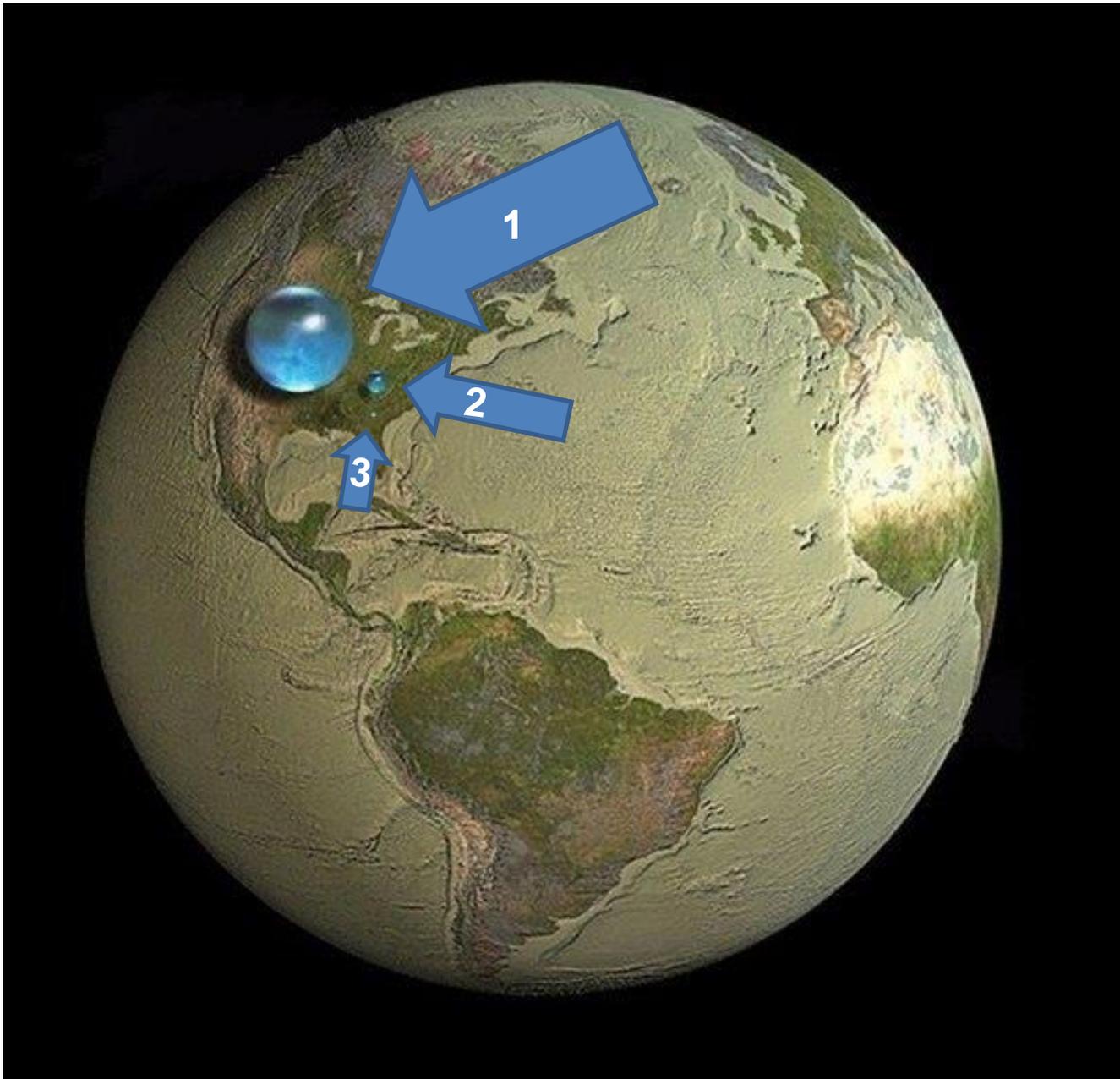
# *Влага в атмосфере*



# *Вода в растениях*



# Сколько воды на Земле?



Самая большая голубая сфера — **это вся вода на нашей планете (1)**, включая ту, что находится внутри растений и тел животных и людей. Диаметр сферы равен 1384 километра, а ее объем составляет 1 390 000 000 кубических километров. Сфера меньшего объема — это **жидкая пресная вода во всех реках, озерах, болотах и подземных водах (2)**. Ее объем — 10 633 450 кубических километров.

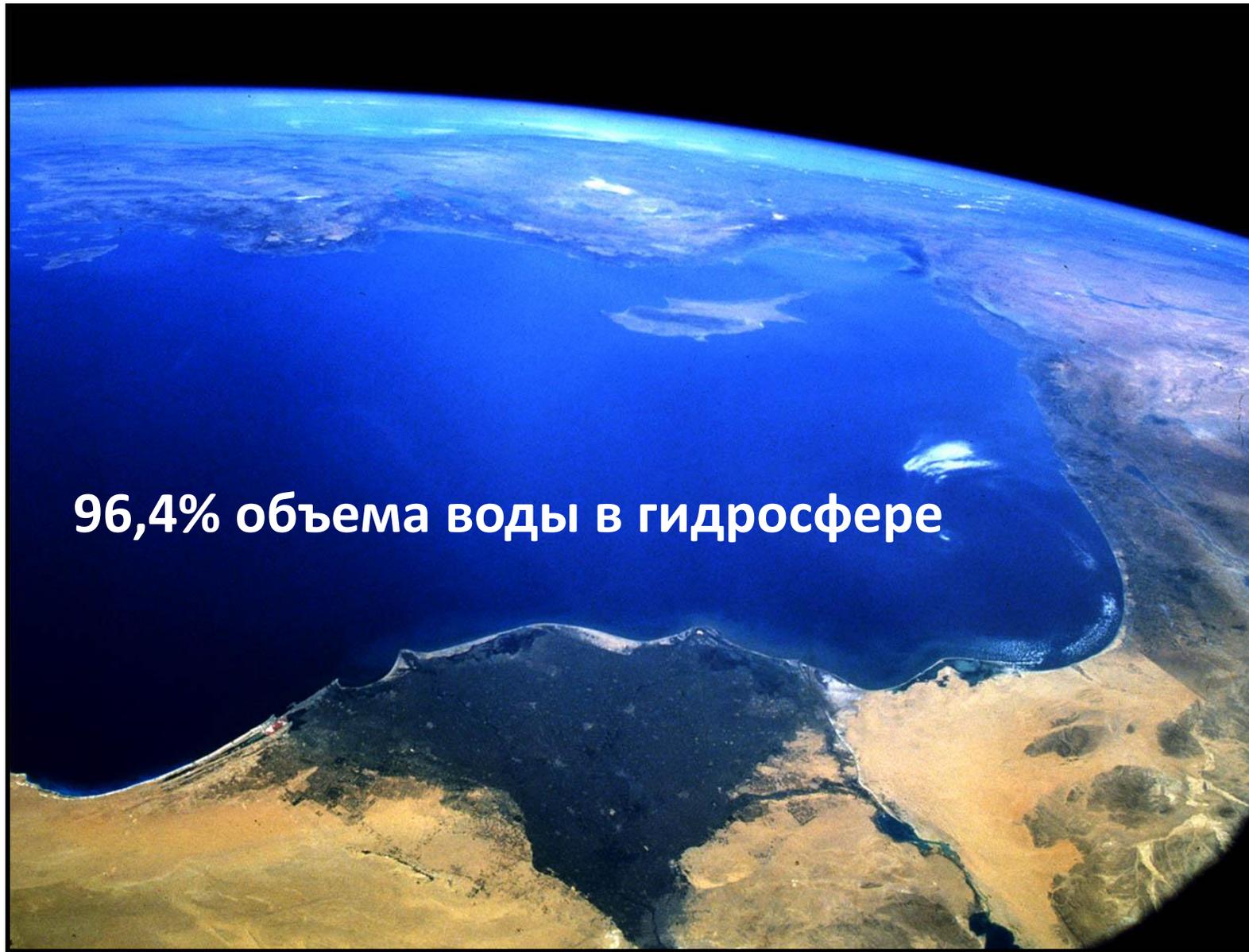
Наконец, крошечная синяя точка — это **пресная вода из всех озер и рек (3)** на планете, объем которой составляет 93 113 кубических километров.

# Объем воды на планете

- **всего** - 1390 млн.км<sup>3</sup>
- **в Мировом океане** – 96,4 %
- **на суше** - 3,6 %

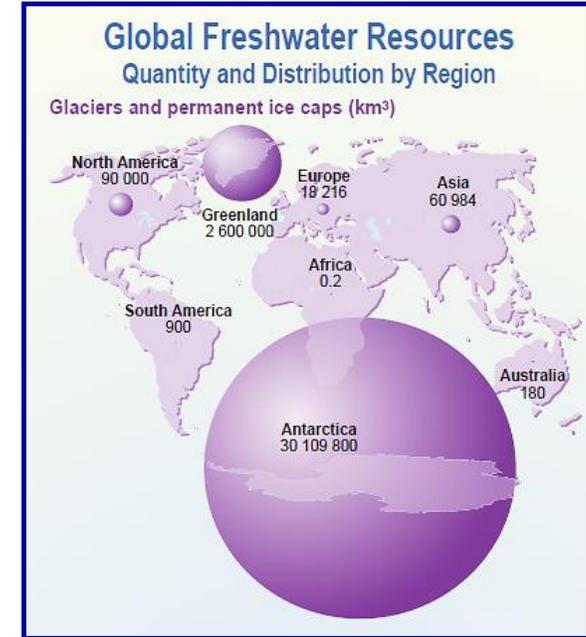
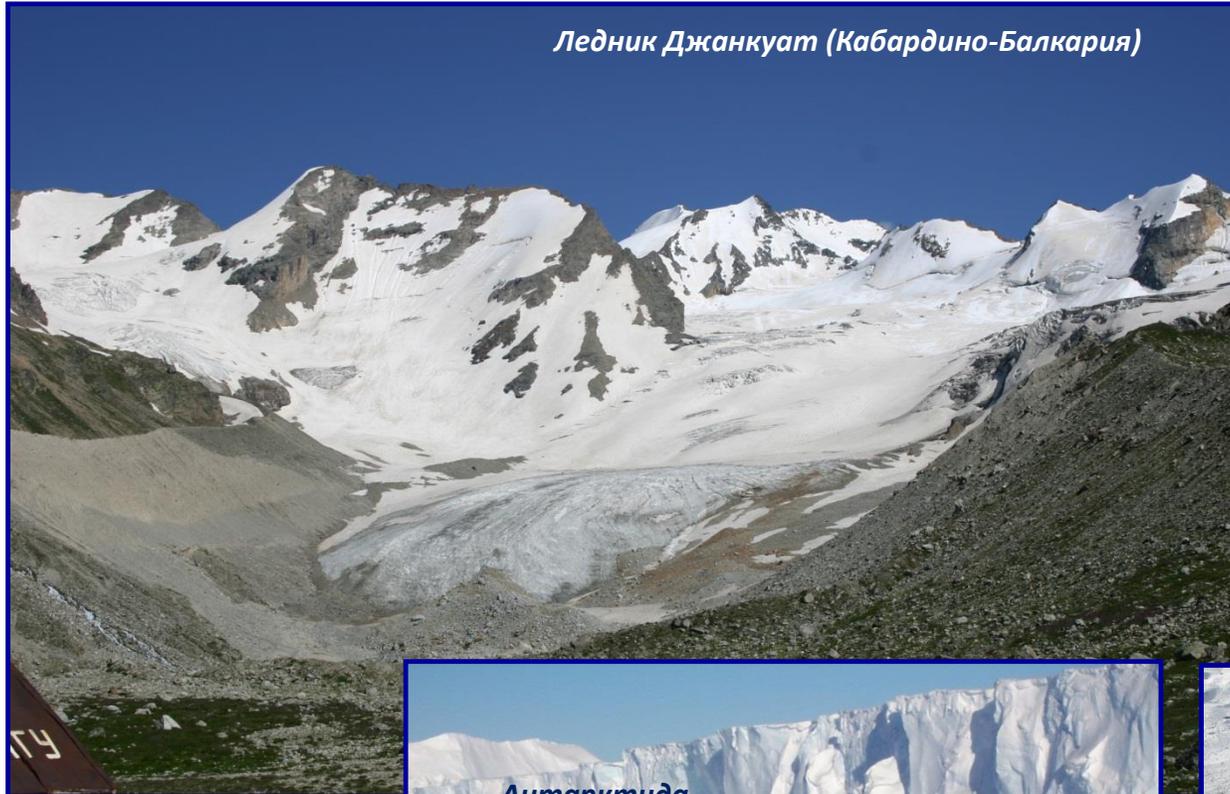
<i>Ледники</i>	25,8 млн.км <sup>3</sup>
<i>Подземные воды</i>	23, 4 млн.км <sup>3</sup>
<i>Вода в атмосфере</i>	13 тыс. км <sup>3</sup>
<i>Вода в живых организмах</i>	1 тыс. км <sup>3</sup>
<i>Озера</i>	176 тыс.км <sup>3</sup>
<i>Водохранилища</i>	6 тыс.км <sup>3</sup>
<i>Реки</i>	2 тыс.км <sup>3</sup>
<i>Болота</i>	11 тыс.км <sup>3</sup>

