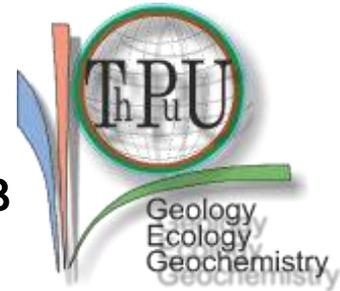




Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
Инженерная школа природных ресурсов



## ***Экология горно-добычного и перерабатывающего комплексов***

### ***Лекция № 7***

***Воздействие горного производства на водный  
бассейн. Охрана водного бассейна в  
горнодобывающей промышленности***

# Состав гидросферы Земли

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 80% всех инфекционных болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения



На поверхности планеты, равной 510 млн км<sup>2</sup>, вода занимает 70,8%

## Водные ресурсы (ресурсы гидросферы)

**Гидросфера** – водная оболочка Земли, т. е. вся вода нашей планеты в твердом, жидком и газообразном состояниях.

Благодаря лучистой энергии Солнца и силе тяжести все воды на Земле тесно взаимосвязаны и образуют единый *круговорот воды в природе*.

Общий объем вод гидросферы составляет 1,4 млрд км<sup>3</sup>, в том числе:

Мировой океан (морья и океаны)

- около 96,5% вод гидросферы
- 361 млн км<sup>2</sup> площади земного шара (71%)
- объем воды – 1338000000 км<sup>3</sup>
- средняя глубина – 3700 м, максимальная глубина – 11022 м (Марианский желоб)
- океаны: Тихий, Атлантический, Индийский, Сев. Ледовитый (некоторые ученые выделяют пятый – Южный океан)

ледники и постоянные снега – около 1,74% вод гидросферы

подземные воды – около 1,72%

озера – около 0,013%

почвенная влага – около 0,001%

болота – около 0,0008%

водохранилища – около 0,0004%

реки – около 0,0002%

вода в атмосфере – 0,001%

Общие запасы воды – 1389,5 млн км<sup>3</sup>

Общие запасы пресных вод – 35,8 млн км<sup>3</sup> (2,57% вод гидросферы)

68.7%- воды ледников

30.1%-пресные подземные воды

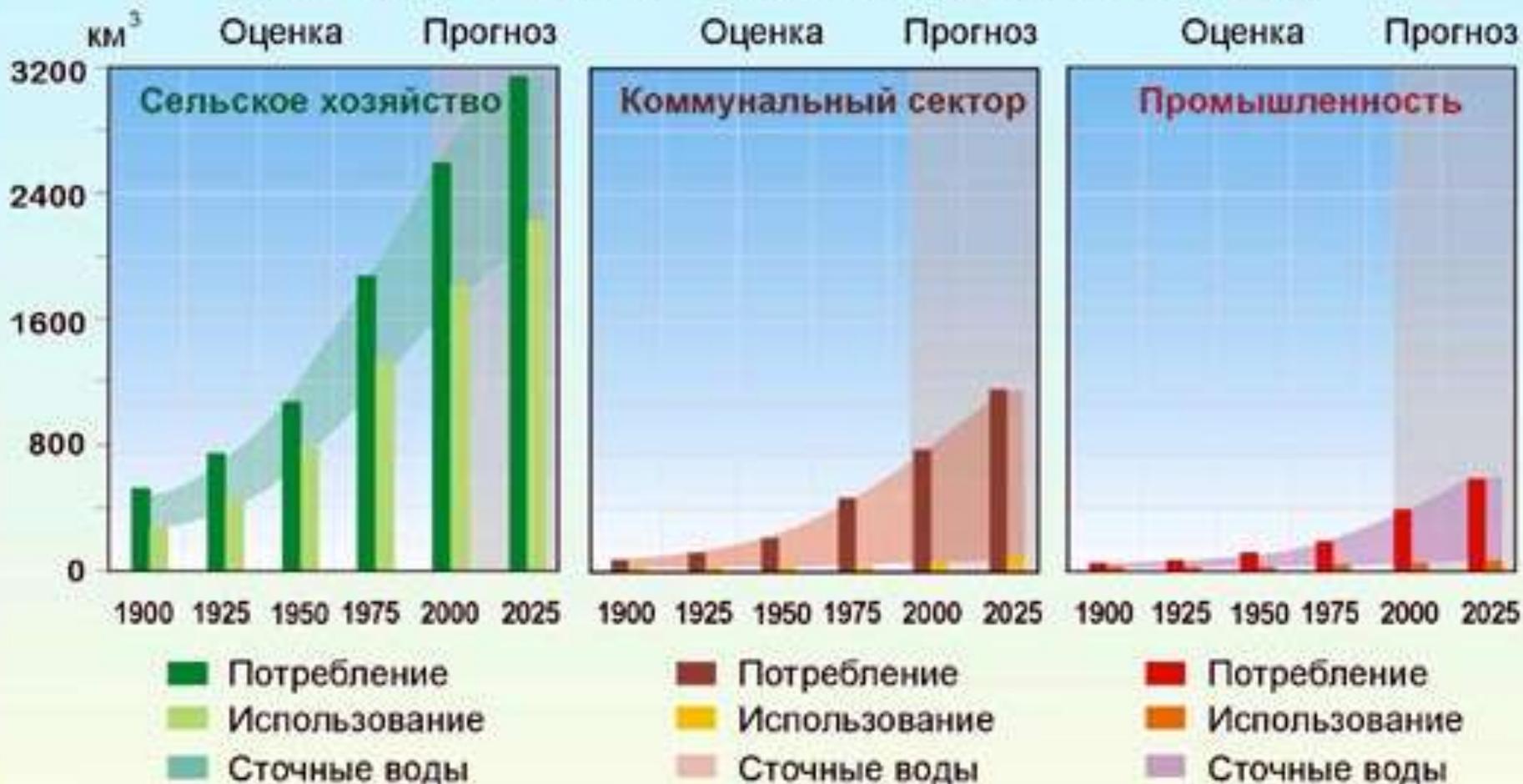
0.006%-речная вода

## Распределение суши и воды на земном шаре

Поверхность земного шара	Северное полушарие		Южное полушарие		Земля в целом	
	в млн км <sup>2</sup>	в %	в млн км <sup>2</sup>	в %	в млн км <sup>2</sup>	в %
Суша	100	39	49	19	149	29
Вода	155	61	206	81	361	71
Всего	255	100	255	100	510	100

