

# Пресная вода для озера Кинерет и Мертвого моря.

## Самоокупаемые варианты

Д-р Семён Розенберг

*Научно-техническая ассоциация «Экологический императив»*

### Аннотация

***В статье автор рассматривает несколько вариантов пополнения пресной водой озера Кинерет и Мертвого моря. В частности, рассмотрен самоокупаемый Комплекс сооружений для получения пресной воды с помощью энергии Солнца и многоступенчатого испарителя. Комплекс сооружений получает воду Средиземного моря. С помощью Солнца Комплекс производит пресную воду, сухую морскую соль и коммерческую электроэнергию. Рассмотренные комплексы позволяют решить застарелые экологические проблемы высыхания озера Кинерет и Мертвого моря. Нет никаких технических проблем, все технические решения известны.***

### Существующее положение

Большинство известных проектов по спасению Мертвого моря предусматривают строительство туннелей. Строительство туннелей является наиболее дорогой и продолжительной частью проектов. Подразумевается, что построенные комплексы будут неприбыльными, так как прибыль от некоторого возврата электроэнергии через ГЭС не может компенсировать ни текущие расходы, ни миллиарды долларов, вложенные в строительство.

В декабре 2017 появилось сообщение [1], что «... Управление водных ресурсов Израиля рассматривает возможность строительства водовода, который будет закачивать опресненную воду в стремительно мелеющее из-за длительной засухи озеро Кинерет».

В июне 2018 сообщалось [2], в частности, что "... до 2030 г. власти [Израиля] планируют перекачивать в озеро 1 млрд. кубометров воды в год". Кроме того отмечено: " Однако ряд специалистов предупреждают, что очистка вод от солей требует высоких денежных и энергетических затрат, что может негативно отразиться на окружающей среде ". В другой публикации [3], пишут: « Эти установки [обратного осмоса] ведь очень дороги. Подобные тем, что действуют в Израиле — я имею в виду «большую пятерку» — обходятся в миллиард шекелей каждая».

Содержание проекта Управления водными ресурсами автор не обнаружил в интернете. Поэтому в данной статье рассмотрены некоторые варианты, которые возможны, по мнению автора.

### Особенности рассмотренных вариантов

## 1-ый Вариант.

Рассмотрим комплекс сооружений, состоящий из опреснительной станции, водоводов, насосной станции и ГЭС. Комплекс подает в озеро Кинерет опресненную воду, например, 500 млн. кубометров в год. В былые времена столько воды забирали из озера.

Опреснительная станция может находиться на берегу, на барже или на искусственном острове. Выбор расположения станции определяют по экономическим соображениям.

Водовод проложен от побережья моря севернее Хайфы до южного берега озера Кинерет. Водовод сооружают открытым способом – путем укладки труб по поверхности и в траншеях. Такая конструкция водовода позволит выполнить работы самым широким фронтом. Это существенно сократит сроки строительства и стоимость.

По водоводу из Средиземного моря подают 500 млн. кубометров пресной воды в год. Длина водовода 72 км, на 57-м км верхняя точка водовода на отметке 150 м - см. Рис.1. ГЭС расположена на 59-м км на отметке минус 200 м. Насосы и ГЭС работают 24 часа 7 дней 168 часов в неделю. Секундный расход воды в насосах и турбинах составляет 16 м<sup>3</sup>/с. Насосы получают энергию от ГЭС.

Водовод имеет 2 нитки диаметром по 3 м. Потеря напора 21 м ( $H=Q^2 * L/F^2 * C^2 * R$ ). [4]. Напор, создаваемый насосами, 171 м (=150+21). Суммарная электрическая мощность насосов составляет 31 МВт (=31 000 кВт =  $9.81 * 16 * 171 / 0.87$ ). Напор на турбинах ГЭС составляет 349 м (=150+200-1). Электрическая мощность составляет 48 МВт (=48 000 кВт =  $9.81 * 16 * 349 * 0.87$ ). Водовод от ГЭС до Кинерета имеет 2 нитки диаметром по 3 м, длина 13 000 м. Потеря напора  $H=5$  м [4]. Разность уровней от ГЭС до Кинерета составляет 17 м, поэтому вода течет самотеком.

