

КРОСС-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ГОСУДАРСТВА ИЗРАИЛЬ

Зонн Игорь Сергеевич^{1,2},

д-р геогр. наук,

e-mail: zonnis@list.ru,

¹Инженерный научно-производственный центр по водному хозяйству, мелиорации и экологии
«Союзводпроект», г. Москва, Россия

²Московский университет имени С.Ю. Витте, г. Москва, Россия

Статья посвящена сравнительному анализу водных ресурсов Республики Крым и Государства Израиль. Республика Крым и Израиль похожи по своим параметрам территорий, физико-географическим особенностям, в которых климат играет особую роль. Целью статьи является сопоставление существующих подходов и инновационно-технологических решений, которые произвели революцию в использовании водных ресурсов и развитии орошения в Израиле, а в Крыму могут быть использованы для достижения этого.

Ключевые слова: водные ресурсы, вододефицитные регионы, водный потенциал, водная стратегия

CROSS-TECHNOLOGY COMPARISON OF WATER PROBLEMS SOLUTIONS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA AND THE STATE OF ISRAEL

Zonn I.S.^{1,2},

doctor of geographical sciences,

e-mail: zonnis@list.ru,

¹Engineering Research Production Center for Water Management, Land Reclamation and Ecology
“Soyuzvodproject”, Moscow, Russia

²Moscow Witte University, Moscow, Russia

The article is devoted to a comparative analysis of the water resources of the Republic of Crimea and the State of Israel. The Republic of Crimea and Israel are similar in terms of their territory parameters, physical and geographical features, in which the climate plays a special role. The purpose of the article is to compare existing approaches and innovative technological solutions that have revolutionized the use of water resources and the development of irrigation in Israel, and in the Crimea can be used to achieve this.

Keywords: water resources, water-deficient regions, water potential, water strategy

DOI 10.21777/2587-554X-2022-3-70-81

Введение

География определяет наличие водных ресурсов. Есть регионы, где дефицит воды обусловлен климатическими особенностями, а есть – где этот дефицит определяет структура земной поверхности и слагающие ее породы. И к тем, и другим относятся Республика Крым и Государство Израиль.

Республика Крым и Израиль похожи по своим параметрам территорий, физико-географическим особенностям, в которых климат играет особую роль. И тот, и другой – вододефицитные регионы, обусловленные засушливым климатом, частыми засухами, малым количеством осадков, короткими маловодными реками, минерализованными подземными водами. В Израиле, где около 60 % территории пустыни, проблема с водой была одной из национальных задач. Проблема с водой в Крыму обострилась после присоединения его к России в 2014 году, когда Украина перекрыла подачу воды по Северо-Крымского каналу (СКК), который обеспечивал до 85 % потребностей Республики. «Водный геноцид»

Украины в 2020 году усилился небывалой засухой, охватившей весь Крым, что резко сократило объемы поверхностного стока и обезводило многие водохранилища. При этом в экономике Крыма, как и Израиля – две ведущие отрасли – это сфера услуг в Крыму (60 %), в Израиле (70 %) – при этом курортно-рекреационная составляющая играет особую роль, и сельское хозяйство. Основной «продукт импорта» Республики Крым – отдыхающие и туристы, в 2021 году Крым принял 9,4 млн туристов. Их количество резко возросло в связи с постройкой в 2018 году Крымского моста через Керченский пролив, открывшего наземный «канал нашествия» (52 % туристов прибыли по мосту), что увеличивало нагрузку на водное хозяйство. Основной продукт экспорта Израиля – это круглогодичная продукция сельского хозяйства, основанная на орошении и технологии. Израиль посетило в 2019 году 4 млн туристов. В этих условиях Крым и Израиль по-разному решают вопросы водообеспечения и водосбережения.

Физико-географические особенности Крыма и Израиля

Республика Крым, субъект на юге Европейской части России, на полуострове Крым. Она занимает почти полностью его территорию, за исключением северной части косы Арабатской стрелки (Херсонская обл. Украины) и часть территории на юге, относящейся к городу федерального значения Севастополю. Практически со всех сторон омывается морями – Черным и Азовским. Население – 2423 тыс. чел. (2022).

Израиль – государство на Ближнем Востоке. Расположено на юго-восточном берегу Средиземного моря и вытянуто вдоль него и к югу сходится клином к Эйлатскому заливу Красного моря. Население – 9136 тыс. чел. (2020). Основные параметры территорий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры территорий

Параметры территории	Республика Крым	Государство Израиль
Площадь, км ²	26 860	27 817
Длина, км	207	470
Ширина, км	324	135
Протяженность морской береговой линии, км/солёность, %		
Средиземное море	–	230/36–39
Красное море (Эйлатский залив)	–	12/41
Мертвое море	–	203/300–310
Черное море	750/23	–
Азовское море	500/11	–

Из общей площади Крыма 72 % – равнины, 20 % – горы, 8 % – озера и др. водные объекты. Равнинная часть представлена Северо-Крымской равниной с Тарханкутской возвышенностью на одноименном полуострове на крайнем западе и гряды-холмистыми равнинами Керченского полуострова. На востоке горный Крым – это три гряды – Главная (южная), Внутренняя и Внешняя (северная), высотой от 600 до 1500 м.

Из общей площади Израиля 60 % занимает пустыня, 35 % – засушливые земли, а остальные 5 % – прибрежная Средиземноморская зона шириной до 40 км. Вечнозеленая зона базальтового Голанского плоскогорья с заснеженной горой Хермон на севере переходит в покрытые растительностью холмы Галилеи, затем в покатые каменистые горы Самарии с вкраплениями плодородных долин вдоль реки Иордан, в центральной части преобразуется в равнинные просторы Иудейской пустыни и пустыни Цин, и на юге раскидывается каменистой пустыней Негев с горами высотой до 1000 м с каньонами, руслами высохших рек и кратерами потухших вулканов и заканчивается рукотворным оазисом Эйлатского залива Красного моря¹.

