

ЛОГИСТИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПУСТЫНИ КАРАКУМЫ

Ахмет Мырадович ПЕНДЖИЕВ

доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры основ вычислительной техники и биомеханики,
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан
ampenjieiev@rambler.ru

История статьи:

Принята 15.03.2016
Принята в доработанном виде
26.05.2016
Одобрена 30.06.2016

УДК 336.717;
621.383+621.548+662.63+631.95
JEL: E22, G01, G14, G17

Ключевые слова: логистика, водоснабжение, солнечный опреснитель, Каракумы, развитие пастбищ

Аннотация

Предмет. Одной из актуальных признана проблема опустынивания. В статье рассматриваются геоинформационные особенности водоснабжения, рассчитаны капитальные вложения для сравниваемых вариантов логистики доставки воды автоводоносами в пустыню Каракумы.

Цели. Определить капитальные и удельные вложения для доставки пресной воды в пустыню Каракумы и выработки дистиллята с помощью парниковых солнечных опреснителей, необходимые размеры искусственных площадок для сбора атмосферных осадков и объем баков-аккумуляторов для выработки дистиллята.

Методология. С помощью математических и технико-экономических методов проанализированы различные аспекты инвестиционной деятельности в пустынном регионе, определены наиболее энергоэффективные системы водоснабжения.

Результаты. Проанализирована технико-экономическая эффективность методов водоснабжения в пустынной зоне. Приведены эксплуатационные показатели обводнения, доставки воды автоводоносами, сбора атмосферных осадков, их себестоимость для развития животноводства и освоения пустынной зоны.

Выводы. Предложенная методика дает возможность выбрать экономически выгодный способ водоснабжения для конкретной местности.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

Введение

Важным шагом в борьбе с опустыниванием и засухой и как следствие – деградацией земель стало принятие в 1994 г. Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием – одного из трех имеющих особое значение международных договоров об окружающей среде. Конвенцию ратифицировали около 200 стран. Разработанная в целях объединения усилий государственных и общественных организаций на международном, региональном, национальном и местном уровнях, Конвенция предлагает комплексный подход к решению данной проблемы и смягчению негативного влияния опустынивания и засух на страдающие от них государства [1–11].

В контексте активизации международного экономического диалога как важной составляющей всеобщего устойчивого развития главное внимание должно быть сосредоточено на совмещении объективных экономических интересов государств с необходимостью поддержания на должном уровне экологического баланса, недопущения нанесения ущерба окружающей среде. А это в свою очередь подразумевает использование новых геоинформационных экологических технологий и разработку инновационных решений

в природоохранной сфере. Высокая экологичность мирового экономического пространства неразрывно связана с его эффективностью.

Нейтральный Туркменистан убежден в необходимости объединения усилий мирового сообщества в этом направлении на международном, региональном и национальном уровнях, а также в необходимости эффективной координации действий государств с ООН.

Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов, принимая исполнительного секретаря Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием Люка Гнакаджу, подчеркнул необходимость сохранения уникальных, но чрезвычайно уязвимых экосистем, принятия скорейших мер по минимизации негативного воздействия на окружающую среду нанесенного ранее экологического ущерба, улучшению экологического воспитания и образования.

Одним из вопросов, остро стоящих на повестке дня, признана проблема опустынивания. В республике проводятся мероприятия по мониторингу опустынивания, рациональному использованию и улучшению пастбищ, решению социально-бытовых вопросов скотоводов, разведению и восстановлению лесов, закреплению

и облесению подвижных песков, рациональному использованию и мелиорации орошаемых земель, развитию приоритетных научно-технических направлений. Инвестируются средства в рациональное использование и охрану водных ресурсов, другие природоохранные мероприятия.

Пустыня Каракумы – одна из крупнейших в мире, ее площадь составляет 350 тыс. км², или около 80% общей площади Туркменистана, она расположена на юге Туранской низменности. Ее обширная территория простирается с запада на восток на 800 км, а с севера на юг – на 450 км. На юге граничит с подгорной равниной Копетдага, холмистыми Карабиль и Бадхыз, на севере – с озером Сарыкамыш, Хорезмской низменностью, на востоке – с долиной Амударьи, на западе – с руслом Узоя.

В пустыне Каракумы остро ощущается нехватка пресной питьевой воды. При наличии воды Каракумы могли бы с успехом использоваться круглогодично как пастбище для 2 000 овец и верблюдов, а также для выращивания бахчевых и других сельскохозяйственных культур.

Исследования, проведенные Институтом животноводства и ветеринарии Академии наук Туркменистана, показывают, что в Каракумах в зависимости от урожайности пастбищ и оптимальной величины радиуса отгона на водопойном пункте можно содержать 700–1 200 голов овец. При среднем водопотреблении 6 л в сутки необходимое количество воды для водопоя овец будет 4,2–7,2 м³ в сутки. Поэтому для обводнения пастбищных территорий Туркменистана нужны сооружения с небольшой мощностью, распределенные по всей площади пастбищ. Для использования пригодны водные ресурсы пустынной территории: подземные воды, залегающие на глубине 5–250 м, с минерализацией до 5–10 г/л, поверхностные воды рек, водохранилищ, атмосферные осадки.

Предлагаемая методика дает возможность выбрать экономически выгодный способ водоснабжения конкретной местности с учетом экономического эффекта от расстояния, степени засоленности грунтовых вод и количества атмосферных осадков для развития отгонного животноводства в Туркменистане. Эта методика может быть применима и для других территорий.