# Мировое потребление воды

## Глобальное использование воды по секторам

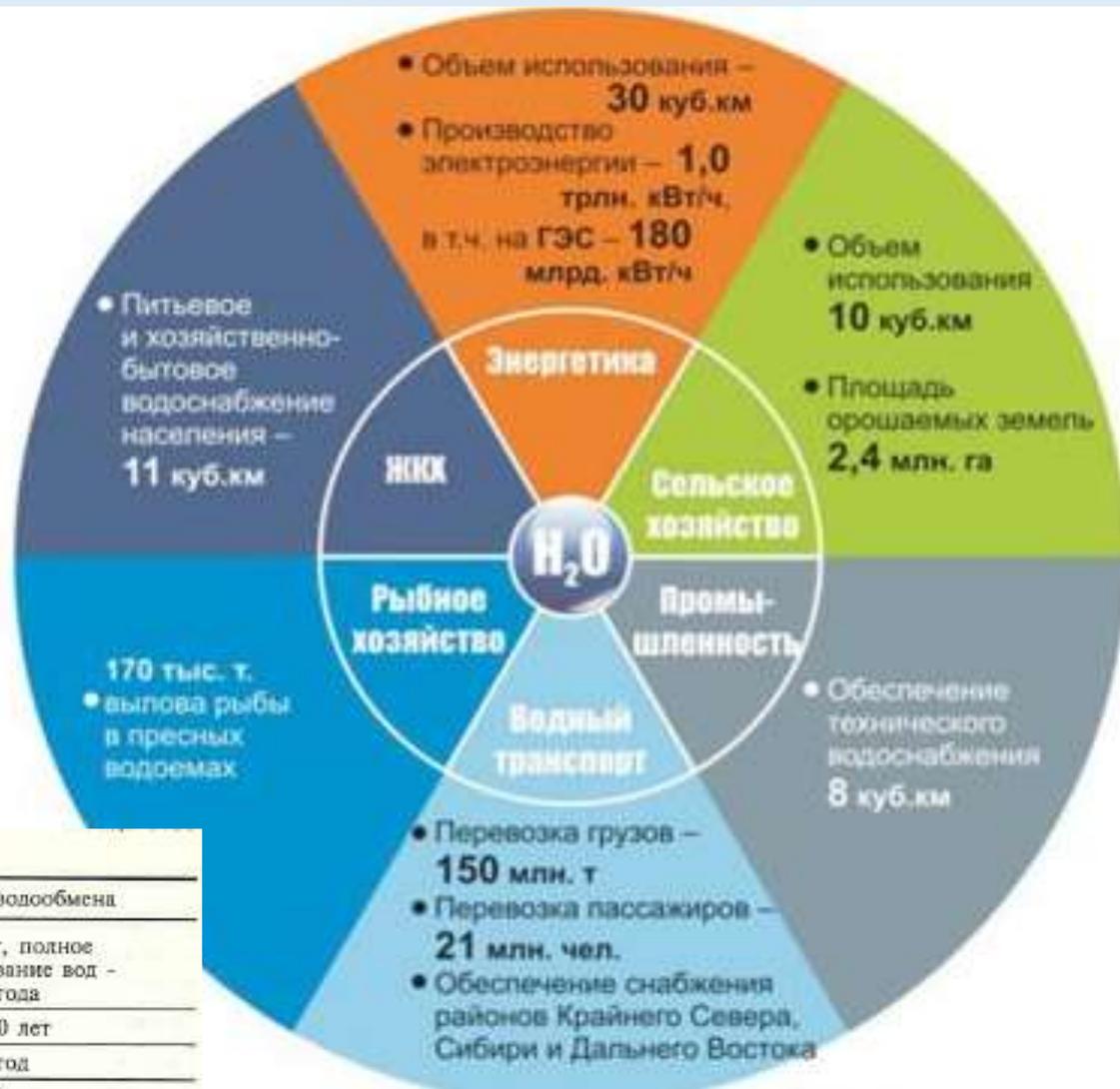


Источник: Vital Water Graphics. UNEP, Nairobi (2002)

Дизайн: ЮНЕП/ГРИД-Арендал, Ф. Рекашевич

# Потребление воды в России

Объем использования воды  
- **62,5 км<sup>3</sup>**



Скорость водообмена

Объекты	Скорость водообмена
Мировой океан	2500 лет, полное перемешивание вод - 63 года
Подземные воды	1400 лет
Почвенная влага	1 год
Полярные ледники и постоянный снежный покров	9700 лет
Ледники горных районов	1600 лет
Подземные льды многолетней мерзлоты	10000 лет
Воды озёр	17 лет
Воды болот	5 лет
Воды в руслах рек	16 дней
Влага в атмосфере	8 дней
Вода в организмах	несколько часов

# Подземные воды

## Воды зоны аэрации

Почвенные  
воды

Верховодка

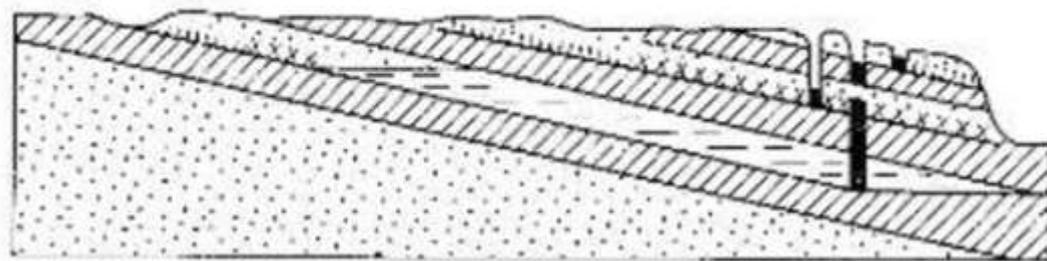
## Воды зоны насыщения

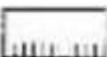
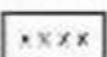
Грунтовые  
воды

Межпластовые  
воды

- **Подземные воды** – это воды, находящиеся в горных породах в жидком, твердом и газообразном состоянии.
- **Почвенные воды** заключены в почве и не имеют водоупора.
- **Верховодка** образуется на линзе водоупорных пород, залегает неглубоко, существует временно. В условиях континентального климата умеренного пояса она появляется весной после снеготаяния. иногда осенью.<sup>15</sup>

- **Грунтовые воды** – воды первого от поверхности постоянного водоносного горизонта, на первом водоупорном слое.
- В водоносных слоях грунтовые воды передвигаются от мест с более высоким уровнем к местам с более низким уровнем.



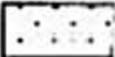
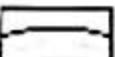
-  – водопроницаемая порода
-  – водоупорная порода
-  – грунтовые воды
-  – межпластовые безнапорные воды
-  – межпластовые напорные воды

- Скорость движения грунтовых вод вычисляется по **формуле Дарси:**

$$v = k \cdot i$$

- $v$  – скорость движения (см/с или м/сутки),
- $k$  – коэффициент фильтрации водоносной породы,
- $i$  – уклон подземного потока.