Крым беден атмосферными осадками. Их количество увеличивается с севера на юг. Область с осадками менее 300 мм занимает 17 %, от 300 до 500 мм – 72 % в основном в степной части, от 500 до 700 мм – 9 % в горной части, и от 700 до 1000 мм – 2,5 % на вершинах гор от площади всего Крыма. В целом этой воды хватило бы для Крыма, если бы она не тратилась на сток и при высоких температурах

¹ Израиль. Географический справочник. – М.: Библиотека – Алия. Европейский информационный центр «Ариэль», 1990 – С. 258.

на испарения. Частые засухи в летний период и малое количество осадков, выпадающих в зимне-весенний период (с ноября по апрель) обуславливают водный дефицит в Крыму.

Многолетние наблюдения выявляют тренд роста среднегодовых температур и зимы, и лета, в горах стало значительно теплее. Количество осадков ниже многолетней нормы.

В Израиле количество осадков уменьшается с севера на юг и с запада на восток, и изменяется от 1000 мм в горах на севере до 500–600 мм в центре и до 25 мм на юге. Только 14 % площади получает более 600 мм, 18 % – от 400 до 600 мм и 34 % – менее 100 мм. Дождевой период длится около 6 месяцев, с октября по апрель. При этом большая часть осадков – 75 % – выпадает с декабря по февраль. Около половины территории Израиля не участвует в пополнении водного потенциала, а только потребляет значительное количество воды, поступающей по водоводу с севера. Израильская «линия пустынь», проходящая через северный Негев, определяет область, где среднее количество осадков менее 250 мм. Поэтому 2/3 территории страны считается пустыней.

Дефицит осадков как в Крыму, так и в Израиле часто вызывает засухи. При этом засушливый период может быть краткосрочным или растягиваться на несколько лет. Примерами таких засух из последних могут быть засуха 2019–2020 годов (которой не было 150 лет) в Крыму, и засухи 1988–1989 годов (какой не было 100 лет) и 2004–2009 годов в Израиле. Следует отметить, что в Крыму маловодные циклы повторяются с периодичностью 5–7 лет.

Основными водными источниками в Крыму является СКК, наливных 9 и речных 14 водохранилищ, подземные воды, оросительные пруды (1900). В Израиле естественные источники – это единственное озеро Кинерет, с питающими его реками и подземными водами, прибрежный и горный подземные водоносные горизонты и два искусственных источника – опресненные (в основном морские) воды, и очищенные сточные воды, играющие жизненно важную роль.

Небольшое количество осадков, продолжительное сухое лето, распространение в горах карстующих пород обусловили бедность Крыма поверхностными водами. Часто из-за неодинаковых условий формирования и размещения их Крым делят на две части: равнинную степную с малым наличием поверхностных источников и горную лесную со сравнительно густой речной сетью.

В горной области берут начало немногочисленные реки. Профессор А.В. Вознесенский, знаток климата Крыма, в 1923 году писал: «Здесь в горной области берут начало все немногочисленные реки Крыма. Затем, не явно берут начало здесь же почти все источники, ключи и даже ручьи средней части Крыма, получая воду для себя не на поверхности, а скрытым путем проникновения ее в трещины, промоины и провалы в горной части после крымской Яйлы. Именно трещиноватость во всех своих проявлениях в горной части Крыма придает особенный “карстовый” характер – область питания всех источников Крыма»².

В Крыму насчитывается 1657 рек и временных водотоков, общая длина которых около 6000 км, около 150 из них маловодные реки – одни из самых неустойчивых источников водных ресурсов. Для рек характерно смешанное питание с преобладанием дождевого. Лишь одна река Салгир имеет протяженность 200 км, остальные реки имеют длину до 10 км. В Крыму много балок или сухоречьев, образовавшихся кратковременно стекающими по ним тальми и ливневыми водами. Эти малозаметные источники воды обладают грозным нравом в период ливневых дождей, образуя паводки, что показала осень 2021 года.

Среднемноголетний объем речного стока составляет 1 км³/год, занимая последнее место по этому показателю среди регионов России. Эти суммарные водные ресурсы рек полуострова распределены крайне неравномерно по районам. Большая часть рек в летне-осенний меженный период почти полностью пересыхают. Степной Крым практически обессточен в отличие от горного Крыма. Водные ресурсы Крыма резко изменяются от года к году, вследствие чередования многоводных и маловодных лет. В Крыму часто складываются кризисные ситуации, когда из-за установления засушливой погоды резко падают объемы стока рек, а потребность в этой воде для орошения сельскохозяйственных культур возрастает. Жизненно необходимым оказалось, с одной стороны, создать пруды и водохранилища на реках для межсезонного и межгодового перераспределения потребления водных ресурсов; с другой – подать воду в Крым из-за его пределов.

² Крым. Путеводитель. – Симферополь: Крымиздат, 1923. – С. 37–57.

В Крыму насчитывается 300 озер и лиманов. В приморской полосе равнинного Крыма расположены около 50 соленых озер – лиманов, отшнурованных от моря общей площадью 5,3 тыс. км².

Главная река Израиля Иордан, воды которой пополняются притоками из соседних стран. Основными из них являются Снир (Хасбани) (годовой сток 138 млн м³), Ливан, Баниас (121 млн м³), Сирия, Зарка (54 млн м³), Иордания, а также израильский приток Дан (245 млн м³). Небольших, не пересыхающих летом рек в Израиле насчитывается более десяти – Кишон, Лахиш, Сорек, Таниним, Хадера, Александр, Яркони и др.