# Мировой океан



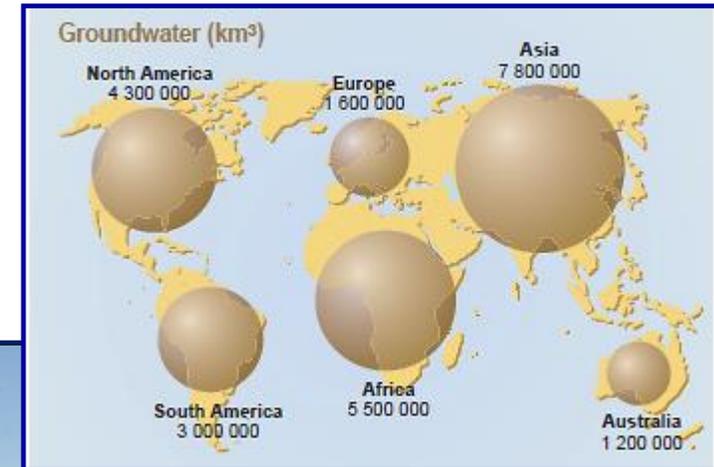
96,4% объема воды в гидросфере

# В покровных и горных ледниках, в снежном покрове находится 1,86 % объема гидросферы



# В подземных горизонтах – 1,7 % объема гидросферы

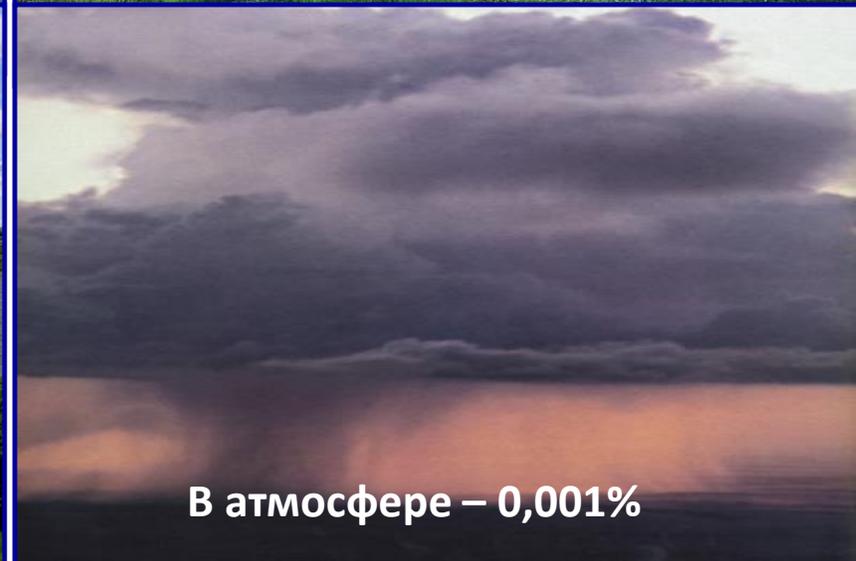
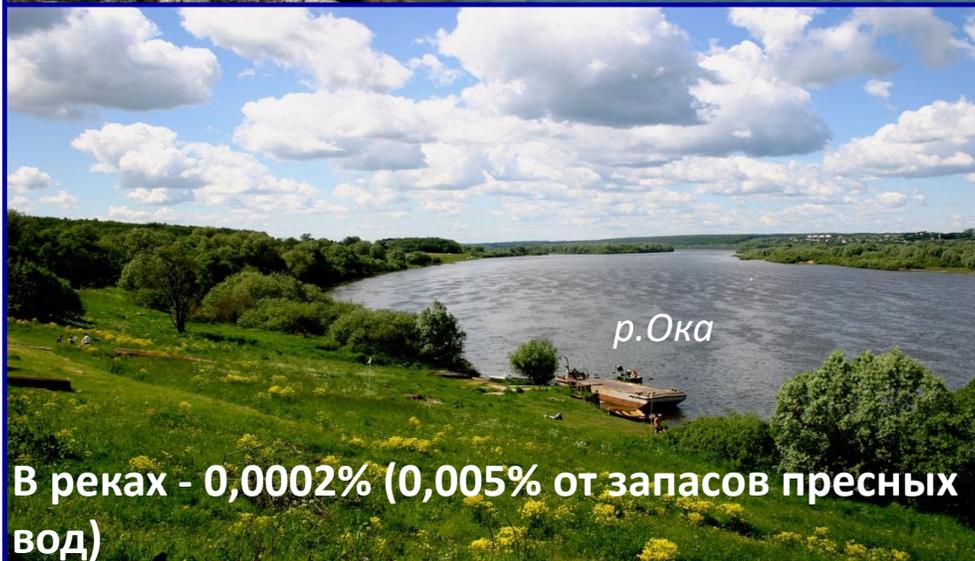
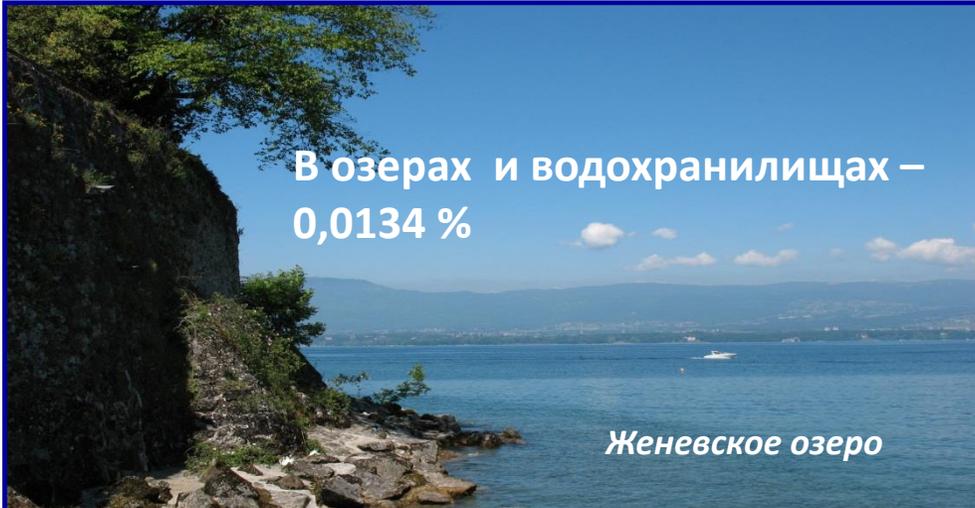
Разгрузка артезианских вод в долине р. Сухона



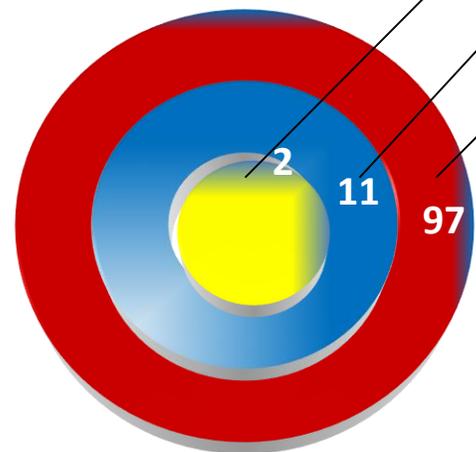
Высачивание почвенной влаги



# Относительное содержание воды в других водных объектах



# Распределение пресной воды между озерами, болотами и реками



ТЫС.КМ<sup>3</sup>

Реки

Болота

Озера

1,8

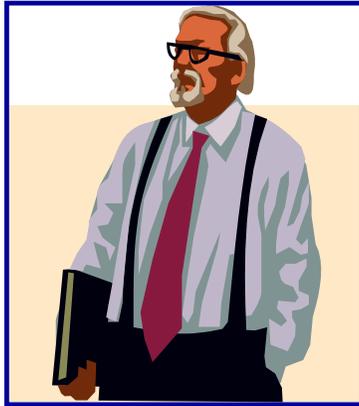
10,0

88,2

Проценты



# Содержание воды в организмах



**Человек  
65%**

**Млекопитающие  
63-68%**



**Медузы  
95-98%**

**В растительных и  
животных тканях –  
0,0001 %**

**Рыбы  
70%**

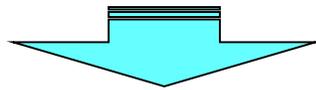


**Водоросли  
90-98%**

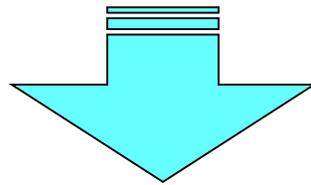
**Наземные  
растения  
70-90%**



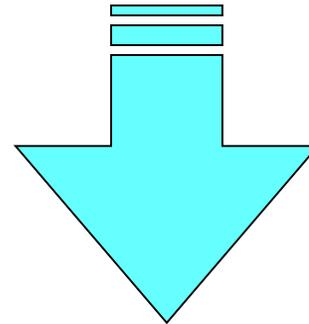
# Изменение содержания воды в организме человека в зависимости от его возраста



