

УДК 37.033

Раткевич Е.Ю., Базаева М.Г., Мансуров Г.Н.

(г. Москва)

ПРЕСНАЯ ВОДА – ПОЛУЧЕНИЕ И ОЧИСТКА

Аннотация. Пресная вода составляет всего 3% водных ресурсов Земли, из которых доступно 0,5% и только 0,003% человечество использует для собственных нужд. Из года в год потребность в пресной воде растет и, согласно данным ООН, к 2025 г. нехватка пресной воды затронет уже 2/3 населения Земного шара. На наших глазах вода в результате бурной и бездумной антропогенной деятельности из воспроизводимого ресурса становится невоспроизводимым, и это является одним из тупиковых путей человечества.

Ключевые слова: воды гидросферы, пресная вода, сточные воды, ледники, подземные воды, айсберги, очистка питьевой воды.

E. Ratkevich, M. Bazayeva, G. Mansurov

(Moscow)

FRESH WATER – PRODUCTION AND PURIFICATION

Abstract. Fresh water makes up only 3% of the water resources of the Earth, of which 0.5% is available and only 0,003% is used by people for their own needs. From year to year demand for fresh water is growing and, according to the UN data, by 2025 the shortage of fresh water will affect already 2/3 of the world population. We witness water turns from reproducible resource into unreproducible one in the result of booming and thoughtless anthropogenic activities and this is one of dead-end ways for humanity.

Key words: the waters of the hydrosphere, fresh water, waste waters, glaciers, underground waters, icebergs, purification of drinking water.

Вода – большой дефицит, чем энергия. У нас есть альтернативные источники энергии, а альтернативы воде нет.

Юджин Одум

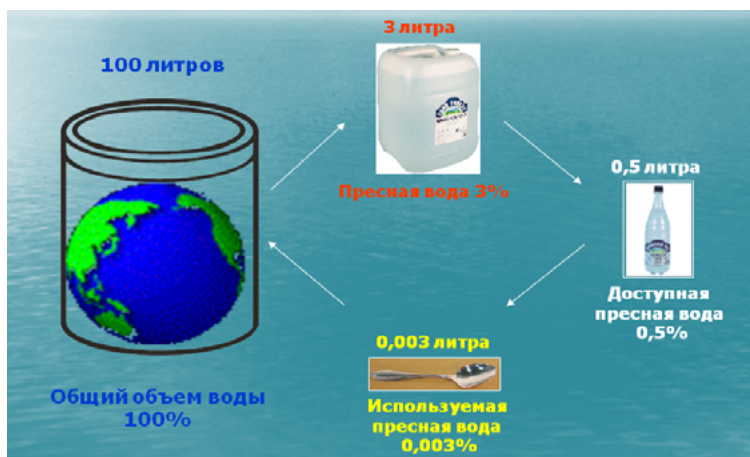
Вода – один из основных аргументов при поиске жизни на любой планете в космическом пространстве. Есть вода – есть жизнь, нет воды – нет жизни. Не является исключением и планета Земля. Водная оболочка Земли включает в себя: Мировой океан с окраинными и внутриконтинентальными морями, поверхностные воды суши, льды и снега полярных и горных областей, атмосферные и подземные воды и воды,

содержащиеся в живых организмах. Воды Мирового океана, покрывающие 71% земной поверхности, составляют 97% всех водных ресурсов Земли, но эта вода слишком соленая, она непригодна для питья, приготовления пищи, для использования в сельском хозяйстве и промышленности. На долю пресной воды приходится 3%, но только 0,003% пресной воды человечество может использовать для собственных нужд. Если, для наглядности, весь водный запас планеты принять за 100 литров, то к употреблению будет пригодно только половина чайной ложки (рис. 1).

По степени минерализации различают *воды пресные* (менее 1 г солей на литр воды) и *минерализованные* (более 1 г солей на литр). Минерализация воды связана с тем, что вода является хорошим растворителем. Все растворенные вещества скапливаются в конечных водоемах стока – в морях и океанах, а также непроточных озерах пустынь и полупустынь. Основная масса подземных вод, особенно глубинных, тоже имеет высокую минерализацию.

