

# Водные ресурсы

## Мировые запасы воды

Вид природных вод	Объем, км <sup>3</sup>	Доля, %	
		От общих мировых запасов воды	От мировых запасов пресных вод
Мировой океан	1 338 000 000	96,5	-
Подземные воды	23 400 000	1,7	-
Преимущественно пресные подземные воды	10 530 000	0,76	30,1
Почвенная влага	165 000	0,001	0,05
Ледники и постоянный снежный покров	24 064 100	1,74	68,7
Воды в пресных озерах	91 000	0,007	0,26
Воды в соленых озерах	85 400	0,006	-
Воды в руслах рек	2 120	0,0002	0,006
Биологическая вода	1 120	0,0001	0,003
Вода в атмосфере	12 900	0,001	0,04
Общие запасы воды	1 385 984 610	100	-
Запасы пресной воды	35 029 210	2,53	100

**Вода** - единственное химическое вещество, которое находится в природе в 3-х агрегатных состояниях.

**Свойства воды**, играющие важную роль в поддержании жизни на Земле:

- **аномальный вид температурной зависимости плотности** (при  $4^{\circ}\text{C}$  плотность воды -  $1 \text{ г/см}^3$ ; плотность льда -  $0,92 \text{ г/см}^3$ , т.е. лед плавает на поверхности) способствует сохранению жизни в водоемах зимой (теплопроводность льда очень маленькая) и вызывает эрозию. Вода проникает в микроскопические трещины, замерзает и увеличивает трещины;

- **высокая теплоемкость воды** (выше, чем у всех твердых и жидких веществ- за исключением аммиака и водорода). Океаны сглаживают колебания и перепад температуры воды от экватора до полюсов. (разница до 30 градусов);
- **высокая теплота плавления воды**, т.е. льда. Весна и осень на Земле - фазовый переход воды.  
Сравнительно легко нагреваясь или охлаждаясь, вода, снег, лед для перехода в другое фазовое состояние требует значительных расходов энергии. Поэтому переходы растянуты во времени;
- **высокая теплота испарения**. Наибольшее значение теплоты испарения приводит к тому, что большая часть солнечной энергии, достигающей Земли, расходуется на испарение воды, препятствуя перегреву ее поверхности. При конденсации паров воды в атмосфере происходит выделение этой энергии, которая может переходить в кинетическую энергию воздушных масс, вызывая ураганные ветры.

- **поверхностное натяжение.** Максимальное, за исключением ртути, поверхностное натяжение воды приводит к появлению ряби и волн на водной поверхности уже при слабом ветре. В результате этого резко возрастает площадь водной поверхности, и интенсифицируются процессы теплопередачи между атмосферой и гидросферой;
- **диэлектрическая постоянная.** Диэлектрическая постоянная имеет аномально высокое значение. Это определяет самую большую растворяющую способность воды по отношению к веществам с полярной и ионной структурой. Поэтому в природе нет химически чистой воды, мы всегда имеем дело с ее растворами.

Вода является одним из важнейших природных ресурсов, во многом определяющих технический и социальный прогресс тех или иных регионов и стран.

Количество потребляемой пресной воды в сотни раз превосходит масштабы потребления всех остальных видов природных ресурсов вместе взятых.

Именно круговорот воды составляет основу техногенного круговорота веществ и связанного с ним превращения энергии в эколого-экономических системах.

Наша планета богата водными ресурсами, однако на долю пресной воды приходится около 2%, а на долю пригодной (и удобной) для использования - всего 0,01%.

В Антарктиде содержится в три раза больше воды, чем во всех реках мира, а в Байкале находится 10% всей пресной воды мира, причём высшего качества.

Основой водных ресурсов России является речной сток.

В среднем по водности годы он составляет  $4262 \text{ км}^3$ , из которых около 90% приходится на бассейны рек, впадающих в Северный Ледовитый и Тихий океаны.

