



Устойчивое орошение: система кяризов в Афганистане

Абдулла Азами^{1*}, Жанай Сагинтаев^{2,3}, Саид Хашмат Садат¹, Хежрат Улла Хажран⁴

¹Кабульский университет, Кабул, Афганистан.

²Университет Западного Мичигана, 1903 Вест Мичигэн-Авеню, 49008-5167, Каламазу, США.

³Назарбаев Университет, проспект Кабанбай Батыра 53, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан.

⁴Казахстанско-Немецкий университет, ул. Пушкина 111, г. Алматы, 050010, Республика Казахстан.

* для корреспонденции: abdullah.azami123@gmail.com

Данная версия является переводом статьи «Sustainable Irrigation: Karez System in Afghanistan», опубликованной в журнале 8 декабря 2020 г.

MPNТИ 37.27.51

doi:10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/67-86.rus

Аннотация

В Афганистане вода в основном используется в сельскохозяйственных целях. Сеть водоснабжения требует обновления, чтобы обеспечить ее устойчивость. По всей стране применяются различные методы орошения, такие как орошение поверхностными водами (через каналы), орошение на основе грунтовых вод и ирригационная система кяризов. Учитывая совместимость системы кяризов с окружающей средой, ее можно считать наиболее эффективной ирригационной схемой, поскольку она позволяет собирать значительное количество грунтовых вод и передавать их на поверхность земли через субгоризонтальные туннели под действием силы тяжести. В статье анализируется ирригационная система кяризов Афганистана, снабжающая водой в настоящее время более 170 000 га сельскохозяйственных угодий, с потенциалом расширения и возможностью стать компонентом устойчивой системы водоснабжения.

Ключевые слова: Афганистан, оросительная система, кяриз, устойчивое водоснабжение, сельское хозяйство.

Графическая аннотация



1. Введение

Географически Афганистан расположен в полузасушливой зоне континентального климата (CSO, 2014). Значительная часть его 30-миллионного населения проживает в сельской местности и вовлечена в сельскохозяйственную деятельность. Афганистан – горная страна с наибольшим количеством гор, расположенных в ее центральной и северной частях, где некоторые из вершин достигают 7500 метров (Qureshi, 2002). Горы, в том числе Вахан, Гиндукуш и Баба, покрыты снегом и служат хорошим источниками воды. Горный хребет Гиндукуш – один из крупнейших источников талой воды в стране. Снег, естественным образом накапливающийся зимой, питает сотни многолетних и эфемерных рек. Потенциальные водные ресурсы Афганистана составляют 75 млрд куб. м, в том числе 55 млрд куб. м поверхностных и 20 млрд куб. м подземных вод (FAO, 1996). Основная часть территории страны характеризуется засушливым и полузасушливым климатом с жарким летом и холодной зимой (Broshears et al., 2005), с количеством осадков от 50 до 1000 мм и в среднем 300 мм в год (Tünnermeier et al., 2005). Вода является важнейшим ресурсом для работы и выживания, а также представляет собой техническую проблему, в частности, в отношении ее эффективного сбора и транспортировки. Как и в других засушливых и не имеющих выхода к морю регионах, водоснабжение Афганистана ограничено из-за умеренных осадков и таянием снега в близлежащих горах, пополняющих запасы поверхностных и грунтовых вод.

Снег и таяние ледников летом являются источником питания такой крупной реки, как Амударья. На долю одного только бассейна Амударьи приходится более 55 % водных ресурсов Афганистана. К сожалению, засухи и повышение температуры воздуха уменьшают размеры ледников на территории Афганистана. Так, основные ледники на Памире и Гиндукуше значительно отступили, а более мелкие, как сообщалось, полностью исчезли. Сильная засуха 2001 г. помешала питанию водно-болотных угодий Систана через реку Гильменд, и, согласно спутниковым снимкам, к 2003 г. вышло 99 % их территории. В результате этого значительная часть естественной растительности бассейна Систан погибла, что привело к ускоренной эрозии почвы и зашламлению дорог, сельскохозяйственных угодий и поселений. Также серьезно пострадали и местные водоплавающие птицы – по оценкам середины 1970-х гг., на заболоченных территориях обитало до 150 различных видов водных птиц, и на сегодняшний день осталось лишь несколько видов водоплавающих птиц (Qazi, 2008).

С учетом упомянутых выше проблем вода представляет собой важнейшее средство выживания для нынешнего поколения и является наиболее существенным фактором устойчивости сельского хозяйства (Favre, 2004). Ограниченность водных ресурсов и продолжающийся рост населения оказывают дополнительное давление на сельское хозяйство, поэтому настало время выработать фундаментальное целевое решение. Необходимо сосредоточиться на стратегиях и более эффективных методах сохранения и использования воды в хозяйстве. Их внедрение, несомненно, позволит

стране продвинуться в экономическом плане и обеспечить водную самостоятельность ее сельскохозяйственного сектора. В данной статье дается обзор ирригационных систем, действующих в настоящее время в Афганистане.

2. Методология

Исследование включает сбор и анализ данных о существующих ирригационных системах по всей стране. Анализ потребности в воде в сельском хозяйстве был сфокусирован на различных типах сельскохозяйственных земель и ирригационных систем, включая поверхностное орошение (каналы) и подземное орошение с акцентом на систему кяриз, с последующим структурным анализом системы для оценки важности и состояния системы, в конкретном случае – пример исследования в данной области.

