

## К ВОПРОСУ ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ КАК ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗРАИЛЯ

*Доктор геол.-мин. наук, проф. В.Ветштейн*

Обеспечение пресной водой населения Израиля и его многоотраслевого хозяйства является проблемой первостепенной важности. Усилиями многих научных и прикладных организаций в этой области получены существенные достижения. В частности, найдены принципиальные решения получения пресной воды в промышленных объемах для технических целей путем опреснения морской воды Средиземного моря. Это обстоятельство является весьма существенным, поскольку позволяет заметно уменьшить расход обычной пресной воды в общем балансе эксплуатационных вод. Что касается применения опресненных морских вод для питьевого водоснабжения, то, как это будет показано ниже, без проведения предварительных глубоких медико-биологических исследований они не могут быть допущены в водопроводную сеть страны.

В 1987 г. Институты физиологии им. Богомольца и Онкологии Украинской академии наук предложили автору этих строк принять участие в семинаре, который проводился в г. Терсколе, Приэльбрусье, на Медико-биологической станции им. Сиротинина АН УССР. В семинаре принимали также участие научные сотрудники разных специальностей из многих городов Союза. Основной темой семинара являлось выяснение причин тяжелых хронических заболеваний, мертворождение детей и другие подобные случаи, которые наблюдались у жителей г. Шевченко (ныне г. Актау), полуостров Мангышлак, Казахстан. По результатам обсуждавшихся проблем во время этой командировки, мной было сделано сообщение в прессе Израиля (В.Ветштейн. «Питьевой дейтерий – медико-биологические и экологические проблемы опреснения морской воды», Вести, 1.11.2000, с.6), в связи с рассматривавшейся тогда в стране проблемой опреснения морской воды Средиземного моря. Напомню, что в этой статье шла речь о том, что в г. Шевченко, расположенном на безводном плато Устюрт, население города на протяжении длительного времени пьет опресненную морскую воду Каспийского моря, получаемую с помощью опреснительной установки, работающей на базе атомного реактора. Детально обсуждались различные причины возникновения заболеваний. В частности, отмечалось влияние длительного приема дистиллята с добавлением солей, физико-географические условия расположения города и полуострова, воздействие промышленной зоны и т.п.

Мной были сделаны предположения о возможном влиянии на здоровье жителей тяжелых изотопных разновидностей воды при длительном употреблении опресненной воды, а также рассмотрены возможные механизмы этого явления. Работами многих исследователей, в том числе и автора этой публикации, показано, что содержание тяжелых изотопов в морских бассейнах имеет повышенную концентрацию. Контролируется этот процесс солнечным испарением с водного зеркала моря, длительностью формирования его водной массы, речным стоком и т.п. Причем накопление солевого и изотопного составов, как правило, идут в одном направлении.

В лабораторных экспериментах при изучении взаимодействия биологических систем с тяжелой водой установлена изотопно-обменная реакция. Константа равновесия этой реакции лишь не намного превышает единицу, за исключением соотношения изотопов водорода (протия к дейтерию), где она значительна (3,7 при 25<sup>0</sup>С). Иначе говоря, тяжелый стабильный изотоп водорода (дейтерий) концентрируется в соединениях с самой большой

относительной массой и, в первую очередь, в молекулах ДНК, РНК и других, при взаимодействии с водой. Поведение изотопов кислорода изучено заметно слабее, однако факт наличия обменного процесса в тех же системах подтверждается систематическим использованием именно этой реакции при изучении механизма и реакционной способности химических соединений, определении палеотемператур древних морей по белемнитам и другим ископаемым. Следовательно, установленная повышенная концентрация тяжелых стабильных изотопов (дейтерия и кислорода-18) в морской воде, факт изотопно-обменных процессов и как следствие обогащение тяжелыми изотопами биологических систем, историческая неприспособленность живых наземных организмов к питьевому употреблению морской воды - все это свидетельствует о недопустимости использования опресненной морской воды в системе питьевого водообеспечения населения Израиля без **предварительных глубоких медико-биологических и экологических исследований.**