Более 80% населения России и её основной промышленный и сельскохозяйственный потенциал сосредоточены в бассейнах рек, впадающих в Каспийское и Азовское моря.

Пять наиболее крупных рек России:

Енисей ( $630 \text{ км}^3$ ), Лена (532), Обь (404), Амур (344) и Волга ( $254 \text{ км}^3$ ).

Они обеспечивают 46% всего стока пресных вод с территории нашей страны.

Физиологическая потребность человека в воде – 2-3 л. в сутки.

Социальная норма потребления воды в Москве – 135 л. в день.

Удельный расход воды в жилых домах в Москве в 2005 году составил 357 л/сут. (при нормативе – 135 л.).

Средний уровень потребления воды в Европе составляет, в л/сут.:

Германия – 130,

Дания – 134,

Нидерланды – 158,

Англия – 170,

Франция – 175,

Италия – 230,

Россия – 350.



# Распределение объемов потребляемой воды (в %) по отраслям:

деревообработка	19,4
химическая промышленность	18,3
электроэнергетика	14,4
черная металлургия	9,5
угольная промышленность	8,8
машиностроение	8,6
цветная металлургия	6,5
нефтепереработка	3,1
оборонная промышленность	2,3
лёгкая промышленность	2,0
пищевая промышленность	1,7
промышленность стройматериалов	1,7
нефтедобыча	0,3
газовая промышленность	0,08

Основные реки: Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей, Лена, Печора, оцениваются как «загрязнённые», их крупные притоки: Ока, Кама, Томь, Иртыш, Тобол, Миасс, Висеть, Тура, как “сильнозагрязнённые”.

Вода в Москва-реке относится к категории “грязных” и “чрезвычайно грязных”.

Основные загрязняющие вещества: соединения меди, железа, нитратный азот, нефтепродукты. Ниже сбросов Курьяновской и Люберецкой станций аэрации в речной воде обнаруживались аммонийный азот и формальдегид

# Проблема дефицита пресной воды в мире

От «водного стресса» в мире страдают более 700 млн человек в 43 странах

Общий объем воды на Земле — На одного человека —  
**13,5 млн км<sup>3</sup>**      **250 270** млн. м<sup>3</sup>

Основной ресурс воды для жизнедеятельности — **речной сток**

В самых маловодных странах на душу населения

**< 5 000 м<sup>3</sup> воды**



## США

**Население:** 304 265 699 чел.

**Проблема:** потребляется 400 л в день, вместо 50 л (минимальная потребность на человека).

**Перспектива:** если к 2020 году не будет найден новый источник пресной воды, Лос-Анджелес станет прибрежной пустыней, воды в которой хватит только на 1 млн чел.

## Региональная нехватка воды

в странах Центральной Азии, Среднего Востока и Северной Африки, а также в Индии, Пакистане и США

## Получают воду из-за границы

Азербайджан, Латвия, Словакия, Узбекистан, Украина, Хорватия, Израиль, Молдова, Румыния и Туркменистан