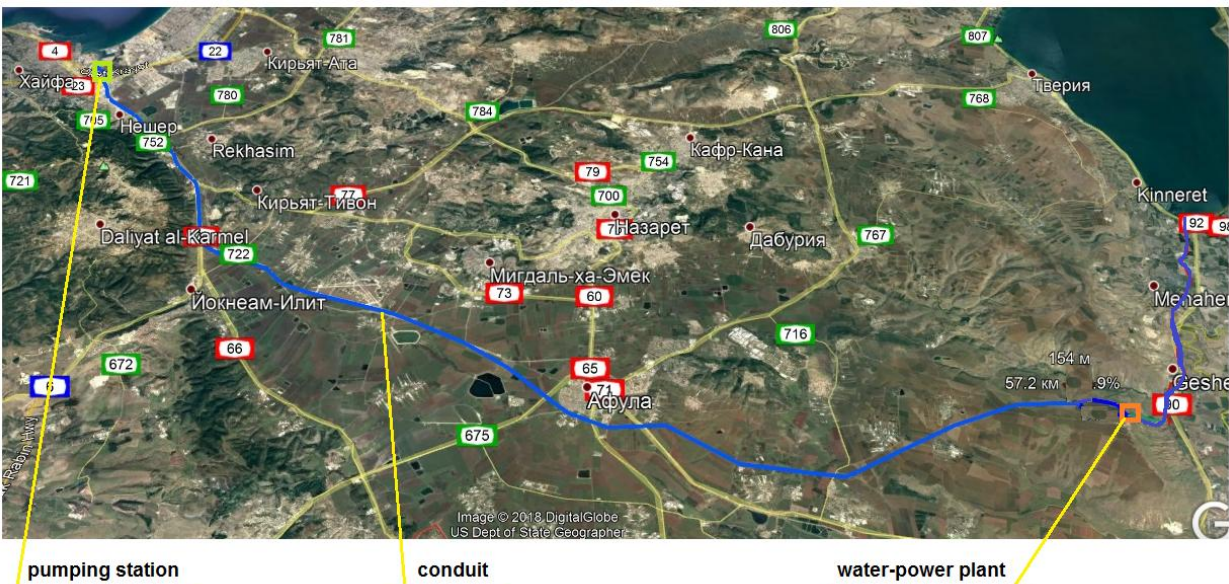


Рис.1

Генераторы имеют мощность 48 МВт, мощность насосов составляет 31 МВт, в сеть возвращают 17 МВт. Стоимость кВтч составляет 0.3545 шекелей/кВтч в среднем за год [5]. В Израиле для предприятий по опреснению воды имеется таблица тарифов на электроэнергию. Тарифы меняются по сезонам, дням недели и по часам. Возвращенная энергия составляет в год 148 000 000 кВтч, которая стоит 53 млн. шекелей.

Затраты энергии при производстве пресной воды обратным осмосом составляют 5...8 кВтч/м<sup>3</sup>. Для производства 500 млн. м<sup>3</sup> воды требуется энергия не менее 2 500 млн. кВтч (=5\*500), которая стоит 890 млн. шекелей. Стоимость потребляемой энергии в 17 раз (=890/53) превышает стоимость возвращаемой энергии через ГЭС.

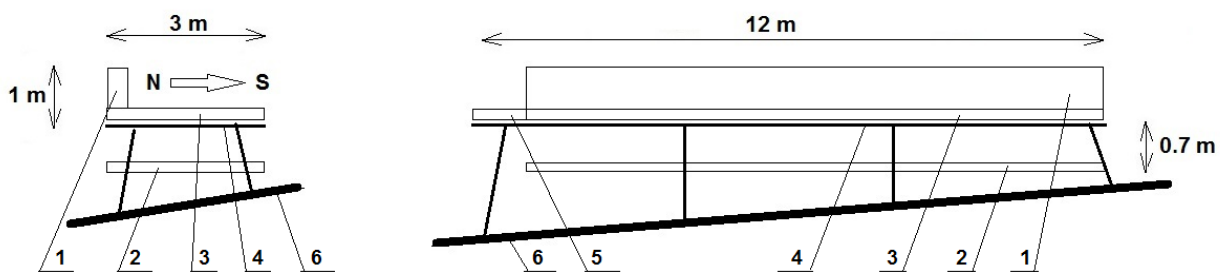
Т.о., Комплекс сооружений, состоящий из опреснительной станции, водоводов, насосной станции и ГЭС (общей стоимостью в миллиарды долларов) требует ежедневной оплаты потребляемой электроэнергии и оплаты текущего обслуживания всех сооружений.

## 2-ой Вариант.

Рассмотрим комплекс сооружений, состоящий из солнечных испарительных блоков, водоводов, насосных станций, ГЭС и небольшого водоема на восточном берегу озера. Комплекс производит для озера Кинерет пресную дождевую воду 500 млн. кубометров в год. В былые времена столько воды забирали из озера.

Солнечные испарительные блоки размещены на востоке от озера Кинерет. Для получения испарительными блоками 500 млн. кубометров воды за счет энергии Солнца требуется суммарная площадь блоков 50 км<sup>2</sup>.

Солнечные многоступенчатые испарительные блоки описаны в патентах и публикациях, например, [6]. В данной статье приводим краткое описание. Испарительный блок - см. Рис.2- имеет солнечные коллектора 3 общей площадью 28 м<sup>2</sup>, 7 испарительных ванн 1 каждая площадью 5 м<sup>2</sup>, ванну для полного выпаривания 2 площадью 30 м<sup>2</sup> и фотоэлектрические солнечную панель 5 мощностью 600-700 Ватт. Испарительный блок производит один кубометр конденсата в день. Суммарная площадь блока составляет 36 м<sup>2</sup>.