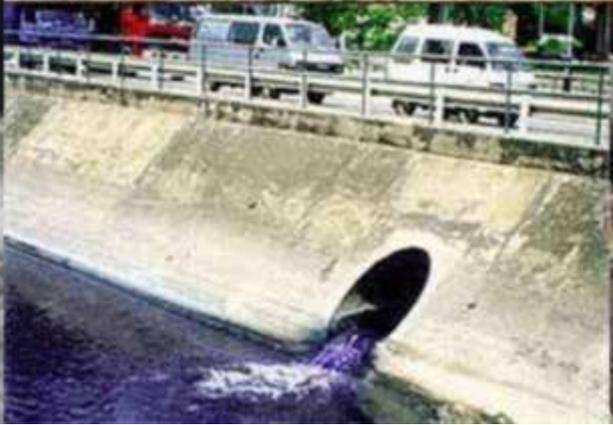
-  — песок
-  — суглинок
-  — минимальный уровень грунтовых вод
-  — максимальный уровень грунтовых вод

**Рис. 3. Схема залегания и движения грунтовых вод в междуречном массиве**

- **Межпластовые воды** – это воды, заключенные между двумя водоупорными пластами.
- Они залегают глубже и поэтому **чище**, чем грунтовые.



- **Ненапорные воды** не полностью насыщают водоносный пласт, имеют свободную поверхность и стекают как грунтовые по уклону ложа.
- **Напорные воды** залегают в вогнутых тектонических структурах, насыщают весь водоносный слой и обладают гидростатическим напором. Вскрытые скважинами, они могут изливаться на поверхность или даже фонтанировать. Такие воды называют **артезианскими**.

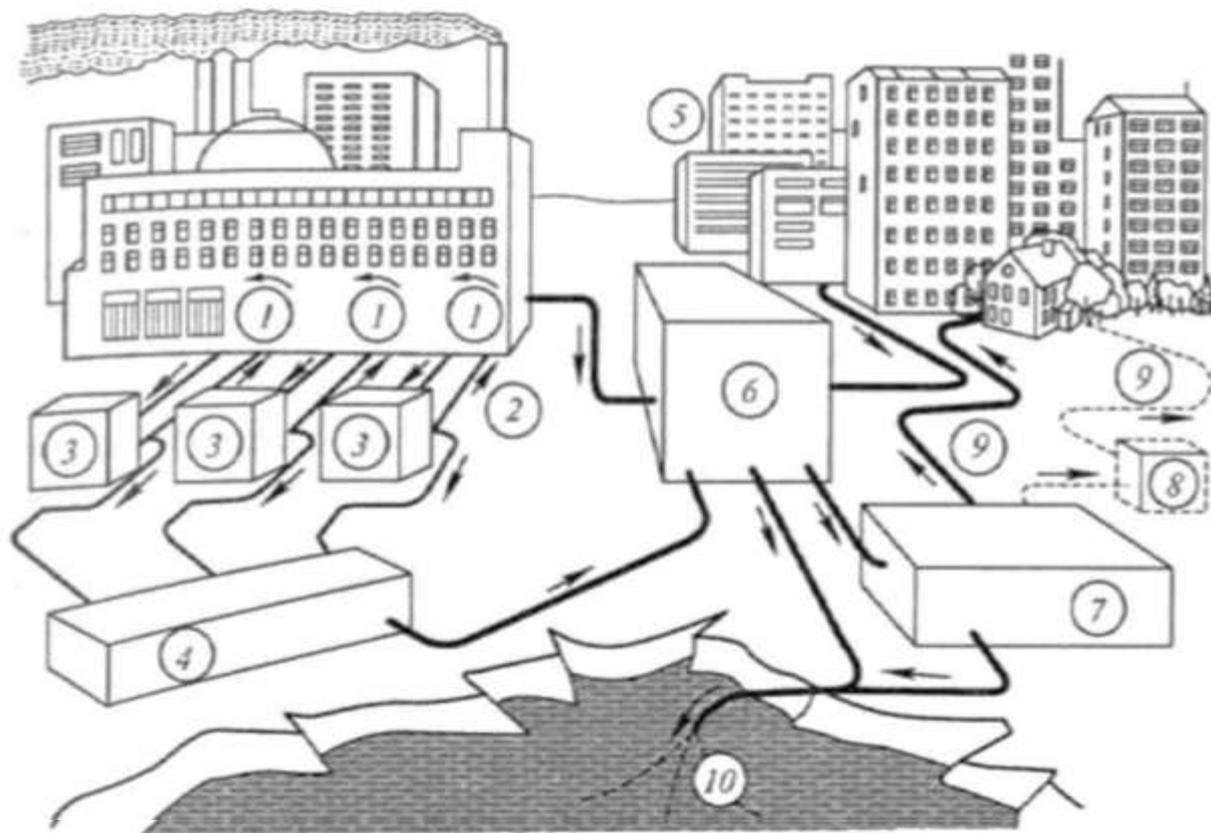


# Категории водопользования



*Предельно допустимые концентрации веществ для различных категорий водопользования различны. \* санитарные ограничения регламентируют возможности купания при наличии одних веществ, а санитарно-гигиенические нормативы лимитируют использование воды для питья и приготовления пищи при наличии в ней других веществ.*

**Состояние воды оценивается тремя группами показателей: санитарно-токсикологическими, общесанитарными и органолептическими.**



*Рис. 5. Схемы промышленного и городского водоснабжения*

*1 – цех-ю; 2 – внутрицеховое оборотное водоснабжение; 3 – локальное (цеховое) очистное сооружение, включая утилизацию вторичных отходов; 4 – общезаводские очистные сооружения; 5 – город; 6 – городские сооружения по очистке сточных вод; 7 – третичные очистные сооружения, включающие доочистку предварительно очищенных сточных вод; 8 – закачка очищенных сточных вод в подземные источники; 9 – подача очищенных вод в городскую систему водоснабжения; 10 – рассеивающий выпуск очищенных сточных вод в водоем*

# Экологическое состояние речных вод

## Природные факторы



- Изменчивость стока воды и наносов
- Ледовой и русловой режим
- Объем и состав атмосферных осадков
- Активность солнечной радиации

## Антропогенные факторы



- Регулирование речного стока плотинами и гидроэлектростанциями
- Тепловое воздействие
- Работы по улучшению условий судоходства
- Карьерные разработки и береговое гидротехническое строительство
- Загрязнение химическими соединениями при сбросах и выбросах, смыве с поверхности суши и выпадении из атмосферы