## Потребляют только загрязненную воду

Судан, Иран, Венесуэла, Сирия, Зимбабве, Тунис, Куба

## Китай

**Население:** 1 322 178 190 чел.

**Проблема:** нехватка воды 37 млрд тонн ежегодно в 300 городах.

**Перспектива:** нехватка зерна, для выращивания которого требуется пресная вода

## Мексика

**Население:** 104 млн чел.

**Проблема:** уровень грунтовых вод падает на 1,8-3,3 м в год.

**Перспектива:** во многих штатах потребности в воде опередят имеющиеся запасы

## Египет, Эфиопия, Судан

**Население:** 167 млн чел. (совокупное).

**Проблема:** усыхание Нила — основного источника воды.

**Перспектива:** к 2025 году, все они должны будут столкнуться с серьезной нехваткой зерновых культур

## Йемен

**Население:** 19 млн чел.

**Проблема:** уровень грунтовых вод падает на 2 м в год.

**Перспектива:** водоносный горизонт может истощиться к 2010 году

## Иран

**Население:** 70 млн чел.

**Проблема:** уровень грунтовых вод падает на 2,8 м в год. В последний раз — на 8 м.

**Перспектива:** будут заброшены деревни на востоке страны, будет нарастать поток беженцев



**Человек увеличивает поверхностный  
сток и уменьшают инфильтрацию  
за счет:**

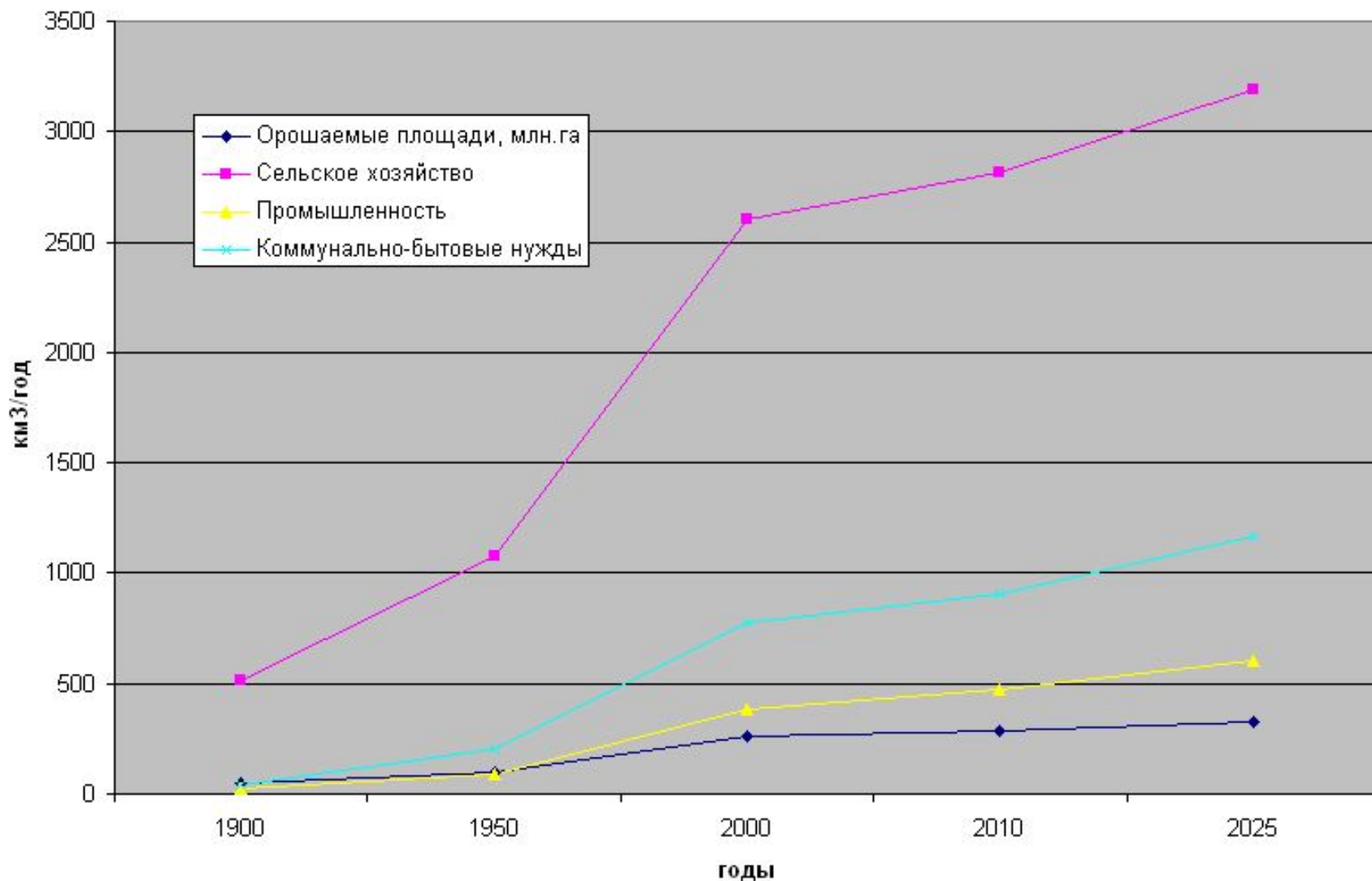
**–развития городов,**

**–развития с/х,**

**–сведения лесов,**

**–опустынивания.**

### Динамика использования воды в мире по секторам экономики



## Классификация природных вод по значению минерализации

Минерализация, г/л	Наименование вод
Менее 0,2	Ультрапресные
0,2 - 0,5	Пресные
0,5 - 1,0	С относительно повышенной минерализацией
1 - 3	Солоноватые
3 -10	Соленые
10 -35	С повышенной соленостью
35 - 50	Переходные к рассолам
50 - 400	Рассолы



Для питья человеком используется вода с солесодержанием до 1 г/л, иногда до 3 г/л, выше – опасно.

Некоторые животные переносят более соленую воду – до 10 г/л, например, овцы и верблюды.

Ультрапресную воду пить тоже нельзя – происходит вымывание солей кальция из организма.

# **Проблемы водозабора:**

- дефицит воды,
- избыток воды,
- антропогенное загрязнение воды,
- загрязнение питьевой воды,
- засоление и заболачивание почвы.



# Дефицит воды

Некоторые специалисты считают, что проблема обеспечения населения достаточным количеством пресной воды одна из наиболее долгосрочных проблем человечества.

## Причины:

- снижение среднегодовой суммы осадков,