Израильские реки осуществляют своё питание, в основном, за счет ливневого поверхностного стока, проявляющегося в виде последождевых потоков, которые стекают по руслам рек с большой скоростью. Паводки преимущественно в зимне-весенний период с ноября по апрель, дающие до 80 % поверхностного стока, летне-осенний межсезонный период – с мая по октябрь, когда большинство водотоков пересыхает. Значительная часть ливневой воды проходит через равнинные зоны, вызывая наводнения и причиняя значительные разрушения экономике, а затем уходит в море. В целом по стране в морские акватории уходит, в зависимости от количества осадков, от 300 до 500 млн м³ ливневого стока.

Поэтому с начала 1950-х годов ведутся работы по задержанию паводковых вод. Осуществлено устройство запруд в руслах (сухие русла) вади и в оврагах, по которым зимой воды стекали в море или в Иорданскую впадину, сооружение плотин и водохранилищ. Всего в стране построено более 2000 малых и средних водохранилищ объемом от 0,2 до 8 млн м³ [1], а также 230 водохранилищ более крупного размера, созданных Еврейским национальным фондом (ЕНФ), общим объемом более 150 млн м³. Поскольку каждое водохранилище, как правило, имеет два цикла наполнения, то они обеспечивают в среднем 270 млн м³ воды для сельского хозяйства в Израиле ежегодно. Они используются как дополнительные источники поверхностных ресурсов или как специальные наливные ёмкости в легко проницаемых геологических структурах для инфильтрации воды в подземные водоносные горизонты с целью более интенсивного пополнения подземных ресурсов в дождевой период.

Многие из них являются мультифункциональными: 54 % водохранилищ используются для сбора очищенных сточных вод, 15 % собирают паводковый сток, 21 % – для пополнения водоносных слоев, восстановления рек, использования в зонах отдыха и 10 % – для хранения пресной воды. 46 % всех водохранилищ, построенных ЕНФ, сосредоточены на севере страны, 40 % – на юге и 14 % – в центре страны.

Водоохранилища, построенные ЕНФ, обеспечивают 66 % от всего объема очищенных сточных вод для сельского хозяйства и примерно 30 % от общего объема воды, потребляемой в сельском хозяйстве.

Крымский полуостров сравнительно беден пресными подземными водами, тем не менее, они играют важную роль в водоснабжении населения. Центральный, Западный и Северный Крым не испытывают проблем с водоснабжением, благодаря подземным водам. Подземные воды в Горном Крыму выходят на поверхность главным образом в виде родников. Их насчитывается 2605 с общим дебитом ок. 327 м³/год. Согласно расчетам, экологически безопасным является среднегодовое использование подземных вод в объеме 40 млн м³/год³. Прогнозные ресурсы подземных вод Крыма составляют 1300,8 тыс. м³/сут. (0,15 % общего объема прогнозных ресурсов подземных вод России). Интенсивное использование подземных вод, часто несанкционированное, из диких скважин, пробуренных без регистрации, приводит к резкому падению их уровня, особенно при их использовании для орошения. Как следствие, в них начинают поступать солоноватые воды, а в приморской зоне морские воды. Восполнение естественным путем либо за счет атмосферных осадков, либо за счет подтока со стороны других наземных резервуаров не успевает за их потреблением.

По оценкам, крупные подземные потоки и более мелкие – всего их около 50 – ежегодно безвозвратно сбрасывают под акватории Азовского и Черного морей пресные воды в объемах более 1 млн м³.

Отмечалось, что еще в советский период гидрогеологи нашли массу подземных источников на полуострове, которые способны полностью снять проблему пресной воды. Причем располагаются они не только в Красногвардейском и Нижнегорском районах, а непосредственно под Азовским морем.

³ Обеспеченность населения и экономики Крыма водными ресурсами в условиях отсутствия поступления в Крым днепровской воды по Северо-Крымскому каналу. – URL: <http://gkvod.rk.gov.ru/rus/info.php?id=617266> (дата обращения: 10.05.2022). – Текст: электронный.

В артезианских бассейнах равнинного Крыма, по мнению ученых, находится до 75 % запасов пресных вод. Однако до сих пор это не подтверждено геофизическими и геологическими исследованиями. Сравнение водного потенциала Республики Крым и Израиля изложено в таблице 2.

Таблица 2 – Водный потенциал Республики Крым и Израиля*

Показатели	Крым	Израиль
Осадки, мм	300–500	25–600
Количество водотоков (реки, вади)		
Сток, млн м ³	1657	470
Количество озер	580	1400–1600
Количество водохранилищ	300	1
Объем, млн м ³	23	2000 (малые и средние)
Количество оросительных прудов	400	~800 (каждого)
Подземные воды, млн м ³	1900	1100
	386	
Ресурсы пресных вод, млн м ³	1000	900

*Некоторые данные приблизительны.

В Израиле имеется несколько водоносных горизонтов, но основные, как отмечалось выше, Прибрежный и Горный. Прибрежный водоносный горизонт поставляет в водный сектор Израиля 240–300 млн м³/год воды, а Горный – 300–480 млн м³ [2]. Подземные воды добываются в Израиле из 2800 скважин. Вода из них частично восполняется за счет дождей, но также из искусственно отфильтрованных и обеззараженных сточных вод. Примерно одна треть потребления воды в Израиле зависит от поверхностных водных ресурсов (600 млн м³), главным образом от реки Иордан. Поэтому подземные воды являются основным источником воды (1100 млн м³), что составляет две трети национального потребления. В целом около 80 % потенциала воды сосредоточено в северной части страны и только 30 % – на юге.

Прежде чем переходить к рассмотрению вопросов, связанных с использованием водных ресурсов, напомним о существующих в мире технологических приемах по их реализации (таблица 3).