Загрязняющие примеси	Вольфрамово-молибденовые	Медные и сурьмяно-ртутные	Полиметаллические	Никель-кобальтовые
Сухой остаток	2000–13000	2600–3800	460–5400	360–2000
Ионы кальция	160–200	160–950	16–230	10–140
Ионы магния	–	26–60	5–30	8–40
Ионы хлоридов	140–740	200–4500	5–170	10–300
Ионы сульфатов	250–5900	400–4500	40–1500	20–400
Ионы сульфидов	0–1000	0–5	–	–
Ионы меди	0–50	0–0,2	0,3–10	0,02–1,8
Ионы свинца	0,4–17	–	0,2–0,8	–
Ионы цинка	0,3–1	0,09–10	0,3–1800	–
Ионы шкеля	–	–	–	0,02–0,13
Ионы железа	0,3–1,4	0,2–0,3	–	0,07–13
Цианиды и роданиды	0–0,8	–	0–30	0–21
Ксантагенаты	0–0,04	0,5–24	–	–
Мышьяк	0,1–6	0–0,05	0–0,1	–
Фенолы	0,1–7	0–7	–	–
Нефтепродукты	0–33	0,03–5	0–9	–
Сурьма	0,1–25	–	–	–
Молибден	0–740	–	–	–

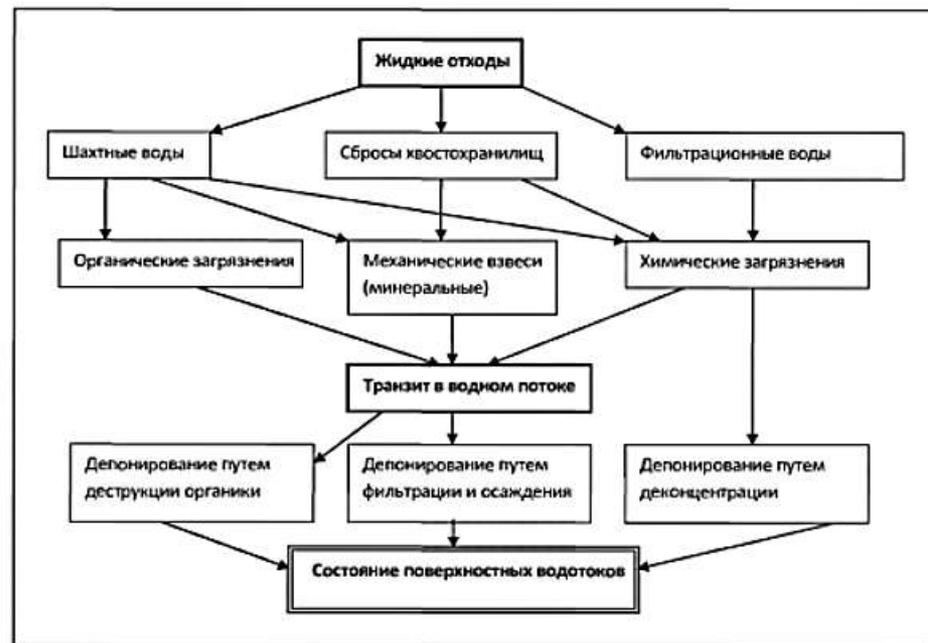


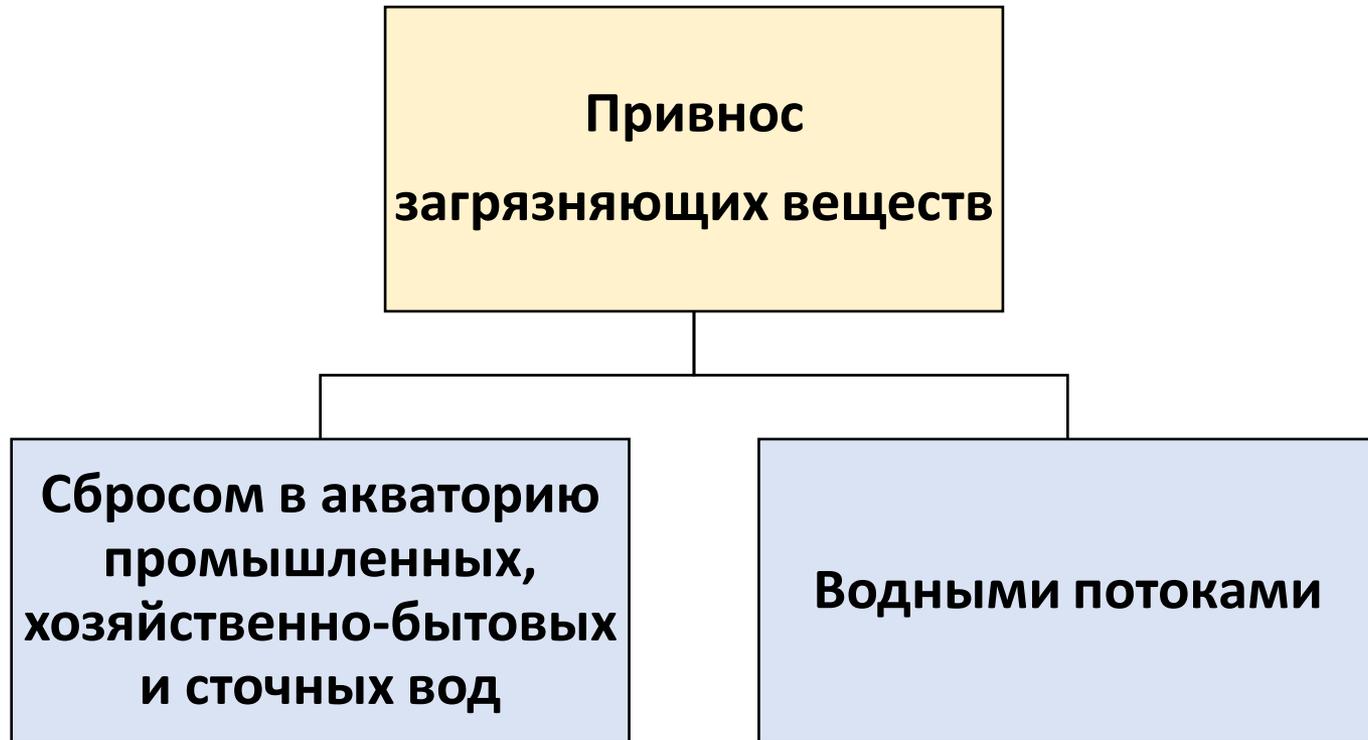
Рис. 4.4.6. Принципиальная схема движения техногенных загрязнений в поверхностных водотоках

**При строительстве и эксплуатации объектов ГДП существенные осложнения возникают из-за наличия подземных и по верх. вод:**

- происходят деформации горных выработок
- снижается производительность оборудования,
- усложняется производство буровзрывных работ.