- высокая температура воздуха,
- быстрый рост населения и нерациональное использование земель.

# Расход пресной воды в мире:

Азия – 60%,  
Северная Америка – 15%,  
Европа – 13%,  
Южная Америка, Африка - 12%.

Почти 150 из 214 крупнейших рек мира используются одновременно, по меньшей мере, 2 государствами, а 12 из них - пятью и больше. В этих странах живет 40% населения Земли.

# Аральское море



**July – September, 1989**



**August 12, 2003**



**August 16, 2009**

# Озеро Чад



# Избыток воды

Возникает при достаточной среднегодовой сумме атмосферных осадков, но большую часть получают в одно время года. Сток стремителен, плохо задерживается, приводит к наводнениям.

Индия - 90% осадков выпадает с июня по сентябрь.

Наводнения--стихийное природное бедствие, но его увеличивает и хозяйственная деятельность человека:

- распашка земель,
- вырубка леса,
- перевыпас скота,
- добыча полезных ископаемых,
- урбанизация.

# Антропогенное загрязнение воды

Для природных вод характерны следующие катионы:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , и анионы:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$  (для морской воды). Ни тяжелых металлов, ни органических высокомолекулярных соединений нет.

В результате антропогенной деятельности в водоемы поступают ионы тяжелых металлов. Источники: гальванические и металлургические производства, химические средства защиты растений (пестициды, гербициды и др.).

# Болезнь Минамата

заболевание человека и животных, вызываемое ртутьорганическими соединениями в результате употребления в пищу рыбы или др. продуктов моря, загрязненных ртутью.

Проявляется в основном в виде нервно-паралитических расстройств ( головные боли, паралич, мышечная слабость, потеря зрения, иногда кома ). Впервые описана в Японии у рыбаков в зоне бухты Минамата.

В 1956 году в Японии произошел сброс соединений ртути в реку Минимата со сточными водами от завода по производству поливинилхлорида, где ртуть использовалась в качестве катализатора. Воды реки Минимата принесли соединения ртути в море. В море соединения ртути поглощались водорослями, инфузориями и мелкими ракообразными, которыми питалась рыба.

# Эвтрофикация водоемов

Повышение биологической продуктивности водных экосистем в результате накопления в воде биогенных элементов естественного или антропогенного происхождения.