1- evaporative baths, 2- complete evaporation bath, 3- solar collectors, 4- platform, 5- photovoltaic panel, 6- ground

Рис. 2

Испарительные ванны расположены одна над другой. Исходную морскую воду подают в верхнюю испарительную ванну через клапан. Клапан соединен с сетью с морской водой. Вода из верхних ванн сливается в нижние через сливные трубки. Пары воды нижних ванн конденсируются на дне верхних ванн. Конденсат насосом закачивают в сеть пресной воды. Рассол из нижней испарительной ванны сливают через клапан в ванну для полного выпаривания.

Насос, клапана и другое управляющее оборудование питается только от фотоэлектрической панели. Испарительный блок полностью автономен: появилось Солнце, появилось напряжение на панели, вода под Солнцем нагрелась, пары конденсируются на днищах, конденсат перекачивают в сеть пресной воды. Солнце зашло, процессы остановились.

Удельный расход тепловой солнечной энергии составляет  $111 \text{ кВтч/т} = 96 \text{ ккал/кг}$  исходной воды. Испарительный блок в год производит 360 кубометров конденсата с площади  $36 \text{ м}^2 = 0.000036 \text{ км}^2$ , т.е. имеем  $360 \text{ м}^3 / 36 \text{ м}^2 \cdot \text{год} = 10 \text{ млн. м}^3 \text{ воды/км}^2 \cdot \text{год}$ .

Огромная территория, казалось бы! Но...! На восточной стороне озера имеем огромные пустующие гористые территории, не используемые в хозяйственных целях - см. Рис.3, 4. На Рис. 3, 4 часть гористых территорий выделена синим контуром, его площадь  $90 \text{ км}^2$ . Внутри синего контура имеем зеленые контуры – это используемые территории – поселения, сельхоз предприятия и др. Общая площадь используемых территорий составляет  $15 \text{ км}^2$  по состоянию на 2011 год. Остальная гористая территория  $75 \text{ км}^2$  вполне может быть использована для размещения испарительных блоков суммарной площадью  $50 \text{ км}^2$ .

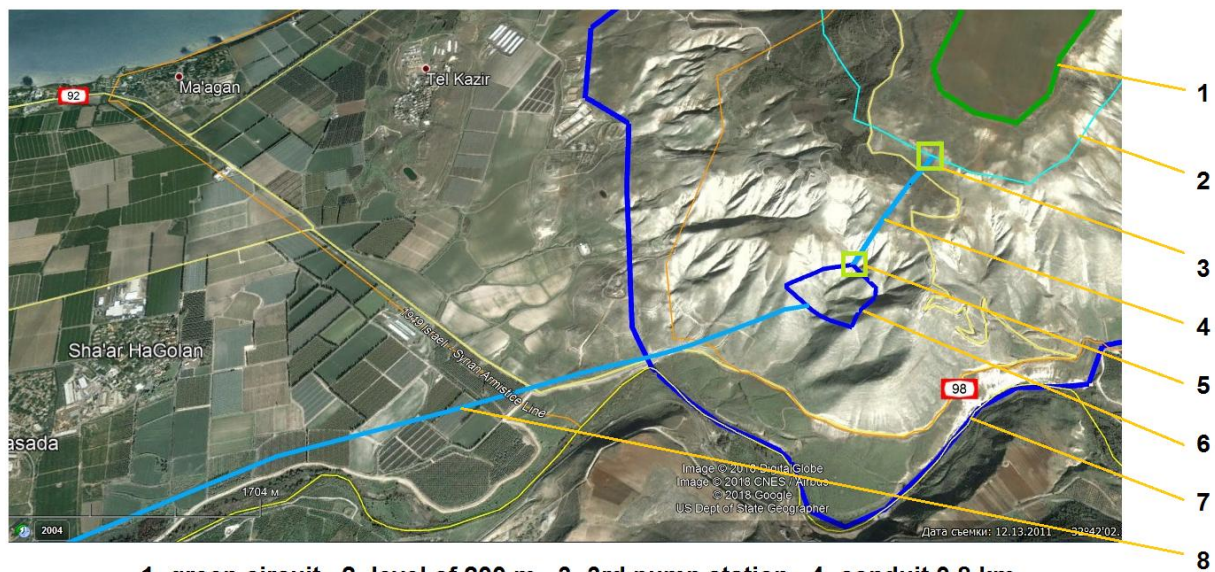
Одна тонна воды Средиземного моря содержит 39 кг солей и 961 кг воды. Из одной тонны исходной воды в 7-ми ваннах испаряются 875 кг воды. Из нижней испарительной ванны 125 кг рассола сливают в 8-ую ванну для полного выпаривания. В 8-ой ванне 86 кг воды из рассола полностью выпаривают, и 39 кг морской соли остается в ванне. Из верхней ванны 125 кг воды и из 8-ой ванны 86 кг испаряются в окружающий воздух. Конденсат 750 кг из 6-ти ванн собирают и закачивают в сеть пресной воды. Из 1-ой тонны исходной воды имеем 750 кг пресной воды. Получаемая вода является естественной фактически дождевой водой, но только чище, чем дожди в Израиле, т.к. не собирает из окружающей атмосферы пыль и другие загрязнения. В окружающий воздух испаряются 211 кг воды ( $=125+86$ ).