3. Спрос на воду в сельском хозяйстве

История орошения сельскохозяйственных культур в Афганистане насчитывает 5000 лет, о чем свидетельствуют археологические раскопки древнего поселения в провинции Кандагар (ICARDA, 2002). Национальная экономика основана на сельском хозяйстве, и большая часть населения (80 %) занимается сельским хозяйством и животноводством, то есть их жизнеобеспечение напрямую зависит от воды. В Афганистане более 95 % доступной воды используется для сельского хозяйства (Anderson, 1993). Возделывание сельскохозяйственных культур в стране основано на богарных и ирригационных схемах. Активное земледелие сосредоточено в юго-западной, западной и северной частях центрального нагорья и гор. Распределение орошаемых и богарных земель соответствует основным речным бассейнам и типам водных ресурсов (см. Таблицу I). Таким образом, благодаря обилию воды и благоприятному климату в Джалалабадской области и в провинции Лагман можно собирать три урожая в год. В западной и северной частях провинций Кундуз – Бадгиз вдоль рек Амударья и Мургаб имеется около 1 млн га потенциально продуктивных сельскохозяйственных угодий, однако эти земли остаются недостаточно освоенными и малопродуктивными по причине плохих технологий водоснабжения. Из 75 млрд м³ воды, ежегодно поступающей в Афганистан (см. Таблицу II), используется только около 20 млрд м³ (или 25 %), а остальные 75 % идут в соседние страны. В то же время сельское хозяйство сталкивается со значительными потерями воды при транспортировке и множеством других проблем. В последнее время потребность в воде в стране растет в связи с ее нехваткой воды и ущербом, нанесенным инфраструктуре водоснабжения в течение трех десятилетий политических волнений и гражданской войны. Кроме того, Афганистан сталкивается с рядом экологических проблем, которые делают водоснабжение трудоемкой и многогранной проблемой.

Таблица I. Сельскохозяйственные земли по бассейнам рек, тыс. га

Тип земель	Бассейн р. Амударья	Бассейн р. Кабул	Бассейн р. Гильменд	Итого
Активные орошаемые земли	1,155	450	1,079	2,681
Неактивные орошаемые земли	211	99	410	720
Богарные сельхозугодья	2,428	9	197	2,634

Источник: World Bank, 2004

Таблица II. Расчет ресурсов поверхностных и подземных вод, млрд куб. м/год

Тип водных ресурсов	Полный потенциал	В настоящее время		Потенциально	
		Используемые	Неиспользуемые	Будущее использова- ние	Неисполь- зуемые
Поверхностные воды	57	17	40	30	27
Грунтовые воды	18	3	15	5	13
Итого	75	20	55	35	40

Источник: FAO, 1996

4. Ирригационные системы в Афганистане

Орошение представляет собой один из древнейших видов деятельности человека, направленный, в первую очередь, на увеличение сельскохозяйственного производства. В случае недостаточного количества осадков искусственная оросительная система позволяет распределять воду для проникновения в почву для роста растений и производства сельскохозяйственных культур. Методы орошения можно условно разделить на две основные категории – на основе поверхностных и подземных вод, причем основное различие между ними заключается в типе силы, применяемой для распределения воды. В первом случае вода поступает на ферму под действием силы тяжести, отсюда ее второе название – «гравитационное орошение». В последнем случае для транспортировки воды используются насосы и трубы.

Все системы водного орошения, действующие в настоящее время в Афганистане, – транспортировка поверхностных вод (каналы), орошение подземными водами и орошение кяризами – можно разделить на неформальные и формальные, обеспечивающие 90 % и 10 % орошения, соответственно (Rout, 2008). Учитывая важность ирригации для устойчивости средств к существованию, особенно в сельских общинах, необходимы дополнительные усилия для улучшения управления водными ресурсами на фермах. Большинству фермеров не хватает практических знаний о потребности сельскохозяйственных культур в воде и планируют свои усилия по поливу

на основе визуальной оценки сухости/влажности поверхности почвы и времени после предыдущего полива. Широко практикуется паводковое орошение, приводящее к потерям воды за счет ферм, расположенных на большом удалении от источников воды (ICARDA, 2002). Таким образом, крайне важно систематически проводить оценку различных методов орошения.

4.1. Орошение поверхностными водами

В схемах поверхностного водоснабжения обычно используются установки канального типа. Они были разработаны на основе традиционных знаний и опыта и построены из легко доступных и недорогих материалов. Канал представляет собой водный канал или искусственный водный путь, используемый для водоснабжения и/или обслуживания водных транспортных средств, и, таким образом, может считаться искусственной рекой.

В Афганистане около 85 % сельскохозяйственных культур орошаются. Орошение при помощи каналов – наиболее распространенный способ транспортировки воды, обеспечивающий водой 75 %, или 1,9 млн. га земель. Большая часть орошаемых каналами земель находится на севере, западе и юго-западе страны (MAIL, 2002). Каналы в основном получают воду из талых вод рек через небольшие отводные (водозаборные) сооружения – открытые или оборудованные шлюзами – вдоль русел рек. Общая эффективность таких оросительных систем, включая традиционные и современные схемы, составляет в среднем 25–30 % (Rout, 2008).

4.2. Ограничения и потенциальные улучшения систем каналов

4.2.1. Ограничения

- «Фермерам не хватает знаний о потребности сельскохозяйственных культур в воде.
- Значительные потери воды при просачивании через земляные каналы в традиционных схемах.
- Потери внутрихозяйственного распределения (на орошаемых и плохо выровненных землях) в современных и традиционных схемах.
- Отсутствие контроля над большим потоком воды и ограниченный срок службы строительных материалов.
- Ограничения, связанные с недостаточным финансированием, недостаточными техническими знаниями и поддержкой, плохой организацией и непрозрачностью избирательного процесса.
- Значительная потребность в обслуживании оборудования для удаления ила из водосборной воды.
- Негибкость в распределении воды при изменении землепользования» (Rout, 2008).

4.2.2. Потенциальные улучшения

- «Дополнительные элементы управления, такие как регулировка ввода для оптимизации и защиты водораспределительных и контрольных заслонок, сбросов и проверок, более эффективны.
- Проектировать каналы, чтобы сделать водораспределение более эффективным и транспортировать отложения, чтобы уменьшить размыв и седиментацию (осаждение).
- Изучить существующие практики и повысить квалификацию заинтересованных сторон в направлении более эффективного распределения воды и повышения финансовой устойчивости и управления» (Rout, 2008).