Следует оговориться, что в статье использованы цены советского периода, правда, в долларовом выражении. К сожалению, в эпоху рыночных отношений не все цены устойчивы. Тем не менее

методика адекватно воспроизводит технические результаты расчетов.

Предварительный технико-экономический анализ водообеспечения в пустыне Каракумы

Особенности водообеспечения в пустыне Каракумы. В комплексе научных проблем вопросы водообеспечения в пустынной зоне остаются одними из ведущих. Любое хозяйственное мероприятие в пустыне – идет ли речь об освоении земель под орошение или об интенсификации животноводства, разработке полезных ископаемых или строительстве населенных пунктов – в первую очередь сталкивается с проблемой воды. Поэтому положительное решение этого вопроса позволяет вовлечь миллионы гектаров новых территорий в сферу активного промышленного и сельскохозяйственного освоения.

В тех районах пустынь, где преобладают сильно минерализованные подземные воды, пригодные для питья и водопоя, большую роль в водоснабжении играют временные воды, формирующиеся на такырных поверхностях после дождей. В отличие от рек местные воды рассеяны на огромных территориях крайне неравномерно. Это лишь локальные источники с относительно небольшим дебитом, способным обеспечить нужды рассредоточенных в пустыне небольших хозяйств. В то же время общий объем местных вод весьма значителен. При условии применения рациональных методов их добычи, сбора и хранения они могут обеспечить даже крупных водопотребителей. К настоящему времени изучены закономерности формирования и пространственного размещения местных водных ресурсов пустынь, определены их запасы и качество. Установлено, что суммарный поверхностный сток в пустынях СНГ только с такырных водосборов достигает огромных размеров, но полезно используются лишь сотые доли процента этого объема. Например, учеными подсчитано, что пустыни Средней Азии и Южного Казахстана получают за счет атмосферных осадков в средний по водности год в четыре раза больше воды, чем протекает ее в Амударье. Эти потенциальные ресурсы поверхностного стока в широком масштабе можно рационально использовать при решении проблемы водоснабжения и комплексного освоения пустынь.

За последние годы широкое применение нашли подземные воды, вскрытые на значительных территориях пустынь. О подземных водах пустынь Средней Азии и Казахстана дают представление

гидрогеологические карты различных масштабов и назначений. Они позволяют утверждать, что подземные воды пустынной зоны в общем изучены лучше, чем в других зонах СНГ. Однако еще недостаточно изучен и поэтому почти не оценен вертикальный водный и солевой обмен между грунтовыми и напорными водами, играющий важную роль в формировании ресурсов и состава воды.

Поверхностный сток является наиболее древним и легко доступным источником водоснабжения в пустынях. Но экспедиционные и стационарные исследования временного поверхностного стока с глинистых водосборов в пустынях Средней Азии и Казахстана начаты лет 30 назад. Поэтому неполнота гидрологических наблюдений в этом направлении затрудняет проведение анализа режима поверхностных вод пустынной зоны. Расчетные данные и практика показывают, что водами поверхностного стока можно удовлетворить отгонное животноводство, небольшие поселки, персонал, обслуживающий газопроводные и транспортные магистрали, и других мелких потребителей. Однако способы сохранения атмосферных осадков с естественных водосборов, применяемые с древнейших времен, в настоящее время не удовлетворяют растущие потребности в воде крупных хозяйств, расположенных в пустыне.

Из многочисленных способов хранения атмосферных осадков в пустыне наибольший эффект достигается при накоплении стока в естественных подземных коллекторах. В них при погружении пресная атмосферная вода образует линзу, плавающую на подземной соленой воде, не смешиваясь с ней. Этот вопрос в условиях, близких к производственным, достаточно изучен в Каракумах, где зоны аэрации и водовмещающих пород представлены песчаными отложениями.

Подземные водохранилища типа подпесчаных линз гарантируют круглогодичное обеспечение скота водой на самых отдаленных пастбищах, что экономически вполне выгодно. Однако для широкого внедрения этого метода необходимо совершенствовать поглощающие котлованы и разработать более эффективные способы водозабора. Поглощающие котлованы должны быть инженерными сооружениями со съемными фильтрами, очищающими воду от глинистых частиц. Объем их нужно рассчитать в зависимости от площади такыров и величины наибольшего годового стока. Такие водопоглощающие котлованы должна строить специальная

организация, которая осуществляет своевременный ремонт и следит за правильной эксплуатацией системы сооружения такырного водопользования.

Однако такырные водосборы в пустыне встречаются не везде. В районах, где их нет, создаются пока опытные асфальто-цементные водосборные площадки небольших размеров. К сожалению, они служат недолго. В настоящее время изучается вопрос о создании новых, более экономичных, легких, термоустойчивых, противифльтрационных материалов, способных образовывать прочную водонепроницаемую поверхность. Сейчас трудно сказать, будут ли это тонкие синтетические пленки или жидкие эмульсии, которыми можно покрывать пористые почвы, превращая их в водосборы. Если с одного гектара естественного такырного водосбора стекает в среднем около 300 м³ пресной воды в год, то с гектара искусственного водосбора можно получить не менее 700–800 м³ воды. Этим количеством пресной воды в смеси с минерализованной можно обеспечить отару овец в 800 голов в течение всего года.

Производство дешевых противифльтрационных материалов позволяет строить в любом районе пустынь водосборные площадки желаемых размеров, собирать с них нужное количество атмосферной влаги и погружать ее в почву, создавая таким образом своеобразные подземные хранилища воды.