Для производства 500 млн. кубометров пресной воды в год в испарительные блоки необходимо подать 667 млн. кубометров морской воды ( $=500 \cdot 1000 / 750$ ). Кроме того в окружающий воздух 140 млн. кубометров воды ( $=500 \cdot 211 / 750$ ) испаряются с суммарной

площади ванн  $50 \text{ км}^2 (= (5+30)*500/360)$ . Мы получаем как бы озеро с морской водой площадью  $50 \text{ км}^2$ . Площадь озера Кинерет составляет около  $160 \text{ км}^2$ .

Водоводы проложены от побережья Средиземного моря севернее Хайфы до восточного берега озера Кинерет - см. Рис. 3, 4. Водоводы сооружают открытым способом – путем укладки труб по поверхности и в траншеях. Такая конструкция водовода позволит выполнить работы самым широким фронтом. Это существенно сократит сроки строительства и стоимость.

Суммарная длина водовода 71 км, на 58-м км на отметке 150 м верхняя точка водовода. Морская вода поступает в водоем, расположенный на востоке от озера на отметке минус 20 м. Водоем имеет площадь  $0.12 \text{ км}^2$  и объем 2.5 млн.  $\text{м}^3$ . Насосные станции на водоводе 3-х подъемов и расположены: первая в районе Хайфы, вторая на отметке минус 20 м после водоема, 3-ья на уровне +200 м. Насосы поднимают часть воды до уровня только 0 м, часть воды - до уровня 350 м. ГЭС расположена на отметке минус 210 м на берегу озера – см. Рис. 3, 4.



1- green circuit, 2- level of 200 m, 3- 3rd pump station, 4- conduit 0.8 km,  
5- 2nd pump station, 6- 0.12 km<sup>2</sup> reservoir, 7- blue contour 90 km<sup>2</sup>, 8- conduit 71 km

Рис. 3



Рис. 4.

Насосы 1-ой станции работают 24 часа 7 дней 168 часов в неделю и получают энергию от электросети. Средний секундный расход воды через 1-ую насосную станцию составляет  $21 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $=667\,000\,000/365*24*3\,600$ ). Другие насосные станции и ГЭС работает только при солнечном освещении, когда испарительные блоки выдают пресную воду. В летнее время это примерно до 12 часов, в зимнее время - около 8 часов в сутки. 500 млн. кубометров в год пресной воды пропускают через турбины в среднем за сутки по 10 часов. Средний секундный расход воды через 2-ую и 3-ью насосные станции составляет  $51 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $=667\,000\,000/365*10*3\,600$ ). Пресная вода после ГЭС поступает в озеро.

Разность уровней от Средиземного моря до водоема составляет минус 20 м. Секундный расход воды в насосах 1-ой станции составляет  $21 \text{ м}^3/\text{с}$ . Водовод от 1-ой станции длиной 71 км имеет 2 нитки диаметром по 3 м. Потеря напора составляет  $H=45 \text{ м}$  ( $H=Q^2 * L/F^2 * C^2 * R$ ) [4]. Суммарный напор составляет 25 м ( $= -20+45$ ). Суммарная электрическая мощность насосов 1-ой станции составляет 6 МВт ( $=6\,000 \text{ кВт} = 9.81*21*25/0.87$ ). Водовод от водоема имеет 2 нитки диаметром 3 м и длиной 0.8 км. Средний секундный расход воды в составляет  $51 \text{ м}^3/\text{с}$ . Потеря напора - 3 м. Суммарный напор составляет 223 м ( $= +20+200+3$ ). Суммарная электрическая мощность насосов 2-3-ой станций составляет 128 МВт ( $=128\,000 \text{ кВт} = 9.81*51*223/0.87$ ).

Каждый испарительный блок имеет насос, который качает пресную воду в сеть пресной воды. Давление в сети пресной воды поддерживают на уровне 370 м. Сеть пресной воды должна иметь сечение трубопроводов, которое обеспечит потерю напора, например, не более 20 м. Поток пресной воды из испарительного блока составляет в среднем  $0.028 \text{ литр/с}$  ( $=1/10*3600$ ). Максимальный поток, допустим, составляет  $0.06 \text{ литр/с}$ . Мощность насоса каждого блока должна быть не менее  $0.27 \text{ кВт}$  ( $=9.81*0.00006*370/0.8$ ).

