УДК 913.1/913.8+626

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16549

ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АРИДНЫХ РАЙОНАХ НА ПРИМЕРЕ ДРЕВНЕГО И СОВРЕМЕННОГО ИЗРАИЛЯ

© 2018 В.А. Широкова¹, д.геогр.н., проф.,
О.А. Александровская¹, д.геогр.н., проф.,
Э.А. Лихачёва², д.геогр.н., проф.

¹ФГБУН Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН,
Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, 14,
e-mail: shirocova@gmail.com;

²ФГБУН Институт географии РАН, Россия, 109017,
г. Москва, Старомонетный пер., 29

Статья посвящена проблемам водных ресурсов и водопользованию в аридных районах на примере древнего и современного Израиля. При анализе истории водопользования обращается внимание и на рельеф и морфоструктуру территорий, определяющих месторасположение водоисточников и место развития древних городов. Большинство источников воды расположены вдоль зон линейных элементов. Рассмотрены водные системы, приуроченные к Иорданской впадине, и, в частности, водные системы конца ханаанских времён (XIV–XIII вв. до н.э.) и начала древнего Израильского царства; эллинский период в истории создания водных систем; система водопользования в древнем Иерусалиме; искусственные водные системы конца старой эры (I в. до н.э.).

Выдающиеся достижения инженерной и строительной практики древних израильтян в области водопользования опираются на их хорошее знание местных условий (в первую очередь особенности геологического строения) и умение при остром дефиците пресных вод собирать и сохранять её до следующих зимних дождей, бережно расходуя её в течение года. Опыт древних инженеров и поныне может служить достойным примером продуктивных отношений человека и природы.

Ключевые слова. Водопользование, водопотребление, гидротехнические сооружения, водные системы, Израильское царство, древний Израиль.

Введение

Водоснабжение крупнейших городов древности осуществлялось довольно сложными техническими сооружениями того времени – синнорами (туннелями), распространёнными во II–I тысячелетии до н.э. в древней Иудее, Сирии и Месопотамии. Их строили на вершинах гор и холмов, у подножия которых выходили источники, где брали воду горожане.

В древней Иудее, в стране, «текущей млеком и мёдом», как писал Лев Мечников, «дождей не хватало для того, чтобы могли вызреть хлебные растения. Это доказывает тем, что постройка цистерн и водопроводов для снабжения водою городов и полей и тогда уже считалась необходимой общественной работой.... Происходило это главным образом в октябре, когда обыкновенно выпадают первые ливни, и в апреле, когда ждут первых дождей» [Мечников, 2013].

В библейские времена жители Иудеи достигли больших высот в деле поиска источников воды и строительства сооружений для подачи воды в города и крепости. Здесь, в условиях крайнего дефицита воды, созданы оригинальные формы водоснабжения и водосбережения. Во всех случаях главной особенностью водопользования

остается умение собрать во время стремительных и коротких весенних или осенних паводков (если оно бывает) и сохранить воду пригодной для пользования до следующего паводка, с тем чтобы максимально обеспечить разнообразные потребности людей. Вода могла подаваться в города на значительные расстояния. И эти издавна сложившиеся трассы водоводов (более 3000 лет) нередко работают и в наши дни.

Имеющаяся по теме литература в основном опирается на богатые материалы раскопок второй половины XX в. Как правило, она издана на иврите и отчасти на английском языке. Есть и немногие переводные издания на русском языке [Иерусалим в веках, 1997–2000; Израиль, 1992; Мазар, 1989, 1996; Путеводитель..., 2006; Wilkinson, 1974].

Непосредственное знакомство с отдельными объектами Израиля в 2005–2011 гг. (рис. 1) и имеющимся литературным материалом о них позволило показать некоторые особенности использования скудных водных ресурсов на этой территории в древние времена [Александровская, 2007, 2008; Александровская, Шамис, 2008, 2009, 2012; Жидков, Шамис, 2010; Александровская, Широкова, 2010; Александровская и др., 2012].

Цель данной статьи – обобщение существующих данных о водопользовании на территории древней Иудеи. При анализе истории водопользования обращается внимание и на рельеф и морфоструктуру территорий, определяющих месторасположение водоисточников и место развития древних городов. Опыт древних инженеров и поныне может служить достойным примером продуктивных отношений человека и природы.

Рис. 1. Территория древней Галилеи и современного Израиля

Физико-географическая характеристика

Морфоструктура и морфоскульптура. Природную основу этой территории во многом определяет мощный Сирийско-Африканский разлом, частью которого является тектоническая впадина Гхор (Эль-Гор). Днище впадины на 200–295 м, а у Мёртвого моря до 400 м ниже уровня Мирового океана; длина её более 400 км, ширина от 5 до 25 км. Она обрамлена горами с высотами до 3 км. В границах впадины пресное озеро Кинерет (оно же Тивериадское, Генисаретское и Галилейское море), река Иордан и Мёртвое море (солёное бессточное озеро). Здесь самое низкое место суши и наиболее глубокая часть у Мёртвого моря. На севере впадину замыкает вулканический горный массив Хермон, вершина которого превышает 2000 м и большую часть года покрыта снегом. С впадиной Гхор связано и формирование водосборных бассейнов разного уровня.

Разлом Мёртвого моря – важнейший структурно-геоморфологический элемент территории Ближнего Востока (граница Аравийской литосферной плиты и Синайской субплиты, протягивающаяся от зоны спрединга рифта Красного моря до Таврской зоны коллизии в Турции) влияет и на сейсмичность, подземные воды и на ход эволюции человека. Это важнейший коридор, через который гоминиды расселялись из Африки, (остатки ранних гоминид были найдены в нескольких местах). В результате развития депрессии, начавшейся в миоцене и продолжающейся в настоящее время, сформировалась современная картина физико-географических ландшафтов.

Ускорение вертикальных движений вдоль разлома началось лишь немногим ранее начала переселения человека из Африки на север. По данным геофизических исследований, узкая зона разлома сечёт всю земную кору. Окраины его несколько приподняты, а днище опущено. Осадочные отложения заполняют рифт на 12 км в северной части бассейна Мёртвого моря и на 6 км – в южной.

Тектонические процессы изменили структуру земной коры вдоль разлома и обусловили формирование морфологии долины, где *возник уникальный микроклимат, и сложились идеальные условия окружающей среды*. В.В. Кюнтцель отмечает, что именно в активных зонах, обрамляющих Аравийскую плиту, возникли древнейшие города и центры земледелия. Это было обусловлено особенностями ландшафта, обводнённостью, разнообразием собираемых растений, среди которых можно было выбрать наиболее подходящие для воспроизведения [Кюнтцель, 1996]. Современные города Израиля могут развиваться в отдалении от источников воды за счёт подачи воды по Всеизраильскому водопроводу Кинерет–Негев и строятся с меньшей подчинённостью природным условиям. *И морфоструктурная обусловленность системы городского расселения, в которой присутствуют современные города, наблюдается достаточно чётко*, так как большинство источников воды расположено вдоль зон линеаментов, и связаны с зонами разломов, границами пластов пород, уступами и речными долинами [Атлас Израиля, 2008; Новый атлас Израиля, 2008].