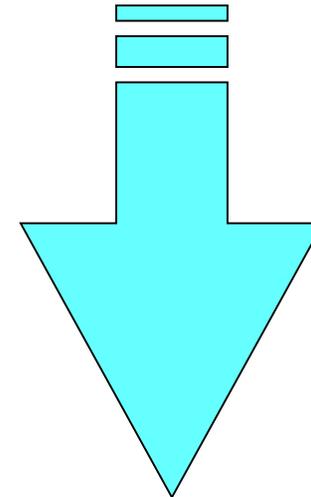
**97%**



**80%**

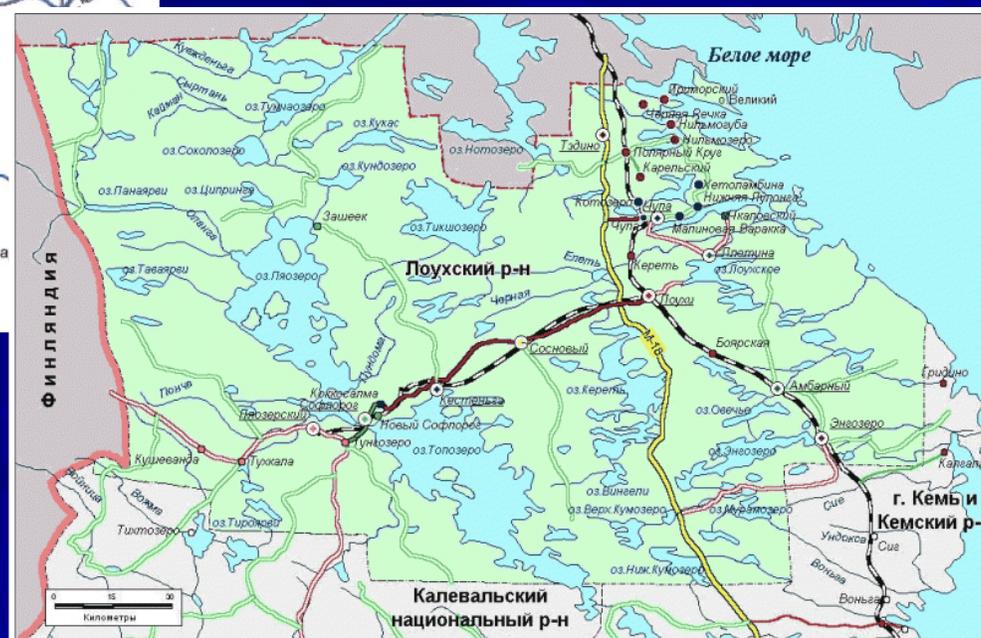
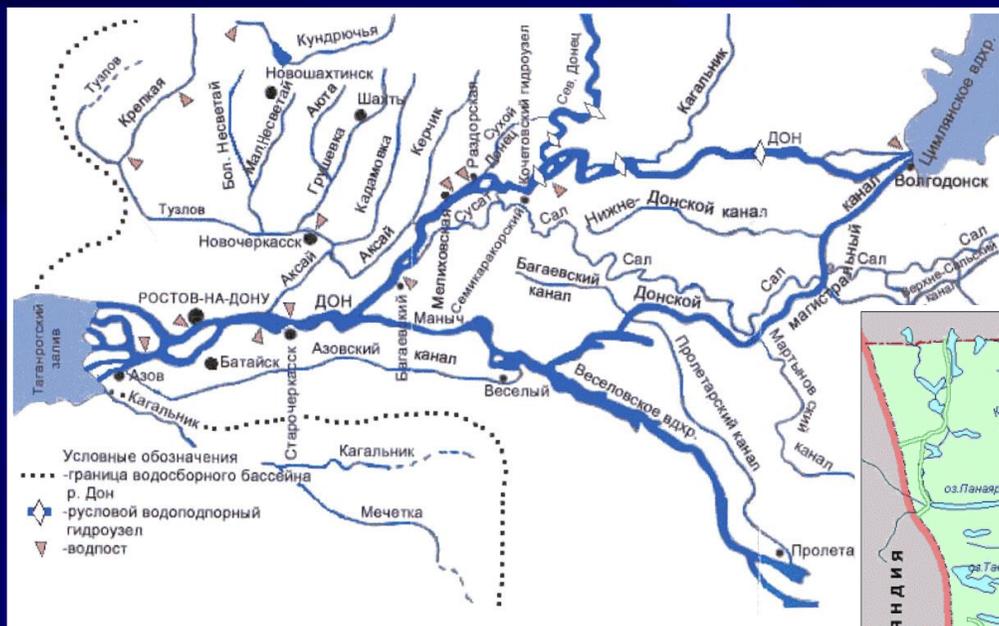


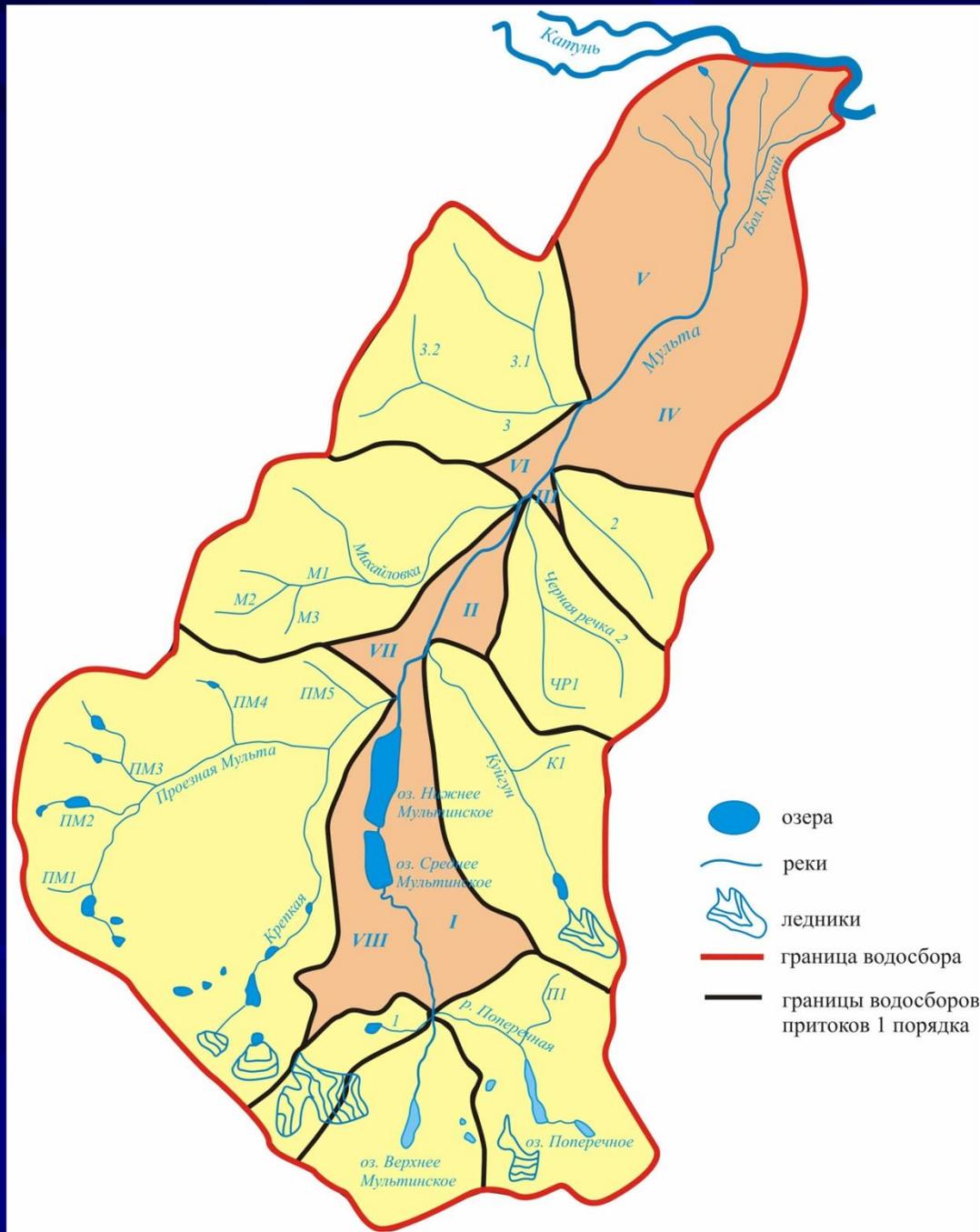
**60-70%**



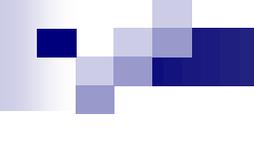
**50-60%**

# Гидрографическая сеть – совокупность водных объектов территории





**Русловая  
 сеть  
 (речная  
 сеть)  
 СОВОКУПНОСТЬ  
 ВОДОТОКОВ  
 территории**



***Гидрологические  
характеристики и  
гидрологическое состояние  
водного объекта.***

***Гидрологический режим и  
гидрологические процессы.***

# *Характеристики водных объектов*

- **физические**
- **химические**
- **биологические**
- **гидрологические**
- **морфометрические**
- **гидрографические**

# Физические характеристики водных объектов и воды

- плотность ( $\text{кг/м}^3$ )
- температура ( $^{\circ}\text{C}$ )
- мутность ( $\text{кг/м}^3$ )
- скорость перемещения ( $\text{м/с}$ )
- уклон водной поверхности  
(‰)



# *Химические характеристики водных объектов и воды*

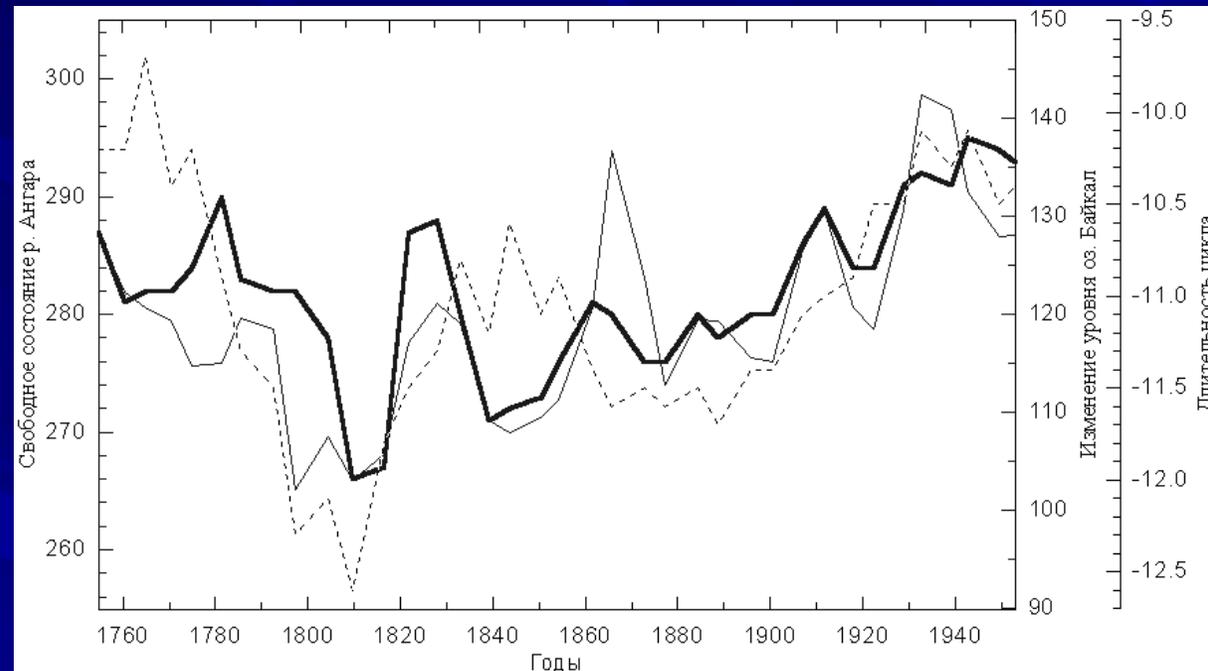
- минерализация (кг/м<sup>3</sup>)
- солёность (‰)

# ***Биологические характеристики водных объектов***

- биомасса ( $\text{кг}/\text{м}^3$  ,  $\text{кг}/\text{м}^2$ )
- численность организмов ( $\text{экз.}/\text{м}^2$ )

# Гидрологические характеристики

- уровень воды
- расход (вещества)
- сток (вещества)
- продолжительность гидрологических процессов



**Расход** – количество вещества, теплоты, проходящее через некоторую площадь  $w$  за 1 с



- расход воды  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ )
- расход наносов  $R$  ( $\text{кг}/\text{с}$ )
- расход растворенных веществ ( $\text{кг}/\text{с}$ )
- расход биологических субстанций ( $\text{кг}/\text{с}$ )
- расход тепла ( $\text{Дж}/\text{с}$ )

**Сток  $W$  – количество вещества, теплоты, проходящее через некоторую площадь за период времени  $T$**

$$W_Q = QT$$

- сток воды  $W_Q$  ( $\text{м}^3$ )
- сток наносов (кг)
- сток растворенных веществ (кг)
- сток биологических субстанций (кг)
- сток теплоты (Дж)

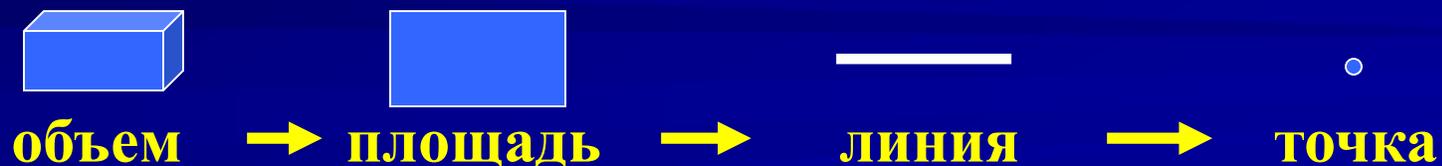
***Гидрологическое состояние  
водных объектов -***