Таблица 3 – Технологические приемы, связанные с использованием водных ресурсов

Наличие водных ресурсов	Проблемы, связанные с наличием водных ресурсов	Проблемы, связанные с использованием водных ресурсов	Современная технология	
I. Дефицит водных ресурсов	Дефицит атмосферных осадков и поверхностных вод	Восполнение дефицита	Опреснение морской воды	
			Очистка сточных и дренажных вод	
			Искусственное вызывание осадков (засев облаков)	
			Транспортировка айсбергов	
	Неравномерное распределение в годовом разрезе	Кратковременное и долгосрочное аккумулирование и хранение		Повторное использование сбросных вод
				Изменение профиля местности
				Расчистка земель
				Уплотнение поверхности почв
				Химическая обработка поверхности
				Покрытие поверхности водонепроницаемыми материалами
				Микроводосборы
				Контурные водосборы
Неравномерное территориальное распределение	Перераспределение стока		Цистерны, каналы, танки, резиновые емкости, облицованные ямы и пруды	
			Строительство водохранилищ, резервуаров	
			Строительство каналов	
			Строительство трубопроводов	

II. Низкая эффективность использования ресурсов	Потери за счет испаряемости	Защита	Покрывание водных поверхностей защитными химическими средствами (мономолекулярные пленки, перлит, пенопласт, синтетический воск, полистирол)
			Хранение воды в подземных емкостях
III. Низкое качество воды	Потери на фильтрацию	Защита	Облицовка каналов
			Облицовка днищ водохранилищ
			Строительство внутрипочвенных водонепроницаемых экранов
	Высокое содержание солей	Эффективное использование	Компьютеризованные поливы
			Дождевание
			Подпочвенное орошение
			Капельное орошение
Высокое содержание солей	Эффективное использование	Разбавление пресной водой	
		Строительство дренажа	
		Капельное орошение	

Особое внимание следует обратить на колонку «Дефицит водных ресурсов», ибо современные технологии, хорошо известные, по-разному используются в Крыму и Израиле.

Водная стратегия Крыма и Израиля

Центральная часть Крымского полуострова была засушливой всегда. Еще в 1833 году ботаник Х. Стевен (первый директор Никитского ботанического сада) высказал идею о целесообразности подведения сюда днепровской воды. Однако технический уровень того времени делал работу практически невозможной. Проект одобрили в 1916 году, но не смогли осуществить из-за дальнейших событий – все время находились более актуальные задачи.

Сейчас мало кто помнит о том, что в 1929 году инженер-гидроэнергетик В. Никольский представил проект-образ будущего СКК: плотина на реке Днепр у Каховки, система насосных станций, магистральный канал до Крымского полуострова, опреснение Гнилого моря (Сиваша) и устройство Сивашского регулятора – водохранилища с целью орошения Северного Крыма и части Присивашской полосы Украины⁴.

С ростом численности населения в послевоенные годы, развитием курортной индустрии и промышленности, а также из-за относительно небольшого количества осадков и неразвитой речной сети в северных и восточных районах в Крыму обострилась проблема снабжения полуострова пресной водой. Советские водники прекрасно понимали, что доминантной проблемой в перспективе станет дефицит водных ресурсов. И в этом случае наиболее эффективным решением этой проблемы является перераспределение части речного стока из водноизбыточных в воднодефицитные регионы. Тогда и возникла идея строительства СКК.

Напомним, что решение о строительстве СКК было принято в 1950 году, затем почти 11 лет шли исследовательские и изыскательские работы. В те годы мощное Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, возглавляемое Е.Е. Алексеевским, начало осуществлять один из первых послевоенных крупномасштабных проектов – строительство СКК – одной из Великих строек коммунизма. Для подачи воды из Днепра было сооружено обширное Каховское водохранилище, которое было заполнено в 1955–1958 году. Строительство началось в 1961 году. В 1963 году СКК транспортировал воду до Красноперекоска, в 1965 году – до Джанкоя, в 1971 году – в Керчь. СКК – оросительно-обводнительный канал, проходящий по территории Украины и России и подающий воды Днепра в районы Херсонской, Запорожской областей Украины и северного и восточного Крыма. Головное сооружение СКК нахо-

⁴ Владимирова И. Исток раздора: Северо-Крымский канал // Московский комсомолец. – 2021. – 17 мая. – С. 4.

дится на Каховском водохранилище. Канал входит в Крым через Перекопский перешеек и доходит до Керчи. Его протяжённость 402,6 км, из них 300,6 км – по территории России и 102 км – по территории Украины.

Самый крупный канал в Европе. Ширина в начале канала – 150 м, средняя ширина 10–15 м, максимальная глубина – 7 м, пропускная способность головного сооружения – 294 м³/с, максимальный расход воды – 380 м³/с. Первый участок СКК – самотёчный, на остальном протяжении осуществляется четырёхступенчатый машинный водоподъём. От главного водозабора на Каховском водохранилище вода самотёком через Перекопский перешеек подаётся на расстояние 208,9 км к насосной станции № 1 под Джанкоем (высота подъёма 9,2 м). Второй участок длиной 79 км между 208-м и 287-м километром подаёт воду к насосной станции № 2 (высота подъёма 25,6 м). Третий участок длиной 82 км (от 287-го до 369-го километра) заканчивается насосной станцией № 3, от которой вода по напорному водоводу диаметром 1800 мм и длиной 322 м подаётся к насосной станции № 4. Напорный участок 30-километрового водовода (диаметром 900 и 1200 мм) заканчивается у очистных сооружений города-героя Керчи.