Климат средиземноморский субтропический, с жарким сухим летом и относительно мягкой зимой. Максимум осадков приходится на лето, которое длится с мая до середины октября. Годовая норма осадков здесь колеблется от 20 мм/год в пустыне Негев до 1000 мм/год в Верхней Галилее; а кроме того, продолжительное жаркое и сухое лето ведут к крайнему дефициту пригодных для питья пресных поверхностных вод. По данным Географического справочника 1992 г., 60% выпадающих осадков испаряется, 35% просачивается и скапливается в подземных полостях

с водонепроницаемыми породами и лишь 5% приходится на зимний поверхностный сток.

Внутренние воды. Крупнейшая река страны Иордан (223 км) течет с севера на юг через Тивериадское озеро (Кинерет) и впадает в Мёртвое море. Другие реки коротки и пересыхают летом, за исключением рек Кишон (13 км) и Яркон (26 км), впадающих в Средиземное море у Хайфы и Тель-Авива. Имеются крупные озёра – пресное Тивериадское (Кинерет) в горах Галилеи (длина 21 км, ширина 12 км), уникальное бессточное солёное – Мёртвое море (длиной 75 км, шириной до 17 км), которое превосходит все озёра мира по уровню солёности воды (28–32%; в ней преобладают соли магния, натрия и брома). Действуют многочисленные минеральные источники.

Относительное обилие водных ресурсов на севере страны и почти полное их отсутствие на юге, сложный и контрастный рельеф создавали и создают большие сложности с водообеспечением большинства её районов. Пустыня Негев практически не участвует в пополнении водного потенциала, но потребляет значительное количество воды, поступающей ныне по водоводу с севера [Жидков, Шамис, 2010; Израиль, 1992; Николаева, Черногаева, 1977].

Водные системы, приуроченные к Иорданской впадине

Обычно, когда говорят о древних системах водоснабжения, вспоминают «акведуки» и добавляют: «сработанные ещё рабами Рима». Однако существуют ещё куда более древние системы водопользования самых разнообразных форм. Таковой является система водообеспечения *Иерихона* – одного из самых древних городов мира. Раскопками здесь открыто городище времён неолита. Его зарождение относят к VII тысячелетию до н.э. (т.е. возраст где-то около 9000 лет).

Основу водоснабжения древнего Иерихона лишь отчасти обеспечивал водосборный бассейн сезонно пересыхающих водотоков этой долины; главное – семь

постоянных источников трещинных артезианских вод в средней и нижней ее части, в том числе Эйн-Фара, Эйн-Фуар и самый крупный из них Эйн-Кельт. Эти места ныне объявлены природным заповедником, называемым Нахаль-Прат (рис. 2).

Рис. 2. Эйн-Кельт. Водосборник у источника.
На заднем плане слева выход 10-тикилометрового водовода до городища Иерихон

У выхода источника Эйн-Кельт устроен накопительный бассейн (ныне бетонный). От него идёт открытый водовод (длиной более 10 км), вырубленный по крутому скальному, почти отвесному склону, с точно рассчитанным небольшим уклоном, мимо скального монастыря Свя-

того Георгия, для которого это единственный источник пресной воды, и далее к Иерихону.

Немного ниже монастыря Святого Георгия на северном склоне Вади Кельт, на трассе древнего водовода, расположен комплекс бассейнов, обеспечивающих водой дворец Хасмонеев во II в. до н.э.; и серия небольших накопительных водоёмов одного из зимних дворцов Ирода, используемых в I в. до н.э. не только для повседневных бытовых нужд, но и для роскошных бань, а также более крупные бассейны, из которых шло снабжение водой двух дворцов и сада с разветвлённой системой орошения [Амит, 1989; Нецер, 1989].

Уникальность водовода определяется удачным соотношением размеров водосборника у выхода источника и главной трассой водовода, что позволяет этой системе минимизировать потери воды в ходе её транспортировки.

Своеобразна водная система оазиса *Кумран*, расположенного возле северо-западной оконечности Мёртвого моря, в зоне тектонического разлома, под крутой стеной западного борта сброса, обитатели оазиса могли располагать пресной водой, только при условии, что она без потерь будет собрана во время немногих весенних и осенних дождевых дней и сохранена до следующей осени [Алон, 2006; Амиран, 1947; Израиль, 1992]. Других источников пресной воды здесь нет. Собрать дождевую воду позволяет большая крутизна каменистых склонов, у подножия которых вода попадает в открытый канал длиной более 800 м, подводящий воду к поселению, где она системой водоводов и бассейнов разводится для самых различных нужд. Система водоснабжения была весьма разветвлённой, включающей множество больших и малых проточных бассейнов, а также накопительных резервуаров.

Особое значение придавалось вопросам чистоты воды. Поверхность всех каменных накопительных водоёмов, в которых хранилась и использовалась вода, была обработана специальной обмазкой, предохраняющей воду от «цветения». Сколько-нибудь крупные водосборники имели вырубленные в камне ступени, а то и лестницы, позволяющие осуществлять забор воды и наблюдения за её уровнем и чистотой в больших накопительных бассейнах.

Водные системы конца ханаанских времён (XIV–XIII вв. до н.э.) и начала древнего Израильского царства (XII–VIII в. до н.э.)

Раскопки в 65 км к югу от Иерусалима – в одном из древнейших мест поселений, а ныне национальном парке Беер-Шева, начатые в 1970-е гг., вскрыли 15 археологических слоёв, возраст которых охватывает XIV–VIII в. до н.э. (в том числе шесть – ханаанского времени и остальные – раннеизраильского). Материалы раскопок позволили реконструировать город VIII в. до н.э., общий план которого по форме напоминает яйцо. Сразу за передними воротами городской стены глубокий накопительный колодец для нужд пришельцев, останавливавшихся у главных ворот; вдоль двух кольцевых дорог, прорезанных поперечной дорогой, разветвлённая сеть улиц; основной водосборник расположен на севере в центре северных кварталов. Такие водосборники представляют собой глубокую шахту квадратного (в других случаях круглого) сечения, имеющую ступени, по которым можно было достичь водоносного слоя. Этот тип водной системы и её вариации имели весьма широкое распространение в XII–VIII в. до н.э. Вертикальная планировка была такова, что сточные воды выводились в очистительный канал, идущий от главных ворот за городские стены.

В ближайших окрестностях Беер-Шева есть и другие городища, на одном из которых вырыт колодец («колодец Авраама»), который питается грунтовыми водами, находящимися на сравнительно небольшой глубине. В том же районе, в 37 км к востоку от Беер-Шевы, у подножия холма Арад раскопками, начатыми в 1962 г. под руководством Р. Амиран, вскрыто древнее городище XVI в. до н.э., в ходе которых обнаружен глубокий накопительный колодец круглого сечения, выложенный камнем, из которого воду поднимали с помощью вьючных животных, а затем по водоводам заполняли каменные резервуары внутри крепости [Амит, 1989].