О том, что тяжелая вода неблагоприятно воздействует на организм человека, высших и низших животных, имеется большая научная и прикладная литература. Краткое изложение ее представлено в Большой Советской Энциклопедии, где, в частности, отмечается: «На живые организмы даже небольшие количества тяжелой воды действуют угнетающе, а большие вызывают гибель». Установлено, что прием тяжелой воды, обогащенной до 1,5%, приводит к летальному исходу. К такому же исходу приводит помещение в тяжелую воду рыб, червей, микробов; животные погибают от жажды, если их поить тяжелой водой; не прорастают в ней семена растений и т.п. Особый интерес представляло изучение системы «биологический объект - опресненная вода» на примере воды Каспийского моря. Об этом в свое время у нас шла речь с представителями здравоохранения и руководства города Шевченко. К сожалению, в связи с распадом Советского Союза и разрывом финансовых связей, этот проект лабораторных и изотопно-геохимических исследований был свёрнут.

Не от хорошей жизни предпринимаются в Израиле такие грандиозные проекты, как опреснение морской воды Средиземного моря в начале на 200 млн кубов в Ашкелоне, затем на 100 млн. в Хедере и далее до миллиарда кубов в год. Подобная гигантомания никогда и ни в какой области не приводила к положительным результатам, тем более, когда речь идет о таком повседневном продукте питания, как питьевая вода для населения Центра и Юга страны. Здесь дилетантские подходы недопустимы. Для реализации подобных проектов необходимы, разумеется, разносторонние теоретические и особенно экспериментальные исследования. Необходимо, прежде всего, детально изучить обстановку в г. Шевченко за прошедшие десятилетия, особенно за последние 20 лет. Необходимо также детально изучить для каких целей используется вода из опреснительных установок в ряде других стран. Ранее было известно, что, например, Саудовская Аравия завозит танкерами питьевую воду из Новой Зеландии, а фрукты и овощи из Австралии. Свою опресненную воду они используют для полива дорог, мытья труб, танкеров и других технических целей. Не исключается, что многие другие страны, применяя опреснительную технику **и не подозревают** о необходимости вести **контроль за содержанием** тяжелых изотопов в воде и состоянием здоровья населения, которое может сказаться через 2-3(!) поколения.

Ситуация с проектами опреснения морской воды в Израиле не должна быть результатом келейного решения проблемы, она должна реализовываться путем широкого обсуждения в научной среде и общественностью, обстановка здесь, на наш взгляд, и это будет показано ниже, не критическая. Все-таки здесь чередуются засушливые сезоны с сезонами обильных осадков, когда природный резервуар – Кинерет не может вместить весь объем влаги и ее сбрасывают, в частности, в Мертвое море. К сожалению, мы не смогли ознакомиться с интересующими нас материалами по опреснению воды, чтобы выяснить, для каких целей планируется ее использовать, в каких районах и какими частями. Пойдет ли эта вода для питьевых целей, на орошение плодовых деревьев и полива продовольственных

сельскохозяйственных культур, в каких количествах и т.п. Однако уже сегодня известно, что в таких городах, как Ашдод, Ашкелон и Сдерот пьют воду, в которой 60% опресненной воды. Это вызывает тревогу и следует потребовать от производителей отчета о проведенных исследованиях потребительских качеств воды и результатов изучения влияния опресненной воды Средиземного моря на живые организмы.

Несмотря на добросовестное планирование, взвешенные методики и даже какие-то экономические преимущества, тем не менее здоровье людей, здоровье нации должно быть вне конкуренции. Ведь ни для кого не секрет, что за свою многовековую историю человечество, животный и растительный мир всегда и везде использовали для питьевых целей влагу атмосферных осадков, поверхностную и приповерхностную воду к чему адаптированы все сухопутные организмы. Чтобы игнорировать характерные свойства живых организмов, вмешаться в биологический процесс, сформировавшийся за миллионы лет эволюции, нужно иметь очень веские причины и твёрдые убеждения, что сделано все возможное и альтернативы этому нет. Ниже мы попытаемся показать, что сулит населению страны переход на опреснительное водопотребление.