Загрязненность стоков обогатительных фабрик

# *Антропогенное загрязнение водохранилищ*



# **Экологические проблемы подземной гидросферы**

*связаны с антропогенной деятельностью:*

- с загрязнением выпадающими атмосферными осадками;
- с техногенным и микробиологическим загрязнением на урбанизированных и селитебных территориях, агроландшафтах;
- при разведочных работах и добыче нефти и газа, бурого и каменного угля;
- складировании отходов горнодобывающих предприятий;
- закачкой жидких радиоактивных отходов в подземные горизонты и др.

# Использование водных ресурсов

## Использование водных ресурсов

```
graph TD; A[Использование водных ресурсов] --> B[водопотребление]; A --> C[водопользование];
```

### водопотребление

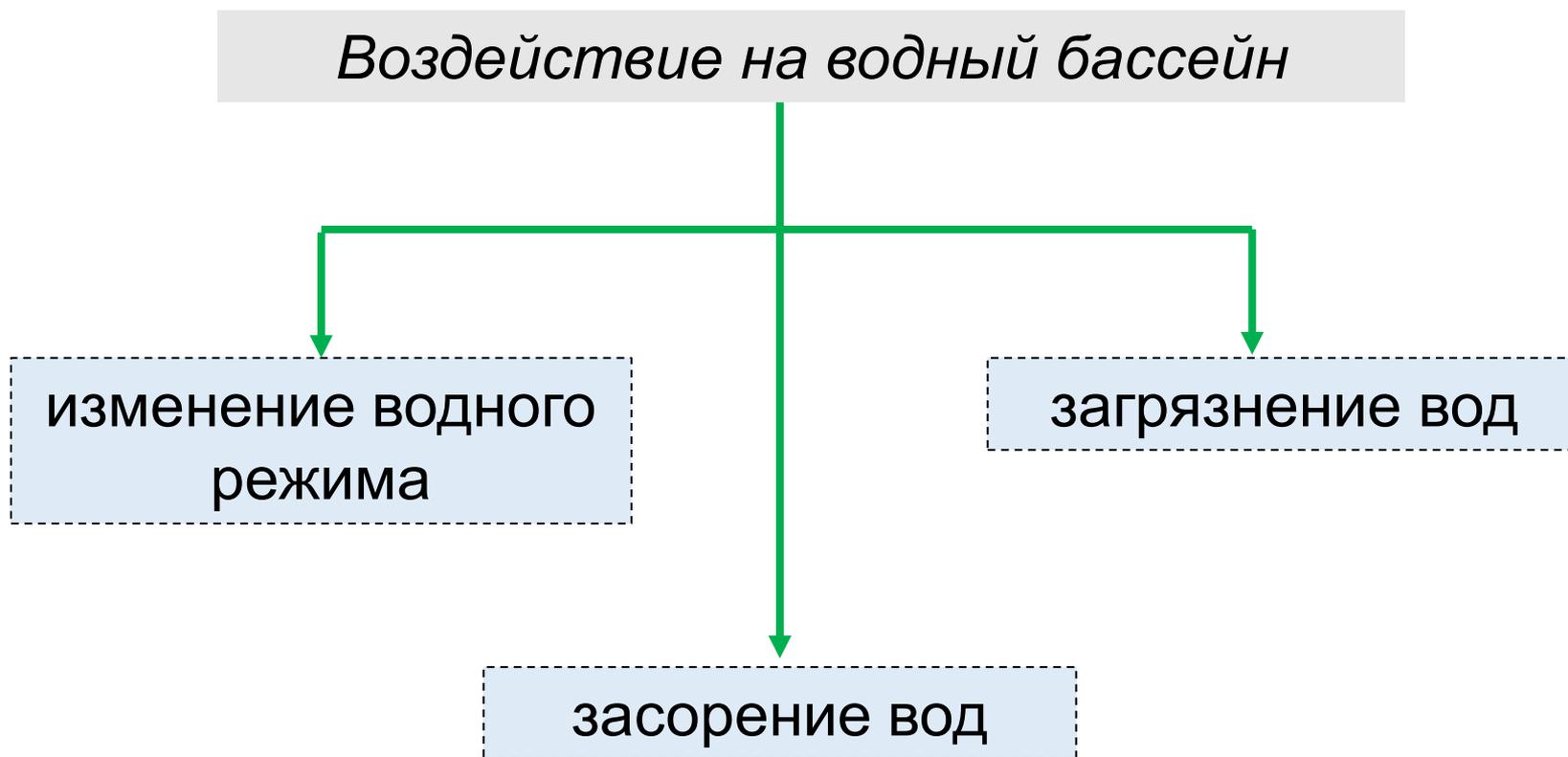
- Связано с изъятием воды из водоемов, водотоков, подземных водоносных пластов
- Часть воды после прохождения очистки возвращается в гидрографическую сеть или водоносные горизонты
- Часть воды безвозвратно теряется из-за использования в сельскохозяйственной / промышленной продукции, при испарении, инфильтрации

### водопользование

- Вода является средством производства и не изымается из источников
- Отрасли водопользования: гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, водный туризм и др.

Для нормальной жизнедеятельности *каждому человеку* необходимо, примерно, 2,5 литра воды в сутки ( за 70 лет – почти 65т). С учётом всех видов потребления каждый человек расходует в год почти 2500 – 3000 куб.м воды.