От магистрали СКК отходят Краснознаменный канал и пять крупных ответвлений – рисовые каналы – Азовский, Раздольненский, Красногвардейская распределительная ветка, Черноморский, Сакский каналы. До 85 % воды СКК в Крыму использовалось для нужд сельского хозяйства, из них 60 % – на обеспечение выращивания риса. Площадь земель, намечаемая к орошению и обводнению в зоне канала, 1580 тыс. га. По СКК ежегодно в Крым в среднем поступало 1,5–1,8 млрд м³ днепровской воды (максимальный объём – около 3 млрд м³), в то время как объём всех местных источников воды Крыма составляет в среднем около 1 млрд м³. При этом потери воды при транспортировке составляли около 695 млн м³ в год: часть испарялась, часть фильтровалась в водоносные горизонты, восполняя запасы подземных вод по Черноморской, Сакской, Раздольненской веткам. Из оставшихся 805 млн м³ – 70 % (примерно 560 млн м³) использовалось на нужды сельского хозяйства. Около 245 млн м³ перебрасывалось в водохранилища Феодосийское, Фронтное, Самарлинское, а также для водоснабжения Феодосии и Керчи. А с 1994 года вода СКК стала поступать в Межгорное водохранилище объёмом около 50 млн м³ – с последующей подачей по подземному водоводу к гидроузлам Севастополя и Симферополя.

Для обеспечения гарантированного водоснабжения было построено пять водохранилищ, 126 насосных станций для подачи воды на орошаемые земли, 256 крупных гидротехнических сооружений. По всей трассе СКК создано телемеханическое управление гидротехническими затворами и автоматическое управление крупными насосными станциями. Для предотвращения подъёма уровня грунтовых вод в зоне канала проектом предусмотрена коллекторно-дренажная сеть. В результате ввода в строй СКК значительно увеличена обводнённость районов северного и восточного Крыма. Канал не является судоходным.

Несмотря на высокую потенциальную водность, СКК является сезонным, а не круглогодичным. Его наполнение обычно осуществляется в конце марта. Подача воды завершается в ноябре. СКК стал частью единой системы преобразования окружающей среды. «Этой водой крымчане пользовались в неограниченном количестве. Она предназначалась и для питья, и для хозяйственных нужд, – отмечает зав. лабораторией моделирования поверхностных вод Института водных проблем РАН доктор технических наук Михаил Болгов. – Но даже, если бы этот доступ не был перекрыт, Крым рано или поздно столкнулся бы с проблемой питьевой воды. Канал был дырявым, вода уходила в почву, что привело в дальнейшем к многочисленным техногенным катастрофам»⁵.

В мае 2014 года Украина, после воссоединения Крыма с Россией, грубо нарушив международное гуманитарное право, перекрыла СКК, возведя на территории Херсонской области примерно в 40 км от границы с Крымом в русле СКК перегораживающую дамбу. Интересно, что это было осуществлено в конце реализации программы ООН «Вода для жизни» (2005–2015 гг.). Украинские власти обещали «любой ценой» не пустить воду в Крым: тогда президент Украины Петр Порошенко поставил задачу сделать полуостров «максимально токсичным» для России. Естественно, что перекрытие СКК, дававшего Крыму 85 % воды для сельского хозяйства, промышленности и водоснабжения, усугубило водный

⁵ Новые скважины, опреснение моря и разворот рек: как Крым обеспечат водой. – URL: <https://ecologyofrussia.ru/stories/krym-voda/> (дата обращения: 20.05.2022). – Текст: электронный; Израиль и система поддержки инноваций на всех этапах развития. – URL: <http://www.rusnor.org/pubs/reviews/9687.htm> (дата обращения: 20.05.2022). – Текст: электронный.

дефицит. Полуостров вернулся к ситуации с водоснабжением пятидесятилетней давности – до ввода в эксплуатацию СКК. К этому добавилось возникшая в 2019–2020 годах сильнейшая засуха. Полуостров недополучил около 70 % притока воды в водохранилища. Пришлось ограничить использование водных ресурсов и перераспределить их между коммунально-жилищными, сельскохозяйственными, промышленными, энергетическими и курортно-рекреационными отраслями.

Первыми дефицит пресной воды ощутили города Восточного Крыма: Феодосия, Керчь, Судак, поскольку питающие их водохранилища пополнялись водой из СКК. На почасовую подачу воды было переведено около 40 населенных пунктов, и такие города, как Симферополь, Севастополь. Первой жертвой стал аграрный сектор – сельское хозяйство, т.к. оно практически основано на базе орошения, площади орошения. Были выведены из оборота рисовники, а также сокращены площади под кукурузой и соей. Местные власти тогда нашли способ перейти в целях экономии воды на капельное орошение, хотя на него надо было переходить еще в 1980-е годы, и засухоустойчивые культуры. Отсутствие поливной воды сказалось и на росте засоления земель. Пострадали приусадебные участки, т.к. огороды поливать было нечем, такая же участь постигла и сады. В наиболее сложной ситуации оказались восточные районы Крыма – Джанкойский и Красноперекопский, где проживает около 400 тыс. чел.

Экономить воду пришлось на всем – стирке, уборке, готовке. Пострадал и бизнес, в первую очередь, сфера обслуживания: рестораны, кафе, парикмахерские, химчистки и т.д., и это все в период туристического сезона. Тогда даже встал вопрос о ликвидации водоемких производств.

Прекращение подачи воды по СКК потребовало перехода на внутренние источники питьевого и технического водоснабжения.

Перекрытие СКК дало толчок тому, чтобы Крым перешел на обеспечение собственными ресурсами, став более самодостаточным. Частично проблему водоснабжения восточного Крыма удалось решить за счет альтернативных источников – переброски воды из реки Биюк-Карасу в СКК и бурения новых артезианских скважин. С мая 2014 года в СКК были перенаправлены притоки реки Салгир, а в декабре 2014 года началось строительство Просторненского 75 тыс. м³/сутки, Нежинского 75 тыс. м³/сутки и Новогригорьевского 75 тыс. м³/сутки подземных водозаборов, которые также предназначены для наполнения СКК.