Пресные воды (почвенная влага, грунтовые и верхняя часть подземных вод, а также речная и озерная вода) имеют исключительное значение для живых организмов, в том числе и для человека. Они образуются в результате испарения и последующей конденсации воды; атмосферные осадки – единственный источник всех пресных вод экосферы. Основная

Рис. 1. Воды на планете много, но пригодной для использования человеком пресной воды – всего 0,003% [9].



часть пресных вод законсервирована в полярных льдах, покрывающих свыше 16 млн. км² суши, из которых 14 млн. км² находится в Антарктиде и около 2 млн. км² – в Гренландии. Общее количество пресной воды на Земле составляет 35 млн. км³, что вроде бы и не мало, но подавляющая ее часть труднодоступна для использования. Вот как распределяются пресные воды Земного шара по водным объектам (табл. 1) [11].

Таблица 1

Пресные воды гидросферы (в тыс. км³)

Ледники, подземные льды, постоянный снежный покров (в пересчете на воду)	24 364,0
Подземные воды	10 530,0
Влага в почве	16,5
Пресные озера	91,5
Болота	11,5
Вода в руслах рек	2,1
Вода в атмосфере	12,9
Биологические воды (в живых организмах)	1,1

Существует более 30 способов опреснения соленой морской и океанической воды, которые достаточно эффективны, широко и успешно применяются. Однако все эти способы требуют существенных (до 50%) затрат электрической энергии. Несмотря на это, для многих стран (США, Куба, Венесуэла, Великобритания, арабские и африканские страны, Канарские острова и остров Аруба в Карибском море, Япония, Китай и др.) дешевле получать питьевую воду методом опреснения, чем привозить ее издалека или добывать из недр Земли. Но если уже сегодня мы ощущаем проблему дефицита пресной воды, то к 2025 г., согласно данным ООН [10], нехватка пресной воды затронет уже 2/3 населения Земного шара. Сложившаяся ситуация является прямым результатом бездумной антропогенной деятельности, в результате которой вода из воспроизводимого ресурса становится ресурсом невозпроизводимым, и это является одним из тупиковых путей человечества.

Уже более двухсот лет ведутся дискуссии о получении питьевой воды путем транспортировки айсбергов и их последующего растапливания. При благоприятных условиях стоимость одного литра такой экологически чистой воды не должна превышать одного цента. Долгое время на пути реализации такого проекта стояли низкая рентабельность и технические проблемы транспортировки айсбергов. В послед-

ние годы технические решения нашли свое воплощение в работах Г. Халидова [6; 12] и Ж. Мужена [13]. Г. Халидов предложил вырезать куски айсберга, загружать их в специально разработанное судно – тримаран и транспортировать к месту назначения, где в специальных контейнерах из льда получают воду и охлажденный воздух (вид. 1) [6].

Французские инженеры во главе с Ж. Муженом разработали свой вариант транспортировки айсбергов (вид. 2) [13].

Основным источником водоснабжения и орошения являются поверхностные воды (реки, озера, болота, ручьи и т. д.). Химический состав и концентрация солей в этих водах определяются климатической зоной, зависит от типа почвы и горных пород, через которые она проходит, от типа источника питания в виде поверхностного стока или грунтовых вод, от точки отбора пробы и изменяется во времени. Средний элементный состав поверхностных вод суши отличается от среднего элементного состава вод Мирового океана. В воде рек и озер преобладают катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионы HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , SiO_3^{2-} , содержится растворенный углекислый газ, регулирующий pH

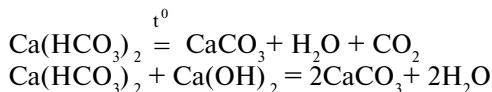
Видео 1. Транспортировка айсберга в засушливые страны.



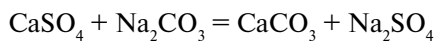
Видео 2. Буксировка айсберга в засушливые страны.

среды (обычно в интервале 6–8), и кислород как следствие процесса фотосинтеза, дыхания организмов и разложения органических веществ.