Эта схема со временем усложнялась и многократно варьировалась и в других природных районах страны. Древнейший город *Мегидо*, расположенный на высоком холме правого борта Изреельской долины, господствует над всей долиной, которая с ханаанских времён составляла важную часть пути из Египта в Междуречье [Амит, 1989; Нецер, 1989]. Мегидо снабжался водой от единственного источника, к которому вёл выложенный тёсаными камнями проход по склону холма, и затем вниз к источнику. В IX в. до н.э. был прорублен большой подземный туннель (верхняя часть системы поддерживалась подпорными стенками), а в скальном грунте пробили вертикальную шахту, внутри которой крутая спиральная лестница вела к полному проходу со ступенями, который, в свою очередь, завершался горизонтальным туннелем, выведшим к источнику. Позже шахту расширили и углубили (16 м) до уровня горизонтального туннеля (длиной около 50 м), который был удлинен и углублен так, чтобы вода естественно текла из источника, заполняя вертикальный шурф, превратившийся в своего рода накопительный колодец, откуда воду поднимали в город с помощью системы блоков, веревок и кожаных бадей (рис. 3).

Рисунок 3. Городище Мегидо

Один из важнейших центров Северной Галилеи у подножия Голанских высот *Хацор* упоминается в документе XVIII в. до н.э. [Алон, 2006; Израиль, 1992; Мазар, 1996]. По данным раскопок И. Ядина, в нём проживало до 25–30 тыс. жителей. Его расцвет связывают с XVIII–XVII вв. до н.э. В Хацоре глубина водной системы достигает 40 м. Она состоит из трёх частей: входная структура со спуском; вертикальная, почти прямоугольная в плане шахта (13×16), уходящая на глубину 19 м; и далее туннель 25 м длиной и 11 м глубиной, который заканчивался в подземной камере с

водой. Спускающиеся по спирали к резервуару ступени были настолько широки и пологи, что транспортировка воды осуществлялась на вьючных животных.

Известны и другие подобные подземные колодцы и туннели железного века, которые ведут к источникам, расположенным за пределами целого ряда древних городов. Таковы ступенчатые подземные туннели, спускающиеся параллельно склону холма непосредственно к источникам Гивона и Ивлеама. В *Гивоне*, одном из богатейших городов Ханаана, расположенном в Иудейских горах, был пробит ход непосредственно в водоносный слой для подпитки естественного расхода ключа. В дополнение к древним сооружениям вторая водопроводная система в Гивоне начиналась с большой круглой шахты (диаметром 11,3 м), по стенам которой шли вниз ступени по спирали, на глубине 10,8 м она заканчивалась туннелем, который наклонно спускался ещё на 13,6 м к подземному водоносному слою [Алон, 2006; Израиль, 1992; Мазар, 1996].

Способ подъёма воды с помощью глубокой шахты и туннеля, высеченных внутри города и достигающих естественного водоносного слоя, демонстрирует высокий уровень знаний древних израильтян IX–VIII в. до н.э. Эти сооружения не имеют прямых аналогов в сопредельных странах того времени, хотя отчасти сходные простые колодцы и туннели существовали и в микенской Греции и в Анатолии (в Урарту и Фригии).

Эллинский период в истории создания водных систем

Новый значительный подъём водного строительства связан с мощным проникновением в государственную и общественную жизнь Иудеи влияния эллинистической культуры (537 г. до н.э.). В этот исторический период был построен город *Циппори* (II в. до н.э.), расположенный в 10 км от Назарета, среди плодоносных равнин Нижней Галилеи с её округлыми холмами, на вершине одного из них. В 2,5 км от центра города группа родников Эй-нот-Циппори, расположенных у подножия холма, обеспечивала стабильность системы городского водоснабжения (их расход примерно 40 м³/ч). Однако основным источником всё же были поверхностные дождевые стоки. Холм обрамляли долины двух рек – Циппори и Нетофы, спускавшихся в Изреельскую долину. Площадь водосбора весьма значительна. По расчётам археологов в подземных водохранилищах Циппори скапливалось столько воды, что можно было обеспечить все необходимые нужды населения в 40–50 тыс. человек (бытовые, ритуальные, хозяйственные и пр.) [Александровская, Широкова, 2010; Алон, 2006; Израиль, 1992].

Водная система подземных водохранилищ Циппори поражает своими размерами и изобретательностью своих создателей. По существу это пещерная подземная река, поделённая рукотворными перемычками на секции, глубина которых 8–12 м, длина более 800 м. По всей видимости, в основе системы цепь пещер естественного происхождения, образовавшихся в доломитах и известняках, тщательно обработанных в течение столетий их пользователями. Водоводы и резервуары почти на всю высоту (или, вернее, глубину) «оштукатурены» специальной обмазкой, обеспечивающей гидроизоляцию и сохранность хорошего качества воды. Как правило, обмазка двухслойная (двух разных периодов). На входе (вблизи родников) сделана специальная шахта-отстойник. Затем вода поступает в водохранилище, дно которого покрыто пятью слоями обмазки, включая асфальт, для снижения просачивания воды.

Для поддержки стен резервуаров в отдельных местах сделаны дополнительные каменные вставки. В каждом резервуаре вырублены ступени, позволяющие вести постоянные наблюдения за уровнем и качеством воды. Существовала специальная эксплуатационная служба, которая выполняла эти работы (сохранились оттиски марки (штампа), которой пользовались древние инженеры-эксплуатационники). Центральный накопительный водоём (его длина примерно 260 м, глубина около 10 м, ширина колеблется от 2 до 4 м) в настоящее время обрушился. От него идёт 55-тиметровый туннель. Начало его имеет «клапан» для регулирования потока воды. Каждый водонакопительный бассейн имеет рядом резервуар для спуска и отстоя воды (около 5 м глубины), используемый для очистки воды в случае необходимости при обнаружении её загрязнения. Общий объём накопительных резервуаров примерно 4300 м³ воды.

Водовод, по которому из системы подземных резервуаров вода поступала в город, представлял собой вырубленный в скальных породах туннель (длиной 235 м), выводивший воду в открытый канал под стенами городских укреплений. Система подземных резервуаров создавалась в два строительных периода (в IV в. до н.э. и во II в. н.э.). Они действовали вплоть до VII в. Много накопительных цистерн, собиравших дождевые воды в жилых кварталах, существовало в верхней части города. В весеннее время широко использовали воды временных водотоков (Циппори и Нетофа). Их средний расход в это время до 100 м³/ч (рис. 4).

Рис. 4. Циппори. Спуск в подземные водохранилища

Северный водовод ведёт к открытому бассейну Машад (14×21×2,5 м) на краю города, который наполнялся весной и использовался летом для плавания. В непосредственной близости от водосборника Машад есть ещё один небольшой бассейн (5×9 м), защищённый крышей на 5-ти арках, известный как «водяная баня».