Большое значение в улучшении обеспеченности водой рассредоточенных небольших потребителей в пустыне имеет опреснение минерализованных вод (подземных, морских, дренажных, сборных, сточных и пр.). Их ресурсы в пустыне практически неисчерпаемы и при наличии надежных технических средств, обеспечивающих эффективный процесс опреснения воды, можно во многих случаях успешно решать задачи водоснабжения и обводнения. Однако насколько проблема опреснения воды важна в практическом отношении, настолько она сложна технически. Особенно это заметно при разработке и создании малых передвижных опреснителей, предназначенных для использования в пустыне.

В области разработки и создания крупных дистилляционных опреснителей для промышленного и коммунального водоснабжения достигнуты значительные успехи. Об этом свидетельствует опыт строительства крупных опреснительных комплексов, в частности, в г. Актау (Шевченко) производительностью 120

тыс. м³ воды в сутки, который будет получать энергию от атомного реактора). В туристической зоне «Аваза» и в г. Туркменбаши (Красноводск) построены крупные дистилляционные опреснители, обеспечивающие большую туристическую зону и промышленные комплексы.

В создании малых опреснителей, особенно передвижных, сделано гораздо меньше. Промышленность выпускает небольшие опреснители производительностью от 5 до 25 м³ в сутки, предназначенные для обработки солоноватых вод с солесодержанием 5–8 г/л (солесодержание грунтовых вод во многих районах значительно выше). Однако эти установки из-за отложения накипи либо вообще неприменимы, либо малопригодны для работы в условиях пустыни. Поэтому в ее отдельные районы, где нет пресных подземных вод и водосборных площадок, вода нередко доставляется людям автомашинами, самолетами и вертолетами. При этом стоимость воды повышается до 100–320 руб./м³ (цены 1984 г.). Разумеется, такой водой поить овец или верблюдов – дорогое удовольствие. Пастбищному водоснабжению нужна дешевая вода, обеспечивающая рентабельность животноводства.

Следует учитывать также, что для питьевого водоснабжения людей нужна вода очень высокого качества и низкого солесодержания (0,5–1 г/л). Для водопоя животных на пастбищах может быть использована вода худшего качества с общим солесодержанием до 5–7 г/л.

Из общего количества обводнительных сооружений, используемых на пустынных пастбищах, колодцы составляют 80%, искусственные водосборные площадки – 0,2%, естественные водосборные площадки – 17% и остальные сооружения – 3%. Множество колодцев расположено на расстоянии 0,5–1 км друг от друга, что приводит к значительной перегрузке пастбищ, к снижению кормовой емкости и пастбищных угодий, и продуктивности скота. Среднегодовая пустынная продуктивность пастбища Каракумы составляет 3,5 ц/га, по данным Института пустынь Академии наук Туркменистана, средний поедаемый запас кормов на пастбищах равнинной территории республики составляет 1,23 ц/га. При такой урожайности пастбищ для удовлетворения существующих зоотехнических и ветеринарных нормативов в овцеводстве расстояние между водоисточниками должно быть 15–20 км.

К этому надо добавить, что при опреснении соленых вод методом дистилляции получается практически полностью обессоленная вода, которую затем нужно доводить до требуемой кондиции смешением с исходной или добавлением солей. Между тем в настоящее время разработаны такие методы опреснения воды, как электродиализ, осмос, в процессе которых степень обессоливания регулируется и исключается потребность в кондиционировании.

В последние годы созданы некоторые конструкции опреснителей, работающие на возобновляемых источниках энергии солнца и ветра. Это весьма перспективное в условиях пустынь направление работ.

Для решения задач в области улучшения водообеспеченности пустынь, нужны настойчивые исследования опытно-производственного характера, требующие значительных капитальных вложений. Особенно важны дальнейшие экспериментальные работы по совершенствованию известных и поиску новых высокоэффективных методов рационального использования атмосферных осадков, пресных подземных вод и опреснения изобильных в пустыне минерализованных грунтовых, дренажных и морских вод.

В решении проблемы водоснабжения и обводнения пустынных территорий СНГ особое место занимает предполагаемая переброска части стока сибирских рек в засушливые районы страны. Идея, ранее казавшаяся фантастической, становится вполне реальной, ибо советский опыт гидротехнического строительства позволяет перебрасывать любое количество воды в самые отдаленные уголки страны. Предполагается на первом этапе перебросить около 25 км³ воды, а в перспективе довести до 75–80 км³ в год, что превышает суммарный среднегодовой сток реки Амударьи. Приход большой воды внесет существенные изменения в природную среду современной пустыни и вызовет многообразные перемены, которые необходимо заранее предвидеть. В связи с этим очень важно изучить опыт строительства и эксплуатации Каракумского канала, который окажет неоценимую помощь при переброске части стока сибирских рек.

Атмосферные осадки выпадают в большинстве случаев в октябре – мае, однако максимум осадков приходится на март и апрель. Годовое количество атмосферных осадков в горных районах составляет 250–300 мм, в прибрежной зоне – 100–150 мм, в Каракумах – 80–100 мм. В связи

с разнородностью циркуляции атмосферы некоторые годы отличаются засушливостью или выпадением большого количества атмосферных осадков. Например, минимальное количество атмосферных осадков было отмечено в Дашогузе – 36 мм (1937 г.), в Ашхабаде – 136 мм (1935 г.) и Серхетабаде – 121 мм (1935 г.). Максимальное количество осадков в этих городах составило соответственно 166, 377 и 467 мм. Следовательно, в засушливые и влажные годы количество выпадающих атмосферных осадков в два раза меньше или в два раза больше обычного объема. Формирование суточного количества атмосферных осадков и режим их выпадения представляют собой сложный процесс. Высокая степень суточного количества атмосферных осадков достигает 38 мм в Дашогузе, 66 мм – в Ашхабаде, 73 мм – в Эсенгулы. Это в 30–40 раз превышает среднемесячное количество выпадающих осадков.