Засуха, наложившаяся на отсутствие поступающей воды по СКК, вызвала практически катастрофическое положение с водоснабжением. Газеты, журналы, передачи TV запестрели заголовками типа «Крым на пороге экологической и гуманитарной катастрофы». Для решения этой проблемы были задействованы все имеющиеся «механизмы» – федеральные власти, профильные ведомства, наука, общественность, военные. Шоковая ситуация, возникшая из-за катастрофической засухи, вызвала к жизни рассмотрение многочисленных водохозяйственных проектов, способствующих ее решению. Ряд таких проектов приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Водохозяйственные проекты, предложенные для преодоления дефицита воды в Крыму (2020–2021)

Московский Государственный институт природоустройства	Строительство водозаборной системы в устье р. Кубань, водовод длиной 90–150 км из нескольких ниток пластиковых труб диаметром до 1,4 м или бетонных колец диаметром 3 м, уложенных по дну Азовского моря, водоприемные и накопительные бассейны в 2–3 местах уреза берега Крыма (в случае недостатка сброса воды в р. Кубань, использовать воды р. Дон)
«Энергостальпроект» (г. Севастополь)	Ревверсивное использование инфраструктуры СКК путем наполнения Межгорного водохранилища (объемом 50 млн м ³) водами поверхностного стока рек Альма, Кача, Бельбек, Черная и Салгир (их суммарный объем стока – около 290 млн м ³ в год). Саккумулированную воду можно перебросить через Сакский канал в СКК, чтобы обеспечивать водой Армянск, Джанкой, Феодосию и Керчь. Для Севастополя может быть использован существующий водовод из Межгорного водохранилища в район Орловского водозабора. При необходимости может быть пополнено и Чернореченское водохранилище
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского	Использование уникальной двухуровневой структуры крымских рек: на севере и северо-западе Крыма ниже современных русел рек на глубине 20 м находятся палеоруслу, палеостарицы (древние русла рек и участков пойм рек). С помощью строительства специальных гидротехнических сооружений – колодцев, бассейнов и других сооружений – поверхностные стоки можно перевести в эти палеоруслу, и с их помощью наполнить подземные водные горизонты. Для этого пригодны поверхностные стоки рек Альма, Кача, Бельбек, Черная, Салгир, Западный Булганак. До строительства СКК эта система, созданная самой природой, существовала и сама себя подпитывала водой. Сегодня она может восполнить дефицит днепровской воды в объеме около 200 млн м ³ в год

Таврическая академия КФУ	Использование вод крупных субмаринных источников, разгружающихся в Черное море недалеко от берега. Речь идет о локализованных выходах подземных вод в Черное море на глубинах до 8 м, где образуется галоклин между пресной и соленой водой
НИИ «Курчатовский институт»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Организация системы искусственного увеличения атмосферных осадков над водосборными территориями в верховьях рек полуострова. Это может быть достигнуто за счет использования современных геоинформационных технологий и данных с метеорологических спутников и локаторов, позволит на 30–40 % увеличить сбор воды в водохранилища естественного стока. 2. Строительство системы опреснительных заводов вдоль всего побережья Крыма. Обратноосмотические опреснительные системы эффективнее альтернатив дистилляционных методов. Заводы производят 30–40 млн м³ пресной воды в год, позволят на 100 % обеспечить прибрежные районы Крыма. Но периодические появления сероводорода могут повышать коррозию промоборудования. Цена воды составит около 32 руб. за м³. Сброс рассолов можно проводить в Сиваш и др. соленые водоемы полуострова. 3. Создание системы очистки хозяйственно-бытовых стоков на основе биомембранных методов. 4. Кроме того, строить новые водохранилища объемом свыше 100 млн м³, которые были запланированы еще в СССР

Помимо включенных в эту таблицу предложений, прозвучавших от представителей научно-технических организаций, были и такие, которые озвучили индивидуальные деятели. Еще в 2018 году российский инженер Ф. Кунцевич предложил амбициозный проект строительства трубопровода из полиэтилена диаметром 1,6 м от Цимлянского водохранилища до устья Дона, далее – по дну Азовского моря до входа в Северо-Крымский канал. Протяженность его 1000 км.

Лидер ЛДПР В. Жириновский, как всегда, пошел по наиболее простому пути – взять и построить дамбу у истоков Днепра в Смоленской области. Он отметил, что после таких действий не нужно будет ничего перекрывать, т.к. одного «факта угрозы» будет достаточно для того, чтобы образумить Украину. Об этом он написал в своем Telegram-канале в 2021 году.

Другой проект в эфире радио «Аврора» озвучил известный участник телевизионных интеллектуальных игр, депутат Государственной думы А.А. Вассерман, предложивший проложить несколько гибких трубопроводов из низовий р. Кубань по Черному морю на глубине 15 м до Крыма.

Что касается предложений по переброске воды из Краснодарского края, то следует заметить, что этот край довольно часто посещают засухи, одна из которых пришлась на коронавирусное лето (COVID-19) 2020 года. В зимне-весенний период почти не выпал снег, а дождливые дни в мае-июне можно было пересчитать по пальцам. Уже в конце зимы местные власти стали говорить об обмелении водохранилищ, которые питают города Новороссийск, Крымск и Геленджик. К лету ситуация с водой стала не только тяжелой, но и критической. В Геленджике воду доставляли машинами, в Новороссийске, где вода была круглогодично, ее стали подавать по часам – утром и вечером.

Еще в мае 2014 года Минприроды России рассматривало возможность строительства водовода из устья Кубани с переходом по дну Азовского моря или в составе строящегося Крымского моста с ориентировочной стоимостью проекта 75–100 млрд руб. Мост построили, и о таком проекте благополучно забыли. В 2017 году Минприроды все-таки планировало разработать альтернативную программу водообеспечения Крыма, в том числе с помощью водовода из Кубани, но дальше разговоров дело не сдвинулось. Созданная правительством рабочая группа под руководством Минприроды с участием Минобороны, РАН и «Росатома» никаких предложений по решению вопроса не разработала.