5. Орошение грунтовыми водами

Кроме того, текущее и прогнозируемое изменение климата отрицательно сказывается на системах орошения. Уменьшение таяния снегов и сокращение ледников изменяют размер и динамику водотока в реках и ручьях. В результате в критические периоды вегетационного сезона водообеспеченность может быть недостаточной, а водоотводные и водозаборные сооружения могут стать нефункциональными и/или выйти из строя из-за редких паводков. Каналы и другие ирригационные сооружения также страдают от оползней, эрозии и заиления, которые усугубляются в результате изменения режима выпадения осадков, ускоренного таяния снега и ледников и деградации растительности. Все это делает орошение грунтовыми водами с помощью насосов подходящим методом.

«Общее количество неглубоких колодцев в Афганистане составляет 8 595, орошающих около 12 000 га (1 % всех сельскохозяйственных угодий). Индивидуальные фермерские участки (не более 3 га) получают грунтовые воды, которые забираются из глубоких и неглубоких колодцев большого диаметра путем откачки, в частности, с помощью колесных систем с приводом от животных (архадов). Однако в последние годы широкое распространение получило использование современных технологий бурения скважин и откачки воды, что привело к значительному увеличению количества скважин и их мощности, но одновременно вызвало крупномасштабное истощение подземных вод в некоторых районах» (ADB, 2015).

Развитие систем подземных вод для ирригации и других целей необходимо, и должны быть приняты меры предосторожности во избежание неблагоприятного воздействия на пользователей существующих ирригационных систем.

6. Орошение кяризами

Кяриз – одна из наиболее эффективных систем, заслуживающая дальнейшего развития. Кяриз является традиционным механизмом управления водными ресурсами,

используемым на всей территории Афганистана. Его концептуальная схема представлена на рисунке 1. Как правило, кяриз представляет собой большой подземный водный туннель, демонстрирующий превосходное мастерство, а также выдающееся культурно-техническое достижение, сочетающее в себе окружающую среду, экономику и гравитацию. Эта схема насчитывает несколько тысячелетий, веками крестьяне копали и защищали кяризы по всей стране. Таким образом, кяриз – это экономичный метод использования подземных вод не только для орошения, но и для потребления людьми и скотом. Кярез также позволяет создавать зеленые зоны и красивые луга.

В 19 провинциях Афганистана действует 9 370 кяризов, большинство из которых сосредоточено на восточных, южных и западных склонах гор Гиндукуш. Географически этот тип орошения более распространен на юго-западе и юге с меньшим количеством кяризов на севере (Macpherson et al., 2015). Кяризы обеспечивают устойчивый многолетний сток и высококачественную воду, а также демонстрируют относительную устойчивость к стихийным бедствиям и разрушениям, связанным с войной. Кяризы обычно управляются местными сообществами, традиционно под руководством мастера по кяризам (*karezkan*), отвечающего за строительство и обслуживание подземного участка, и *мираба* (хозяина воды), контролирующего работу по распределению воды на поверхности. Согласно отчету Министерства восстановления и развития сельских районов (MRRD) за 1978 г., 168 000 га, или 8 % сельскохозяйственных угодий орошались с помощью 6 741 кяриза; около 3 406 кяризов (36 %) высохли, а с начала многолетней засухи в 1998 г. сток еще действующих кяризов снизился на 83 %. Типичный кяриз имеет длину 1–2 км с поперечным сечением 1–2 м² и уклоном 1 м км⁻¹. В среднем кяризы могут орошать 22 га земли, однако большинство из них обеспечивает водой более 10–200 га (Anderson, 1993).

На эффективность работы кяриза влияют изменение климата, малое количество осадков за последние два десятилетия, неправильное использование грунтовых вод (особенно через глубокие колодцы и водяные насосы), нерегулярное и плохое обслуживание, перенаселенность, войны, отсутствие безопасности и т. д. (Macpherson, 2015). Многие кяризы пересыхают, поэтому для сохранения этого культурного наследия и одной из наиболее ценных моделей водоснабжения необходимо восстановить их как жизненно важный и бесценный механизм для решения проблем нехватки воды и ирригации в Афганистане.

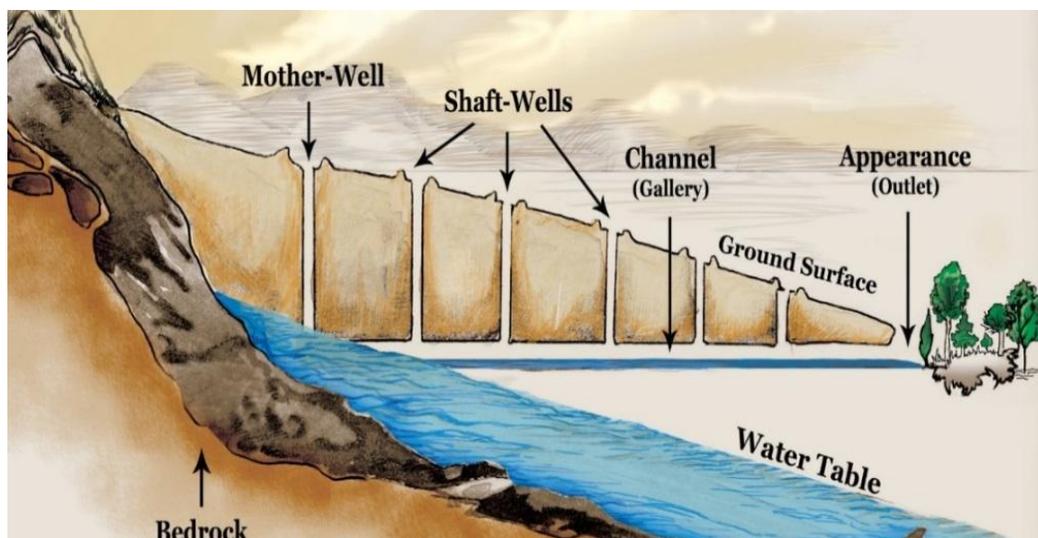


Рисунок 1. Концептуальная схема кяриза

(Bedrock – коренная порода; Water Table – грунтовые воды; Mother-Well – материнский (основной) колодец; Shaft-Wells – шахтные колодцы; Channel (Gallery) – канал; Ground Surface – поверхность земли; Appearance (Outlet) – наружный вид (выход)

Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020

6.1. Возрождение кяризов

Причины, по которым необходимо возродить систему кяризов, следующие.