В Туркменистане количество дней со снежным покровом составляет около 4–7 дней на прибрежной полосе Каспийского моря, 14–15 дней – в северной части страны, 10–15 дней – в подгорной полосе, 32–100 дней – на высокой горной полосе. Средняя толщина снежного покрова в пределах 1–5 см, а его самая большая мощность (26 см) наблюдается в межгорных долинах, ущельях.

Логистика доставки воды автоводовозами. Капиталовложения по варианту доставки воды автоводовозами складываются из капитальных вложений в строительство бака-аккумулятора, бака-смесителя, гаража и стоимости автоводовозов. Бак-аккумулятор нужен для опорожнения машин, объем его должен быть достаточным, чтобы избежать проблем с доставкой воды (временная непроходимость дорог, поломка машины и пр.). Объем бака должен удовлетворять трехдневную потребность в воде в летний сезон. Необходимый его объем и соответствующая стоимость при сооружении водопойного пункта, принятые в советский период, в зависимости от минерализации исходной воды, представлены в табл. 1 (расценки 1984 г. по курсу 0,82 долл. США за 1 руб.).

Объем бака-смесителя для удовлетворения суточной потребности 1 000 голов овец будет равен 6 м³. Он устанавливается так, чтобы обеспечить самотек воды в водопойное корыто. По данным треста «Туркменпастбищевогострой», 1 м³ его стоит 41,41 долл. США (50,5 руб.), тогда капитальное вложение на строительство этого бака

составит 248,5 долл. США (303 руб.). Полагаем, что пресную воду на пастбища доставляют в автоцистернах на шасси ГАЗ-62 емкостью 2 м³.

Чтобы определить капитальные вложения, связанные с доставкой воды автоводовозами, надо знать их необходимое количество. Коэффициент технической готовности автопарка (автогаража) Ашхабадского специализированного пастбищно-мелиоративного строительного управления, машины которого эксплуатируются в условиях пустыни, примерно равен 0,55. Для повышения эффективности машинного варианта доставки воды коэффициент технической готовности примем равным 0,58. В году 307 рабочих дней (при шестидневной рабочей неделе), следовательно, автоводовозы в течение года могут работать 178 дней (307 умножаем на 0,58). Средняя техническая скорость машины в пустыне – 20 км/ч. Если машина работает семь часов в день, за год ее пробег составит:

$$N = 178,06 \times 7 \times 20 = 24\,928,4 \text{ км в год.}$$

Капитальные вложения в автоводовозы можно определить следующим образом:

$$K_{ав} = (K_{с.а} V_n) / V_c,$$

где $K_{с.а}$ – стоимость одного автоводовоза;

V_n – необходимое количество пресной воды, м³;

V_c – годовое количество воды, которое автоводовоз способен доставить, м³.

Автоводовоз за каждый рейс доставляет 2 м³ воды при этом он проходит двойное расстояние (от места отправления до места назначения). Если обозначим расстояние от места отправления до места назначения через X , то количество воды, доставляемое автоводозом за год, можно выразить следующим соотношением

$$V_c = 2N / 2X \text{ м}^3 \text{ в год.}$$

Итак,

$$(K_{ав} V_n X) / N \text{ долл. в год.}$$

Чтобы содержать машину, нужен гараж. Стоимость гаража K_r примем равной 492 долл., что примерно сходится со стоимостью гаража для одной машины Ашхабадского производственного автопарка. Капитальное вложение на его строительство с учетом необходимого количества автомашин определяется следующим выражением:

$$K_r = K_r (V_n / V_{с.н}) = K_r (V_n X / N) \text{ долл.}$$

Суммарное капитальное вложение составит

$$K_a = K_{ав} + K_r + K_{ак} + K_{см},$$

где $K_{ак}$ – стоимость бака-аккумулятора;

$K_{см}$ – стоимость бака-смесителя.

Удельные капитальные вложения составят

$$K_{a,y} = K_a / V_n.$$

Расчетные значения капитальных и удельных капитальных вложений для доставки пресной воды автоводовозами представлены в табл. 2.

Чтобы найти капитальные вложения, затраченные на получение питьевой воды, надо учесть капитальные вложения и на строительство колодца, а для нахождения удельных капитальных вложений надо найденные капитальные вложения разделить на $V_n + 175,2$. Капитальные вложения на строительство колодца зависят от отдаленности ближайшей железнодорожной станции, глубины залегающего водоносного горизонта, строения местных почв, конструкции колодца и других факторов. Поскольку расчеты ведем для общих случаев, учесть все эти факторы не представляется возможным, поэтому для всех сравниваемых вариантов принимаем, что отдаленность колодца от железнодорожной станции 100 км, глубина колодца 22 м. При таких условиях капитальные вложения в строительство колодца составят 2 164,8 долл.

Удельные капитальные вложения в выработку питьевой воды представлены на рис. 1.

Сбор естественных осадков с искусственной водосборной площадки. В последние годы в Туркмении обводнение неиспользуемых пастбищных угодий осуществляется путем сбора естественных осадков с искусственных водосборных площадок.

Для обеспечения потребителей в засушливый период в комплексе с площадкой строятся баки-аккумуляторы. Необходимые объемы баков-аккумуляторов представлены в табл. 3. При этом принято, что объем можно принять при 10 г/л минерализации равным 60%, а при 40 г/л – 50% от годового количества необходимого дистиллята.