**совокупность характеристик  
водного объекта в данном месте и  
в данное время**

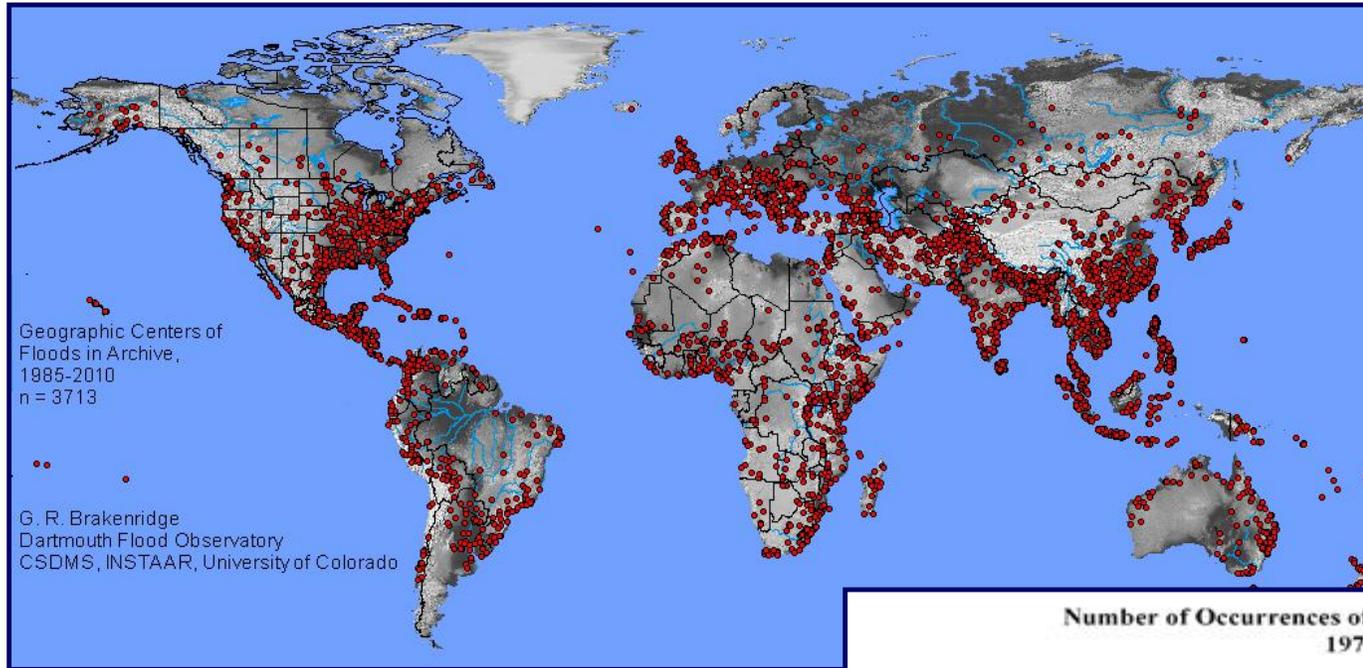
***Гидрологический режим -***  
**закономерно повторяющееся**  
**изменение состояния водного**  
**объекта**

# Пространственные масштабы гидрологических изменений

- глобальный
- континентальный
- зональный
- региональный
- бассейновый
- локальный
- элементарный



# Мировые базы данных о наводнениях и др. катастрофах

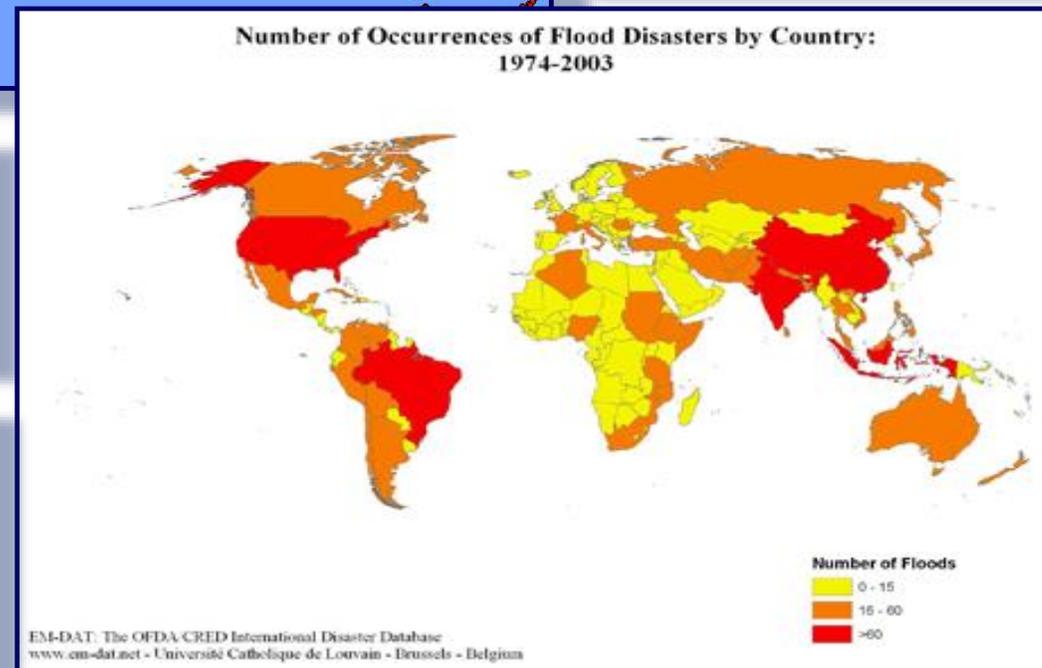


**Dartmouth  
Flood Observatory**

**EM-DAT**  
The International Disaster Database  
Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED

Home About Database Explanatory Notes Publications Activities DISDAT FAQs [login](#)

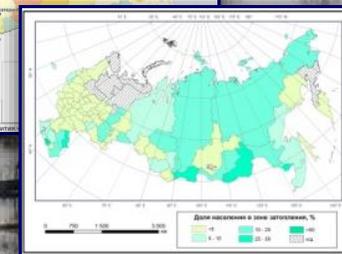
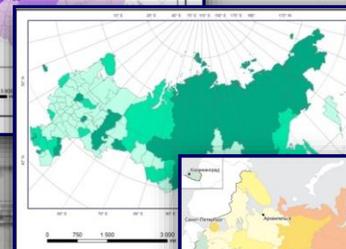
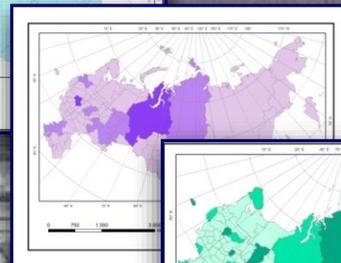
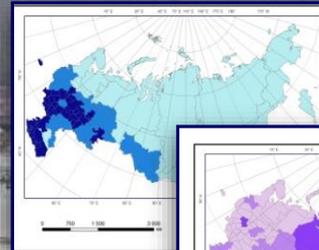
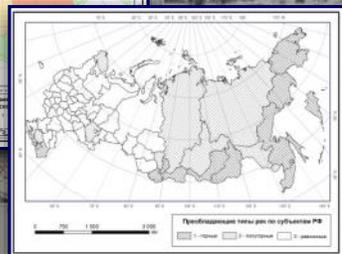
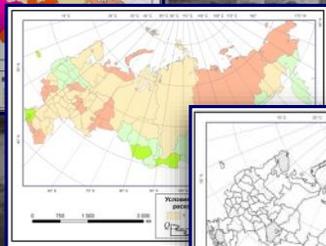
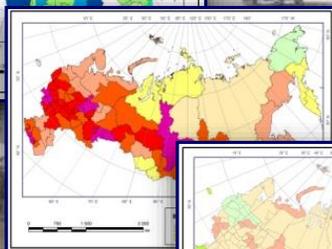
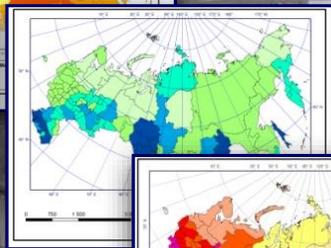
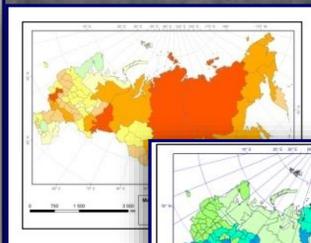
A banner for the EM-DAT database. It features a search bar with a magnifying glass icon and a red 'search' button. Below the search bar is a navigation menu with links to Home, About, Database, Explanatory Notes, Publications, Activities, DISDAT, FAQs, and a login link.



# Оценка опасности наводнений для субъектов РФ

Природная составляющая опасности наводнений

Социально-экономические показатели

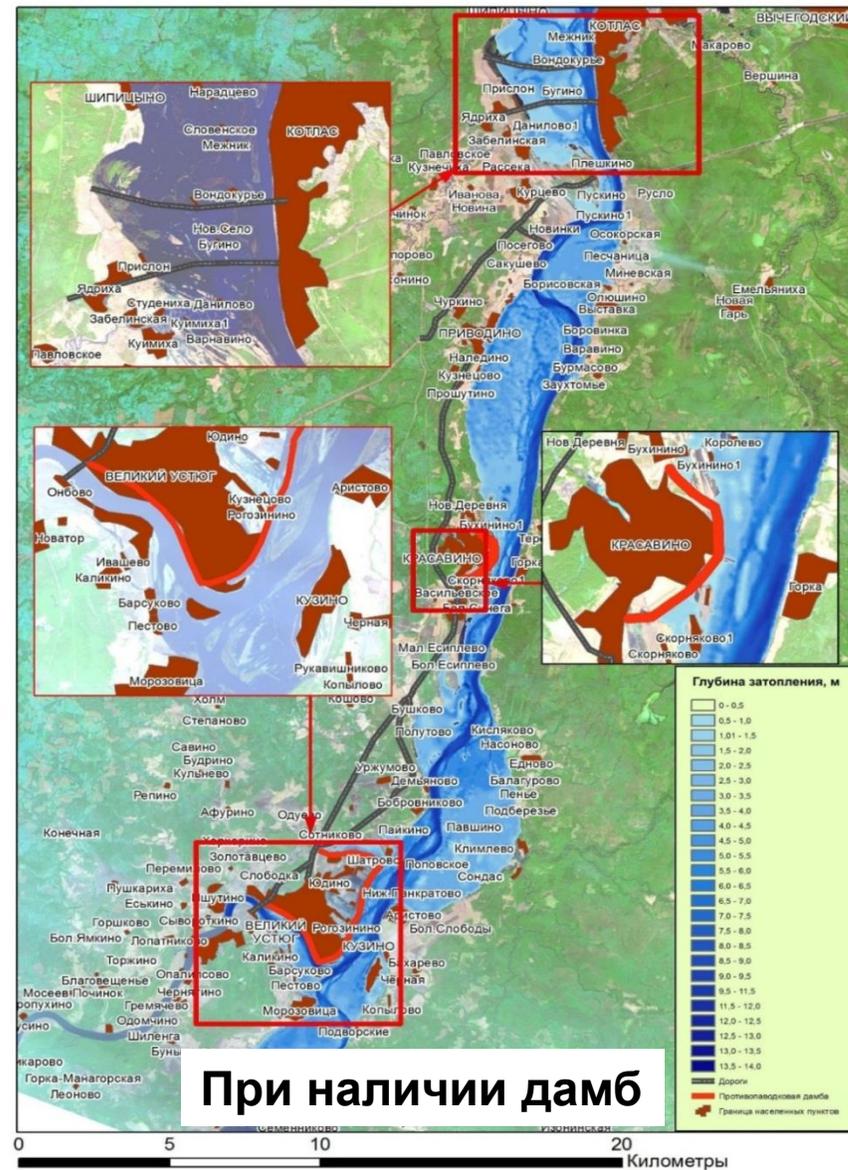
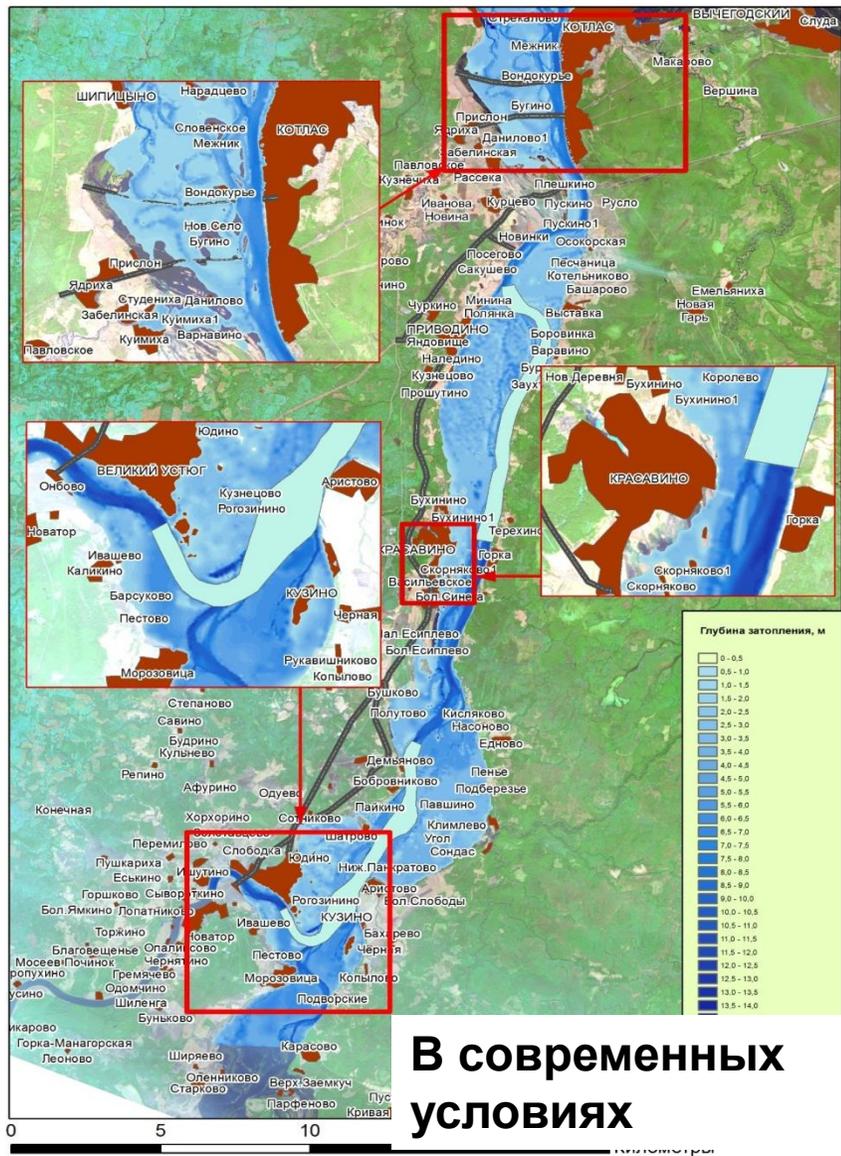


