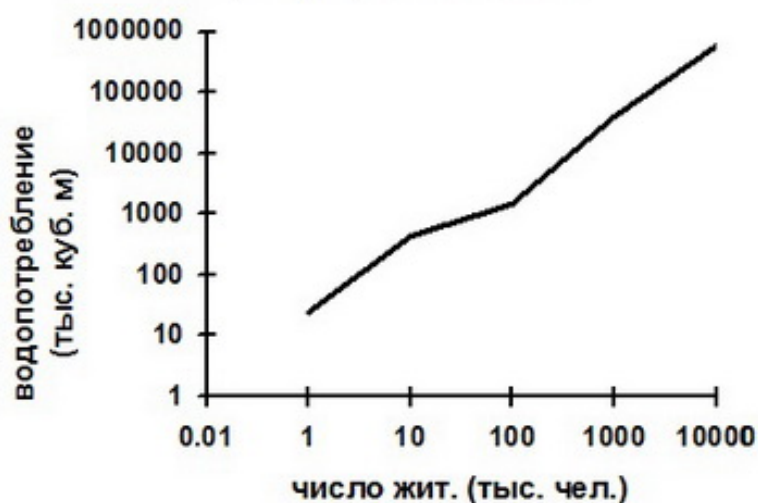


## Глобальная проблема нехватки пресной воды

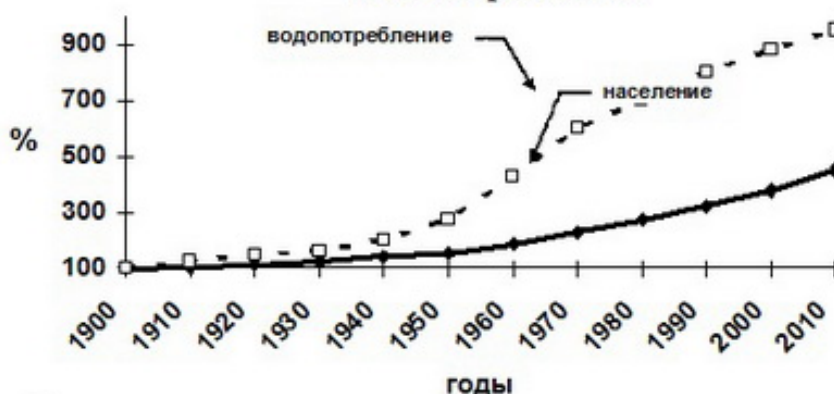
В XX в. население земного шара выросло в три раза. За это же период потребление пресной воды увеличилось в семь раз, в том числе на коммунально-питьевые нужды - в 13 раз. При таком росте потребления стало резко не хватать водных ресурсов в целом ряде регионов мира. По данным Всемирной организации здравоохранения более двух миллиардов человек в мире страдают сегодня от нехватки питьевой воды. В ближайшие 20 лет, учитывая современные тенденции роста населения и мирового хозяйства, следует ожидать увеличения потребности в пресной воде не менее чем на  $100 \text{ км}^3$  в год.

**Зависимость водопотребления от концентрации населения**



в)

**Темпы роста населения и водопотребления**



г)