ГЭС находится на отметке минус 210 м. Напор на турбинах ГЭС составляет 560 м ( $=370+210-20$ ). КПД в генераторном режиме 0.87. Объем пресной воды, производимой испарительными блоками, составляет 500 млн. кубометров в год. В среднем за год вода проходит через турбины за 10 часов в сутки. Расход воды составляет  $38 \text{ м}^3/\text{с}$ . Электрическая мощность ГЭС составляет 180 МВт. Пресная вода после ГЭС поступает в озеро.

Генераторы имеют мощность 180 МВт, суммарная мощность насосов составляет 134 МВт (=128+6). Насосы потребляют в сутки энергию 1 424 000 кВтч (6000\*24+128000\*10). Генераторы вырабатывают в сутки энергию 1 800 000 кВтч. В среднем в сутки генераторы возвращают в электросеть 376 000 кВтч (=1800 000-1424 000) и в год 137 000 000 кВтч. Средняя за год стоимость кВтч составляет 0.3545 шекелей/кВтч [5]. В Израиле для предприятий по опреснению воды имеется таблица тарифов на электроэнергию. Тарифы меняются по сезонам, дням недели и по часам. Возвращенная в год энергия 137 000 000 кВт\*ч стоит 49 млн. шекелей (=0.3545\*137 000 000).

Каждый кубометр морской воды содержит 39 кг солей. После полного выпаривания в испарительных блоках 667 млн. кубометров воды получаем 26 млн. тонн сухой морской соли. Цена 1-ой тонны морской соли составляет на мировом рынке от \$10 до \$40..100 [7, 8, 9]. Стоимость сухой соли, получаемой в испарительных блоках, составляет не менее 1/4 миллиарда долларов в год. В 2013 году общее мировое производство соли составило 264 миллиона тонн, пять из поставщиков были Китай (71 миллион), США (40 миллионов), Индия (18 миллионов), Германия (12 миллионов) и Канада (11 миллионов) [8]. Израиль (с 26-ти миллионами) сможет войти в число основных мировых поставщиков морской соли.

Комплекс сооружений, состоящий из солнечных испарительных блоков, водоводов, насосных станций, небольшого водоема и ГЭС, производит в год 500 млн. кубометров пресной воды для пополнения озера Кинерет, передает в электросеть энергию на 49 млн. шекелей и выдает сухую морскую соль, которая стоит не менее 1/4 миллиарда долларов.

Средства от продажи соли и возвращенная в сеть энергия смогут компенсировать затраты на текущее обслуживание всех сооружений и возмещение стоимости строительства. Кроме 500 млн. м<sup>3</sup> пресной воды, мы получаем как бы озеро с морской водой площадью 50 км<sup>2</sup>. С поверхности этого озера испаряется 140 млн. м<sup>3</sup> воды в год. Пресная фактически дождевая вода, потому живая вода, предотвратит засоление озера и порадует флору и фауну озера и всех граждан Израиля.

Испарительные блоки изготовлены из пластиковых материалов. Металл используют только в клапанах, насосах и в другом оборудовании. Солнечная энергия является прекрасным подарком Природы, но изготовление оборудования и строительство дорог и сети трубопроводов, естественно потребуют финансовых вложений. Вполне возможно, что для оздоровления озера Кинерет посчитают, что достаточно построить Комплекс производительностью только 200...300 млн. кубометров пресной воды.

Рассмотренный 2-ой вариант основан только на испытаниях автора действующего макета испарителя. Макет имел площадь поверхности, облучаемую солнцем 0.192 м<sup>2</sup>. Перед реальным проектированием должны быть выполнены НИОКР, и уточнены характеристики полноразмерного испарительного блока. Приведенные расчеты при реальном проектировании должны быть уточнены с учетом действующих нормативов.

### 3-ий Вариант

Рассмотрим комплекс сооружений, состоящий из солнечных испарительных блоков, водоводов, насосных станций, ГЭС и небольшого водоема (на уровне 300 м) над западным берегом Мертвого моря. Комплекс подает в море дождевую пресную воду, например, 500 млн. кубометров в год. Солнечные испарительные блоки размещены на западе от моря. Для получения испарительными блоками 500 млн. кубометров воды за счет энергии солнца требуется суммарная площадь блоков 50 км<sup>2</sup>.

Огромная территория, казалось бы! Но...! На западе от Мертвого моря имеем огромные пустующие гористые территории, не используемые в хозяйственных целях- см. Рис. 5, 6. На Рис. 5, 6 часть гористых территорий выделена синим контуром, его площадь 77 км<sup>2</sup>. Эта гористая территория вполне может быть использована для размещения испарительных блоков суммарной площадью 50 км<sup>2</sup>.