Как известно, процесс опреснения морской воды по методу принятому в Израиле – *обратному осмосу*, заключается в том, что она освобождается от солей и некоторых других включений. Но изотопный состав воды в процессе опреснения ***не изменяется***. Поэтому концентрация тяжелых изотопов водорода, кислорода, трития в опресненной воде остаётся такой же высокой, какой она была в исходной морской воде, поступившей в опреснительную установку. **Это важнейшее обстоятельство не принимают во внимание и замалчивают сторонники широкомасштабного строительства опреснительных установок.** Мы считаем необходимым снять «табу» с обсуждения этого вопроса, и подробно рассмотреть его, позаимствовав материал из монографии В. Е. Ветштейна «Изотопы водорода и кислорода природных вод СССР», Л., Недра, 1982, 262 с.

Три изотопа водорода  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}(\text{D})$ ,  $^3\text{H}(\text{T})$  и шесть изотопов кислорода -  $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{19}\text{O}$  – образуют 36 изотопных разновидностей, из которых только 9 включают стабильные изотопы. Радиоактивные изотопы  $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{19}\text{O}$ , жизнь которых измеряется секундами, так же как и стабильный  $^{17}\text{O}$  (чрезвычайно слабо распространенный) практически не используется. Радиоактивный изотоп водорода - тритий с периодом полураспада 12,26 лет нашел применение в гидрологических и гидрогеологических исследованиях в сочетании со стабильными изотопами для установления происхождения и времени пребывания воды в зоне активного водообмена.

Наиболее существенную роль во всех природных процессах имеют соотношения стабильных изотопов водорода ( $\text{D}/^1\text{H}=1/6700$ ) и кислорода ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}=1/500$ ). Несмотря на относительную малость этих соотношений значимость их весьма существенна, поскольку, так же как радиоактивные, стабильные изотопы воздействуют на организм по мере накопления и в тоже время являются по сути мечеными атомами.

В настоящее время все результаты научных и прикладных исследований с применением стабильных изотопов воды принято представлять относительно Международных стандартов, разработанных под руководством МАГАТЭ с участием ряда лабораторий мира, в том числе лаборатории автора, являвшейся базовой лабораторией МАГАТЭ. Обычно все данные изотопных исследований представляют относительно стандарта SMOW в промилле (‰). SMOW - представляет собой среднюю пробу океанической воды с соленостью порядка 35‰, отобранную из Атлантического, Тихого и Индийского океанов в интервале глубин от 500 до 2000м в районах, удаленных от континентального стока и тщательно перемешанную. Были разработаны еще три стандарта (NBS-1, NBS-1A, SLAP), но мы на них останавливаться не будем.

Для оценки уровня опасности при использовании опресненной воды Средиземного моря представляет существенный интерес провести сравнительный анализ по некоторым гидрологическим и изотопным характеристикам между водами Каспийского и Средиземного морей, средней пробой воды Мирового океана и речными водами. Напомним, что в изотопно-гидрологических исследованиях принято, в качестве основных типов природных вод, рассматривать три типа с определенными значениями солености и изотопного состава: атмосферные осадки с поверхностными и приповерхностными водами, составляющими группу, т.н. метеогенных вод, морские и океанические воды и подземные воды глубокого залегания – седиментогенные воды. Сведения по этим типам вод получены путем обобщения материалов из литературных источников, а также фактических материалов автора. Прямые определения по Средиземному морю нами не проводились, но они были выполнены в Тирренском море, которое представляет собой часть акватории Средиземного моря.