Обогащение водоема биогенными элементами (N, P и др.), поступающими со сточными водами, а также с поверхностным стоком с удобряемых полей, приводит к “цветению” воды и к резкому ухудшению ее качества.



# Питьевая вода

## Параметры качества:

- соленость,
- цветность,
- запах,
- colі–титр.

Интегральная характеристика загрязненности:

1. Химическая потребность в кислороде (ХПК),
2. Биологическая потребность в кислороде (БПК<sub>n</sub>).

# Соленость или общая минерализация

Общая минерализация представляет собой суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ, которые находятся именно в виде солей.

К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли :

- бикарбонаты,
- хлориды ,
- сульфаты кальция, магния, калия и натрия,
- небольшое количество органических веществ, растворимых в воде.

# Классификация по солесодержанию

- $< 0,2$  г/л – ультрапресная,
- $0,2-0,5$  – пресная,
- $0,5-1$  - с относительно повышенной минерализацией,
- $1-3$  - солоноватая,
- $3-10$  – соленая,
- $10-35$  - с повышенной соленостью,
- $35-50$  - переходная к рассолам,
- $50-400$  – рассолы,
- $>400$  - в природе не существует.

# Coli-титр

Кишечная палочка – один из простейших живых организмов, находится в кишечнике любого человека.

**Количество кишечных палочек в 1 мл воды – показатель бактериальной загрязненности. В норме их количество не должно превышать 4 шт/л.**

# Coli-титр

Содержание кишечной палочки на 100 мл воды	Потенциальная возможность к использованию
Менее 1 до 4	Безопасно для жизни
Более 4	Требует принятия мер
Менее 2300	Можно купаться
10000 и более	Только на лодке

# Интегральная характеристика загрязненности

**Химическая потребность в кислороде** - это количество кислорода, необходимое для окисления примесей в 1 литре сточной воды, когда окисление происходит химическим путем.

Для определения ХПК проводят окисление примесей перманганатом калия ( $\text{KMnO}_4$ ) при нагревании, затем количество перманганата, израсходованного на окисление, пересчитывают на количество кислорода.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать  $15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $\text{БПК}_n$  --  $3 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ )

# Интегральная характеристика загрязненности

**Биологическая потребность в кислороде (БПК<sub>n</sub>)** - это количество кислорода, необходимое для окисления примесей в 1 литре сточной воды, когда окисление происходит биологическим путем, за счет деятельности микроорганизмов.

# Влияние плотин и водохранилищ:



- улучшение водообеспеченности населения в засушливое время года,
- снижение риска наводнений,
- регулируется запас воды для орошения,
- гидроэлектростанции,
- место отдыха.



# Влияние плотин и водохранилищ:

« — »

- дорого,
- затопление земель (уменьшение плодород с/з), деревни, города, ушедшие под воду,
- переселение людей,
- подъем грунтовых вод ведет к заболачиванию земель,
- увеличение вероятности землетресений,
- препятствие миграции рыб, уничтожение нерестилищ,
- задержка ила.

# **Возможности сохранения и вторичного использования воды**

Сельское хозяйство (большое испарение).

Совершенствование систем:

- дождевальные системы (в 5-6 раз меньше воды);
- капельное орошение (Израиль). С 1950г. Израиль уменьшил потери воды при орошении на 84% увеличив площадь орошаемых земель на 44%;
- выращивание новых гибридных сортов, требующих меньше влаги;
- гидроизоляция дна и стенок каналов;
- удобрения с отдачей влаги.

# **Возможности сохранения и вторичного использования воды**

## **Промышленность:**

- внедрение новых технологий, требующих меньше воды;
- введение замкнутой системы водопользования.

# Водоснабжение города Москвы

Источники водоснабжения:

- Москва-река и Волга ,
- 13 водохранилищ,
- 4 гидротехнических узла ,
- 4 станции водоподготовки: Рублевская, Восточная, Северная, Западная суммарной мощностью 6,7 млн. куб. м воды в сутки,
- 18 насосных станций и регулирующих узлов,
- более 10 тыс. км сетей .