- Максимальное превышение уровней начала затопления прибрежных территорий (м)
- Вероятность уровней начала затопления прибрежных территорий (%)
- Суммарная продолжительность наводнений (сут.)
- Доля затапливаемой площади (%)
- Участки русла с наиболее вероятным выходом водного потока на пойму, определяемые типом руслового процесса

- Плотность населения в регионах
- Доля населения, проживающая в зоне потенциального затопления при наводнениях
- Индекс развития человеческого потенциала
- Стоимость основных фондов.
- Антропогенная обусловленность риска стихийных бедствий

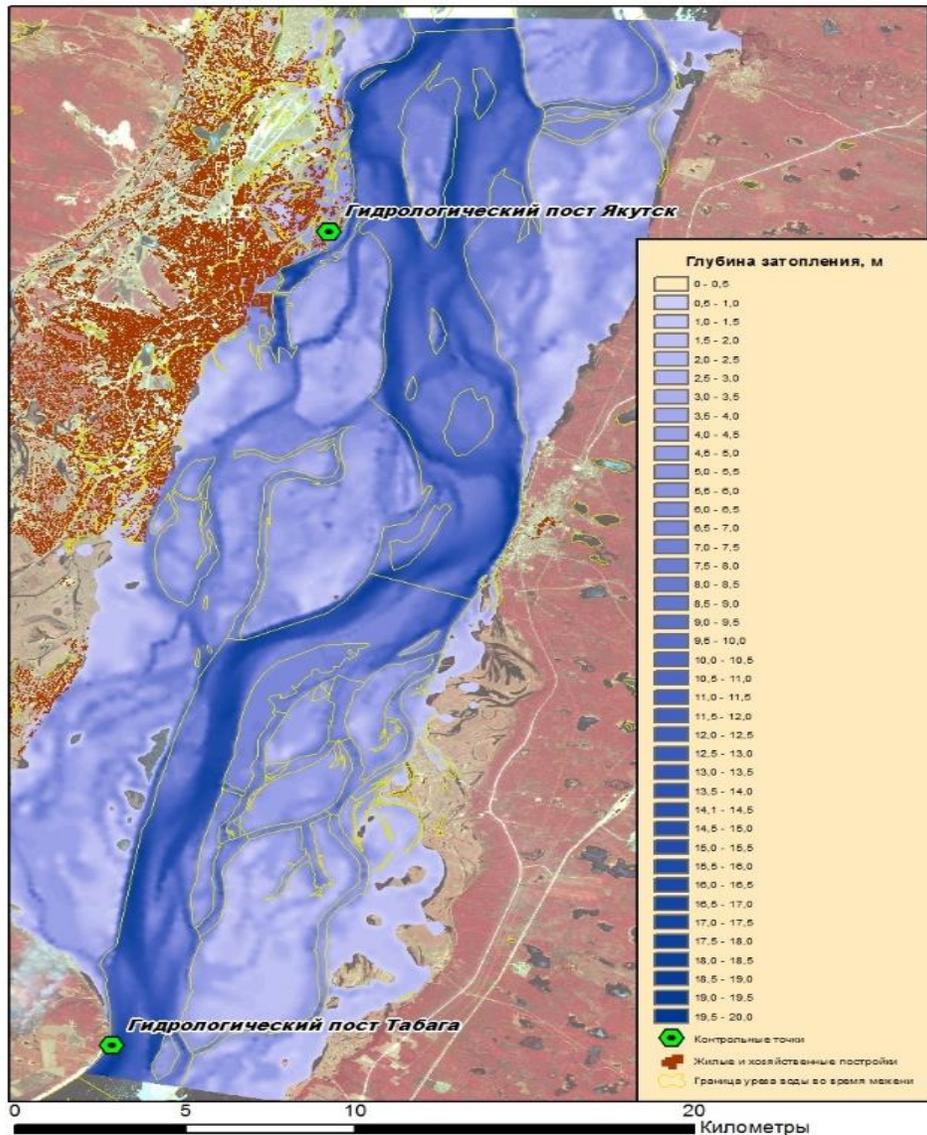


# Оценка глубины затопления для участка Северной Двины



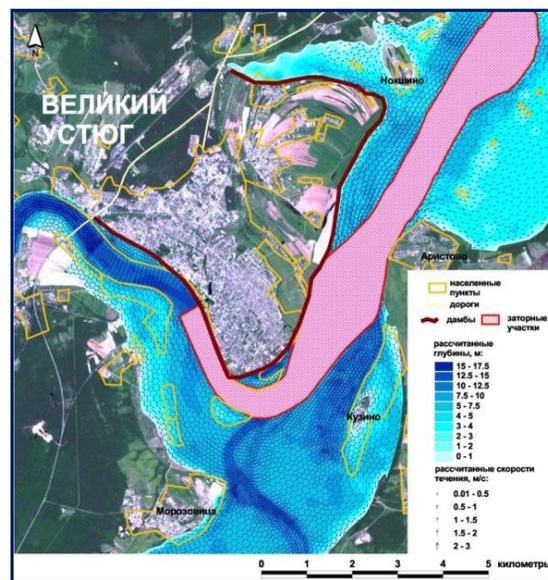
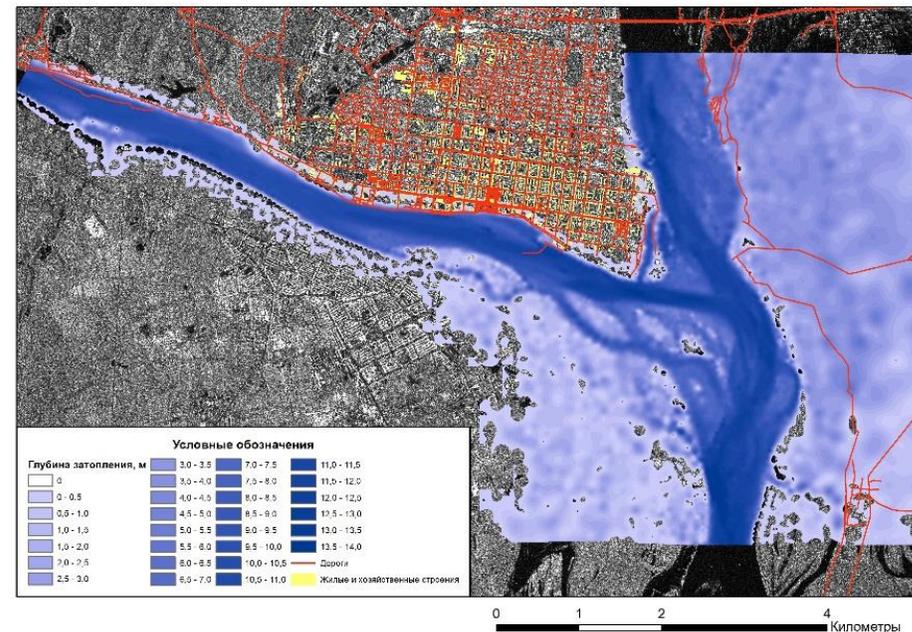
Оценка глубины затопления при 1% уровне заторного генезиса с использованием "STREAM-2D"

# Затопление участков рек



Участок Лены

## Слияние Томи и Усы

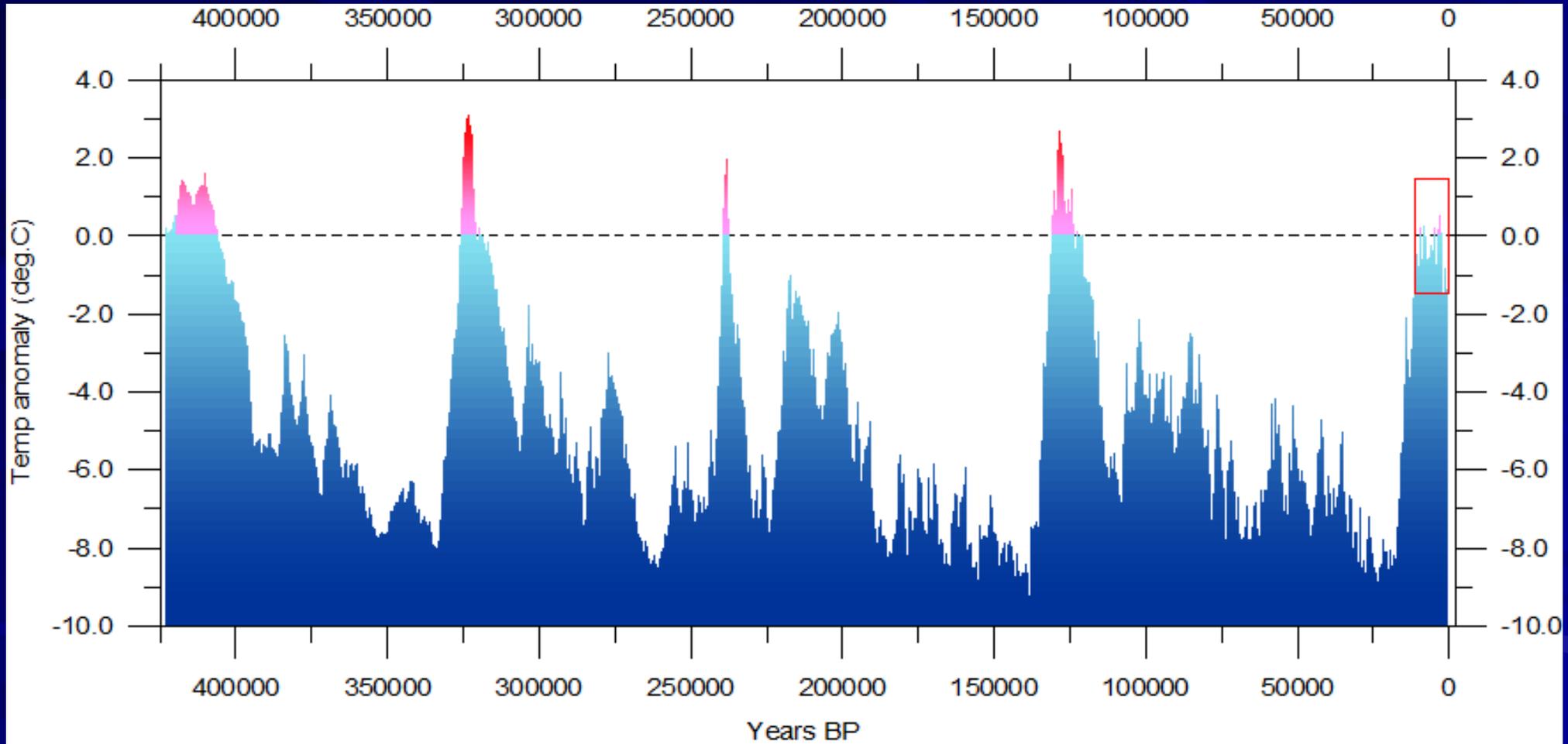


Сухона – г.Великий Устюг

# *Временные масштабы гидрологических изменений*

- **вековой ( $T > 100$  лет)**
- **многолетний ( $T = 1-100$  лет)**
- **внутригодовой (сезонный) ( $10 < T < 365$  дней)**
- **кратковременный ( $1 < T < 10$  дней)**
- **внутрисуточный ( $T < 24$  часов)**

# Глобальные температуры за последние 420 тыс лет, восстановленные по данным бурения льда Антарктиды на станции Восток



Реконструкция содержит четыре ледниковых и пять межледниковых (красных) периодов, включая современное потепление (красный прямоугольник). Пунктирная линия показывает современную температуру.