# ***Воздействие горнодобывающей промышленности на водный бассейн***



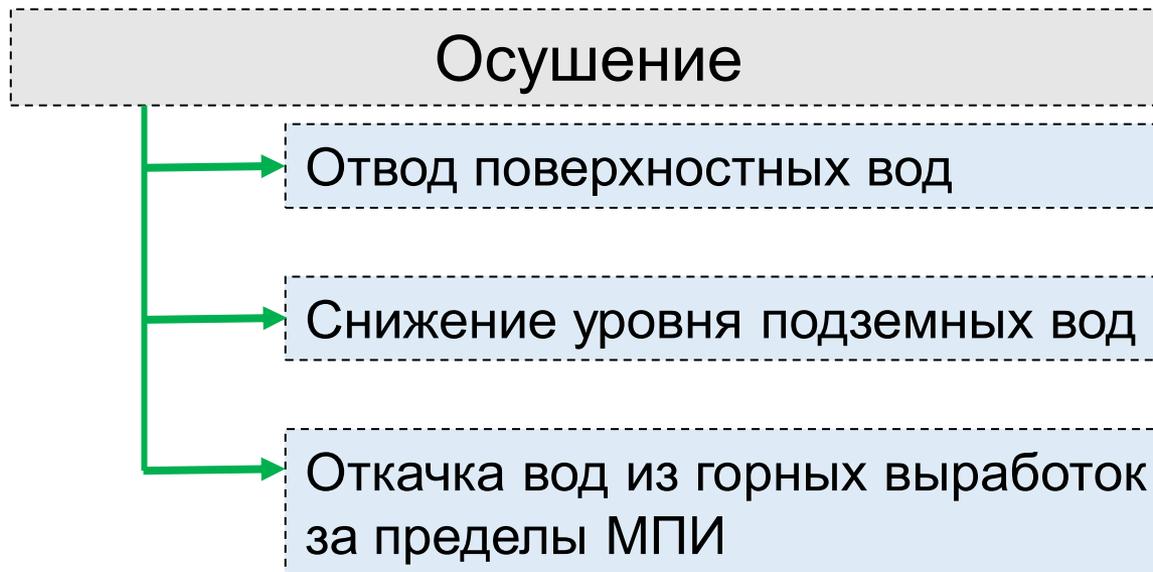
# Изменение водного режима

Осушение месторождений



Изменение водного режима

**Осушение** (в горном деле) – совокупность технических мероприятий, снижающих обводненность месторождений полезных ископаемых и регулирующих режим притоков воды в горные выработки.



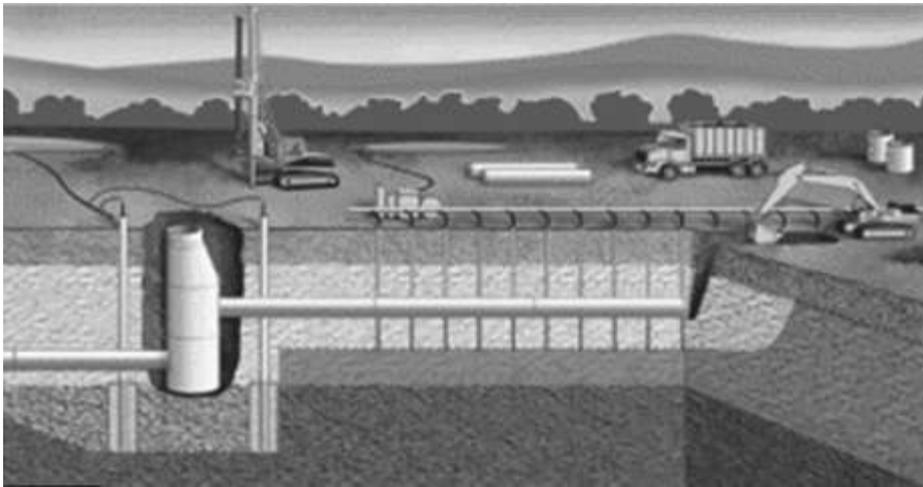
Осушение месторождений



Понижение уровня воды

## Способы водопонижения

- **с поверхности** - сооружение дренажных устройств (скважин, канав и т.д.) непосредственно на земной поверхности;
- **подземный** - средства водопонижения располагают в горных выработках;
- **комбинированный** - сочетание способа водопонижения с поверхности и подземного.



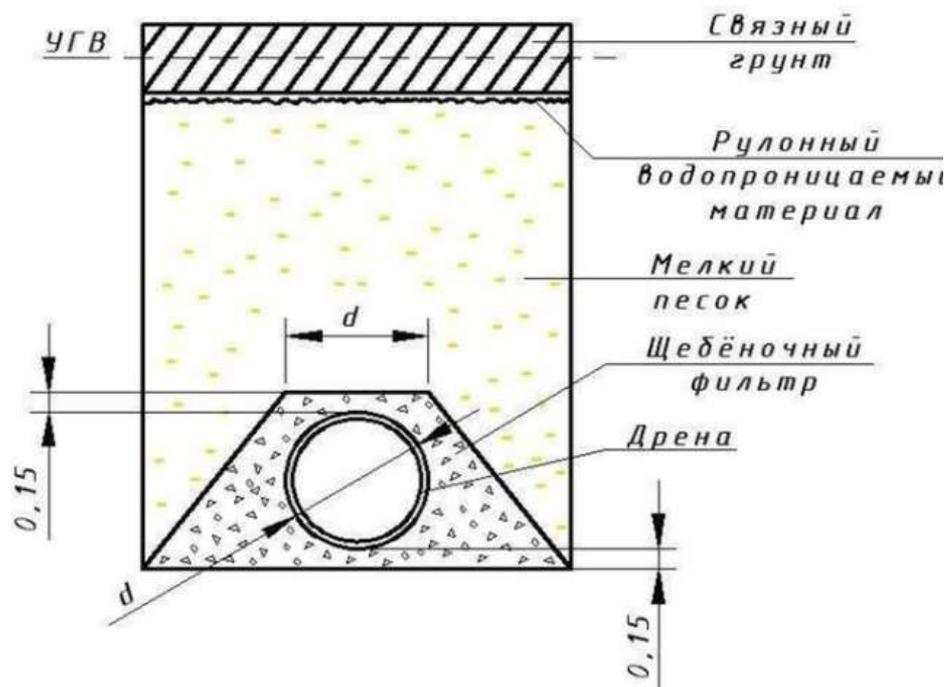
Искусственное понижение уровня грунтовых вод с помощью водопонижительных скважин