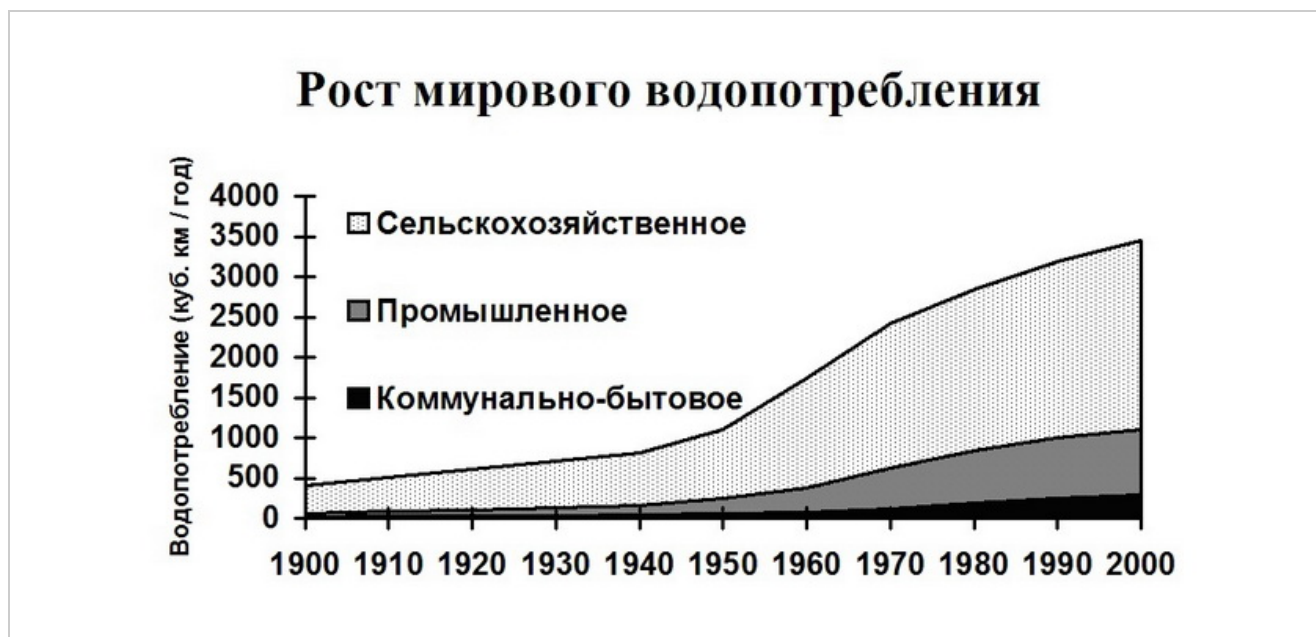
*Вода, наряду с энергией и продовольствием, стала одной из основных глобальных проблем человечества.*

Проблема дефицита пресной воды становится все актуальней для многих регионов мира. Её обострение связывают с ростом населения, климатическими изменениями и рядом других причин. Однако для многих мест на земном шаре эта проблема не является новой и обусловлена климатическими особенностями, а именно небольшим

количеством осадков. К засушливым областям относятся те территории, где выпадает менее 400 мм осадков в год. При таких значениях невозможно ведение сельского хозяйства без дополнительных источников воды. Наиболее засушливые области (экстрааридные), где выпадает менее 100 мм осадков в год, составляют 34% земной поверхности (без учета Антарктиды). На аридные области (100-200 мм осадков в год) приходится 15% поверхности суши. Столько же занимают семиаридные области (200-400 мм осадков в год).

Территории аридных земель в основном приходятся на развивающиеся страны, в которых нормы потребления воды отличаются от индустриальных стран. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в развивающихся странах лишь 25% сельского населения имеют приемлемый доступ (т.е. не требующий значительного времени хождения) к источнику водоснабжения. Территории 36 государств мира включают засушливые области, а территории 11 стран представляют собой на 100% засушливые области (Египет, Саудовская Аравия, Йемен, Джибути и др.). В России к районам, испытывающим дефицит пресной воды, относится Калмыкия, из стран ближнего зарубежья – Крым, Казахстан, Туркмения, Узбекистан.