- Сети кяризов уже покрывают 8 % всех орошаемых земель Афганистана.
- Кяризы имеют двойное назначение (питьевое и оросительное водоснабжение), то есть они являются единственным источником воды в большинстве сельских населенных пунктов южных и юго-западных регионов Афганистана.
- Системы кяризов являются энергосберегающими, так как для их использования и эксплуатации не требуется дополнительного электрооборудования.
- Отсутствие выбросов углекислого газа, так как использование и эксплуатация кяризов не требует топлива.
- Эффективная транспортировка воды без испарения и минимальных потерь на инфильтрацию.
- Высокое качество воды – вода не подвержена атмосферному загрязнению опасными веществами; единственное загрязнение может присутствовать из-за геологических особенностей формации.
- Естественная очистка воды во время инфильтрации, т. е. вода течет естественным образом, и инфильтрация происходит в подземном туннеле.
- Устойчивость – благодаря прочной конструкции и непрерывному потоку вода всегда доступна даже в засушливые периоды.
- Отсутствие истощения водоносного горизонта, поскольку чрезмерное использование воды невозможно. Это делает систему кяризов более устойчивой

по сравнению с другими системами добычи подземных вод, такими как насосы и оборудованные скважины, которые могут истощить уровень грунтовых вод.

- Достаточное потребление воды без оплаты счетов за воду.
- Подходящий и жизнеспособный инструмент для орошения и снабжения питьевой водой в жарких и засушливых регионах, особенно в таких слаборазвитых странах, как Афганистан.
- Продолжение мирной и традиционной системы управления водными ресурсами на уровне общин.
- Низкие затраты на обслуживание.
- Возможность признать и расширить вклад Афганистана в мировое культурное наследие.

6.2. Изображения кяризов

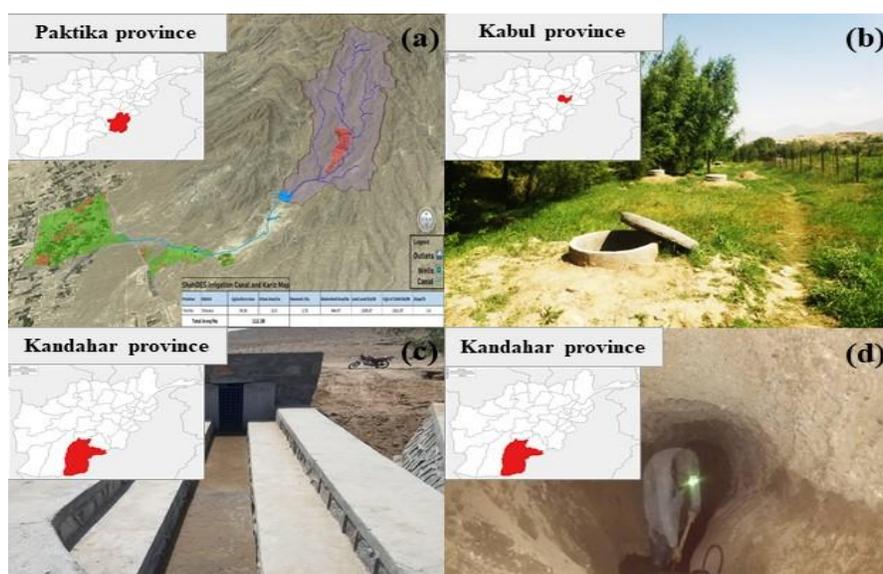


Рисунок 2. (a) Улучшенное изображение Google Earth оросительного канала и карта кяризов (Google Earth); (b) вентиляционные или водозаборные колодцы (*Chahs*) вдоль кяриза; (c) дневная точка кяриза (*Awhkura*); (d) процесс очистки туннеля

Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020



Рисунок 3. Ахонзада-кяриз в провинции Нангархар

Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020

6.3. Кяризы в выращивании шафрана

В 2014–2015 гг. на долю сельского хозяйства приходилось 24,32 % ВВП Афганистана, а также было обеспечено занятостью до 59 % трудоспособного населения (CSO, 2014).

В полусушливых регионах, таких как Афганистан, из-за низкого спроса на воду шафран представляет собой подходящую культуру для выращивания даже на фоне дефицита воды. В настоящее время шафран является одним из важнейших компонентов экспорта Афганистана. Недавно Министерство сельского хозяйства, ирригации и животноводства (MAIL) объявило о беспрецедентном урожае шафрана и о том, что его производство увеличилось на 23 % в течение 2018–2019 гг., что делает Афганистан третьим по величине производителем и экспортером шафрана после Ирана и Испании. В течение восьми лет (с 2012 по 2019 г.) афганский шафран занимал первое место по качеству и вкусовым характеристикам (Khamma Press, 2019).

90 % афганского шафрана производится в западной провинции Герат. С 2010 г. в 23 провинциях, особенно в провинциях Бамиан, Дайкунди, Панджшер, Бадахшан и Нуристан увеличилось число фермеров, занятых выращиванием шафрана (Katawazy, 2013).

Шафран может стать законной альтернативой опиному маку. Это товар, который соответствует рыночному подходу в сельскохозяйственном секторе Афганистана, и является культурой, которая может повысить занятость. По данным MAIL, в настоящее время ежегодное внутреннее производство шафрана оценивается в 10,5 метрических тонн. Возврат к сельскохозяйственному производству дополнительных 15 000 га может позволить увеличить его до 70–100 метрических тонн в год, создав до 4 млн рабочих дней, а также получить не менее 200 млн долл. США прибыли (MAIL, 2015).