Многолетние раскопки и создание в *Бет-Шеане* национального парка наглядно раскрывают особенности жизни в этом эллинистическом городе и сохранившиеся элементы сложившейся здесь водной системы, главные из которых – западные бани на фундаментах более древнего здания, включающие 4 бассейна и 8 «горячих» и «тёплых» залов, крытых куполами и арками, куда из печного помещения нагретый воздух подавали под плиты пола и в трубы вдоль стен, и с полами, покрытыми

мрамором и мозаикой; центральное здание с трёх сторон, окружённое галереями, по краям которых бассейны с декоративными фонтанами; более скромные восточные бани включают в себя общественную уборную; и наконец, нимфеон – здание общественного фонтана с выразительным фасадом. К этому времени относится и водовод с керамическими трубами (аналог нижнему водоводу в Кесарии). Выверенные уклоны главных улиц обеспечивают надёжную систему отвода сточных вод. Источник поступления воды в эту систему – ручей Харод.

Система водопользования в древнем Иерусалиме

В *Иерусалиме*, который с XI в. до н.э. и до 70 г. н.э. был столицей древнего Еврейского царства, тесно сплелись все формы водопользования, характерные для разных этапов многовекового формирования цельной водной системы разновременных элементов, используемых в этом уникальном городе. Зарождение такой системы на безводном полупустынном плоскогорье к западу от Мёртвого моря восходит к первому постоянному поселению начала эпохи бронзы, главным звеном которой был источник Гихон артезианских трещинных вод у подножия южного склона горы. Он имеет «пульсирующий» характер: каждые несколько часов уровень воды ручья существенно повышается. Долгое время источник Гихон оставался практически единственным в системе водообеспечения древнего Иерусалима, если не считать небольших дворцовых и внутриквартальных выдолбленных в скальном основании накопительных цистерн, собиравших скудные дождевые воды. В городских кварталах, возникших между VII и VI вв. до н.э., наряду со скальными цистернами, воду накапливали в двух открытых водоёмах, располагавшихся в низменных частях города [Нир, 2000; Авиа Иона, Барас, 1983; Мазар, 1989; Хекер, 1966; Амиран, 1947; Shiloh, 1984; Ронен, 1997; Vincent, 1911; Wilkinson, 1974].

С ростом города жители стали всё больше испытывать дефицит воды. В 701 г. до н.э. были проведены крупные строительные работы, имевшие целью обеспечить водой жителей и войско защитников города в случае его осады. В толще скалы был прорублен так называемый Силоамский туннель длиной 533 м, по которому воды источника Гихон поступали в Силоамский накопительный водоём внутри городских стен. Работы велись двумя бригадами навстречу друг другу. Туннель проходит в толще горы под городом Давида по S-образной кривой. Он прорублен без вертикальных шахт, что делало работу особо трудной из-за недостатка воздуха и света, а также растущей удалённости от входа в туннель, через который выносили выработанный материал. Поражает филигранная точность работы двух групп проходчиков, которые смогли встретиться без промаха. Возможно, они придерживались естественной трещины в скальной стене. Другой водовод, значительно более древний, идёт от того же источника Гихон вдоль основания восточного склона горы, на которой находится город Давида, к накопительным водоёмам на юге. Он проложен частично в виде открытого водовода в земле, частично высечен в скале, в которой пробиты отверстия для отвода части воды на полив сельскохозяйственных земель в Кидронской долине. Ныне этот южный канал прослеживается не по всей длине, а лишь частично (в его начале, в середине и в конце); в общей сложности его протяжённость около 140 м. Главная часть этой системы – вертикальная «шахта Уоррена», которая напрямую связывала источник Гихон с вершиной холма. В 1867 г. он был открыт Уорреном и в 1909 г. исследован Паркером. По окончании раскопок участок над ним был засыпан.

В начале 1980-х гг. археолог И. Шило предпринял исследование ствола «шахты Уоррена» с помощью альпинистов и горных инженеров из Южной Африки. Устье «шахты» расположено выше линии укреплений города Давида, в помещении, вырубленном в скале. Её верхняя часть представляет собой наклонный коридор со ступеньками, который постепенно переходит в горизонтальный туннель высотой 10 м и шириной 3 м. Расстояние от входа до горизонтального туннеля Иезекиля 42 м. Затем он переходит в вертикальный колодец глубиной 15 м и достигает уровня воды, поступающей от Гихона по отростку упомянутого выше водовода. Геологическое исследование этого подземного сооружения проведено геологом Данном Гилем, который считал, что вертикальная часть «шахты» имеет естественное происхождение. Древние строители удачно включили природную трещину в общую систему водоснабжения. И. Шило полагает, что эта система создана в X или IX в. до н.э. А существенную часть её использовали и в более ранние времена [Shiloh, 1984].

Воды источника Гихон и дождевые воды, накапливаемые в цистернах и водоемах, служили многим поколениям горожан и в более поздние эпохи. Лишь в 70-е гг. до н.э. воду стали доставлять в Иерусалим с помощью созданной грандиозной системы водоводов, выходящих далеко за пределы города. В период времени 70–4 гг. до н.э. были объединены все древние водоводы и водосборники, а также созданы новые, в результате чего сложилась разветвлённая система невиданного до того масштаба. Она включала сеть водоводов и водохранилищ, которые наполнялись водами, расположенных на Хевронском нагорье в 40 км от Иерусалима, и дождевыми стоками с прилегающих к магистральному водоводу холмов. Центральным элементом этой системы, соиравшей воду с водосборных площадей, лежащих к югу от Иерусалима (20 км от города), были так называемые Соломоновы пруды, в число которых входили водонакопители естественного и искусственного происхождения, общей ёмкостью более 180 тыс. м³. Два водовода снабжали водой Соломоновы пруды и два из них выходили, транспортируя воду в Иерусалим. Эти водохранилища имели, таким образом, весьма обширный водосборный бассейн и выполняли важную регулирующую роль, в известной мере обеспечивая очистку вод путём их отстаивания.

В ряде мест для специальной службы, ответственной за состояние водной системы города, созданы наблюдательные колодцы, примером которого может служить сохранившийся колодец в районе Тальпийот.

По данным раскопок, в середине I в. н.э. в каждом доме (или группе жилищ) был, по меньшей мере, один резервуар, где накапливали дождевую воду. При раскопках Старого города обнаружены десятки «колодцев», бассейнов, цистерн и других накопителей разной величины, в том числе несколько значительных резервуаров под западной стеной Храмовой горы. Некоторые исследователи оценивают их общую вместимость в 40 тыс. м³ [Авиа-Иона, Барас, 1983]. Наличие таких запасов воды было особенно важно не только для местных жителей, но и для многочисленных паломников, прибывавших в Иерусалим на время религиозных праздников. Сложившаяся сеть городских накопительных водосборников всё равно не могла удовлетворить потребность в воде растущего населения Иерусалима.

Характерно, что вплоть до 1940-х гг. в Иерусалиме существовал порядок, по которому строители были обязаны оснащать дома подземными цистернами.

Искусственные водные системы I в. до н.э.