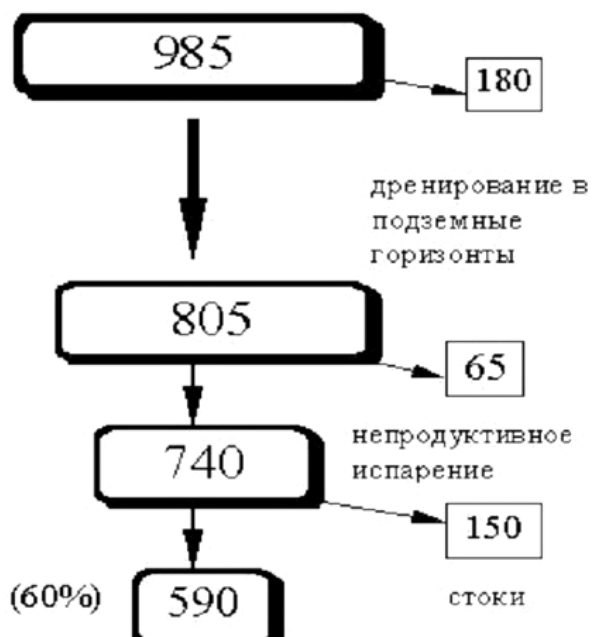
Основное количество пресной воды потребляется сельским хозяйством, расход на которое почти в два с половиной раза превышает промышленное и коммунальное использование воды. В промышленности использование воды в три раза превосходит ее расход в коммунальном хозяйстве. Начиная с середины XX в. рост водопотребления в мире резко увеличился, практически в 4 раза. В основном связано это было с расширением площади орошаемых земель.



Увеличились и нормы орошения, потому, что доставлять воду к новоосвоенным землям приходится, строя дополнительные ирригационные ответвления от основного канала, а значит - увеличивать расстояние от источника. Это приводит к увеличению потерь воды. В последние годы используется в среднем только 60% от того количества воды, которое изымается для целей орошения.

## Нормы орошения в мире

в мм (1 мм=10 куб. м/га)



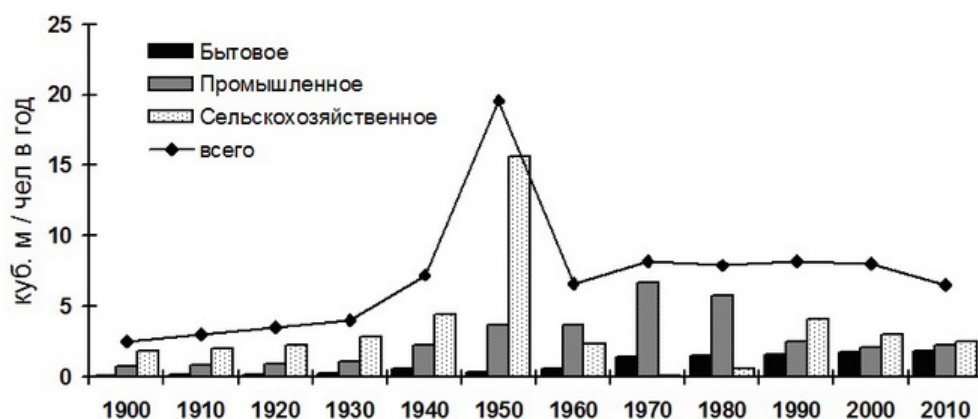
В настоящее время водный голод ощущается даже в тех местах, где раньше его не было. На 70% всех обрабатываемых земель царит засуха. При этом в нетронутых степях содержание влаги в почве в 1,5 - 3 раза больше, чем в пашне. Причина водного голодания не в недостатке пресной воды, а в нарушении цепи, связывающей воду с почвой.

Все более ощутимо на изменение режима вод суши влияет деятельность человека, в результате которой заметно увеличивается расход вод на испарение в процессе развития орошения и увеличения площади водохранилищ. Сокращение атмосферных осадков и речного стока при увеличении испаряемости внутренних областей суши привело к снижению их общей увлажненности.

С деятельностью человека связано изменение обмена подземных вод, их пополнение за счет создания искусственных водоемов и сокращения в результате интенсивного выкачивания. Ежегодно извлекается до 20 тыс. км<sup>3</sup> подземных вод. В настоящее время под воздействием антропогенной деятельности более 20 % территории континентов коренным образом преобразована (перевыпас скота, вырубка лесов и т.п.), что приводит к изменению водного режима.