Важной характеристикой природных вод является их *жесткость*. Вода, содержащая много солей кальция или магния, называется *жесткой водой* в противоположность *мягкой воде*, содержащей мало этих солей или совсем не содержащей их. Жесткость воды подразделяется на *карбонатную* и *некарбонатную*. *Карбонатная жесткость* обусловлена присутствием гидрокарбонатов $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, а *некарбонатная* – присутствием сульфатов CaSO_4 , MgSO_4 или хлоридов CaCl_2 , MgCl_2 . Карбонатная жесткость устраняется кипячением или добавлением в воду $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



Поэтому карбонатную жесткость называют также *временной жесткостью*; постоянная жесткость устраняется добавлением соды Na_2CO_3 :



Общая жесткость воды выражается через количество вещества эквивалента ионов Ca^{2+} или Mg^{2+} в ммоль/л. Вода с жесткостью менее 4 ммоль/л называется *мягкой*, от 4 до 8 ммоль/л – *средней*, от 8 до

12 ммоль/л – *жесткой*, свыше 12 ммоль/л – *очень жесткой*. Жесткость природных вод колеблется в очень широких пределах, а наиболее мягкой является атмосферная вода. Для устранения жесткости воды можно использовать ионообменные смолы.

Вода, благодаря своим уникальным свойствам и большой удельной теплоемкости, имеет огромное экологическое значение, являясь идеальной средой, стабилизирующей температуру на земной поверхности. Уникальное свойство воды состоит в том, что если у других жидкостей при понижении температуры плотность увеличивается непрерывно, то у пресной воды она увеличивается до 4°C, а затем уменьшается. Следовательно, пресная вода при 4 °C обладает максимальной плотностью, что имеет важное экологическое значение для поверхностных вод суши. Зимой образующийся при охлаждении до 0 °C лед не опускается на дно водоема, а плавает на поверхности, предохраняя пресные воды от промерзания, а живые организмы – от вымирания.

В свою очередь, соленая морская вода имеет максимальную плотность при температуре замерзания. Это также имеет большое экологическое значение, поскольку морская вода, охладившись на поверхности, погружается вниз, а при большой глубине и объеме океаны и моря охлаждаются медленно и поэтому полностью промерзнуть не могут. Лед не образуется на поверхности, поскольку вверх все время поднимается теплая вода. Это способствует длительному обмену веществом и энергией между поверхностью океана и атмосферой.

Образованию льда в приполярных районах Северного полушария способствует поступление в Северный Ледовитый океан большого объема пресной воды с речным стоком. Она растекается на поверхности более тяжелой морской воды и способствует образованию ледяного покрова.

Обладая самым высоким, после ртути, поверхностным натяжением и смачиванием, вода как бы «прилипает» к твердым поверхностям, что позволяет ей подниматься по тонким капиллярам почв, в растениях и животных (кровообращение) – это также имеет исключительное экологическое значение.

Велика экологическая роль и твердой воды. Если бы ледники суши (рис. 2) как главные хранилища пресных вод растаяли, то уровень Мирового океана повысился бы более чем на 60 м, и около 10% суши оказалось бы затоплено. Общая площадь постоянного снежного покрова составляет около 6% всей поверхности планеты, а вместе с сезонными снегами – 22%. Белый снег отражает большую часть поступающих на него солнечных лучей и тем самым влияет на тепловой баланс поверхности Земли. Снежный покров, аккумулируя воду в течение зимнего времени, освобождает ее весной.

Рис. 2. Ледники Антарктики.



Видео 3. Боур-Москаленко З. Айсберги в океане.
Такие холодные и таинственные [2].



Значительную экологическую роль играет и подземное оледенение или подземная мерзлота, развитая в областях резкоконтинентального климата с очень холодной зимой и небольшим объемом атмосферных осадков летом. Оттаивая, мерзлота поддерживает водность рек, способствует заболачиванию территории, движению грунтов по склонам, деформации почвенного профиля, препятствует проникновению корневой системы деревьев в глубину и др. Зимой мерзлота делает доступной территорию наземному транспорту. Мерзлые породы могут использоваться как холодильники. Вечная мерзлота предъявляет особые требования для строительства транспортных артерий, жилых домов и хозяйственных сооружений.