Абсолютно прав научный руководитель Института водных проблем РАН академик РАН В.И. Данилов-Данильян, говоря: «...запускать новую стройку века и тянуть на полуостров воду с Кубани никуда не годится, маловодья на Кубани и в Крыму синхронизированы (они происходят, как правило, одновременно), а разорять один регион, чтобы помочь другому – плохое решение»⁶.

Относительное обилие водных ресурсов на севере Израиля и почти полное их отсутствие на юге, сложный и контрастный рельеф создают огромные трудности в водоснабжении каждого из его районов. Ограниченность водных ресурсов не стала препятствием для достижения значительных успехов Израиля. Еще в начале XX века Израиль относился к ряду безводных территорий. Первыми шагами для преодоления дефицита воды стали соби́рание дождевых вод, рытье колодцев, затем освоение глубокого бурения и сооружение водоводов.

⁶ Волонихин И. У моря без воды // Огонек. – 2020. – 8 июня. – № 22.

Казавшаяся утопической идея основоположника идеологии политического сионизма Израиля Теодора Герцля об использовании для орошения пустыни Негева излишков воды с севера страны получила научное обоснование в проектных предложениях американского профессора У.К. Лаудермилка и начала проводиться в жизнь после образования в 1948 году Государства Израиль. Уже в 1952–1955 годах был построен водовод (длина 104 км, диаметр труб 1,68 м) от источника Рош-ха-Аин (исток р. Яркон) до крайнего северо-запада Негева-Ткума. В 1952 году в Израиле был принят национальный план развития и использования водных ресурсов, рассчитанный на 7 лет, предполагавший интеграцию всех источников воды в единую, всеобъемную, общенациональную систему с распределением воды по всем районам страны.

Примерно в это же время, что и строительство СКК в Советском Союзе, в Израиле начались работы по разработке плана строительства Всеизраильского (национального) водовода (ВИВ) – как стержня, системы, объединяющего в единое целое источники водоснабжения в Израиле. Его главная задача – транспортировка воды с севера страны, в основном из озера Кинерет, в сильно заселённый центр и засушливый юг, в том числе в северную часть пустынь Негев, где после его постройки стало возможным занятие интенсивным земледелием. Кроме того, он сильно повысил эффективность использования воды в стране. ВИВ является самым крупным объектом системы водоснабжения в Израиле. Строительство осуществлялось с 1956 по 1964 год. Он состоит из трубопроводов диаметром 2,74 м, насосных станций, резервуаров, открытых каналов и туннелей. Общая длина магистральных водоводов – около 130 км. Пропускная способность – 72 тыс. км³/час или 450 млн м³/год. Забор воды в водовод осуществляется через трубу, погруженную в озеро Кинерет в северной его части. По трубе вода идёт на насосную станцию Эшед-Киннарот, расположенную возле Табхи.

Станция поднимает воду с 213 м ниже ур. моря на 257 м вверх, до высоты 44 м выше ур. моря. Для подъема воды используется 3 насоса, мощностью 30 тыс. л.с. каждый. Далее вода стекает в 17-километровый Иорданский канал, а оттуда – в канал долины Цалмон, являющийся действующим резервуаром вместимостью 1 млн м³. Насосная станция Цалмон перекачивает воду ещё на 115 метров вверх, в туннель «Яаков» и далее в канал долины Бет-Нетофа. Длина канала – 17 км. По нему вода доставляется в резервуары им. Л. Эшкола. Здесь вода очищается от осадка и хлорируется. Потом вода поступает в 86-километровый трубопровод, идущий до города Рош-ха-Аин, откуда попадает в водовод Яркон-Негев. Здесь же от главной магистрали ВИВ отходит боковая ветка, снабжающая водой Иерусалим. Сразу после введения водовода в эксплуатацию в 1964 году 80 % транспортируемой им воды предназначалось для использования в сельском хозяйстве. В начале 1990-х годов на нужды сельского хозяйства отводилась уже только половина воды из водовода, в то время как другая половина использовалась в качестве питьевой [3].

Начавшаяся в 2005 году и достигшая пика в 2008–2009 годах засуха грозила истощить природные источники воды – озеро Кинерет и водоносные подземные горизонты Голанских высот. И вот здесь Израиль пошел своим путем, сделав упор на современные технологические, дорогостоящие мероприятия – опреснение, очистка сточных вод, водосбережение (таблица 3).

Благодаря современным технологиям Израиль в последнее десятилетие перестал быть водозависимым [4–7]. Он полностью обеспечивает себя водой и даже снабжает ею Палестинскую автономию и Королевство Иорданию. Сегодня половина потребляемой воды израильянами приходит из природных источников, а вторая половина – это опресненная морская вода и очищенные сточные воды.

Интересно, что в период засухи в Израиле не только включались современные технологии, но и шла работа по широкомасштабной общественной кампании по водосбережению. В частности, речь шла о специальных насадках на водопроводные краны, позволяющие экономить 30 % воды, была введена ступенчатая тарификация оплаты воды, в результате которой за перерасход приходилось платить намного больше. И наконец, все СМИ публиковали призывы к населению проявлять сознательность и экономить воду, например, ограничить время принятия душа четырьмя минутами, автоматическое отключение воды после выноса рук из-под крана и т.д. То есть в головы израильянов была внедрена экономная помывочно-туалетная дисциплина водосбережения, которой придерживается население и сейчас.