Такие экологические нарушения не могли не сказаться на глобальном процессе потребления воды. Из-за снижения прироста сельскохозяйственного водопотребления произошло снижение и общего прироста мирового водопотребления.

### Прирост мирового водопотребления ( $\text{м}^3 / \text{чел. в год}$ )



Это уже привело к сложностям водоснабжения в ряде регионов Земли. Достаточно сказать, что начиная с середины 1990-х годов река Хуанхе (Китай) из-за того, что разбирается на протяжении всего своего русла на орошение, 260 дней в году не впадает в Желтое море. Аналогичные трудности с водоснабжением наблюдаются в Индии, Пакистане, в Северной Африке и других странах Средиземноморья, на Аравийском полуострове, Мексике и ряде стран Центральной, Южной и Северной Америки, в частности в США, Австралии.

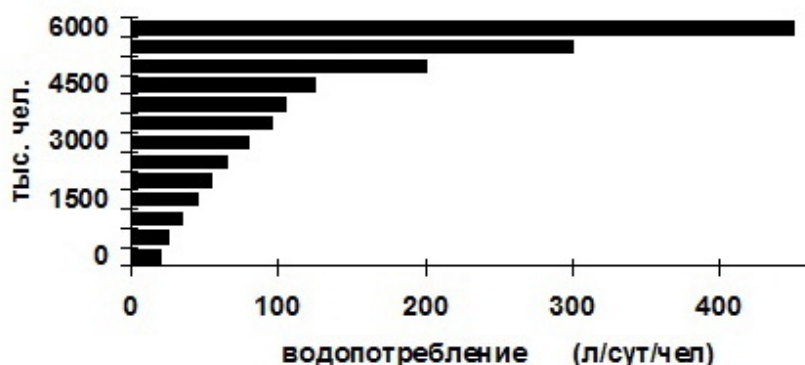
На рост водопотребления серьезно сказалось увеличение масштабов урбанизации. Суточный расход воды на личные нужды жителя современного благоустроенного города 100-400 л. В то же время во многих местах земного шара эта цифра снижается до 20-30 л. Почти миллиард человек на нашей планете не обеспечены безопасной питьевой водой, хотя ее годовое потребление постоянно растет.

### Зависимость водопотребления от числа жителей в поселениях



а)

### Распределение водопотребления по населению мира



б)

Естественными источниками водоснабжения являются поверхностные воды рек и озер. Однако во многих районах мира, и не только в развивающихся странах, объем забираемой воды уже достиг или превысил допустимую величину. Например, в юго-западной части США объем потребления воды равен среднегодовому стоку рек.

Другим естественным источником водоснабжения в аридных областях являются подземные воды. Крупные запасы подземных вод имеются в Саудовской Аравии в восточной части пустыни Эль-Хаса, где скважины дают 200-700 л/с с глубины 200-1000 м. Возобновляемые запасы подземных вод имеются в Азии. Однако во многих местах этот источник водоснабжения отсутствует, или же вода является минерализованной. Таким образом, естественные источники пресной воды не могут удовлетворить все возрастающие потребности в ней. Следовательно, для решения этой проблемы необходимо искать другие, более эффективные пути.

Проблему дефицита пресной воды в мире пытаются устранить различными способами.

Экспорт воды. Соглашения по транспортировке воды заключены между Турцией и Израилем; Белоруссией и Объединёнными Арабскими Эмиратами, Кенией, Киргизией и Германией и другими странами. Между Израилем и Турцией заключен договор на 20 лет на доставку по морю 50 млн. м<sup>3</sup> ежегодно по цене 0,7 долларов за кубический метр воды. Объёмы других подобных контрактов измеряются сотнями миллионов долларов.