Морская вода бессточного Каспийского моря характеризуется относительно низкими величинами солености и концентрации тяжелых изотопов водорода и кислорода, что связано с природой моря, его замкнутостью, существенной разбавленностью пресной водой, в связи с большим числом впадающих в него высокодебитных рек (Волга, Урал, Терек, Кура и др.). Средиземное море, являясь внутренним морем и как бы частью Мирового океана имеет, в несколько раз более высокие показатели содержания солей, дейтерия и кислорода-18 и этим существенно отличается от Каспийского. Это, прежде всего, означает, что если справедливо допущение об изотопно-обменных реакциях с участием объектов природных концентраций, то изменения (ухудшения) состояния здоровья израильтян можно ожидать существенно раньше, чем это имело место у жителей г. Шевченко. Тем более, если в опресненной воде будут находиться соединения, стимулирующие обменные процессы. Самые низкие значения и наибольший диапазон распределения установлены в области метеогенных вод, а значения  $\delta D = -428\text{‰}$  и  $\delta^{18}O = -55,5\text{‰}$  и близкие к ним, выявлены в ледниковой воде Антарктиды, которые, кстати, приняты в качестве одного из Международных стандартов изотопов воды (SLAP). Максимальная концентрация солей установлена в рассолах соленосных отложений Иркутского амфитеатра (620‰), Россия. Высокие значения S,  $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$  в воде Средиземного моря свидетельствуют о том, что к вопросу применения опресненной воды следует относиться с особой осторожностью и постараться избежать ее использования в качестве питьевой воды. Однако по стратегическим соображениям полностью от опресненной воды отказаться, видимо, не удастся, поскольку ее можно использовать в качестве вспомогательного источника воды для технических целей.

Что следует предпринять в данной сложившейся обстановке? По нашему мнению имеется несколько подходов, которые следует рассмотреть. Во-первых, необходимо со всей тщательностью изучить все особенности, связанные с опреснением воды, т.е. содержанием в воде радиоактивных и стабильных изотопов, включений и т.п. до и после опреснения. Во-вторых, контроль за всеми исследовательскими работами должен осуществляться специалистами Министерства здравоохранения в областях биологии, биохимии, генетики, химии изотопов. В-третьих, необходимо разделить подачу питьевой и технической воды к объектам пользования, как это делается в развитых странах (например, в Японии), а в содержание ГОСТ, а внести допустимые концентрации тяжелых изотопов водорода и кислорода в питьевой воде. В-четвертых, следует в очередной раз остановиться и напомнить о некоторых не очень новых и не очень простых способах обеспечения населения страны обычной пресной водой. В их рассмотрении и реализации должны принять участие специалисты Управления водного хозяйства, Институтов гидрологии и морей. Как представляется, изотопно-геохимические и другие исследования могут быть выполнены в организациях, где имеется соответствующая инструментальная база и специалисты.

Подведя итоги представленному, отметим, что в проблеме удовлетворения Израиля в воде путем опреснения много «но»: известный риск для здоровья населения, в связи с повышенным содержанием тяжелых изотопов (*медицина*), огромные энергозатраты (*экономика*), утилизация больших количеств солей (*экология*). Нам известны методы получения дополнительных объемов пресной воды в условиях Израиля, но это тема для следующей публикации.

При изучении распределения концентраций солености и тяжелых изотопов в различных типах природных вод, в частности в морской воде Средиземного моря, установлены высокие содержания солености и стабильных изотопов. В связи с отсутствием четких представлений о токсичности тяжелых стабильных изотопов – дейтерия и кислорода-18 при приеме опресненной морской воды в течении длительного периода и учитывая негативный питьевой опыт жителей г. Шевченко при использовании опресненной воды Каспийского моря, мы считаем, что без проведения самых тщательных медико-биологических исследований влияния изотопов на здоровье населения всей страны, подавать в водопроводную сеть опресненную морскую воду **НЕДОПУСТИМО!** Поскольку на данный период проблема носит национальный характер, следует *немедленно* прекратить подачу опресненной морской воды в гг. Ашкелон, Ашдод и Сдерот и другие. Эта вода может быть направлена в сеть только по специальному решению Кнессета. Лица, нарушившие данное положение должны быть привлечены к ответственности.

***В.Ветштейн***  
**04-998-57-15; 054-213-35-88**  
*Г. Кармиэль.*