В зависимости от количества и характера выпадающих осадков, травостоя данной территории и солесодержания исходной воды определяется необходимая площадь искусственной водосборной площадки и объем бака-аккумулятора. Эти величины составляют объем

капитальных вложений, при этом коэффициент стока осадков принимается за 0,8. Необходимые размеры искусственной площадки представлены в табл. 4.

Теперь перейдем к определению капитальных вложений на строительство необходимого комплекса водопойного пункта с искусственной водосборной площадкой в зависимости от принятых параметров. Для расчетов была использована сметно-финансовая документация рабочего проекта искусственной водосборной площадки, предназначенной для строительства в западных районах Туркменистана (проектные разработки Туркменгипроводхоза).

На основе обработки этих данных для определения общих капитальных вложений на выработку необходимого количества дистиллята для удовлетворения потребности потребителей на выбранном водопойном пункте в зависимости от размера водосборной площадки и объема бака-аккумулятора получена следующая формула:

$$K_{сб} = (2,3469 B_{сб} + 200 + 15,88 V_{ак}) 1,5006391,$$

где $B_{сб}$ — необходимая площадь водосборной площадки для каждого конкретного случая, м²;

$V_{ак}$ — необходимый объем бака-аккумулятора, м³.

Тогда удельные капитальные вложения определяются из соотношения

$$K_{сб,y} = [(2,3469 B_{сб} + 200 + 15,88 V_{ак}) 1,5006391] / V_g,$$

где $K_{сб,y}$ – удельные капитальные вложения на выработку дистиллята, долл./м³ в год;

V_g – годовое количество необходимого дистиллята, м³.

Результаты вычисления по приведенным формулам для рассматриваемых случаев представлены в табл. 5. Чтобы определить удельные капитальные вложения для получения питьевой воды, надо прибавить к ним стоимость колодца и полученную сумму разделить на $V_n + 175,2$, то есть

$$K_{сб,y} = (K_{сб} + 2\,640) / (V_n + 175,2).$$

Опреснение грунтовой воды с помощью солнечных опреснителей парникового типа. Для определения капитальных затрат и удельных капитальных вложений на вариант водоснабжения с помощью солнечного опреснителя парникового типа необходимо знать суточную, месячную и годовую производительность. Для нахождения этих величин мы воспользовались экспериментальными

данными, представленными ранее. В условиях Ашхабада годовая производительность парникового опреснителя с учетом атмосферных осадков составляла 1 149,62 л (1,15 м³) дистиллята.

В расчетах производительность опреснителя принята равной 1 000 л дистиллята в год. Это значит, что для водоснабжения потребителя надо построить солнечный опреснитель, площадь которого должна равняться необходимому количеству дистиллята, выраженному в кубометрах. Поскольку в силу неуправляемости внешними погодными условиями выработка солнечного опреснителя имеет прерывистый характер, а потребление идет ежедневно, предусматриваем возможность обеспечения периодов без выработки за счет аккумулярованного излишка дистиллята за дни работы установки. Нужные объемы баков-аккумуляторов определялись по разностям, рассчитанным из графиков выработки и потребления в течение года. Расчеты показывают, что необходимо аккумулировать дистиллят в количестве от 11,5 до 10,8% от годового потребления в зависимости от солесодержания исходной воды (табл. 6).

Объем бака-аккумулятора, равный 11,5–16,8% от годового количества дистиллята, соответствует от 41- до 63,4-кратной среднесуточной потребности в дистилляте. Для определения экономических показателей использовались сметные данные водопойного пункта с опытно-экспериментальной солнечной опреснительной установкой парникового типа, спроектированной для пастбищного водоснабжения западных районов Туркменистана. Проектом этого водопойного пункта было в советский период предусмотрено строительство солнечной опреснительной установки площадью 2 400 м². Однако в соответствии с потребностями потребителя и в зависимости от исходного солесодержания опресняемой воды эта площадь и необходимый объем бака-аккумулятора будут изменяться. Путем обработки сметных данных указанного проекта для определения капитальных вложений в каждом конкретном случае получили расчетную формулу в следующем виде:

$$K_{\text{сол}} = (18,439 V_g + 12,566 V_{\text{ак.сол}} + 312,09),$$

где $K_{\text{сол}}$ – капитальные вложения на солнечное опреснение, долл.;

$V_{\text{ак.сол}}$ – необходимый объем бака-аккумулятора при водоснабжении с помощью солнечных опреснителей, м³.

Удельные капитальные вложения для получения дистиллята и питьевой воды соответственно определяются следующими выражениями:

$$K_{\text{у.сол1}} = K_{\text{сол}} / V_g;$$

$$K_{\text{у.сол2}} = (K_{\text{сол}} + 2\,640) / (V_{\text{п}} + 175,62),$$

где $K_{\text{у.сол1}}$ – удельные капитальные вложения на выработку дистиллята с помощью солнечного опреснителя парникового типа, долл./м³ в год;

$K_{\text{у.сол2}}$ – удельные капитальные вложения на выработку питьевой воды для овец, долл./м³ в год.

Результаты вычислений по приведенным формулам представлены в табл. 7.

Логистика водоснабжения пустыни Каракумы

Годовые издержки принятых к рассмотрению способов водоснабжения будут складываться из амортизационных отчислений, эксплуатационных расходов (расход энергии, стоимость рабочей силы и пр.), расходов на текущий и капитальный ремонт и затрат на подъем грунтовой соленой воды.