Подземные воды наиболее разнообразны по фазовому состоянию и физико-химическим свойствам. Концентрация солей в них может изменяться от 0,05 до 400 г/л. По В.И. Вернадскому, общий объем воды в земной коре (до глубины 16 км) составляет примерно 0,4 млрд. км³ [3]. Различные исследователи оценивают количество воды, содержащейся в земной коре до мантии, от 0,0015 до 1,2 млрд. км³ [1], а по расчетам А. П. Виноградова – в 10 раз больше [4; 5]. Под влиянием солнечной радиации все воды гидросферы находятся в непрерывном круговороте (рис. 3), в процессе которого осуществляется связь природных вод с атмосферой, литосферой и живым веществом планеты.

Рис. 3. Круговорот воды в природе.



Видео 4. Круговорот воды [7]



Видео 5. Круговорот воды в природе [8]



Загрязненные воды гидросферы, как и воды канализационных сооружений, в конечном итоге попадают в океан — основной природный отстойник, нейтрализатор и хранитель отходов человеческой деятельности. Загрязненная гидросфера, в итоге, оказалось наиболее уязвимой частью Природы. Факторы, угрожающие сохранности гидросферы — низкий уровень экологической культуры, рост численности населения Земли, географические неравномерности водопотребления, бытовые, промышленные, сельскохозяйственные и др. отходы. К основным экологическим проблемам гидросферы относятся:

1. проблема пресной воды;
2. очистка питьевой воды (в том числе и водопроводной);
3. загрязнение Мирового океана;
4. загрязнение поверхностных вод суши и грунтовых вод (поверхностно активные вещества, хлорорганические и фосфорорганические соединения, нитраты, ионы тяжелых металлов, тепловые загрязнения, кислотные осадки, биологические загрязнения и др.);
5. сточные воды и их обработка.

Перечисленные проблемы гидросферы имеют преимущественно антропогенное происхождение, а безразличное отношение к их решению является главной причиной нависшей над миром угрозы глобального экологического кризиса.

Вода, после воздуха, является важнейшей составляющей среды нашего обитания. Она необходима для поддержания всех обменных процессов человеческого организма, она принимает участие в усвоении питательных веществ клетками, в пищеварении. Являясь своеобразным «теплоносителем и терморегулятором», вода поглощает излишки тепла и удаляет их, испаряясь сквозь кожу и дыхательные пути, увлажняет слизистые оболочки, глазное яблоко, обеспечивает подвижность суставов. Взрослый человек в состоянии прожить без пищи больше месяца, без воды же — несколько дней. Обезвоживание организма на 10% приводит к физической и психической недееспособности, а потеря 20% воды приводит к смерти. В течение суток от 3 до 6% воды, содержащейся в организме, подвергается обмену; половина воды обменивается в течение 10 дней. Количество воды, требуемое для поддержания водного баланса, зависит от возраста, физической активности, окружающей температуры и влажности; суточная потребность взрослого человека составляет ~ 2,5 л.

Большое значение имеет качество питьевой воды. От качества воды зависит здоровье человека. Не случайно еще в XIX в. Луи Пастер (1822–1895) писал: «Человек выпивает 90% своих болезней».

Сегодня трудно найти такой источник питьевой воды, которым можно пользоваться без предварительной очистки или, по крайней мере, без предварительного кипячения. И это не будет удивительным, если просто перечислить некоторые основные источники загрязнения питьевой воды:

– *коммунальные стоки*. Содержат как химические, так и микробиологические загрязнения и представляют серьезную опасность. Попадая в зону водозаборных станций для снабжения населения питьевой водой, они могут явиться причиной вспышек различных инфекционных заболеваний (сыпной тиф, холера, сальмонеллез, дизентерия, паротит, инфекционный вирусный гепатит, туляремия и др.). В коммунальных стоках присутствуют также токсичные детергенты (моющие вещества), сложные ароматические углеводороды (САУ), нитраты и нитриты;