Кяризы могут стать лучшей ирригационной схемой для выращивания шафрана, поскольку они уже существуют в районах, где в настоящее время выращивается эта культура, а также они доказали свою эффективность, в частности, в провинциях Герат и Кандагар. Например, кяриз Бавран Хан в районе Пуштун-Заргун провинции Герат в настоящее время снабжает водой 50 га плантаций шафрана и, по оценкам, способен орошать до 200 га (Rout, 2008). Кяриз, представленный в качестве примера в данном исследовании, является лишь одним из сотен других кяризов в стране, обладающих таким же потенциалом.

6.4. Восстановление

6.4.1. Условия для восстановления

Тысячи кяризов были разрушены из-за высыхания, чрезмерной эксплуатации водяными насосами, возросшего спроса на глубокие колодцы, а также плохой защиты и технического обслуживания (Himat and Dogan, 2017). Степень деградации и высыхания отдельных кяризов определяется масштабами и частотой действия вышеперечисленных факторов. Некоторые из кяризов можно восстановить с небольшими затратами; восстановление других потребует значительного финансирования; некоторые вообще невозможно восстановить. В отдельных случаях стоимость бурения новой скважины может быть меньше стоимости ремонта существующей.

Таким образом, перед тем, как приступить к восстановлению, следует учесть следующие предпосылки и вопросы.

- Насколько подходящими являются местные гидрогеологические условия, т. е. есть ли потенциал для усиления потока кяризов дождевой водой и/или таянием снега, и достаточно ли осадков? Если ответ положительный, то в таком случае кяриз может наполняться грунтовыми водами. Впоследствии могут быть достигнуты благоприятные условия для выращивания и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, чтобы местные жители, потребляющие воду для орошения, были в состоянии покрывать ежегодные расходы на техническое обслуживание.
- По-прежнему ли кяриз играет важную роль в жизнеобеспечении местных фермеров, совместно пользующихся им? Относятся ли они с уважением к управлению кяризом мирабами, и/или могут ли старейшины, традиционно и коллективно, предотвратить рытье глубоких колодцев (Khan, 2015)?
- Возможно ли восстановить кяризы в удаленных и изолированных районах, выкопав 2–3 колодца вокруг материнского колодца?
- Уровень грунтовых вод должен быть достаточным для поступления воды в кяриз, особенно в материнский колодец, который должен располагаться на богарном участке, чтобы питать кяриз. Для этого необходимо ограничить откачку воды из колодцев.
- Вблизи кяриза не должно быть глубоких оросительных колодцев (Nasiri, 2015);

- Для поддержания чистоты внутри кяризного туннеля, колодцы должны быть закрыты для защиты от попадания в них наносов.
- Вода из кяризов часто используется в дневное время. Во избежание потерь воды необходимо собирать ее в пруды-накопители в ночное время в дневной точке (устье) подземной галереи.

Одним словом, кяризы могут сохранять свою ценность при благоприятных физических и социальных условиях. Надежная социальная структура может обеспечить надлежащий уход за водой и управление ею, то есть сами люди поддерживают усилия по защите системы кяризов. Поскольку нехватка воды становится все более серьезной проблемой во всем мире, особенно в засушливых регионах, кяризы могут продолжать играть свою ключевую роль в решении вопросов использования и доступности воды.

6.4.2. Пополнение подземных вод

Искусственное пополнение подземных вод представляет собой новый метод восстановления кяризов. В засушливых регионах с большим испарением почвенные поры заполняются воздухом, препятствующим проникновению воды. В случае сильного дождя вода не проникает в землю, а течет по поверхности, вызывая наводнения и разрушения. Этого можно избежать, построив небольшие дамбы для накопления поверхностных стоков. Таким образом, дождевая вода будет проникать в землю и попадать под землю, пополняя водоносный горизонт и оставаясь доступной для орошения в течение сезона культивации. Соответствующие технические исследования позволят предотвратить потери воды и стимулировать накопление подземных вод.

Исследования показывают, что грунтовые воды накапливаются во многих регионах. Однако в результате изменения климата некоторые реки в Афганистане высохли и больше не способны питать источники воды. В свою очередь, это приводит к истощению грунтовых вод, поэтому, если грунтовые воды, используемые для орошения, не поступают естественным путем или ограничены, их следует подпитывать искусственно. Один из способов достижения этого, т. е. повышения уровня грунтовых вод в районе кяриза, – это строительство подпитывающих плотин (Majeed, 2006).

Согласно исследованиям, проведенным в провинциях Кандагар и Гильменд, кяризы, расположенные ниже по течению от плотин на водных путях Каджаки и Дахла, несмотря на постоянные засухи, оставались активными из-за поступлений грунтовых вод (Goes, 2017). Однако несколько других кяризов в тех же двух провинциях уже высохли в связи с нехваткой воды.



Рисунок 4. Подпитывающая плотина в провинции Кандагар
Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020

6.4.3. Строительство заградений вдоль кяризских туннелей

Потребность в воде для орошения снижается поздней осенью и остается низкой в течение зимы, за исключением теплых районов в других регионах, где сельское хозяйство не распространено. Однако в это время вода в кяризах все еще течет и не используется продуктивно. Согласно нашим предыдущим исследованиям, около 25 % воды расходуется впустую. Строительство 1–2 плотин в русле туннеля и/или канавы в устье (дневной точке) позволит перекрывать поток воды. Таким образом, вода будет храниться под землей для сброса весной/летом, когда она будет больше всего нужна. Для удовлетворения потребности населения в питьевой воде в районе кяриза, ее небольшое количество можно постепенно выпускать в осенние и зимние месяцы. Чтобы сэкономить еще больше воды, дно туннеля и/или устье можно оборудовать заслонкой для обеспечения свободного протока воды, если это необходимо. В остальных случаях затвор должен оставаться закрытым, чтобы предотвратить потерю воды.