Логистика доставки воды автоводовозами. Годовые издержки, связанные с водоснабжением рассматриваемого потребителя с помощью автоводовозов, можно представить в следующем виде:

$$U_{\text{а}} = \Sigma A_{\text{ав}} + \Sigma E_{\text{ав}} + P_{\text{ав}},$$

где $U_{\text{а}}$ – суммарные годовые издержки, долл. в год;

$\Sigma A_{\text{ав}}$ – сумма амортизационных отчислений долл. в год;

$\Sigma E_{\text{ав}}$ – расходы, связанные с эксплуатацией автоводовоза, долл. в год;

$P_{\text{ав}}$ – расходы на капитальные и текущие ремонты, долл. в год.

Амортизационные отчисления от капитальных вложений на автоводовозы определяются выражением

$$\Sigma A_{\text{авт}} = (2\,500 / N_{\text{ср.п}}) N (V_{\text{п}} / V_{\text{сп}}).$$

Здесь $(2\,500 / N_{\text{ср.п}})$ показывает, сколько средств от капитальных вложений приходится для одного автоводовоза за 1 км пробега.

Амортизационные отчисления от капитальных вложений на строительство гаража будут составлять:

$$A_{\text{г}} = (600 / 30) (V_{\text{п}} / V_{\text{сп}}) = 0,000802 V_{\text{п}} X,$$

где 600 – капитальные вложения на гараж для одного автоводоовоза, долл.;

30 – срок амортизации гаража, лет;

$(V_n / V_{сп})$ – количество необходимых автоводоовозов.

Амортизационные отчисления от баков при 40-летнем сроке их службы будут равны $0,025 K_{ак}$.

Суммарные амортизационные отчисления определяются следующим образом:

$$\Sigma A_{ав} = 0,0135553 V_n X + 0,025 K_{ак} + 7,575.$$

Вычислим расходы, связанные с эксплуатацией машины. Сюда входят расход горючего и смазочных материалов, заработная плата водителей, персонала гаража и пр. Годовой фонд заработной платы водителя с учетом всех начислений в условиях пустынь составляет 1 370 долл. По данным Ашхабадского специализированного пастбищно-мелиоративного строительного управления, в гараже имеется 47 машин. Фонд зарплаты для вспомогательного обслуживающего персонала с соответствующими начислениями составляет 22 582,8 долл. Обслуживание одной машины обойдется в 480,52 долл. Тогда для вычисления эксплуатационных расходов, связанных со вспомогательным обслуживанием машин в зависимости от V_n и X , получим следующее выражение:

$$E_{об} = 480,52 (V_n / V_{сп}) = 2,3505 V_n X.$$

Следовательно, для определения суммы эксплуатационных расходов будем иметь

$$\Sigma A_{ав} = 10,8565 V_n X.$$

Годовые расходы на текущий и капитальный ремонт берутся в количестве 3% от суммарных капитальных вложений на подвоз пресной воды:

$$P_{ав} = 0,37306845 V_n X + 9,9 + 0,03 K_{ак}.$$

Для вычисления суммарных годовых издержек для рассматриваемого случая будем иметь следующую зависимость:

$$U_a = 0,12585 V_n X + 16,665 + 0,055 K_{ак}.$$

Себестоимость пресной (привозимой) воды находится путем деления годовых издержек на годовое необходимое количество этой воды:

$$S_a = U_a / V_n.$$

Значения U_a и S_a представлены в табл. 8.

Чтобы определить себестоимость питьевых вод, надо учитывать стоимость местных минерализованных вод, которые поднимаются из колодца. Для определения себестоимости питьевых вод для овец необходимо учесть расходы (стоимость) на местную минерализованную воду. Годовой расход этой воды равен $V_n - V_n + 175,2$, где V_n – количество питьевой воды, необходимой для 1 000 овец.

Суточное потребление воды составляет 5 м^3 , дебит колодца – 13 м^3 , глубина его – 22 м, стоимость подъема – $0,428 \text{ долл./м}^3$. Тогда себестоимость питьевой воды будет определяться следующей формулой:

$$S_a = [U_a (V_n - V_n + 175,2)] / (V_n + 175,2).$$

Сбор атмосферных осадков. Принимая в соответствии с нормами амортизации срок эксплуатации искусственной площадки 30 лет, а всех остальных сооружений – 10 лет, общие амортизационные отчисления от капитальных вложений этого комплекса сооружений можно выразить следующим образом:

$$A_{сб} = (0,076905 B_{сб} + 5 + 0,397 V_{аксб}) 1,8300477.$$

Для определения годовых эксплуатационных расходов принимаем, что $10\,000 \text{ м}^2$ искусственной водосборной площади обслуживается одним рабочим с окладом 73,2 долл. США. С учетом надлежащих начислений его годовой фонд зарплаты будет 1 139,8 долл. США. Годовой фонд зарплаты, относящийся к 1 м^2 площади искусственной водосборной площадки – 0,1139 руб. Следовательно, эксплуатационные расходы в зависимости от размера площади будут $0,1139 B_{сб}$.

Годовой расход на текущий и капитальный ремонт – 3% от общих капитальных вложений без стоимости колодца, годовые расходы, связанные с ремонтом – $0,03 K_{сб}$. Годовые издержки выражаются следующим образом:

$$U_{сб} = (m_{сб} + 0,03) K_{сб} + 0,138996.$$

Себестоимость дистиллята, собираемого с искусственной водосборной площадки, составит:

$$S_{сб} = U_{сб} / V_g.$$

Себестоимость питьевой воды определяется следующим выражением:

$$S_{сб} = [U_{сб} + (V_n + 175,2 - V_g) 0,522] / (V_n + 175,2).$$

Численные значения $U_{сб}$ и $S_{сб}$ представлены в табл. 9.