Создание искусственных водоёмов. В Туркмении в пустыне Каракум планируется реализовать проект крупнейший в мире водоёма. Срок реализации проекта 20 лет, стоимость 12 млрд. долларов.

Экономия расхода воды. Американский Конгресс принял еще в 1992 г. специальный закон об уменьшении на 70 % объёма воды на коммунальные нужды.

Опреснение морской воды или солёной воды из подземных источников. Выработка пресной воды в мире растёт непрерывно и высокими темпами. Так, если в 1960 году опреснение составило 0,09 км<sup>3</sup>, то в 1985 году получали 7,5 км<sup>3</sup>. Тогда же был сделан прогноз на 2000 год – 40 км<sup>3</sup>, которому не суждено было сбыться. На самом деле смогли достичь величины в 15,3 км<sup>3</sup>. Распределение количества получаемой воды по регионам неравномерно. На Средний Восток приходится 60%, Северную Америку - 13%, Европу - 10%, Африку - 7%, на остальной мир - 10%. На страны СНГ приходится всего 0,6% от общего объёма выработки опресненной воды в мире.

Несмотря на существенные различия данных методов опреснения у них есть ряд общих свойств. Во-первых, для производства пресной воды они используют морскую воду или артезианскую слабо соленую, при этом для дистилляционного метода и обратного осмоса вода требуется в большом количестве, т.к. в первом случае она используется для охлаждения конденсатора, а во втором для создания водного потока вдоль мембран с целью предотвращения их от загрязнения.

Использование морской воды означает необходимость их размещения вблизи водоема, т.к. эксплуатация крупных установок вдали от водоема приводит к повышению себестоимости воды, а эксплуатация установок индивидуального использования практически невозможна. Кроме того, необходимость размещения опреснительных установок вблизи водоема обусловлена тем, что в него сливается при опреснении концентрированный рассол. Следует отметить, что сброс рассола оказывает на экологию неблагоприятное воздействие, поскольку в водоем поступает большое количество вредных веществ в концентрированном виде, например, химические добавки, которые вносятся в воду для уменьшения образования накипи при дистилляции, а также сброс приводит к повышению солености в данном районе.

Особенно негативна для развития опреснения морских вод тенденция удорожания топлива, т.к. на себестоимость производимой воды существенное влияние оказывают энергозатраты, составляющие 60% ее величины.

Один кубометр пресной воды в умеренных широтах обходился в зависимости от места в 15-32 цента, а некоторым приморским промышленным предприятиям примерно 2,2 доллара и дороже, особенно в случае химической очистки водопроводной воды или штрафных санкций на превышение лимитов на воду. В экономически выгодном положении опреснение оказывается по сравнению с подачей пресной воды на расстояние 10-300 км для водоснабжения мелких населенных пунктов и отдельных рекреационных объектов.

***В настоящее время основным источником пресной воды продолжают оставаться воды рек, озер, артезианских скважин и опреснение морской воды. В то же время, если во всех речных руслах находится 1,2 тыс. км<sup>3</sup>, то количество воды находящееся в каждый данный момент в атмосфере равно 14 тыс. км<sup>3</sup>. Ежегодно испаряется с поверхности суши и океана 577 тыс. км<sup>3</sup> и столько же потом выпадает в виде осадков. Вода в атмосфере в течение года обновляется 45 раз.***

По высоте влага распределена неравномерно. Половина всего водяного пара приходится на нижний, полуторакиллометровый слой атмосферы, свыше 99% - на всю тропосферу. У земной поверхности абсолютная влажность в среднем по миру составляет  $11 \text{ г/м}^3$ . Многие из стран жаркого пояса страдают от отсутствия пресной воды, хотя ее содержание в атмосфере значительно. Например, в Джибути в течение всего года практически не бывает дождей, в то время как абсолютная влажность в приземном слое воздуха колеблется от 18 до  $24 \text{ г/м}^3$ . В пустынях Аравийского полуострова и в Сахаре над каждым квадратом поверхности со стороной 10 км в сутки проносится такое же количество воды, какое содержалось бы в озере площадью  $1 \text{ км}^2$  и глубиной 50 м. Чтобы взять эту воду, надо только открыть символический «кран».