# Устройство дренажей поверхностного водоотвода

Устройство дренажей



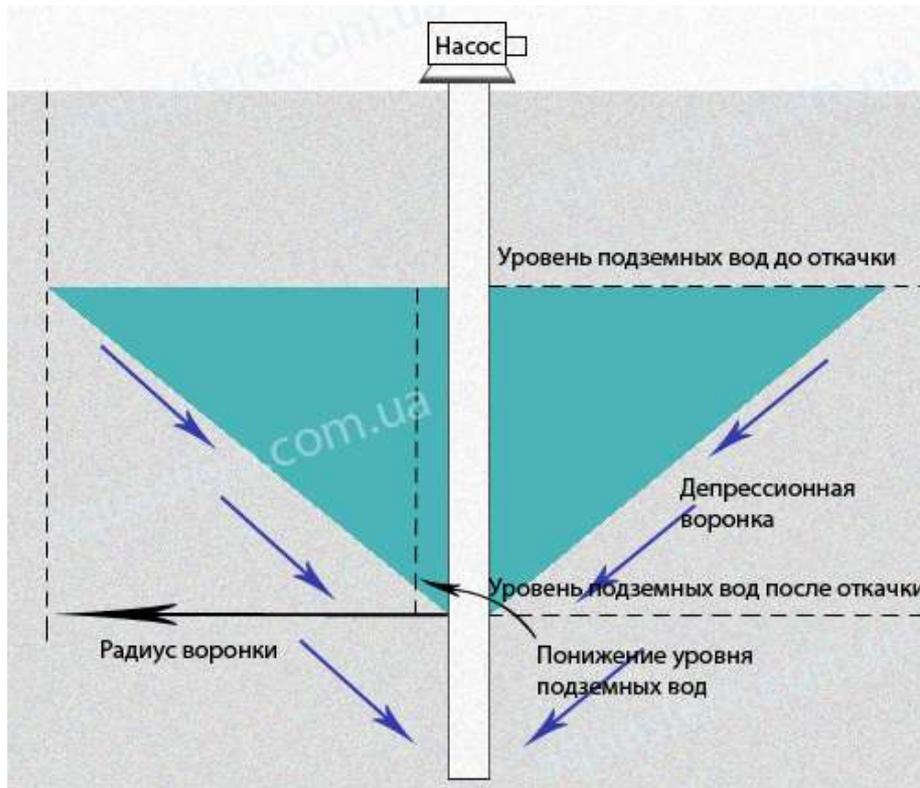
## Типовая конструкция продольного дренажа



Поверхностный водоотвод



# Депрессионная воронка



## Депрессионная воронка -

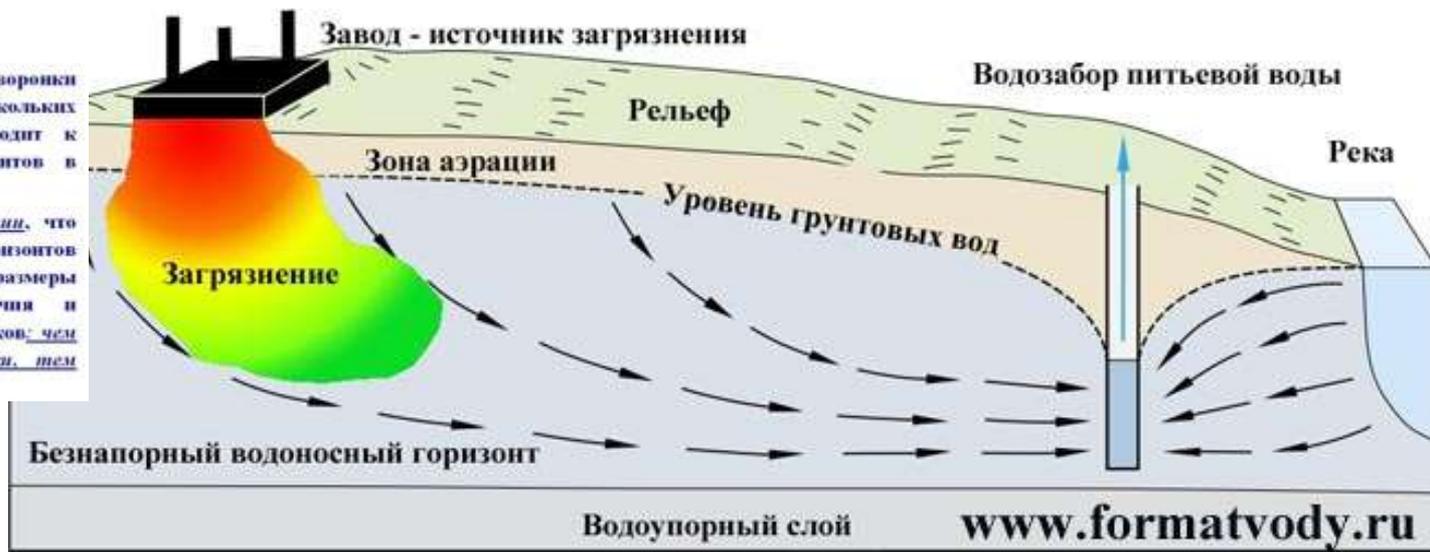
концентрическое понижение уровня подземных вод при отборе воды из горной выработки (колодец, скважина, карьер и т.д.).

По мере удаления от выработки величина снижения уровня уменьшается и стремится к нулю. Наибольшее понижение уровня создаётся непосредственно у выработки.

Размеры ее зависят как от геологических и гидрогеологических условий района месторождения, так и от продолжительности его разработки.

На некоторых месторождениях в пределах воронки депрессии создается гидравлическая связь нескольких напорных водоносных горизонтов, что приводит к переливу вод из вышерасположенных горизонтов в нижние.

Это способствует активизации инфильтрации, что приводит к подпитке подземных водоносных горизонтов поверхностными водами. Поэтому размеры депрессионной воронки зависят от наличия и расположения поверхностных водоемов и водотоков: чем ближе поверхностные воды к зоне разработки, тем меньше радиус депрессионной воронки.



# Качество воды

- это характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

## Показатели качества воды:

1. **Органолептические** – определяются с помощью органов чувств человека (запах, вкус, цветность, мутность).

2. **Физические** – температура, вязкость, плотность, концентрация, электрическая проводимость и т.д.

3. **Бактериологические** показатели:

коли-индекс – количество кишечных палочек в 1 л воды;

колититр – количество миллилитров воды, в которых обнаружена 1 кишечная палочка.

4. **Химические** – активная реакция (рН), окисляемость, растворимость газов, сухой остаток, жесткость, концентрация химических веществ, и др.

Сюда же можно отнести:

химическое потребление кислорода (ХПК), мг/л -

количество кислорода, необходимое для химического окисления содержащихся в воде органических веществ;

биологическую потребность в кислороде (БПК), мг/л - количество кислорода, необходимое для биологического разложения органики за определенный отрезок времени (1, 2, 5, 20 суток).

# Загрязнение подземных вод



Условные обозначения:

-  Города и поселки
-  Граница депрессионной воронки
-  Линии Томского водозабора

Источник: <http://news.vtomske.ru/details/59816-ne-otravit-by-kolodec>

- **Первооткрыватели**  
Н.М. Рассказов, П.А. Удодов,  
Б.В. Плотников

- **Запасы:** 300 тыс. м<sup>3</sup>/сут



## Общий ситуационный план площадки захоронения отходов

- 1 – нетехнологических РАО низкого уровня активности; 2 – технологических РАО; Bx-1 – поверхностные хранилища ЖРО и их номера. Водозаборы хозяйственно-питьевого назначения: 3 – водозабор №1 г. Северска; 4 – водозабор №2 г. Северска; 5 - Томский водозабор.