Опреснение грунтовой соленой воды с помощью парниковых солнечных опреснителей. Принимая срок амортизации железобетонных сооружений в 40 лет, коммуникаций – 20 лет, стеклянной части – 5 лет и служебных помещений – 30 лет, общие амортизационные отчисления от суммарного капитального вложения водопойного пункта с солнечной опреснительной установкой после проведения некоторых несложных расчетов можно представить в следующем виде:

$$A_{\text{сол}} = 0,882 V_g + 0,305 V_{\text{ак.сол}} + 7,575.$$

Величина $A_{\text{сол}}$ в долях от капитальных вложений может быть определена по следующей формуле:

$$m_{\text{сол}} = (0,882 V_g + 0,305 V_{\text{ак.сол}} + 7,575) / (17,902 V_g + 12,2 V_{\text{ак.сол}} + 303).$$

Тогда общие годовые амортизационные отчисления составят $A_{\text{сол}} = m_{\text{сол}} - K_{\text{сол}}$.

Эксплуатационные расходы по этому варианту определяем из предположения, что 1 000 м² опреснителя обслуживает один человек с окладом 73,2 долл. Годовой фонд зарплаты – 1 139,8 долл.. Тогда годовой расход, связанный с обслуживанием этого варианта водоснабжения, составит $1,139 V_g$.

Теперь определим стоимость исходной минерализованной воды для опреснения. Если обозначим через V годовой расход исходной опресняемой воды, то стоимость ее будет $0,428 V$. Для нахождения V напомним уравнения материального и солевого балансов и решим их совместно:

$$V = V_g + V_{\text{рас}};$$

$$C_0 V = C_k V_{\text{рас}},$$

где $V_{\text{рас}}$ – количество сбрасываемого рассола после опреснения, м³;

C_k – конечная концентрация солей сбрасываемого рассола, г/л.

Из последнего уравнения находим:

$$V = [C_k / (C_k - C_0)] V_g.$$

Следовательно,

$$0,522 V = [C_k / (C_k - C_0)] 0,522 V_g.$$

При расчете принимаем, что концентрация солей рассола 100 г/л и годовые расходы на текущий и капитальный ремонты составляют 3% от капитальных вложений. Тогда годовые издержки

рассматриваемого варианта можно выразить следующим образом:

$$U_{\text{сол}} = m_{\text{сол}} K_{\text{сол}} + 1,38996 V_g + [100 / (100 - C_0)] - 0,522 V_g + 0,03 K_{\text{сол}}.$$

Себестоимость дистиллята определяется из соотношения $S_{\text{сол}} = U_{\text{сол}} / V_g$.

Численные значения $U_{\text{сол}}$ представлены в табл. 10.

Чтобы найти себестоимость питьевой воды, надо прибавить к годовым издержкам стоимость минерализованной воды, используемой для смешивания с дистиллятом и разделить на необходимое годовое количество питьевой воды.

В зависимости от определяющих факторов возможен смешанный случай. Так, $S_{\text{сол}} < S_{\text{ав}}$, но $K_{\text{сол}} > K_{\text{ав}}$, или всегда $K_{\text{сол}} < K_{\text{сб}}$. Но при количестве осадков 175 мм $S_{\text{сол}} > S_{\text{сб}}$. Поэтому для окончательного суждения об экономических преимуществах того или другого метода необходимо сравнить рассматриваемые варианты по их расчетным затратам, срокам окупаемости и проанализировать их рентабельность.

Анализ экономической эффективности сравниваемых методов водоснабжения. Прежде всего определим расчетные затраты на выработку дистиллята, подвоз пресной воды и получение питьевой воды в сравниваемых вариантах. Эти затраты вычисляются по формуле

$$Z = S + (1 / T_n) K,$$

где S — себестоимость воды, долл. США/м³;

T_n — отраслевой нормативный срок окупаемости, лет;

K — удельные капитальные вложения, долл. США/м³ в год.

В энергетике $T_n = 8$ –12 лет. Из-за отсутствия длительного опыта определения нормативного срока окупаемости примем его равным восьми годам. Надо заметить, что срок службы автоводовоза меньше восьми лет. Принимая T_n равным 8 годам, мы повышаем эффективность этого метода водоснабжения, что делает более надежными заключения относительно водоснабжения с помощью солнечных опреснителей.

Величины удельных расчетных затрат для сравниваемых методов водоснабжения представлены на рис. 2, 3. Расчетные затраты для питьевой воды, доставляемой автоводовозами на расстояние до 30 км, меньше, чем у других вариантов в рассматриваемом диапазоне

изменения солесодержания исходной воды. Когда расстояние равно 40 км, тогда при солесодержании исходной воды менее 20 г/л экономически выгодным является солнечное опреснение, а при солесодержании более 20 г/л доставка пресной воды автоводовозами выгоднее, чем солнечное опреснение.

Уже на расстоянии 50 км и более при любом солесодержании исходной воды солнечное опреснение экономически более эффективно, чем доставка пресной воды автоводовозами.

Сравнивая солнечное опреснение со сбором естественных осадков с искусственной водосборной площадки, замечаем, что в рассматриваемом диапазоне изменений годового количества осадков и солесодержания исходной воды солнечное опреснение является гораздо более выгодным методом водоснабжения. На расстоянии 60 км оно тоже выгодно, если годовое количество выпадающих осадков меньше 175 мм. На расстоянии 70 км доставка воды автоводовозами выгодна, если годовое количество осадков меньше 150 мм.