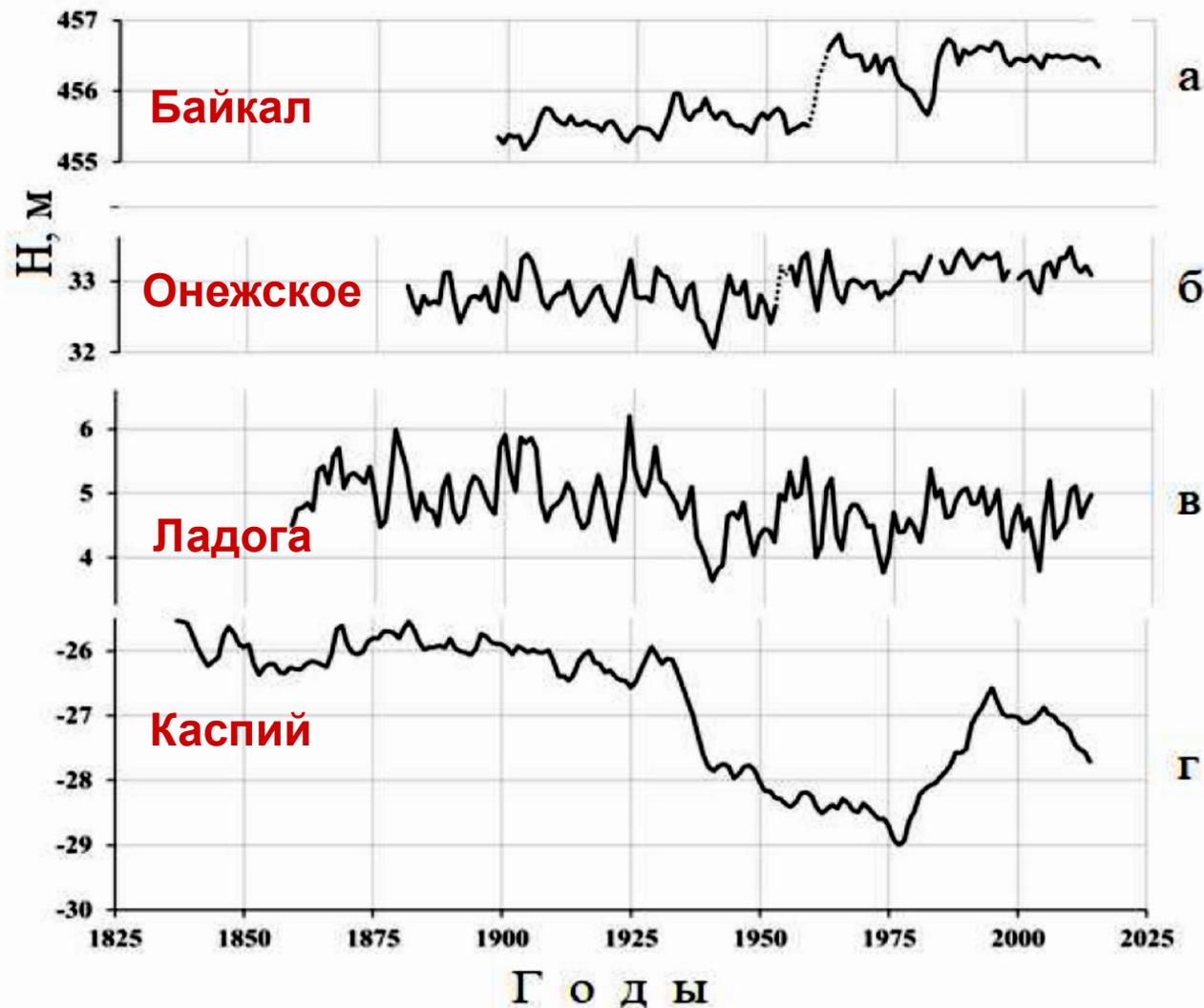


Рис. 2.55. Изменчивость уровня воды озер за период инструментальных измерений до 2015 г: а) Байкал,, б) Онега, в) Ладога, г) Каспий. Измерения уровня воды – относительно нуля Балтийской системы (БС). Уровень Каспия расположен ниже уровня Мирового океана, поэтому даны отрицательные отметки уровня.  
Уровень воды оз. А Байкал – в тихоокеанской системе высот

# Вековой уровень Каспия

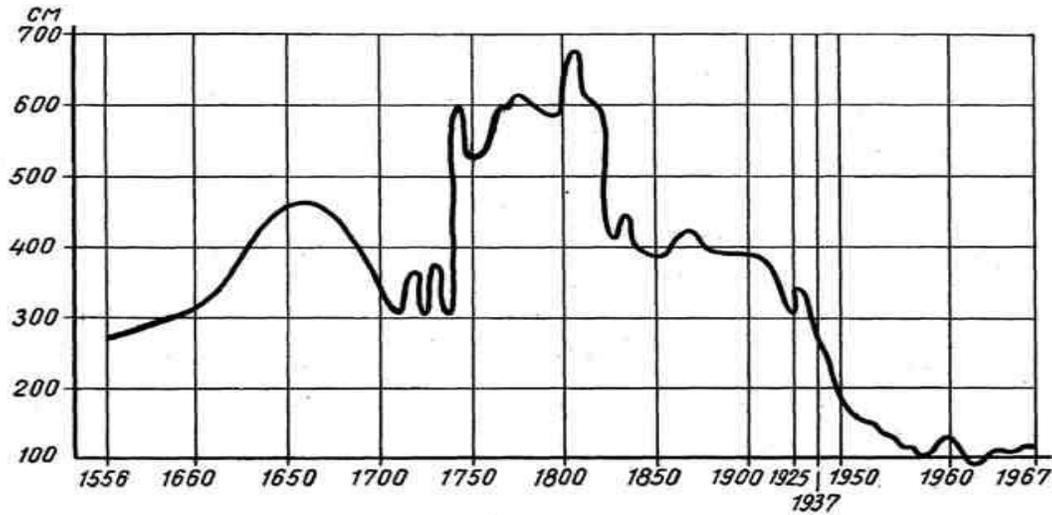
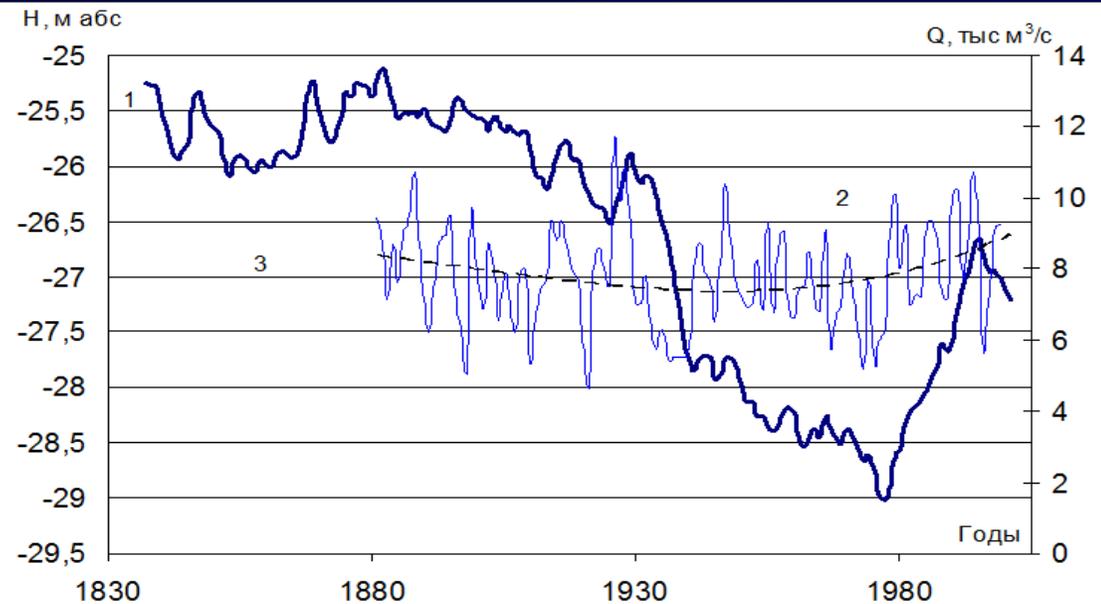
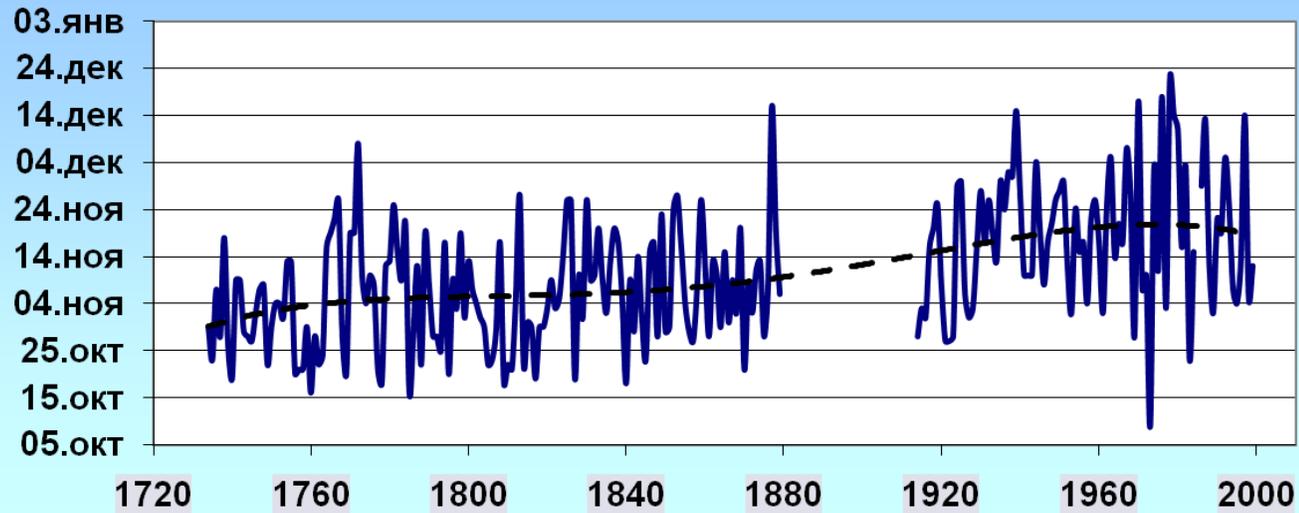


Рис. 83. Колебания уровня Каспийского моря с 1556 по 1967 г.