– *промышленные стоки*. В зависимости от отрасли промышленности они могут содержать практически все существующие химические вещества — тяжелые металлы, фенолы, формальдегид и другие органические соединения, которые загрязняют и разрушают мировую экосистему, негативно влияют на здоровье людей, являясь одной из причин мутагенных (генетических), тератогенных (повреждающих плод) и канцерогенных (раковых новообразований) изменений. Как это ни парадоксально, но источником загрязнения является также сам процесс очистки и водоподготовки (!);

– *коммунальные отходы*. Продукты человеческой деятельности легко проникают в верхний горизонт грунтовых вод, который расположен на глубине от 3 до 20 м, т. е. на глубине обычных колодцев. Концентрация вирусов, водорастворимых и текучих субстанций отходов на этой глубине нередко гораздо больше, чем в поверхностных водах;

– *промышленные отходы*. Большинство этих отходов направляются прямо в реки. Кроме того, промышленные выбросы пыли и газов оседают непосредственно или соединяясь с атмосферными осадками и накапливаются на поверхности почвы, в растениях, растворяются и проникают в грунтовые воды. Воздушными потоками эти выбросы переносятся на сотни километров. Неудивительно поэтому, что содержание тяжелых металлов и радиоактивных соединений в колодцах, расположенных вдали от металлургических центров, оказывается завышенным. К промышленным загрязнениям почвы относятся также органические соединения, образующиеся при переработке овощей и фруктов, мяса и молока, отходы пивоваренных заводов, животноводческих комплексов. Металлы и их соединения, проникая в организм в виде водного раствора, в первую очередь поражают следующие органы:

- почки (ртуть, свинец, медь);
- печень (цинк, кобальт, никель);
- капилляры (мышьяк, висмут, железо, марганец);
- сердечную мышцу (медь, свинец, цинк, кадмий, ртуть, таллий).

Также способствуют возникновению онкологических заболеваний кадмий, кобальт, никель, мышьяк, радиоактивные изотопы.

Когда мы говорим о качестве питьевой воды, необходимо помнить, что в предельном случае в воде вообще не должно быть никаких примесей. В природе такой воды почти нет, за исключением дождевой воды или воды горных источников. Во всех остальных случаях в воде содержатся примеси, которые если не вредны, то и не всегда полезны для человека. Чаще всего мы не знаем, что это за примеси, и поэтому любую воду перед употреблением следует от этих примесей очистить.

В быту для этих целей пользуются отстаиванием и кипячением. Но при отстаивании мы лишь частично избавляемся от растворенного хлора и некоторых нерастворимых в воде частиц; с микробиологической точки зрения опасность в процессе отстаивания резко возрастает в связи попаданием из воздуха микроорганизмов и их размножением – через 24 часа отстоя вода становится полностью непригодна к употреблению из-за избытка микроорганизмов.

Кипячение водопроводной воды тоже не является полной гарантией избавления от болезнетворных микроорганизмов, поскольку не все из них гибнут при температуре 100 °С; например, возбудитель желтухи (вирусный гепатит) гибнет при 260 °С. Кипячением можно удалить из воды соли кальция и магния (образуется накипь); частично удаляются соли железа (видно по подкрашиванию стенки сосуда), кадмия, ртути, нитраты и пестициды. Однако при длительном кипячении концентрация растворенных веществ повышается (в связи с тем, что сокращается объем жидкости), а хлор и его производные при температуре кипения вступают во взаимодействие с присутствующими в воде органическими веществами, образуя канцерогенные хлорорганические соединения – диоксины, которые по своей токсичности не уступают цианистому калию.

На вопрос, как наиболее эффективно очистить питьевую воду в домашних условиях, можно ответить – вымораживанием или с помощью бытовых фильтров, работающих по принципу обратного осмоса.