Местные геологические и гидрогеологические условия должны быть тщательно исследованы перед сооружением вышеупомянутых барьеров, чтобы вода накапливалась в местах с соответствующей пропускной способностью, а также во избежание размыва и повреждения туннелей.

6.4.4. Закрытие вентиляционного и материнского колодцев

Оставление вентиляционных и материнских колодцев открытыми во время дождя приводит к их обрушению и заполнению грязью. Впоследствии это приводит к сужению колодца и, таким образом, к уменьшению/блокированию потока воды, а в некоторых случаях, к полному засорению. Фермеры знают о таких поломках и их разрушительных последствиях, поэтому по возможности они закрывают колодцы крышками, а также выстилают колодцы камнем, деревом, металлом или бетоном, чтобы

в случае необходимости обеспечить быстрое восстановление. Закрытие колодцев, как описано выше, предотвратит их разрушение. Таким образом, даже во время ремонта и очистки необходимо временно перекрывать устья колодцев, чтобы предотвратить попадание в них воды и других веществ (Mostafaeipour, 2010).

Кроме того, 2–3 вентиляционных колодца вдоль одного кяриза должны оставаться открытыми, чтобы обеспечить выветривание влаги внутри кяриза до поверхности, таким образом предотвращая повреждение их стен. Эта же мера повысит безопасность кяризов, то есть предотвратит несчастные случаи, когда люди и животные попадают в кяризы. По утверждениям нескольких экспертов по кяризам, закрытие колодцев делает ненужной их ежегодную очистку, при этом достаточно 5-летних циклов очистки.

6.4.5. Применение труб из ПВХ

Трубы из поливинилхлорида (ПВХ) могут быть разного диаметра, формы и объема, с фильтрами и порами или без них. Поры могут присутствовать на одной, двух, трех сторонах или вокруг трубы. Фильтры могут быть установлены по дну вдоль кяриза и в материнских колодцах, для обеспечения проникновения грунтовых вод в трубу со всех сторон. Трубы без фильтров можно использовать на участках кяризов с небольшим количеством воды на дне или без нее. Установка кяризов с трубами из ПВХ, с одной стороны, предотвратит потери воды, а с другой, позволит значительно увеличить время между чистками.

Соединения ПВХ также могут быть разного диаметра и длины в зависимости от окружности конкретного участка кяриза и относительно расхода воды. Благодаря своей проектной прочности, трубы из ПВХ не сгибаются из-за скользящих стенок туннеля. Обилие ПВХ-труб на рынке Афганистана делает их одним из наиболее эффективных и экономичных вариантов для этой цели.

7. Пример кяриза Замбар

Кяриз Замбар расположен в районе Сабари – Якоби провинции Хост в восточной части Афганистана. По имеющимся данным, местные почвы в основном представляют собой песчаные глины с относительно высокой гидравлической проводимостью. В таблице III показаны данные по кяризу Замбар до и после восстановления.

Таблица III. Состояние Замбар-кяриза до и после восстановления

Провинция Хост, район Сабари – Якоби, кяриз Замбар		
	До восстановления	После восстановления
Состояние	действующий	действующий
Сток	15 л/сек.	190 л/сек.
Орошаемые земли	80 га	260 га
Пользователи	2 900 семей	2 900 семей
Создано рабочих дней	7 137	
Общая стоимость	169 000 долларов США	

Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020



Рисунок 5. Замбар-кяриз в провинции Хост, наполнение канала воды до и после восстановления

Источник: Станикзай, личная коллекция, 2020

8. Структурный анализ системы

Исследование включало структурный анализ 6-параметрической системы для кяриза Замбар в провинции Хост. Следующая матрица (Таблица IV), а также рис. 6 и рис. 7 показывают, что параметры: население, насос скважины и развитие технологий оказывают наибольшее влияние на остальные параметры. И напротив, на население и выбор культур больше всего влияют другие параметры. Величина всех параметров рассматривалась исходя из текущей ситуации в провинции Хост.

Таблица IV. Матрица системного воздействия (Stevens et al., 2005)

Параметры	Кяриз Q	Насос скважины	Население	Загрязнение воды	Развитие технологий	Выбор культур	Сумма	Причина
Кяриз Q		2	2	0	1	3	8	
Насос скважины	4		4	1	1	2	12	
Население	1	4		3	2	2	12	
Загрязнение воды	0	1	2		1	2	6	
Развитие технологий	2	2	3	2		3	12	
Выбор культур	0	2	3	1	1		7	
Сумма	7	11	14	7	6	12	средн.: 57/6=9,5	
Результат						0-4 относительный масштабный коэффициент		

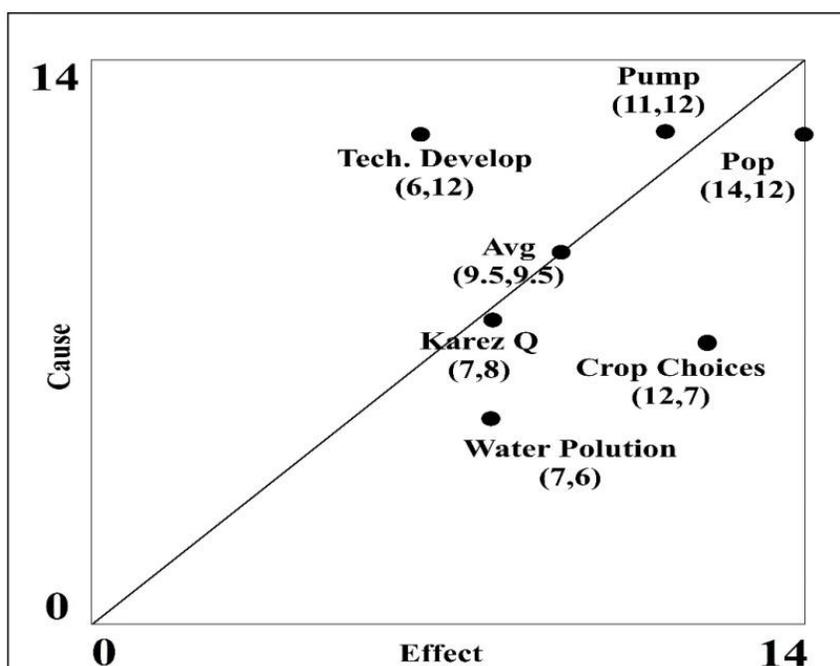


Рисунок 6. График причинно-следственной системы: все выбранные параметры в системе активны, как вызывающие, так и претерпевающие изменения (Stevens et al., 2005)