Иродианские водные системы – наивысшее и последнее достижение водопользования времён Иудейского царства, пример масштабной организации водоснабжения в жёстких условиях аридных территорий. Одно из первых грандиозных строительных и стратегических сооружений на краю нагорья Негев у Мёртвого моря – крепость *Масада* [Алон, 2006]. По словам Иосифа Флавия, эту скалу *«со всех сторон окружают ущелья недоступной для взгляда глубины и кручи, повсюду не достижимые ни для одного живого существа»*. И там же: *«со всех сторон зияют глубины ущелья, способные ужасностью своей смутить любую отвагу»* [Иосиф Флавий, 1993]. Окружающая местность издревле была пустынна, безводна и безлюдна. Однако утёс занимал стратегически важное место у самого узкого и мелкого места Мёртвого моря.

Первой задачей строителей Масады стало создание надёжных систем наземных и подземных водосборников и водоводов. Природных родников здесь нет. Осадки выпадают в течение немногих дней (а то и часов) в году. Соответственно необходимо успеть сразу же перехватить потоки воды и направить их в хорошо подготовленные резервуары. Для этого были возведены плотины на двух обрамляющих скалу сезонно пересыхающих долинах (Вади Масад с севера и Бен-Яир с юга) и вырублены водоводы, отводившие осадки в 12 больших подземных резервуаров, устроенных на двух уровнях в нижней части склона и вмещавших около 40 тыс. м³ воды. Из этих цистерн по крутой тропе, проложенной по северному гребню скалы, выючные животные поднимали воду на верхнюю площадку крепости к «водяным воротам», у которой был устроен накопительный водосборник пещерного типа. Часть собранной воды направляли в открытые и подземные резервуары, предназначенные для повседневных нужд. Часть резервных вод шла самотёком в водосборники на нижние ярусы Северного дворца.

Были в Масаде и резервуары, которые заполнялись во время ливневых дождей за счёт естественного поверхностного стока благодаря грамотной планировке. Используя более высокое положение северной части дворцового комплекса и складов над всей площадкой Масады, собирали воду и по оштукатуренному водоводу, идущему от Змеиной тропы, заполняли накопительный колодец на восточной стороне, а также водосборник и плавательный бассейн (вместимостью 550 м³) на юге. Собранной воды хватало на все нужды: для приготовления пищи, терм, плавательного бассейна, ритуальных омовений, для гарнизона и мастерских, для богатых и бедных. Но была и другая задача – сохранить воду. Как и в более ранних городских поселениях, стены и дно каждого резервуара покрывались несколькими слоями специальной плотной, гладкой, водонепроницаемой белой обмазкой с дезинфицирующими добавками. Судя по всему, существовала специальная эксплуатационная служба, поддерживавшая водные системы Масады в рабочем состоянии и осуществлявшая регулярные наблюдения за состоянием водосборников, чистку водоводов и пр. Во всяком случае, об этом недвусмысленно свидетельствует наличие высеченной в скале лестницы в 64 ступени, достигающей дна южного водосборника.

Следующий блистательный строительный проект этого времени – *Иродион*. Он был построен в 23–20 гг. до н.э. у западной оконечности Иудейской пустыни, в 15 км к югу от Иерусалима и в 5 км к юго-востоку от Вифлеема, при дороге, ведущей к Мёртвому морю [Александровская, Широкова и др., 2012; Нир, 2000]. В основании крепости дворца – природный холм, который возвышается над окружающей

местностью более чем на 70 м. Его вершина имеет правильную конусообразную рукотворную форму. Крепость, в отличие от Масады, была защищена необыкновенно высокой кольцевой стеной высотой более 15 м. Пространство между стенами – коридор для прохода и склады. Над стенами возвышались три полые полукруглые и одна монолитная круглая башни. В ходе раскопок найдены фундаменты дворца с тронным залом и жилыми помещениями, термы с тремя банными комнатами: сухой парной, холодной, для которой привозили лёд с горы Хермон, и с обычной водой. Обслуживала крепость сложная система подземных, покрытых обмазкой водосборников глубиной до 15 м, лестниц и водоводов, вырубленных в теле горы.

У подножия горы в годы расцвета Иродиона располагался Нижний Иродион, где размещались разного рода административные службы, виллы родственников и приближённых царя. Структурообразующим элементом этого комплекса был открытый бассейн (70×45 м), в центре которого стояла круглая башня. С трёх сторон его окружал обширный сад, обрамлённый колоннадами, с северо-востока к нему примыкал служебный корпус со складами, а с юго-запада – большие термы с обычным набором помещений: раздевалка, тёплые и горячие комнаты, печь.

Последний крупный строительный проект старой эры – город у Средиземного моря – *Кесария* на севере долины Шарон (Алон, 2006). Система водоснабжения в городе, бывшая тогда одной из самых передовых, обеспечивала горожанам очень высокий уровень комфорта: водообеспечение каждого домовладения, общественные бани, бассейны для купания и ритуальных омовений, надёжную систему канализации и пр. Водовод, построенный Иродом Великим вдоль берега моря, нёс воды группы родников Эйн-Шоми, расположенных на южном склоне Кармеля, сначала в туннеле, вырубленном в скалах, затем, на подходе к городу, по арочному акведуку высотой около 8 м над поверхностью земли (7 керамических труб диаметром в 30 см каждая). В византийские времена система была дополнена накопительным водохранилищем у небольшой всхолмлённой гряды на прибрежной равнине, от которого 12 км вода шла самотёком по керамическим трубам, собранным в пучки по три в каждом ряду. Между двумя линиями римского и византийского водоводов при входе в город были сделаны рокадные связки, а в самом городе – искусная разводка труб. Водой были обеспечены не только питьевые, но и другие бытовые и ритуальные нужды. Её запасы позволяли развивать в округе искусственное орошение, а с ним и сельское хозяйство. Особенно славились кесарийские гранаты. Чудом техники того времени стал порт (общей площадью более 9 тыс. м²; одни причалы – более 1,5 тыс. м²), включавший внешнюю бухту с дугообразным волнорезом (40 м длиной), сложенным из базальтовых глыб длиной до 15 м (для скрепляющего раствора применялась смесь растёртой древесины и вулканического пепла), и внутреннюю гавань, дно которой углубили, выложив его каменными глыбами. Кроме того, здесь были сооружены высокий мол и система каналов, предохраняющие портовые сооружения от наносов ила и песка. За пирсом находились складские помещения с арочными строениями.

Созданная в Кесарии система водоснабжения города была в те времена одной из самых совершенных. Вода поступала от двух источников: из группы родников Эйн-Шоми (в 12 км к северу от города) на южных склонах гряды Кармель, от которой нижний водовод шёл вдоль берега моря почти по самому его краю, и по верхнему водоводу у подножия Кармеля – из водохранилища (в 7 км к северо-востоку от города) за плотиной на ручье Таниним (ручей Крокодилов), собиравшего воды более

отдалённых источников (помимо ручья Крокодилов, это родник Эйн-Цур и речка Снонит). Оба существенно отличаются от ранее описанных иорданских водных систем. По пути в Кесарию Верхний водовод проходил через туннель, вырубленный в скалах Ха-Кур Кар ха-Тихона (средний уклон – 0,2%). На подходе к городу арочный акведук пересекал заболоченное пространство и подводил воду к городу на высоте примерно 8 м над уровнем моря. Акведук нёс 7 керамических труб по 30 см в диаметре каждая. По Нижнему водоводу от накопительного водохранилища 7 км вода шла самотёком по 24 керамическим трубам того же диаметра, собранным в пучки по три в каждом ряду. Сегодня участок Нижнего водовода можно видеть у селения Джиср-эз-Зарка.