Источник: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/02/20/31086>

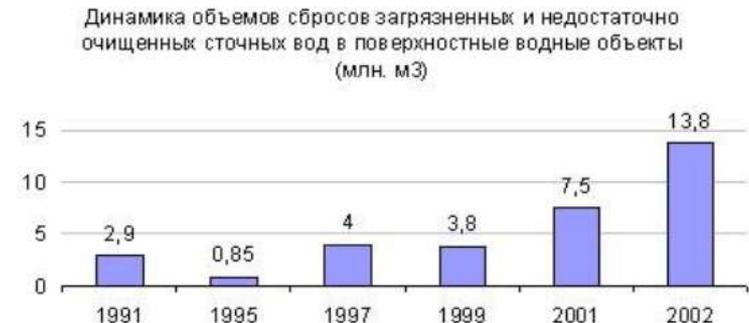
# Загрязнение вод

## По характеру основных загрязнений сточные воды делятся на:

- содержащие минеральные примеси (металлургия, машиностроение, производство минеральных удобрений и т.д.);
- содержащие органические примеси (мясная, рыбная, пищевая промышленность);
- содержащие органоминеральные примеси (нефтедобывающие, нефтеперерабатывающие, и другие предприятия)

К загрязнителям, которые вносят в среду обитания человека промышленные сточные воды, добавляются вредные вещества, содержащиеся в поверхностном стоке предприятий. Он формируется за счет дождевых, талых и поливомоечных вод.

Особенно велико влияние сброса дренажных вод горных предприятия на сток малых и средних рек, который может возрасти в 1,5-3 и более раз. При этом изменяются качество и тепловой режим вод в этих водотоках.



# Засорение вод

Под засорением вод имеют в виду поступление в водоем посторонних нерастворимых в воде предметов, не изменяющих качество воды, но влияющих на качественное состояние водоемов, что затрудняет использование водных объектов



*Общий вид  
разработки  
золотоносной  
россыпи на р. Андат*

*Например:* отмечен факт значительного ускорения накопления осадков в заливе Сан-Франциско (США), после того как на берегах залива и впадающих в него рек приступили к разработке месторождения золота.

За 60 лет было размыто около 2 млрд. м<sup>3</sup> породы. Более половины ее осело в заливе и прилегающих к нему водных артериях. Это привело к значительному изменению конфигурации береговой линии и уменьшению площади залива на 11 %.

# **Прямое и косвенное воздействие горного производства на природные воды**

**К первой группе относятся виды воздействия непосредственно на водные объекты, приводящие к истощению запасов вод, изменению их режимов, состояния и качества: осушение месторождений, отбор вод для технологических процессов обогащения, гидровскрыши, гидродобычи, сброс дренажных и сточных вод в поверхностные водоемы и водотоки, подземные горизонты и пр.**

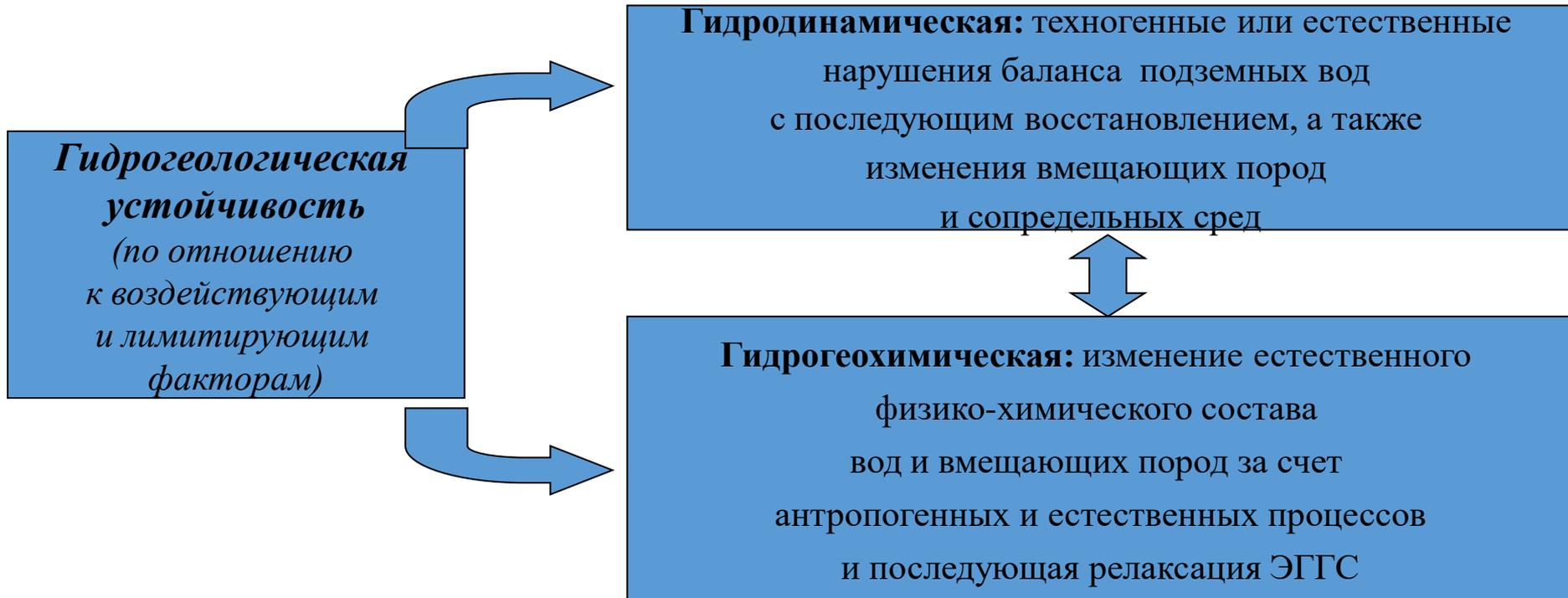
**Ко второй группе относятся виды воздействия на другие элементы окружающей среды (землю, воздух, растительность), в результате которых ухудшаются состояние и качество природных вод.**

## Виды реакций ГГС (гидрогеологических систем) на техногенные воздействия

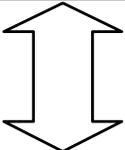


*Устойчивость* - способность природной системы активно сохранять свою структуру и характер функционирования в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды (ГОСТ 17.8.1.01-86).

## Гидрогеологическая устойчивость



# Виды воздействий на подземную гидросферу



**ПРОЦЕССЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ:  
(НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ)**