1- 1st pumping station, 2- 2nd pumping station, 3- 3rd pump station, 4- conduit 88.5 km, 5- 0.13 km<sup>2</sup> reservoir, 6- 4th pump station, 7- blue contour 77 km<sup>2</sup>, 8- conduit 1.6 km, 9- water-power plant, 10- open channel



Рис. 5

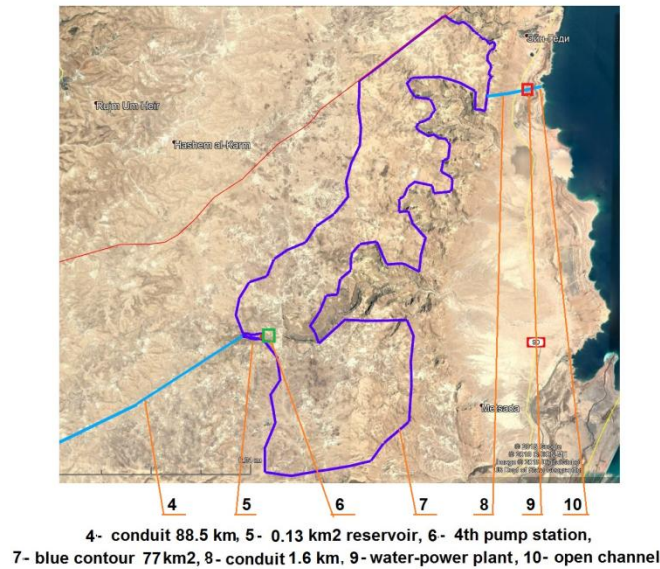


Рис. 6

Солнечные многоступенчатые испарительные блоки описаны в патентах и публикациях, например, [6]. В данной статье приводим краткое описание. Испарительный блок - см. Рис.2- имеет солнечные коллектора 3 общей площадью 28 м<sup>2</sup>, 7 испарительных ванн 1 каждая площадью 5 м<sup>2</sup>, ванну для полного выпаривания 2 площадью 30 м<sup>2</sup> и фотоэлектрические солнечную панель 5 мощностью 600-700 Ватт. Испарительный блок производит один кубометр конденсата в день. Суммарная площадь блока составляет 36 м<sup>2</sup>.

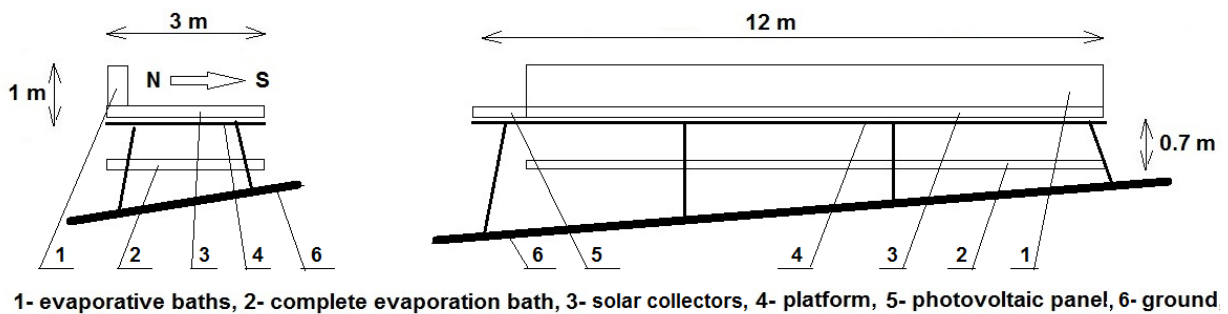


Рис. 2

Испарительные ванны расположены одна над другой. Исходную морскую воду подают в верхнюю испарительную ванну через клапан. Клапан соединен с сетью с морской водой. Вода из верхних ванн сливается в нижние через сливные трубки. Пары воды нижних ванн конденсируются на дне верхних ванн. Конденсат насосом закачивают в сеть пресной воды. Рассол из нижней испарительной ванны сливают через клапан в ванну для полного выпаривания.

Насос, клапана и другое управляющее оборудование питается только от фотоэлектрической панели. Испарительный блок полностью автономен: появилось Солнце, появилось напряжение на панели, вода под Солнцем нагрелась, пары конденсируются на днищах, конденсат перекачивают в сеть пресной воды. Солнце зашло, процессы остановились.

Удельный расход тепловой солнечной энергии составляет  $111 \text{ кВтч/т} = 96 \text{ ккал/кг}$  исходной воды. Испарительный блок в год производит 360 кубометров конденсата с площади  $36 \text{ м}^2 = 0.000036 \text{ км}^2$ , т.е. имеем  $360 \text{ м}^3 / 36 \text{ м}^2 \cdot \text{год} = 10 \text{ млн. м}^3 \text{ воды/км}^2 \cdot \text{год}$ .