К западу от этого места водовод проходил по туннелю через известковую грядку. В самом городе вода шла по подземному туннелю протяжённостью в 400 м. Между верхней и нижней линиями водоводов были сделаны рокадные связи при входе в город и разводка системы труб в самом городе. В те времена за состоянием водоводов в Кесарии отвечал римский проконсул. В VI в. за ними перестали следить. Водой были обеспечены не только питьевые и другие бытовые нужды населения; её запасы позволяли развивать в округе искусственное орошение, а с ним и сельское хозяйство. Безупречно была организована и система отвода сточных вод.

В 1932 г. на землях, купленных Фондом Ротшильда, который предполагал здесь устроить курорт, начались систематические раскопки, которые продолжаются непрерывно и в настоящее время. В 1940 г. к югу от руин основан кибуц Стод-Ям, а в 1963 м – национальный парк.

Уроки истории и новые перспективы

Многие рассматриваемые нами сооружения и устройства системы разных времён и типов во второй половине XX в. стали своего рода музейными экспонатами в национальных парках Израиля. Искусственные водные системы раннеизраильского, византийского, эллинистического и иродианского периодов успешно действовали на протяжении многих веков. Сеть масштабных акведуков охватила в первые века новой эры все провинции Римской империи (I в. до н.э. – IV в. н.э.), от Передней Азии и Африки до Лузитании на Иберийском полуострове, а также другие места Европы, входившие в состав империи. Система римских водоводов хорошо изучена и известна более других. Только в Риме в IV–V вв. 11 акведуков ежедневно поставляли 1,5 млрд. л воды, которая снабжала 1212 фонтанов, 937 публичных терм, 11 императорских термальных лечебниц. Длина водопроводных труб здесь составляла от 20 до 80 км. Широко использовались разнообразные сложные водоподъёмные устройства. Примером может служить водоподъёмная система в гавани Косса. Подобные устройства служили для подъёма воды из бассейна в цистерну и были распространены по всей Римской империи. В крупных центрах Византии в IV–XV вв. широко применялось строительство больших подземных цистерн, но ничего нового в области создания водных систем в византийские времена не отмечается.

Постепенное и повсеместное разрушение древних водных систем началось в XII–XV вв. Ко времени Британского мандата (1918–1948) даже иерусалимские колодцы дошли до крайней степени запущенности. Британским властям пришлось заняться очисткой вод городских колодцев. Но вскоре они поняли, что этого недостаточно.

Началом нового этапа развития водообеспечения стало возведение в 1918 г. близ Иерусалима первой водонапорной башни и прокладки трубопроводов для водоснабжения армии и общественных учреждений (больниц, школ, монастырей). Проблема поисков источников, транспортировки и использования пресных вод, стала ключевой с первых дней провозглашения государства Израиль в 1948 г.

Современный среднегодовой водный потенциал Израиля составляют поверхностные водотоки и постоянные выходы природных трещинных вод (900 млн м³). Существенная часть пресной воды добывается из подземных источников. В горных районах это бурение артезианских скважин, а на Приморской равнине – использование больших пресноводных линз в береговых дюнах и прибрежный средиземноморский водоносный горизонт (от берега моря до подножия Иудейских гор), из которого ежегодно выкачивается 500 млн м³, а также водоносный горизонт Изреельской долины – пласт в пористых, но твёрдых породах, с пресной водой особо высокого качества.

Главный природный резервуар пресной воды – озеро Кинерет, которое в основном пополняется водой трёх верхних истоков реки Иордан – Баниас (или Хермон), Дан и Снир, объём стока которых составляет около 520 млн м³ в год. Воды реки Ярмук, левого притока реки Иордан, впадающего южнее озера Кинерет (около 540 млн м³/год), большей частью разбираются для орошения земель Иордании и в названном балансе не учитываются. Используемые водные ресурсы не превышают 15% годовых осадков.

В 1964 г. введён в эксплуатацию Всеизраильский водовод длиной 130 км, по которому вода из Тивериадского озера (Кинерет) поступает по системе трубопроводов, акведуков, открытых каналов, водохранилищ, туннелей, плотин и водонапорных станций во все районы страны, включая северную часть Негева. Площадь орошаемых земель составляет 1990 км².

Для рационального использования природных вод создана сеть накопительных водосборников разного рода. Практикуется и повторное использование отработанных сточных вод и закачка предварительно отфильтрованных и обеззараженных сточных вод с помощью специальных биологических мембран в водоносные горизонты. Возврат сточных вод составляет 100 млн м³.

Древнеизраильская традиция собирать, сохранять, расходовать воду в наши дни нашла своё замечательное развитие. Без орошения в современном Израиле невозможно земледелие. Широко применяемая в Израиле капельная система (будь-то плодовые деревья, виноградники, плантации овощей и технических культур или леса и цветники) позволяет расходовать воду предельно экономно. При этом, если во многих странах, расположенных в аридных областях, пустыни наступают на поля, то в Израиле площади пустынь сокращаются.

По последним данным, каждый израильтянин ежедневно расходует в среднем на бытовые нужды от 250 до 300 л, по меркам развитых стран это немного (американцы до 500 л), но при том, что уже сейчас в Израиле проживает более 8 млн человек, только на бытовые нужды ежегодно требуется около 300 млн м³, да плюс воды для промышленного и сельскохозяйственного использования. Тут никаких водных ресурсов не напасёшься! Но, зная традиционную способность израильтян к изобретательности и бережному отношению к воде, можно не сомневаться – выход будет найден. Но это уже будут новые отношения человека с водой.

Понимая всю остроту проблемы пресной воды в современном мире, в Израи-

ле настойчиво ищут новые пути её решения. С начала 2000-х гг. опреснение морской воды здесь стало стратегическим направлением в развитии водоснабжения. В 2005 г. в Ашкелоне была запущена крупнейшая в мире опреснительная установка мощностью 100 млн м³/год. После дополнительной реминерализации эта вода непосредственно поступает во Всеизраильский водопровод. Станция имеет 20 бассейнов предварительной очистки, 40 тыс. полимерных фильтров и собственную тепловую электростанцию. В настоящее время в стране уже пять опреснительных заводов – в Сореке, Эйлате, Ашкелоне, Пальмахим, Хадере, Ашдоде. Новый завод в Сореке самый мощный: объём вырабатываемой пресной воды – 150 млн м³ в год. Планируется также расширение завода в Пальмахим. В сумме, пять опреснительных заводов дают Израилю около 600 млн м³/год. С учётом озера Кинерет, горных источников, подземных вод и очищенных сточных вод получается следующий годовой баланс: домохозяйка – 800 млн м³ пресной воды, сельское хозяйство – 550 млн, промышленность – 90 млн. Израиль полностью обеспечивает себя пресной водой. Бытовавший в прежние времена дефицит воды полностью устранён [Темрев, 2008].