Вымораживание можно выполнять в обычном домашнем холодильнике. Необходимо подобрать такой режим, при котором в процессе вымораживания приблизительно четверть объема воды останется в жидком состоянии. Все примеси окажутся в жидкой части объема, которую сле-

дует слить в раковину. Оставшийся лед поместить в отдельную емкость и дождаться, когда он растает при комнатной температуре. Процесс вымораживания – процедура несколько хлопотная, но вода по качеству очистки не уступает воде после обратноосмотического фильтрования. Фильтры, использующие принцип обратного осмоса, на сегодняшний день являются наиболее совершенными.

Оценку качества питьевой воды, точный анализ на любую конкретную примесь можно выполнить в соответствующей аналитической лаборатории. Вне лаборатории интегральную характеристику о содержании растворенных в воде веществ может дать TDS-метр – прибор (рис. 4), принцип действия которого заключается в измерении электропроводности воды – чем выше величина электропроводности, тем больше примесей в воде и тем она «грязнее». Цифра на шкале ЖК-индикатора характеризует массовую концентрацию вещества в литре раствора ($1 \text{ ppm} \approx 1 \text{ мг/л}$) [14]. На самом же деле это лишь приблизительная оценка качества питьевой воды, т. к. TDS-метр не в состоянии обнаружить примеси органического происхождения, а также любые другие незаряженные частицы, микробы и вирусы (видео 6).

Рис. 4. TDS-метр.



Видео 6. Принцип работы TDS tester HM Digital TDS-3 [14]



Рис. 5. Фильтр на основе обратного осмоса.



Необходимость доочистки воды в домашних условиях сегодня настолько насущна, что даже не должна дискутироваться. Что же касается способа контроля, то это не будет актуальным при наличии фильтра, гарантирующего воду надежного качества; таким фильтром является фильтр, работающий на принципе обратного осмоса, один из вариантов которого представлен на рис. 5.

Литература:

1. *Богомолов Г.В.* Основы гидрогеологии. – М.: Госгеолтехиздат, 1965. – 189 с.
2. *Боур-Москаленко З.* Айсберги в океане. Такие холодные и таинственные. [Электронный ресурс]. – URL: <http://video.mail.ru/list/tta49/19246/23699.html?autoplay=1> (дата обращения: 23.03.2013).
3. *Вернадский В.И.* Избр. соч.: в 6 т. – Т. 4. Кн. 2. История природных вод. – М.: АН СССР, 1960. – 651 с.
4. *Виноградов А.П.* Введение в геохимию океана. – М.: Наука, 1967. – 216 с.

5. *Виноградов А.П.* Химическая эволюция Земли. – М.: АН СССР, 1959. – 44 с.
6. Живая вода – новые технологии получения питьевой воды и охлаждённого воздуха из высокоширотных льдов / Г. Ю. Халидов. – Ч. 1. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=OfDN4LvF5UE (дата обращения: 23.03.2013)
7. Круговорот воды [Электронный ресурс]. – URL: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=P55M5sSjAoM#! (дата обращения: 07.06.2013).
8. Круговорот воды в природе / Коллекция «Учебные фильмы (Школьный фильм)» [Электронный ресурс]. – URL: <http://video.yandex.ru/users/oleg-vasilenk/view/1511/> (дата обращения: 07.06.2013).
9. *Миллер Т.* Жизнь в окружающей среде: в 3 т. – М.: Прогресс, 1993.
10. Нехватка пресной воды. [Электронный ресурс]. – URL: <http://akant-pm.ru/17-nexvatka-presnoj-vody.html> (дата обращения: 23.03.2013).
11. *Спенглер О.А.* Слово о воде. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – 152 с.
12. *Супруненко Ю.* Ресурсы антарктических айсбергов. – Земля и Вселенная. – 2007. – № 1.
13. Ученые нашли способ буксировать айсберги в засушливые страны [Электронный ресурс] // РИА Новости: [сайт]. – URL: <http://old.rian.ru/video/20110617/389639815.html> (дата обращения: 23.03.2013).
14. **TDS tester HM Digital TDS-3 / TDS метр HM Digital TDS-3** [Электронный ресурс]. – URL: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=9ELf5ZAYjQs (дата обращения: 23.03.2013).