# Водоснабжение города

Качество питьевой воды контролируется по 180 показателям и соответствует российским нормативам.

Количество обслуживаемого населения 12-13 млн. жителей Москвы и Московской области.

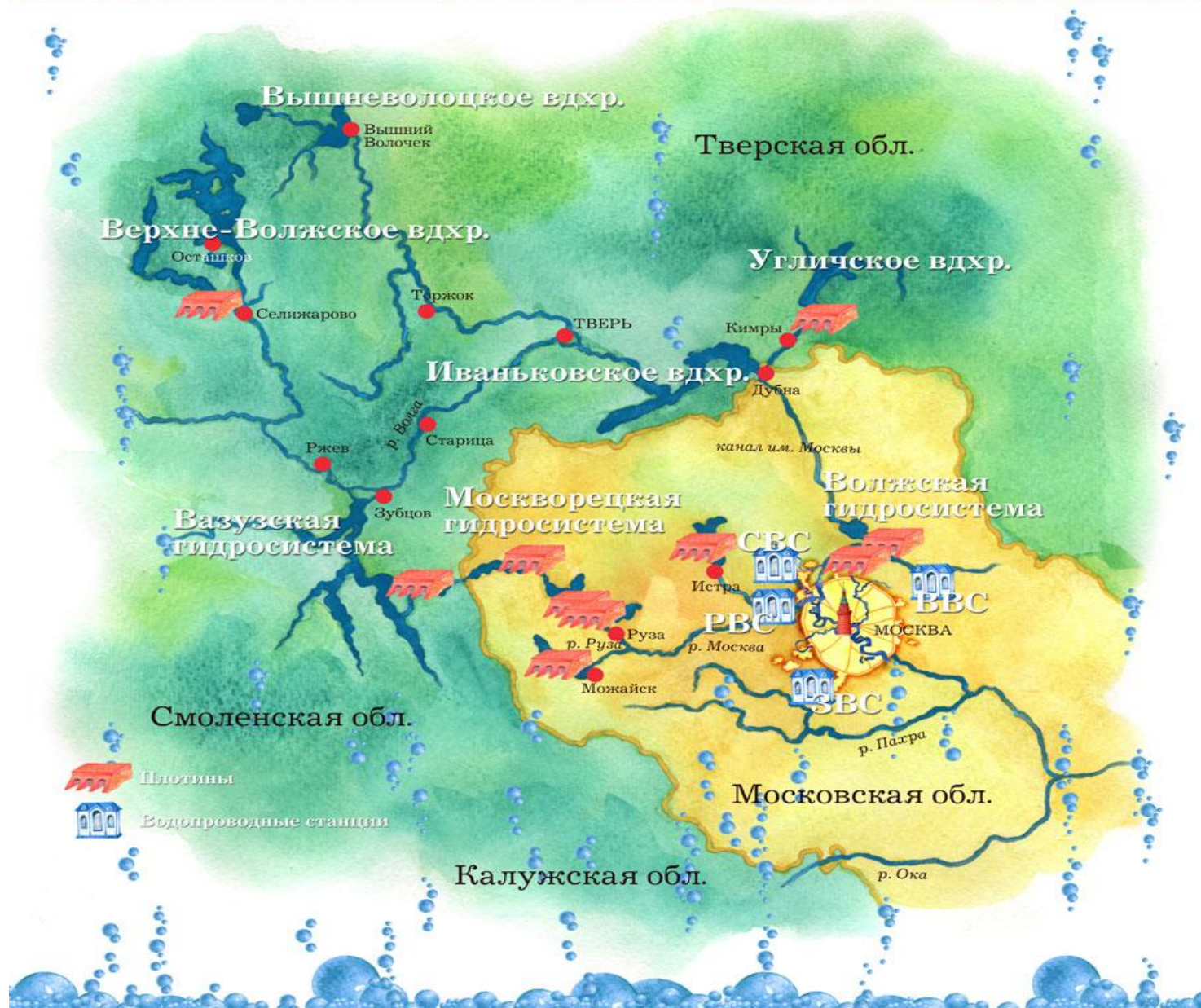
# Москва

использует три независимых источника водоснабжения:

- Волжский (71%) ,
- Москворецкий (26%),
- подземные воды (3%) .