Значение источников воды для возникновения и существования городов в прошлом очевидно. «Все путешествующие по Земле Обетованной с гнетущим постоянством повторяют справедливое утверждение, что *история этой страны «писана водой»*. Дороги, деревни и даже города исчезали с карты, но «источники, бьющие из скал, остаются безусловным и неизменным фактором в жизни страны и истинными указателями для историков».

Литература

1. Авиа Иона М., Барас Ц. Иерусалим в римскую эллинистическую эпоху // В кн.: Общество и религия в эпоху Второго храма. – Иерусалим. – 1983. – С. 152–181.
2. Александровская О.А. Древнейшие системы водоснабжения Иерусалима // В сб.: Институт истории естествознания и техники: Год. науч. конф. – М.: ИИЕТ РАН, 2007. – С. 398–399.
3. Александровская О.А. Водные системы Иерихона и Кумрана // В сб.: История наук о Земле, вып. 2. – М.: ИИЕТ РАН, 2008. – С. 31–36.
4. Александровская О.А., Шамис В.А. Водные ресурсы и особенности водопользования в Земле Обетованной // В сб.: Институт истории естествознания и техники: Год. науч. конф. – М.: ИИЕТ РАН, 2008. – С. 330–331.
5. Александровская О.А., Шамис В.А. Искусственные водные системы древней Галилеи // В кн.: Очерки по геоморфологии урбосферы. / Отв. ред. Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2009. – С. 143–161.
6. Александровская О.А., Шамис В.А. Искусственные водные системы времён Ирода Великого // Вопросы истории естествознания и техники. – 2012. – №1. – С. 67–85.
7. Александровская О.А., Широкова В.А. Исторический опыт водопользования в Древнем Израильском царстве VIII до н.э. – II в. н.э. // В сб.: Геоэкологические проблемы современности. – Владимир. – 2010. – С. 349–352.
8. Александровская О.А., Широкова В.А., Жидков М.П., Шамис В.А. Водопользование: очерки истории. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2012. – 184 с.
9. Алон А. Путеводитель по национальным паркам и заповедникам Израиля. – Иерусалим. – 2006. – 162 с.

10. Амиран Р. Водоснабжение Иерусалима в древние времена // В сб.: Иерусалимский сборник. – Иерусалим. – 1947. – С. 11–48.
11. Амит Д. Доставка воды в крепость Кипрос // В кн.: Древние акведуки Эрец Исраэль. Под ред. Амир Д., Хиршфельд И., Патрих И. – Иерусалим. – 1989. – С. 229–243.
12. Атлас Израиля. – Тель-Авив. – 2008. – 156 с.
13. Жидков М.П., Шамис В.А. Иерархическая система морфоструктур и её влияние на расположение городов Иудеи, Самарии и Галилеи // В сб.: Геоморфологические системы. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. – С. 78–100.
14. Израиль: Геогр. справ. – СПб., Иерусалим. – 1992. – 260 с.
15. Иосиф Флавий. Иудейская война / Пер. М. Финкельберг. – М., Иерусалим. – 1993. – 512 с.
16. Кюнтцель В.В. Энергостокковые зоны и их воздействие на биосферу // Гео-экология. – 1996. – №3. – С. 3–9.
17. Мазар А. Обзор водоводов, ведущих в Иерусалим // В кн.: Древние акведуки в Эрец Исраэль. – Иерусалим. – 1989. – С. 155–197.
18. Мазар А. Археология библейской земли. Кн. 1. – Иерусалим: Библиотека – Алия, 1996. – 267 с.
19. Мечников Л.И. Цивилизации и великие исторические реки. – М.: Айрис-Пресс, 2013. – 320 с.
20. Мортон Г.В. Святая земля. Путешествие по библейским местам. – М.: Эксмо; СПб.: Мидгард, 2009. – 960 с.
21. Нецер Й. Иерихонский водовод и усадьба Хасмонеев // В кн.: Древние акведуки в Эрец-Исраэль. – Иерусалим, 1989. – С. 273–283.
22. Николаева Г.М., Черногаева Г.М. Водный баланс Азии. – М.: Советское радио, 1977. – 115 с.
23. Нир Р. От Иевусейского города к столице Израиля // В кн.: Иерусалим в веках, ч. 1. – Тель-Авив. – 2000. – 221 с.
24. Новый атлас Израиля. – Иерусалим. – 2008. – 180 с.
25. Путеводитель по национальным паркам и заповедникам Израиля. – Иерусалим. – 2006. – 120 с.
26. Ронен И. Иерусалим под властью Рима // В кн.: Иерусалим в веках, ч. 3. – Тель-Авив. – 1997. – 218 с.
27. Темерев А. Великое опреснение // Вокруг света. – 2008. – №5. – С. 45–63.
28. Хекер М. Водоснабжение в древнем Иерусалиме // В кн.: Иерусалимский сборник. – Иерусалим. – 1966. – С. 191–218.
29. Shiloh Y. Excavations at the City of David: Vol. I: 1978–1982: Interim Report of the First Five Seasons. Qedem 19. – Jerusalem: Institute of Archaeology. – 1984. – Pp. 1–28.
30. Vincent L.-H. Underground Jerusalem: Discoveries on the Hill of Ophel (1909–11). – London. – 1911. – Pp. 8–18.
31. Wilkinson J. Ancient Jerusalem: Its Water Supply and Population // Palestine Exploration Quarterly. – 1974. – Vol. 106. – Pp. 33–51.

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16549

PROBLEMS OF WATER RESOURCES AND WATER USE IN ARID REGIONS, USING THE EXAMPLE OF ANCIENT AND MODERN ISRAEL

© 2018 V.A. Shirokova¹, Sc. Doctor (Geogr.), Prof., O.A. Alexandrovskaya¹,
Sc. Doctor (Geogr.), Prof., E.A. Likhacheva², Sc. Doctor (Geogr.), Prof.

¹S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian
Academy of Sciences, Russia, 125315, Baltiyskaya Str., 14, Moscow, e-mail:
shirocova@gmail.com;

²Institute of Geography RAS, Russia, 109017, Moscow, Staromonetny Lane, 29,

The article is devoted to problems of water resources and water use in arid regions at the example of ancient and modern Israel. When analyzing the history of water management also drew attention to the relief and morphological structure, defining the location of water sources and development of ancient cities. Most water sources are located along zones of lineament. Discussed the water system, dedicated to the Jordan basin, and in particular, the water system of the late Canaanite era (XIV–XIII centuries BC) and the beginning of the ancient Kingdom of Israel; the Hellenistic period in the history of the water systems; the system of water in ancient Jerusalem; artificial water system of the end of the old era (I century BC).