Необходимо отметить возможности использования для пополнения водных ресурсов современных методов получения (конденсации) промышленных объемов воды из атмосферы, вызывания искусственного дождя и другие. Израильская компания Water-Gen разработала устройство, способное вырабатывать

чистую питьевую воду из воздуха. Аппарат работает с высокой скоростью и практически в любом климате при минимальных затратах электроэнергии. Он дает в пять раз больше воды на киловатт энергии, чем любое другое аналогичное устройство. При таком КПД он может реально стать устройством, которое решит проблему дефицита водных ресурсов в мировом масштабе. Можно согласиться на успехи ОАЭ, где в районе Дубая компания США Zero Mass Water построила завод по получению чистой воды из влажного морского воздуха с помощью гидропанелей размером 2,4 на 1,2 м – 1250 штук, поглощающих водяной пар, «возвращая» его в виде жидкости. Производительность 2,3 млн литров в год. Стоимость 1 литра 2,72 долл. Отметим, что ученые КФУ проводят испытание установки «Воздушный родник», которая позволяет получать от 1 до 18 м³ дистиллированной воды в сутки. В Морском гидрофизическом институте РАН на полигоне в Кацавели начали вести работы по технологии получения пресной воды из влажного морского воздуха.

С 1960 года в северных и центральных районах Израиля для вызова или усиления дождя распыляют йодистое серебро, а также используют специальные высокогорные установки («печи»). Увеличение количества осадков до 15 % оправдывает применение этого дорогостоящего метода, особенно в бассейне озера Кинерет. Однако отметим, что специфическая облачность в засушливые годы снижает эффективность выпадения дождя в период, когда это необходимо. Поэтому национальная водная компания «Мекорот» начала применять новую для этих целей технологию конденсирования воды. Ее суть заключается в распылении в воздухе специального реагента, благодаря которому образуются облака, и выпадает дождь. Схожая технология широко применяется в более дождливых странах перед массовыми торжествами для предупреждения выпадения осадков. Согласно анализу полученных данных, эта практика приносит свои плоды – количество осадков увеличилось на 13 %.

Заключение

Способы сохранения и производства воды, которые эффективны в Государстве Израиль, могут предоставить ценные возможности для Республики Крым, испытывающей серьезные и растущие проблемы в водоснабжении. Примерами являются нововведения в крупномасштабном использовании сточных вод для орошения в сельскохозяйственном секторе, технологические, селекционные и методологические инновации, повышающие его эффективность, многочисленные инновации в области политики для эффективного управления водными ресурсами и высокоэкономичные эксплуатационные расходы опреснительных установок.

Важный постулат современного решения водной проблемы – кооперация науки, технологии, менталитета на основе конструктивного взаимодействия, взаимной выгоды и совместного успеха. В апреле 2022 года Президент Российской Федерации своим Указом постановил: «...в целях усиления роли науки и технологий в решении важнейших задач развития общества и страны... объявить 2022–2031 годы в России Десятилетием науки и технологий». Одной из задач, поставленной в Указе, является «содействие вовлечению исследователей и разработчиков для их реализации». Пока достижения фундаментальной науки превышают технологические, и такое соотношение не позволяет оправдать бюджетные расходы, а уж тем более рассчитывать на инвестиции и инновации в том же водном хозяйстве.

Сегодня требуется предусматривать последствия действий, которые мы уже совершали и еще совершим до того, как поймеем настолько, что сможем представить себе последствия содеянного.

Список литературы

1. Озиранский Ю.С., Кольмакова Е.Г., Марголина И.Л. Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого водоснабжения аридных регионов (опыт Государства Израиль) // Аридные экосистемы. – 2014. – № 20 (4). – С. 57–65.
2. Avgar Ido Israeli Water Sector – Key Issues. The Knesset Research and Information Center. – 2018. – P. 42.
3. Орловский Н.С., Зонн И.С. Водные ресурсы Израиля: опыт освоения // Проблемы постсоветского пространства. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 8–36.
4. Abraham D., Ngoga Th., Said J., Yachin M. How Israel become a world leader in agriculture and water. Tony Blair Institute for Global Change. – September 2019. – P. 50.

5. *Rejwan A.* The State of Israel: National Water Efficiency Report. Israel Water Authority: 2011; 1:4.
6. *Gross A.* Advanced technologies for gray water treatment and reuse. A voice from the Desert. A Bulletin of the J. Blaustein Institutes for Desert Research: 2006; 11:6-8.
7. *Tenne A.* Sea Water Desalinization in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspect of long-term risks. Israel Water Authority: 2010; 1:13.

References

1. *Oziranskij Yu.S., Kol'makova E.G., Margolina I.L.* Integrirovannoe upravlenie ogranichennymi vodnymi resursami v celyah ustojchivogo vodosnabzheniya aridnyh regionov (opyt Gosudarstva Izrail') // Aridnye ekosistemy. – 2014. – № 20 (4). – S. 57–65.
2. Avgar Ido Israeli Water Sector – Key Issues. The Knesset Research and Information Center. – 2018. – P. 42.
3. *Orlovskij N.S., Zonn I.S.* Vodnye resursy Izrailya: opyt osvoeniya // Problemy postsovetskogo prostranstva. – 2018. – T. 5, № 1. – S. 8–36.
4. *Abraham D., Ngoga Th., Said J., Yachin M.* How Israel become a world leader in agriculture and water. Tony Blair Institute for Global Change. – September 2019. – P. 50.
5. *Rejwan A.* The State of Israel: National Water Efficiency Report. Israel Water Authority: 2011; 1:4.
6. *Gross A.* Advanced technologies for gray water treatment and reuse. A voice from the Desert. A Bulletin of the J. Blaustein Institutes for Desert Research: 2006; 11:6-8.
7. *Tenne A.* Sea Water Desalinization in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspect of long-term risks. Israel Water Authority: 2010; 1:13.