Одна тонна воды Средиземного моря содержит 39 кг солей и 961 кг воды. Из одной тонны исходной воды в 7-ми ваннах испаряются 875 кг воды. Из нижней испарительной ванны 125 кг рассола сливают в 8-ую ванну для полного выпаривания. В 8-ой ванне 86 кг воды из рассола полностью выпаривают, и 39 кг морской соли остается в ванне. Из верхней ванны 125 кг воды и из 8-ой ванны 86 кг испаряются в окружающий воздух. Конденсат 750 кг из 6-ти ванн собирают и закачивают в сеть пресной воды. Из 1-ой тонны исходной воды имеем 750 кг пресной воды. Получаемая вода является естественной фактически дождевой водой, но только чище, чем дожди в Израиле, т.к. не собирает из окружающей атмосферы пыль и другие загрязнения. В окружающий воздух испаряются 211 кг воды ( $=125+86$ ).

Для производства 500 млн. кубометров пресной воды в год в испарительные блоки необходимо подать 667 млн. кубометров морской воды ( $=500 \cdot 1000/750$ ). Кроме того в окружающий воздух 140 млн. кубометров воды ( $=500 \cdot 211/750$ ) испаряются с суммарной площади ванн  $50 \text{ км}^2 (= (5+30) \cdot 500/360)$ . Мы получаем как бы озеро с морской водой площадью  $50 \text{ км}^2$ . Площадь северного бассейна Мертвого моря составляет около  $650 \text{ км}^2$ .

Водоводы проложены от побережья Средиземного моря севернее Ашкелона до западного берега северного бассейна Мертвого моря - см. Рис.5, 6. Водоводы сооружают открытым способом – путем укладки труб по поверхности и в траншеях. Такая конструкция водовода позволит выполнить работы самым широким фронтом. Это существенно сократит сроки строительства и стоимость.

Суммарная длина водоводов морской воды 88.5 км, на 74-м км на отметке 530 м верхняя точка водовода. Вода поступает в водоем, расположенный на гористой территории на отметке 300 м. Водоем имеет площадь  $0.13 \text{ км}^2$  и объемом 1.2 млн.  $\text{м}^3$ . Насосные станции на водоводе 4-х подъемов и расположены: первая в районе Ашкелона, вторая на уровне 170 м, 3-ья на уровне 350 м и 4-ая на уровне 300 м после водоема. ГЭС расположена на отметке минус 410 м на берегу северного бассейна - см. Рис.5, 6.

Насосы 1, 2 и 3-ей станции работают 24 часа 7 дней 168 часов в неделю и получают энергию от электросети. 4-ая станция и ГЭС работают только при солнечном освещении, когда испарительные блоки выдают пресную воду. В летнее время это примерно до 12

часов, в зимнее время - около 8 часов в сутки. В год в среднем за сутки по 10 часов через турбины пропускают 500 млн. кубометров пресной воды. Вода после ГЭС поступает в северный бассейн.

Разность уровней от Средиземного моря до водоема составляет 300 м. Секундный расход воды в насосах 1...3 станций составляет  $21 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $=667\,000\,000/365*24*3600$ ). Водоводы от 1...3 станций длиной 88.5 км имеет 2 нитки диаметром по 3 м. Потеря напора составляет  $H=56 \text{ м}$  ( $H=Q^2 * L/F^2 * C^2 * R$ ) [4].

Суммарный напор составляет 356 м ( $= 300+56$ ). Суммарная электрическая мощность насосов 1...3 станций составляет 84 МВт ( $=84\,000 \text{ кВт} =9.81*21*356/0.87$ ).

Морская вода из водовода поступает в сеть морской воды, к которой подсоединены все испарительные блоки. Сеть морской воды должна иметь сечение трубопроводов, которое обеспечит потерю напора, например, не более 30 м. Испарительные блоки расположены на уровне 100...320 м внутри синего контура - см. Рис.5, 6.

Суммарная потеря давления потому составляет 50 м ( $= +20+30$ ). Суммарная электрическая мощность насосов 4-ой станций составляет 29 МВт  $=29\,000 \text{ кВт}$  ( $=9.81*51*50/0.87$ ).

Каждый испарительный блок имеет насос, который качает пресную воду в сеть пресной воды. Давление в сети пресной воды поддерживают на уровне 440 м. Сеть пресной воды должна иметь сечение трубопроводов, которое обеспечит потерю напора, например, не более 30 м. Поток пресной воды из испарительного блока составляет в среднем 0.028 литр/с ( $=1/10*3600$ ). Максимальный поток, допустим, составляет 0.06 литр/с. Мощность насоса каждого блока должна быть не менее 0.33 кВт ( $=9.81*0.00006*440/0.8$ ).

Сеть пресной воды соединена с водоводом к ГЭС. Водовод к ГЭС длиной 1.6 км имеет 2 нитки диаметром 3 м. Расход пресной воды в год составляет 500 млн. кубометров, секундный расход в среднем за 10 часов в сутки составляет  $38 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $=500\,000\,000/365*10*3600$ ). Потеря напора составляет  $H=4 \text{ м}$  ( $H=Q^2 * L/F^2 * C^2 * R$ ) [4]. ГЭС находится на отметке минус 410 м. Напор на турбинах ГЭС составляет 816 м ( $=440+410-30-4$ ). КПД в генераторном режиме 0.87. Электрическая мощность составляет 265 МВт  $=265\,000 \text{ кВт}$  ( $=9.81*38*816*0.87$ ).