***Парадоксально, но факт: самый крупный источник – вода в атмосфере – почти не используется.***

Ресурс пресной воды в атмосфере постоянно обновляется, качество конденсата для большинства районов нашей планеты очень высокое: в нем на два-три порядка меньше токсичных металлов (по сравнению с требованиями санитарных служб), практически нет микроорганизмов, он хорошо аэрирован. Как показывают экономические оценки, вода из атмосферы может стать самой дешевой из всех, что получают иными способами.

Для процесса конденсации воды из атмосферного воздуха помимо всего прочего следует учитывать географические условия. Из них наиболее важными являются следующие:

1. Глобальная циркуляция воздуха. Для конденсации воды из атмосферного воздуха наиболее приемлемы устойчивые ветры в одном направлении. Такая ситуация возможна там, где воздух циркулирует вокруг области высокого давления, например, в юго-восточной части Тихого океана. Это позволяет существовать здесь на протяжении сухих летних месяцев устойчивым ветрам, как например, на юго-западном берегу северного Чили и вдоль побережья Перу. Аналогичная ситуация имеет место на юго-западном побережье Африки.

2. Горные области. Для повышения вероятности конденсации воды из атмосферы необходимо, чтобы горы служили преградой для насыщенного влажного воздуха. В масштабах континентов таковыми являются, например, Анды в Южной Америке. На микроуровне – изолированные холмы, позволяющие накапливаться там влажному воздуху. В случае горного побережья важно, чтобы горы были приблизительно перпендикулярны направлению ветра, приходящего со стороны океана. Это расширяет возможность выбирать приемлемые для конденсации места.

3. Высота над уровнем моря. Толщина слоистого или слоисто-кучевого облака с высотой меняется. Наиболее насыщена верхняя часть облака. Эта область имеет наиболее приемлемое содержание воды. В различных районах мира такая «рабочая» для возможного получения конденсационной воды область располагается на высоте от 400 до 1500 м над уровнем моря.

4. Расстояние от побережья. Перемещение потоков перенасыщенного морского воздуха может достигать вглубь суши на расстоянии 5 км, но возможно и до 25 км. По мере того как морской поток воздуха проникает вглубь континента, есть большая вероятность того, что он смешивается с воздухом суши и рассеивается. Тем не менее, есть много районов в глубине континентов, где этого не происходит: пустыни Атакама в Южной Америке, Намиб в Южной Африке. Кроме того, для процесса конденсации в прибрежных областях особенно важным является бризовая циркуляция. Во многом поэтому, прибрежные

районы являются наиболее подходящим местом для получения конденсационной воды из атмосферного воздуха.

Эксперименты по получению воды данным методом проводятся во многих районах мира. В 47 местах в 22 странах на 5 континентах сбор воды данным методом подтвержден экспериментально. Стоимость производства воды данным методом зависит от многих факторов, в частности от места расположения установки. Подсчитано, что при эксплуатации установки в районе эксперимента стоимость будет составлять 1 доллар за м<sup>3</sup>, при этом сюда включается стоимость изготовления коллекторов. Субсидируемая стоимость доставляемой в данную местность воды составляет 8 долларов за м<sup>3</sup>.

Опыты по конденсации воды из атмосферы проводятся и в нашей стране, в частности, в [лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ](#), где с 1996 г. ведутся научно-исследовательские работы в этой области.

По нашему мнению, принудительная конденсация воды из воздуха в приземном слое могла бы со временем решить проблему водоснабжения во многих регионах, страдающих от нехватки пресной воды. Использование конденсационных установок, например, в развивающихся странах позволит экономить энергию, которая требуется при опреснении морской воды.

*Михаил Берёзкин,*

*научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*