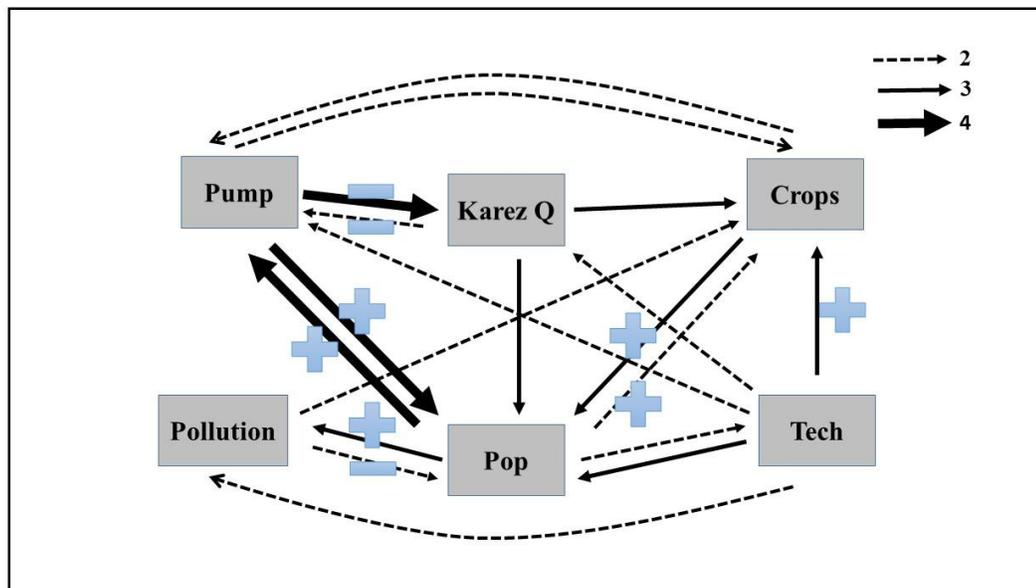


Рисунок 7. Петли отрицательной обратной связи стремятся стабилизировать системы, а петли положительной обратной связи – дестабилизировать (Stevens et al., 2005)

9. Результаты

В ходе исследования были изучены различные методы орошения – поверхностное (через каналы), подземное и орошение с применением системы кяризов. Перекачка воды через систему каналов с поверхностным накоплением воды является широко используемой схемой орошения, характеризующейся потерями из-за испарения и осадения. Активный забор грунтовых вод привел к значительному снижению уровня грунтовых вод, с отрицательными последствиями, особенно очевидными в бассейне Кабула, – уровень грунтовых вод там снизился с 2–3 м в 1965 г. до 9,5 м в 2004 г. (Tünnermeier et al., 2005). Кяриз – серия колодцев, отводящих воду из водоносных горизонтов и направляющих ее под действием силы тяжести к поверхности через туннели с небольшим уклоном без какого-либо воздействия на грунтовые воды – представляет собой действительно устойчивую модель транспортировки воды и орошения. В настоящее время сети кяризов обеспечивают водой для орошения 160 000–170 000 га земли и тысячи сельских жителей Афганистана (Macpherson, 2015). Имея огромный потенциал с точки зрения расширения и использования для сельскохозяйственного орошения и бытового применения, в ближайшем будущем кяризы, безусловно, могут способствовать производству шафрана, требующему небольшого количества воды и приносящему прибыль от конечной продукции.

10. Заключение

Целью данной статьи является анализ существующей ирригационной системы Афганистана с точки зрения устойчивости и эффективности водоснабжения. Учитывая проблему потерь воды, особенно из-за испарения, все же возможно орошать больше земель при надлежащем управлении водными ресурсами. Необходимо создать устойчивую цепочку водоснабжения и эффективные водосберегающие технологии в сельском хозяйстве. Сочетание старых традиционных методов орошения с современными инженерными решениями может не только возродить, но и повысить эффективность сети водоснабжения, а также сделать ее более устойчивой. Восстановление древней сети кяризов может сыграть ключевую роль в экономическом и социальном прогрессе страны. Кроме того, искусство создания кяризов и использование грунтовых вод считается культурным наследием Афганистана. Последующие исследования могли бы быть сосредоточены на двух основных направлениях развития и совершенствования ирригационной системы: строительство крупных плотин и водохранилищ, снабжающих водой сельскохозяйственные угодья через сеть оросительных каналов, и восстановление древних туннелей кяризов и их модернизация с использованием современных устойчивых технологий. В целях смягчения водного кризиса Фонд Паани в Индии (Paani, 2020) продвигает второй подход, то есть сочетание старых традиционных каналов, построенных вручную, с новейшими технологиями управляемого пополнения водоносных горизонтов, поддерживаемыми интенсивными научными исследованиями. Дальнейшее исследование этой модели – сочетание древних традиционных моделей с учетом устойчивого развития и внедрением производственного сбыта – представляется полезным для поддержки ее внедрения в Афганистане.