Многолетние изменения средних годовых уровней Каспийского моря у Махачкалы (1) и стока воды р. Волги в вершине дельты (2), пунктиром показана линия тренда – 3



## Изменение даты замерзания

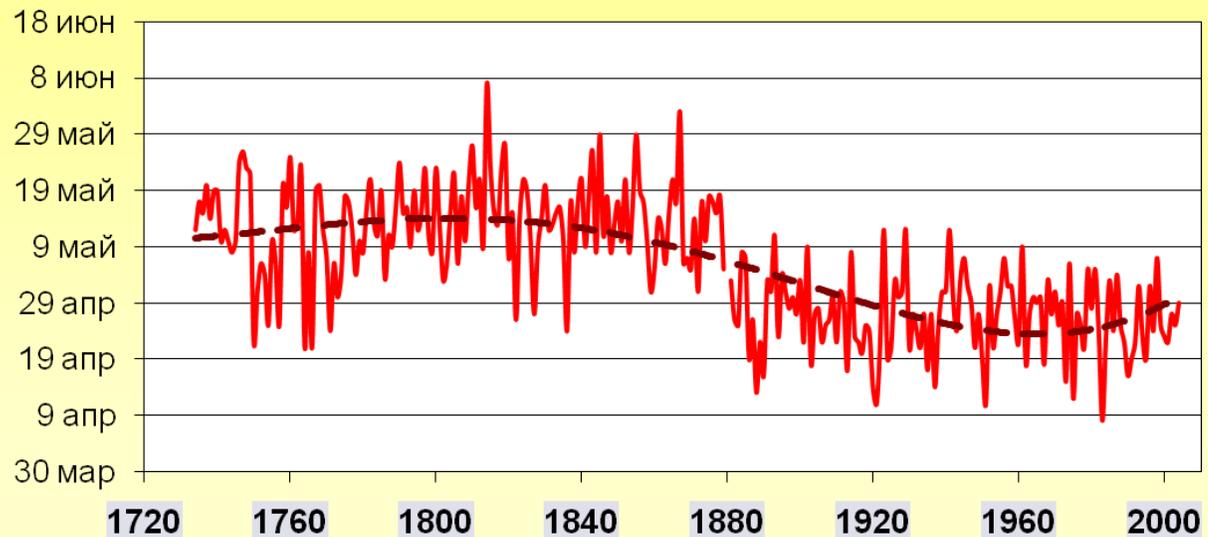


**Вековая  
изменчивость  
характеристик  
ледового  
режима**

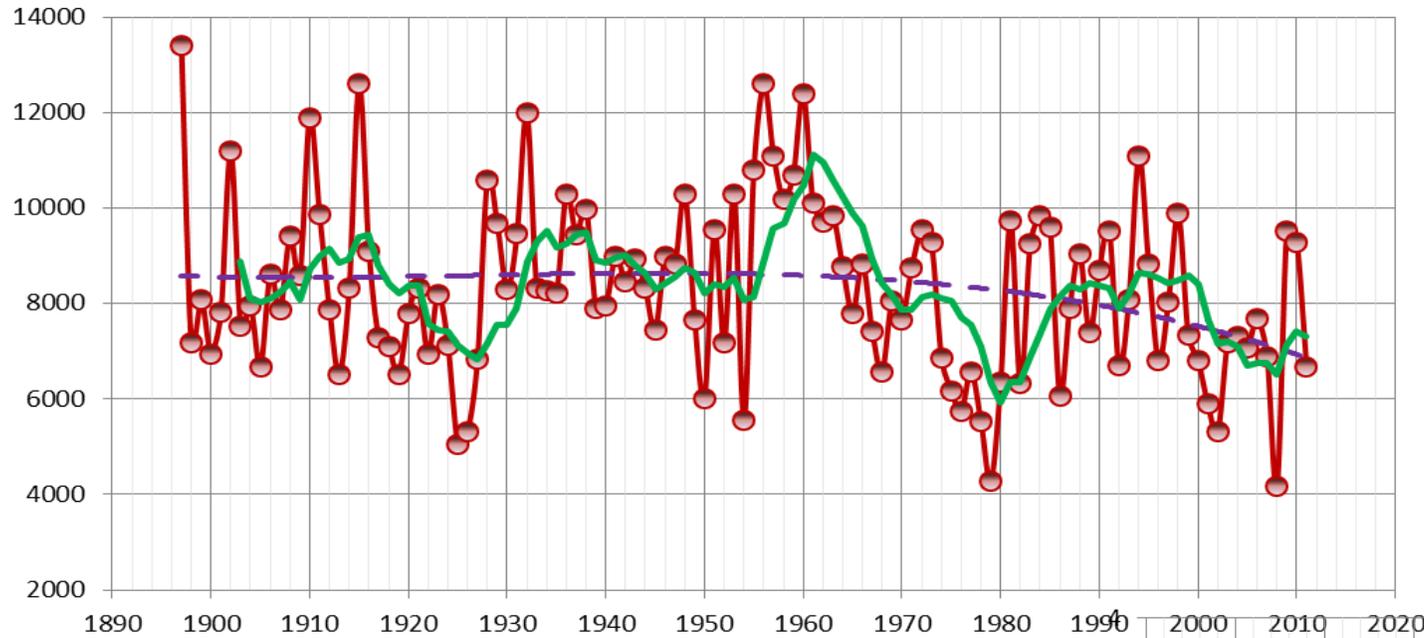
## Северная Двина (1734 - 2000)