Практически полностью снабжается водой из поверхностных источников, расположенных на территории Московской, Смоленской и Тверской областей.

# Источники водоснабжения Москвы



За сутки используется в Москве 6,2 млн. м<sup>3</sup> , в т.ч.:

- 1,3 млн. м<sup>3</sup> - промышленность,
- 60 тыс. м<sup>3</sup> – утечки.

Потребление воды по странам и городам (л/день на человека):

- Германия 125,
- США 400,
- Москва 400,
- Санкт-Петербург 300,
- Лондон 170,
- Париж 160,
- Брюссель 85.



# Основные методы переработки (очистки) сточных вод

## Классификация методов:

- ✓ методы, основанные на выделении примесей без изменения последних, например отстаивание или фильтрация - физические или механические методы;
- ✓ методы, основанные на превращении примесей в другие формы или состояния, физико-химические:
  - коагуляция;
  - флотация;
  - кристаллизация;
  - образование малорастворимых соединений;
  - окисление или восстановление;
  - мембранные процессы;
  - ионный обмен;
  - экстракция и т.д.
- ✓ биохимические методы (аэробные и анаэробные).

# Очистка от органических веществ

## Аэробный процесс

Для жизнедеятельности живых организмов необходимо поддерживать соответствующие условия:

- температура процесса 20-30 °С;
- рН среды 6,5-7,5;
- соотношение биогенных элементов  $BPK_{II} : N : P$  не более 100:5:1;
- кислородный режим - не ниже 2 мгО<sub>2</sub>/л;
- содержание токсичных веществ не выше:
  - ✓ тетраэтилсвинца - 0,001 мг/л,
  - ✓ соединений бериллия, титана, шестивалентного хрома и оксида углерода - 0,01 мг/л,
  - ✓ соединений висмута, ванадия, кадмия и никеля - 0,1 мг/л,
  - ✓ сульфата меди - 0,2 мг/л,
  - ✓ цианистого калия - 2 мг/л и т.д.

# Анаэробный процесс

В этом случае происходит биологическое окисление органических веществ в отсутствие свободного кислорода за счёт химически связанного в таких соединениях, как  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Основные технологические параметры процесса:

- температура в мезофильных условиях 25-37 °С, термофильных - 50-60 °С;
- рН от 6,7 до 7,4 (повышение рН вызывает снижение скорости процесса брожения, а при рН выше 8 оно прекращается);
- концентрация органических веществ (по БПК) обычно выше 5000 мгО<sub>2</sub>/л, однако при высокой концентрации микроорганизмов (1-3%) анаэробный процесс протекает и при более низком содержании органических веществ - вплоть до 1000 мгО<sub>2</sub>/л;
- микробы чувствительны к наличию некоторых соединений, особенно пероксидов и хлор- и серосодержащих производных, поэтому в ряде случаев их приходится предварительно удалять.

# Очистка от неорганических веществ

## Методы очистки:

1. **Дистилляция.**

2. **Мембранные (электродиализ и обратный осмос).**

✓ Электродиализ основан на направленном переносе ионов диссоциированных солей в поле постоянного тока через селективные мембраны из натуральных или синтетических материалов

✓ Обратный осмос. Процесс разделения водных растворов путем их фильтрации через полупроницаемые мембраны под действием давления, много выше осмотического.

3. **Ионный обмен.** Ионный обмен до сих пор остается основным методом приготовления глубокообессоленной воды для АЭС и ТЭС с паровыми котлами высокого, сверхвысокого и критического давления, а также для получения ультрачистой и обессоленной воды для химической, электронной и некоторые других отраслей промышленности.