10. Благодарность

Данное исследование было поддержано проектами CAMP4ASB (Всемирный банк), Smart Waters и PEER (USAID), РЭЦЦА и Казахстанско-Немецким университетом в рамках конкурса студенческих исследований по устойчивому управлению природными ресурсами в Центральной Азии и Афганистане (2019–2020). Авторы выражают благодарность координаторам и консультантам конкурса г-же Жамиле Даировой и д-ру Андрею Митусову за их постоянную поддержку; а также г-ну Рафиулле Станикзаю, руководителю департамента кяризов Министерства восстановления и развития сельских районов Афганистана, за помощь в обмене данными. Авторы также выражают признательность анонимным рецензентам, чьи ценные предложения помогли улучшить работу.

Список литературы

1. Anderson, I.M., 1993. FAO Program for the Rehabilitation of Afghanistan: Rehabilitation of Informal Irrigation Systems in Afghanistan. Design Manual.
2. Asian Development Bank, ADB, 2015. Preparation of the Afghanistan water resource sector development strategy. Vol. 2 annexes. TA 7994 AFG.
3. Broshears, R.E., Akbari, M.A., Chornack, M.P., Mueller, D.K. and Ruddy, B.C., 2005. *Inventory of ground-water resources in the Kabul Basin, Afghanistan*. U.S. Geological Survey.
4. Central Statistic Organization, CSO, 2014. Afghanistan External Trade, Statistic Yearbook, Ansari Walt, Kabul, Afghanistan, pp. 177-200.
5. Favre, A. and Kamal, G.M., 2004. Watershed atlas of Afghanistan.
6. Goes, B.J.M., Parajuli, U.N., Haq, M. and Wardlaw, R.B., 2017. Karez (qanat) irrigation in the Helmand River Basin, Afghanistan: a vanishing indigenous legacy. *Hydrogeology Journal*, 25(2), pp. 269-286.
7. Habib, H., 2014. Water related problems in Afghanistan. *International Journal of Educational Studies*, 1(3), pp. 137-144.
8. Himat, A., Dogan, S., 2019. Ancient Karez System in Afghanistan: The Perspective of Construction and Maintenance. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi [Academic Platform Mugendism and the Journal of Science Knowledge]*, 7(3), 347-354. DOI: 10.21541/apjes.466757.
9. International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas, ICARDA, 2002. Needs assessment on soil and water in Afghanistan. Future Harvest Consortium to rebuild agriculture in Afghanistan. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas [online] Available at: <https://afghanag.ucdavis.edu/irrigation-natural-resource/files/soil-access-water.pdf> [Accessed on April 5, 2020].
10. Katawazy, A.S., 2013. A Comprehensive study of Afghan saffron. *Report of Research, Planning and Policy Directorate, Afghanistan Investment Support Agency*. Kabul, Afghanistan.
11. Khamma Press, 2019. Afghanistan's saffron ranked first in the world for eight consecutive years (last updated December 21, 2019). Available at: <https://www.khaama.com/afghanistans-saffron-ranked-first-in-the-world-for-eight-consecutive-year-2019> [Accessed April 1, 2020].
12. Khan, M.J., Pacha, G., Shahzad Khattak, M. and Oad, R., 2015. Water distribution of traditional karez irrigation systems in Afghanistan. *Irrigation and Drainage*, 64(2), pp. 169-179.
13. Klemm, W., 1996. Promotion of Agricultural Rehabilitation and Development Programs in Afghanistan. *Water Resources and Irrigation*, FAO, Islamabad, November 1996; a report part of the "Afghanistan Agricultural Strategy", FAO, Rome, 1997.

14. Macpherson, G.L., Johnson, W.C. and Liu, H., 2017. Viability of karezes (ancient water supply systems in Afghanistan) in a changing world. *Applied Water Science*, 7(4), pp. 1689-1710.
15. Majeed, A., 2000. Natural and artificial recharge techniques for Baluchistan. IUCN Baluchistan programme, water programme document series. Available at: <http://www.waterinfor.net.pk/pdf/nartb.pdf>
16. Ministry of Agriculture Irrigation and Livestock, MAIL, 2002. Afghanistan Natural Resources and Agriculture Sector Comprehensive Needs Assessment (Draft Report), Multi Donor Phase II Mission, Kabul, Afghanistan. Available at: <https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/6189/pass-Afghanistan%20-%20Natural%20resources%20%26%20agriculture%20sector%20comprehensive%20needs%20assessment%20-%20Final%20draft%20report%20Jul02.pdf?sequence=1> [Accessed May 20, 2020].
17. Ministry of Agriculture Irrigation and Livestock, MAIL, 2015. Afghan saffron on media. Available at: <https://www.mail.gov.af/en/afghanistan%E2%80%99s-saffron-media> [Accessed April 9, 2020].
18. Mostafaeipour, A., 2010. Historical background, productivity and technical issues of qanats. *Water history*, 2(1), pp. 61-80.
19. Nasiri, F. and Mafakheri, M.S., 2015. Qanat water supply systems: a revisit of sustainability perspectives. *Environmental Systems Research*, 4(1), pp. 1-5.
20. Qazi, A. 2008. Afghanistan Water Resources and Pollution. Afghanistan online. Available at: www.afghan-web.com/environment/water/ [Accessed April 9, 2020].
21. Qureshi, A.S., 2002. Water resources management in Afghanistan: The issues and options (Vol. 49), International Water Management Institute.
22. Rout, B., 2008. How the water flows: a typology of irrigation systems in Afghanistan. Afghanistan Research and Evaluation Unit Issue Paper 1-58.
23. Stevens R. L., Jankowski M., Larsson O., 2005. Multi-Criteria Evaluation of Sedimentation in the Göteborg Archipelago, Göteborg University.
24. Tünnermeier, T., Houben, G. and Himmelsbach, T., 2005. Hydrogeology of the Kabul Basin, part I: geology, aquifer characteristics, climate and hydrography. *Foreign Office of the Federal Republic of Germany*, AA-Gz'GF07, 885(3), p. 16.