## Изменение даты вскрытия

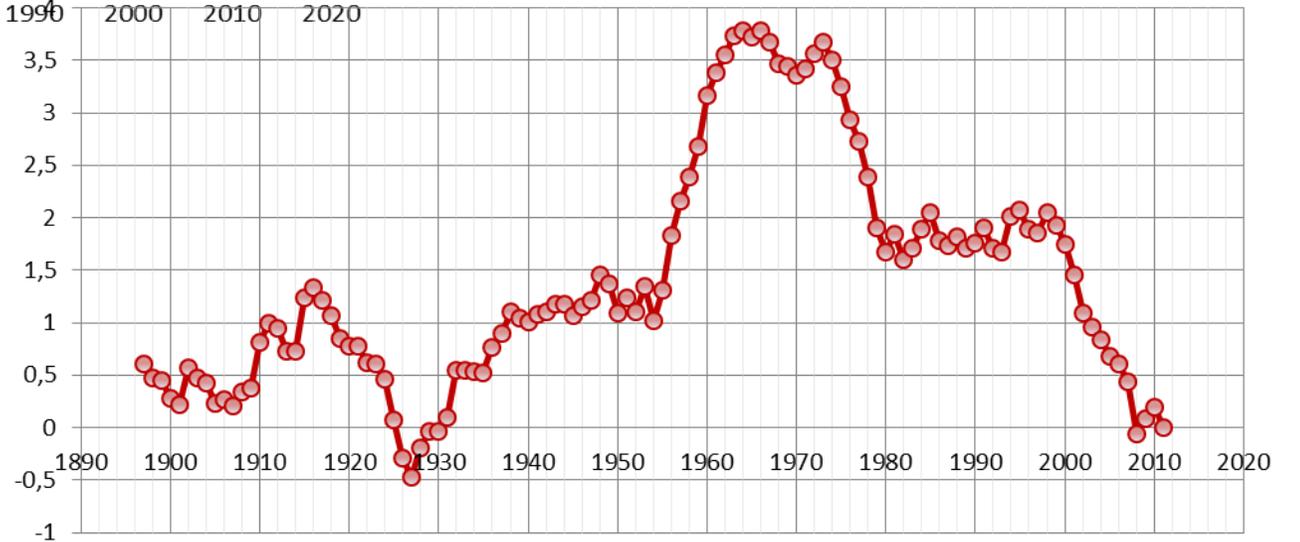


# Водность реки Амур

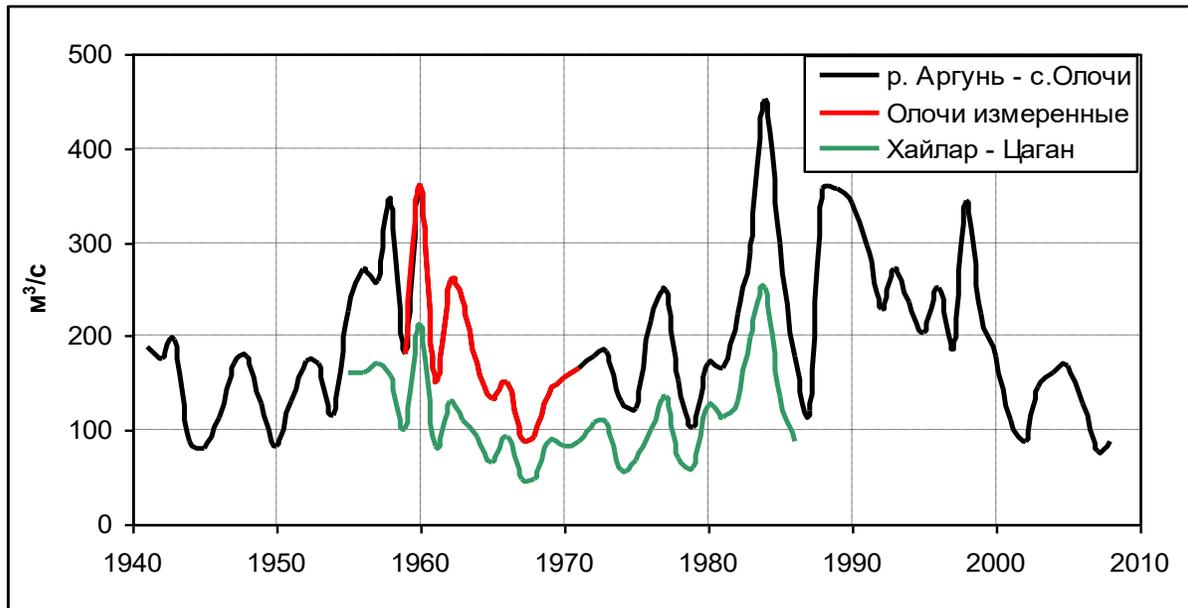


**Изменение среднегодовых  
расходов воды р.Амур –  
г.Хабаровск  
1896-2011**

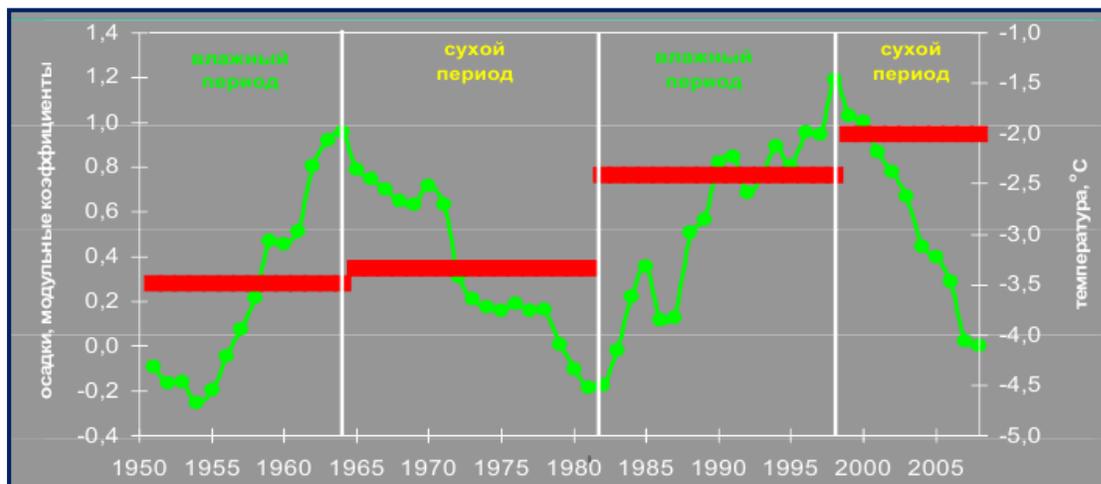
**Разностная  
интегральная кривая**



# Особенности региональных изменений климата и речного стока

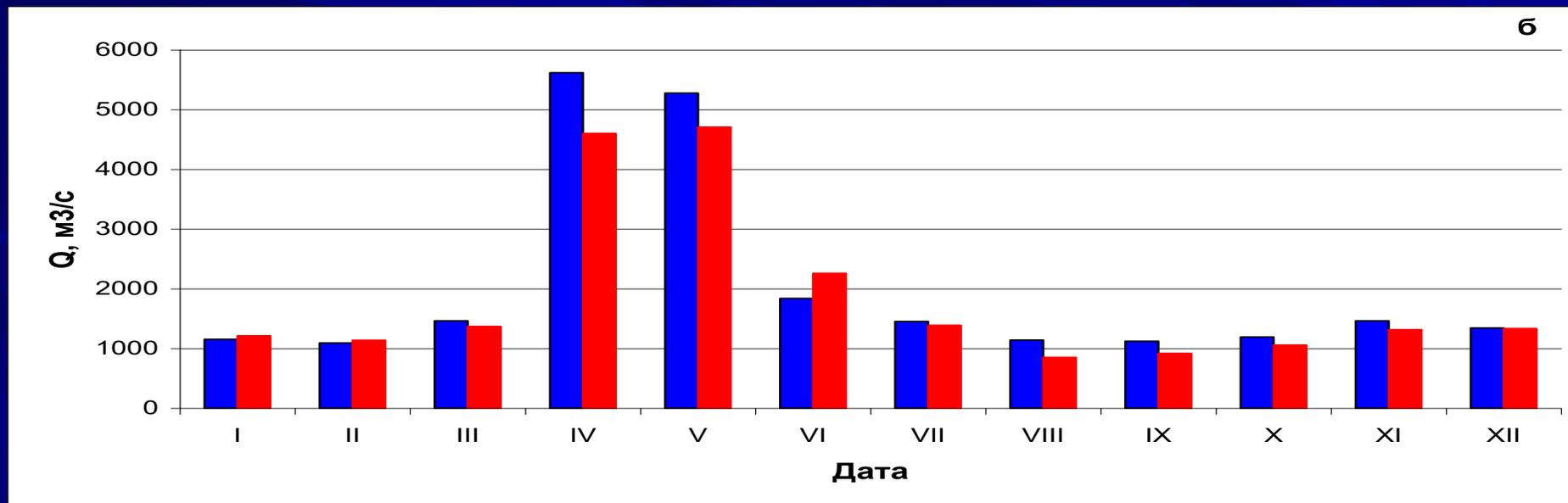
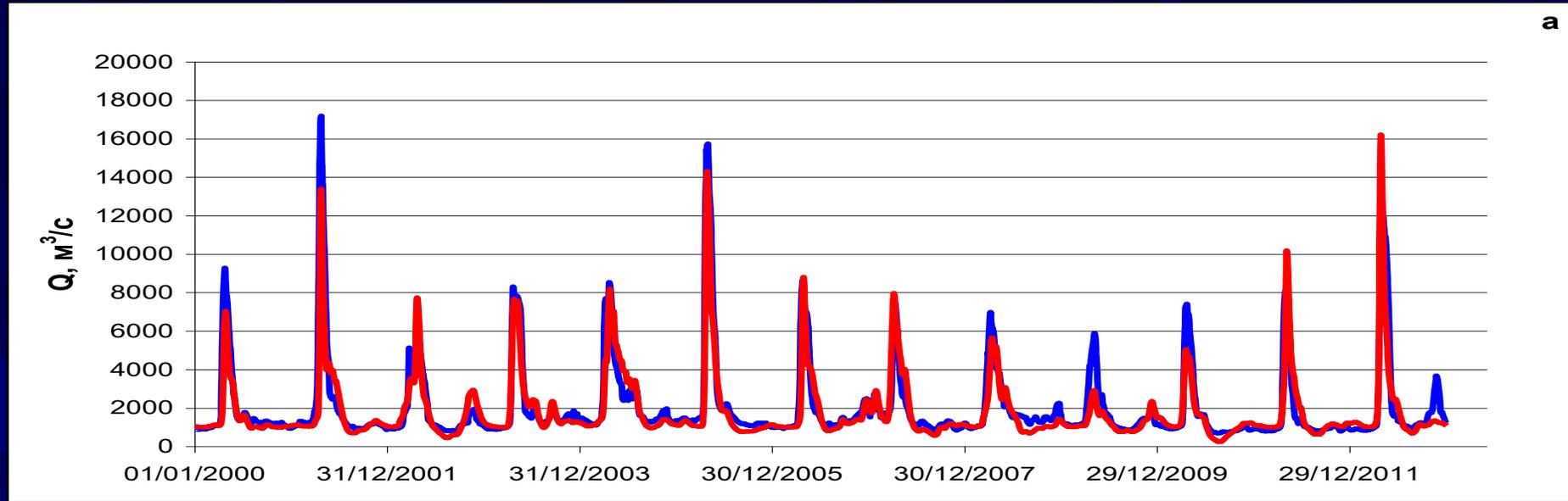


Межгодовая и многолетняя изменчивость средних годовых расходов воды рр. Аргунь (с. Олочи) и Хайлар (г.Цаган) (Отчет..., 2009 – Читинский ЦГМС)

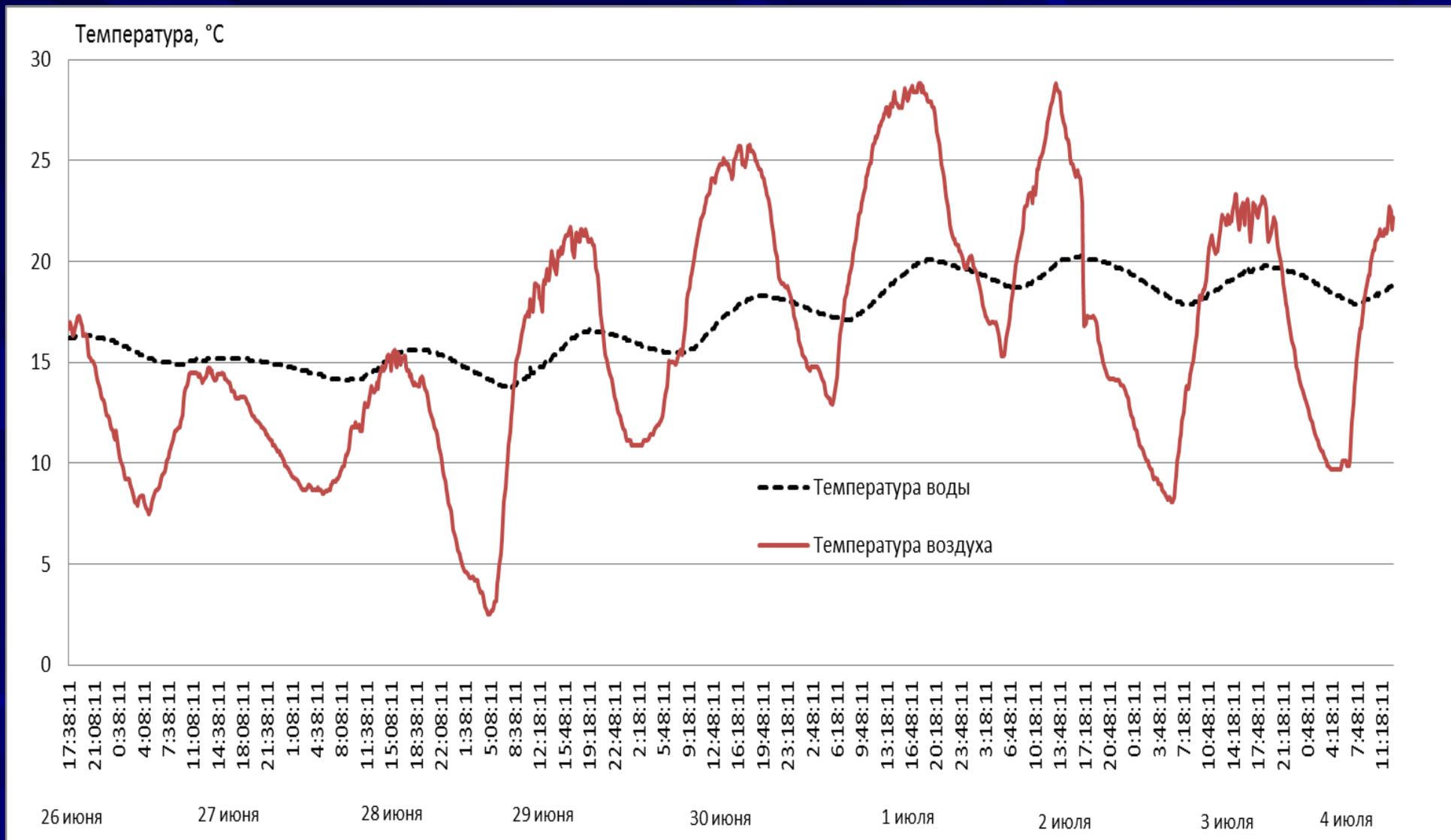


Многолетние изменения атмосферных осадков и температуры воздуха в Забайкальском крае. Периоды: а – влажный, б – сухой.  
1 – разностная интегральная кривая годовых сумм осадков; 2 – температура воздуха, осредненная по периодам увлажнения (Обязов, 2010).

# Сезонная и многолетняя изменчивость стока (приток к Чебоксарскому водохранилищу)

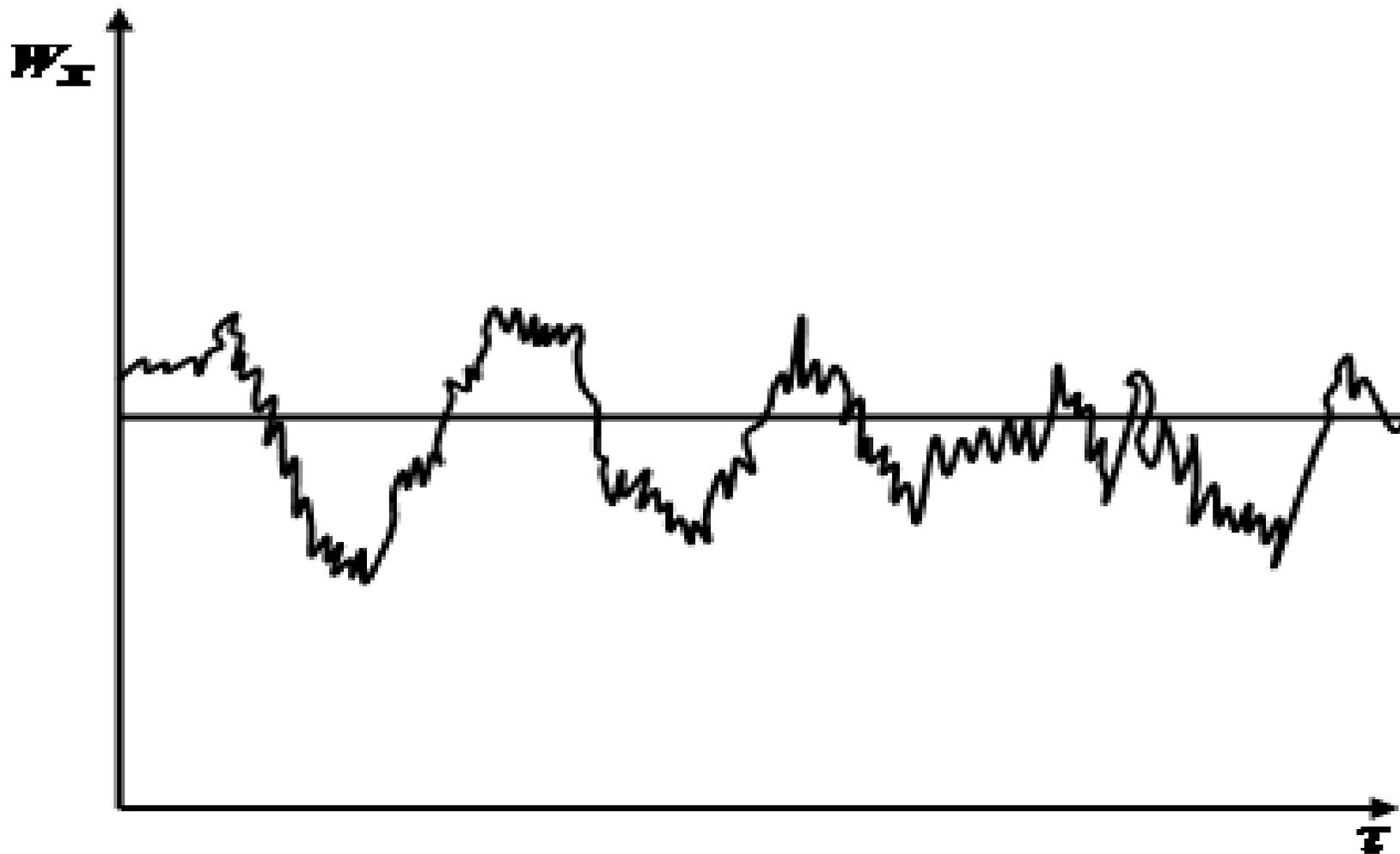


# Суточная и синоптическая изменчивость



Совмещенный график колебаний температуры воды в реке Протве и температуры воздуха по данным АМС Сатино за период с 26 июня по 4 июля 2014 г.

## Кратковременная изменчивость



**Рис. 2.9. Истинная и усреднённая локальные скорости жидкости при турбулентном движении**

# ***Гидрологические процессы –***

**совокупность физических,  
химических, биологических  
процессов, определяющих  
закономерности формирования  
гидрологического состояния и и  
режима водных объектов.**