Генераторы имеют мощность 265 МВт, суммарная мощность насосов составляет 113 МВт ( $=84+29$ ). Насосы потребляют в сутки энергию 2 300 000 кВтч ( $=84\,000 *24+29000*10$ ).

Генераторы вырабатывают в сутки энергию 2 650 000 кВтч ( $=265\,000 *10$ ). В среднем в сутки генераторы возвращают в электросеть 350 000 кВтч ( $=2\,650\,000-2\,300\,000$ ) и в год 128 000 000 кВтч. Средняя за год стоимость кВтч составляет 0.3545 шекелей/кВтч [5]. В Израиле для предприятий по опреснению воды имеется таблица тарифов на электроэнергию. Тарифы меняются по сезонам, дням недели и по часам. Возвращенная в год энергия 128 000 000 кВт\*ч стоит 45 млн. шекелей.

Каждый кубометр морской воды содержит 39 кг солей. После полного выпаривания в испарительных блоках 667 млн. кубометров воды получаем 26 млн. тонн сухой морской соли. Цена 1-ой тонны морской соли составляет на мировом рынке от \$10 до \$40..100 [7, 8, 9]. Стоимость сухой соли, получаемой в испарительных блоках, составляет не менее 1/4 миллиарда долларов в год. В 2013 году общее мировое производство соли составило 264 миллиона тонн, пять из поставщиков были Китай (71 миллион), США (40 миллионов),

Индия (18 миллионов), Германия (12 миллионов) и Канада (11 миллионов) [8] . Израиль (с 26-ти миллионами) сможет войти в число основных мировых поставщиков морской соли.

Комплекс сооружений, состоящий из солнечных испарительных блоков, водоводов, насосных станций, небольшого водоема и ГЭС, производит в год 500 млн. кубометров пресной воды для пополнения Мертвого моря, передает в электросеть энергию на 45 млн. шекелей и выдает сухую морскую соль, которая стоит не менее 1/4 миллиарда долларов.

Средства от продажи соли и возвращенная в сеть энергия смогут компенсировать затраты на текущее обслуживание всех сооружений и возмещение стоимости строительства.

Кроме 500 млн. м<sup>3</sup> пресной воды, мы получаем как бы озеро с морской водой площадью 50 км<sup>2</sup>. С поверхности этого озера испаряется 140 млн. м<sup>3</sup> воды в год. Обильная, свежая практически дождевая вода, поэтому живая вода, позволит провести массовое озеленение этой гористой местности и вдохнет новую жизнь в регион Мертвого моря.

Испарительные блоки изготовлены из пластиковых материалов. Металл используют только в клапанах, насосах и в другом оборудовании. Солнечная энергия является прекрасным подарком Природы, но изготовление оборудования и строительство дорог и сети трубопроводов, естественно потребуют финансовых вложений. Вполне возможно, что для оздоровления Мертвого моря посчитают, что достаточно построить Комплекс производительностью только 200...300 млн. кубометров пресной воды.

Рассмотренные 2-ой и 3-ий варианты основаны только на испытаниях автора действующего макета испарителя. Макет имел площадь поверхности, облучаемую солнцем 0.192 м<sup>2</sup>. Перед реальным проектированием должны быть выполнены НИОКР, и уточнены характеристики полноразмерного испарительного блока. Приведенные расчеты должны быть уточнены с учетом действующих нормативов.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. [http://www.mignews.com/news/disasters/world/191217\\_134845\\_42942.html](http://www.mignews.com/news/disasters/world/191217_134845_42942.html)
2. <http://tass.ru/plus-one/5296090>
3. <http://detaly.co.il/stakan-napolovinu-pust/>
4. И.И. Ильяных «Гидроэлектростанции», Москва Энергоатомиздат 1988, стр.155.
5. <http://www.ide-tech.com/wp-content/uploads/2013/09/The-Operation-Principle-of-the-Hadera-Seawater-Desalination-Plant-and-Advantages-of-the-Pressure-Center-Design.pdf>

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕСНОЙ ВОДЫ, Д-р Семён Розенберг

<http://israscience.wixsite.com/iiads/publikacii> ,

<https://drive.google.com/file/d/0BzQzK8pTyFePNUpLTczVDVLYjNBQnBhdmN4R0ZUempGQlJj/view> ,

7. <https://www.alibaba.com/showroom/sea-salt-price.html>

8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Salt#Production>

9. <https://www.economist.com/business/2015/09/10/a-covenant-of-salt>

Д-р Семён Розенберг,

Мобильный телефон: 972 524854666, e-mail: [semyon.rozenberg@gmail.com](mailto:semyon.rozenberg@gmail.com)