Outstanding achievements of engineering and construction practices of the ancient Israelites in the area of water management based on their good knowledge of local conditions (primarily the features of the geological structure) and ability in acute shortage of fresh water to collect and keep it until the next winter rains, carefully spending it during the year. Experience ancient engineers today can serve as a worthy example of the productive relationship between man and nature.

Keywords. Water use, water consumption, hydraulic structures, water systems, the Israeli kingdom, ancient Israel.

References

1. Avia Iona M., Baras Ts. 1983. Ierusalim v rimskuiu ellinisticheskuiu epokhu [Jerusalem in the Roman Hellenistic era]. Obshchestvo i religii v epokhu Vtorogo khrama. Ierusalim, pp. 152–181. (in Russian)
2. Aleksandrovskaya O.A. 2007. Drevneishie sistemy vodosnabzheniia Ierusalima [The ancient water system of Jerusalem]. Institut istorii estestvoznaniia i tekhniki: God. nauch. konf. Moscow, pp. 398–399. (in Russian)
3. Aleksandrovskaya O.A. 2008. Vodnye sistemy Ierikhona i Kumrana [The water system of Jericho and Qumran]. Istoriia nauk o Zemle. Moscow, vol. 2, pp. 31–36. (in Russian)
4. Aleksandrovskaya O.A., Shamis V.A. 2008. Vodnye resursy i osobennosti vodopol'zovaniia v Zemle Obetovannoi [Water resources and especially water use in the Promised Land]. Institut istorii estestvoznaniia i tekhniki: God. nauch. konf. Moscow, pp. 330–331. (in Russian)
5. Aleksandrovskaya O.A., Shamis V.A. 2009. Iskusstvennye vodnye sistemy drevnei Galilei [Artificial water system of ancient Galilee]. Ocherki po geomorfologii urbosfery. Moscow, pp. 143–161. (in Russian)
6. Aleksandrovskaya O.A., Shamis V.A. 2012. Iskusstvennye vodnye sistemy vremen Iroda Velikogo [Artificial water supply systems in the time of Herod the Great]. Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki. No 1, pp. 67–85. (in Russian)

7. Aleksandrovskaia O.A., Shirokova V.A. 2010. Istoricheskii opyt vodopol'zovaniia v Drevnem Izrail'skom tsarstve VIII do n.e. – II v. n.e. [The historical experience of water management in Ancient Kingdom of Israel VIII BC – II century ad]. *Geoekologicheskie problemy sovremennosti*. Vladimir, pp. 349–352. (in Russian)
8. Aleksandrovskaia O.A., Shirokova V.A., Zhidkov M.P., Shamis V.A. 2012. *Vodopol'zovanie: ocherki istorii* [Water management: essays on the history]. Moscow, 184 p.
9. Alon A. 2006. *Putevoditel' po natsional'nym parkam i zapovednikam Izrailia* [Guide to the national parks and nature reserves of Israel]. Jerusalem, 162 p. (in Russian)
10. Amiran R. 1947. *Vodosnabzhenie Ierusalima v drevnie vremena* [The water supply of Jerusalem in ancient times]. *Ierusalimskii sbornik*. Jerusalem, pp. 11–48.
11. Amit D. 1989. *Dostavka vody v krepost' Kipros* [Delivery of water to the fortress of the Manager]. *Drevnie akveduki Erets Israel'*. Jerusalem, pp. 229–243.
12. Atlas Izrailia. 2008. [Atlas of Israel]. – Tel'-Aviv, 156 p.
13. Zhidkov M.P., Shamis V.A. 2010. *Ierarkhicheskaia sistema morfostruktur i eje vliianie na raspolozhenie gorodov Iudei, Samarii i Galilei* [Hierarchical system of morphostructures and its influence on the location of the cities of Judea, Samaria and Galilee]. *Geomorfologicheskie sistemy*. Moscow, pp. 78–100. (in Russian)
14. *Izrail': Geogr. sprav.* 1992. [Israel: Geography. Ref.]. St. Petersburg, Jerusalem, 260 p. (in Russian)
15. Iosif Flavii. 1993. *Iudeiskaia voina* [Jewish war]. Moscow, Jerusalem, 512 p. (in Russian)
16. Kiunttsel' V.V. 1996. *Energostokovye zony i ikh vozdeistvie na biosferu* [Energostokovye zones and their impact on the biosphere]. – *Geoekologiya*. No 3, pp. 3–9. (in Russian)
17. Mazar A. 1989. *Obzor vodovodov, vedushchikh v Ierusalim* [Overview of the conduits leading to Jerusalem]. *Drevnie akveduki v Erets Israel'*. Jerusalem, pp. 155–197.
18. Mazar A. 1996. *Arkheologiya bibleiskoi zemli* [Archaeology of biblical lands]. Jerusalem, vol. 1, 267 p.
19. Mechnikov L.I. 2013. *Tsivilizatsii i velikie istoricheskie reki* [Civilization and the great historical rivers]. Moscow, 320 p.
20. Morton G.V. 2009. *Sviataia zemlia. Puteshestvie po bibleiskim mestam* [Holy Land. Journey through biblical places]. – Moscow; Sanct Petersburg, 960 p. (in Russian)
21. Netser I. 1989. *Ierikhonskii vodovod i usad'ba Khasmoneev* [Jericho conduit and the estate of the Hasmonians]. *Drevnie akveduki v Erets-Israel'*. Jerusalem, pp. 273–283.
22. Nikolaeva G.M., Chernogaeva G.M. 1977. *Vodnyi balans Azii* [Water balance of Asia], Moscow, 115 p. (in Russian)
23. Nir R. 2000. *Ot Ievuseiskogo goroda k stolitse Izrailia* [From ausazkoa to the capital city of Israel]. *Ierusalim v vekakh*. Tel'-Aviv, vol. 1, 221 p.
24. *Novyi atlas Izrailia*. 2008 [New Atlas of Israel]. Jerusalem, 180 p.
25. *Putevoditel' po natsional'nym parkam i zapovednikam Izrailia*. 2006 [Guide to the national parks and nature reserves of Israel]. Jerusalem, 120 p.
26. Ronen I. 1997. *Ierusalim pod vlast'iu Rima* [Jerusalem under the rule of Rome]. *Ierusalim v vekakh*. Tel'-Aviv, vol. 3, 218 p.
27. Temerev A. 2008. *Velikoe opresnenie* [Great desalination]. *Vokrug sveta*. Vol. 5, pp. 45–63. (in Russian)

28. Kheker M. 1966. Vodosnabzhenie v drevnem Ierusalime [Water supply in ancient Jerusalem]. Ierusalimskii sbornik. Jerusalem, pp. 191–218.

29. Shiloh Y. 1984. Excavations at the City of David: Vol. I: 1978–1982: Interim Report of the First Five Seasons. Qedem 19. Jerusalem: Institute of Archaeology, pp. 1–28.

30. Vincent L.-H. 1911. Underground Jerusalem: Discoveries on the Hill of Ophel (1909–11). – London, pp. 8–18.

31. Wilkinson J. 1974. Ancient Jerusalem: Its Water Supply and Population. – Palestine Exploration Quarterly, vol. 106, pp. 33–51.