Рассмотрим теперь, каков годовой экономический эффект при замене доставки пресной воды и сбора осадков гелиоопреснением. Возможные годовые экономические эффекты представлены на рис. 4, 5. Точка пересечения линии годовых экономических эффектов с осью абсцисс означает равнозначность доставки пресной воды автоводовозами и солнечного опреснения местной соленой воды в районах пастбищ. Как видно, графики годовых экономических эффектов, получаемые при замене сбора естественных осадков с искусственной водосборной площадки солнечным опреснителем, не пересекаются с осью абсцисс. Следовательно, солнечное опреснение экономически выгоднее, чем сбор естественных осадков.

Для ориентировочной оценки доли способа водоснабжения в ежегодно получаемых чистых

прибылях проанализируем чистый доход от овцеводства для одного характерного года. Причем до этого года строительство водосборных площадок на пастбищах не практиковалось. Почти не практиковалась и доставка воды на пастбища автоводовозами, поэтому можно считать, что до этого года водопой осуществлялся подъемом пресной воды из колодца по цене 0,522 руб./м³.

В 1958 г. колхозы Туркменистана в среднем получили от 1 000 голов овец 8 519,8 долл. (10 390 руб.) чистого дохода. Этот год по климатическим условиям можно отнести к среднему по развитию пастбищной растительности, следовательно, и по доходности овцеводства. Если пренебречь стоимостью воды, то колхозы в 1958 г. от 1 000 голов овец должны были бы получить $8\,519,9 + 0,428 \cdot 2\,152,7 = 9\,441,25$ долл. (11 549,41 руб.) чистой прибыли.

Отсюда следует, что если стоимость 1 м³ питьевой воды, полученной разными методами, не превышает $9\,441,25 / 2\,152,7 = 4,38$ долл., то этот метод обводнения пустынных пастбищ Туркменистана будет рентабельным. Здесь 2 152,7 м³ – годовая потребность в питьевой воде для 1 000 гол. овец и для обслуживающего персонала.

Чистая прибыль за год в рублях (табл. 11) вычислена по формуле $\Pi = (4,38 - S) (V_n + 175,7)$.

Заключение

Приведенная расчетная методика дает возможность выбрать экономически выгодный метод водоснабжения для конкретной местности в зависимости от расстояния, степени засоленности грунтовых вод и количества атмосферных осадков для развития отгонного животноводства.

Анализ показывает, что при использовании пустынных территорий Туркменистана для отгонного животноводства большую часть их целесообразно обводнять за счет применения солнечных опреснителей.

Таблица 1

Основные показатели бака-аккумулятора

Table 1

Main parameters of a storage tank

Показатель	Минерализация исходной воды, г/л						
	10	15	20	25	30	35	40
Объем, м³	13	16	18	18	19	19	20
Стоимость, долл. США	137.7	168.1	190.2	190.2	197.6	197.6	200.1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Капитальные и удельные капитальные вложения для доставки пресной воды автоводовозами

Table 2

Capital and specific capital investment for fresh water delivery by water haulers

Соленость воды, г/л	Расстояние, км						
	10	20	30	40	50	60	70
Капитальные вложения, долл. США							
10	1 460,42	2 534,62	1 148,82	4 683,02	5 757,22	6 831,42	7 905,62
15	1 887,64	3 358,72	4 829,8	6 300,88	7 771,14	9 242,22	10 713,3
20	2 077,88	3 725,26	5 371,82	7 019,2	8 666,58	10 313,96	11 961,34
25	2 185,3	3 931,9	5 679,32	7 425,92	9 173,34	10 919,94	12 667,36
30	2 235,32	4 027,02	5 819,54	7 612,06	9 403,76	11 196,28	12 988,8
35	2 055,74	4 157,4	6 013,06	7 868,72	9 725,2	11 580,86	13 436,52
40	2 337	4 226,28	6 114,74	8 003,2	9 891,66	11 780,12	13 669,4
Удельные капитальные вложения, долл. США/м³							
10	1,3858	2,4026	3,4276	4,4444	5,4612	6,4862	7,503
15	1,312	2,3288	3,362	4,3706	5,3874	6,4042	7,4292
20	1,2874	2,3042	3,321	4,346	5,3628	6,3878	7,4046
25	1,271	2,296	3,3128	4,346	5,3546	6,3714	7,3964
30	1,271	2,2878	3,3128	4,346	5,3464	6,3714	7,3882
35	1,2628	2,2878	3,3046	4,346	5,3464	6,3632	7,38
40	1,2628	2,2796	3,3046	4,346	5,3464	6,3632	7,38

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Необходимый объем бака-аккумулятора

Table 3

The required volume of a storage tank

Показатель	Соленость воды, г/л						
	10	15	20	25	30	35	40
Годовое количество дистиллята, %	60	58	57	55	54	52	50
Объем бака-аккумулятора, м³	516	796	830	873	891	894	881

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Необходимые размеры искусственной площадки, м³

Table 4

The required size of an artificial site, m³

Соленость воды, г/л	Годовое количество осадков, мм					
	75	100	125	150	175	200
10	14 336	10 752	8 602	7 168	6 144	5 376
15	2 103	15 772	12 618	10 515	9 013	7 885
20	24 377	18 283	14 626	12 188	10 447	9 141
25	26 385	19 789	15 831	13 192	11 308	9 894
30	27 724	20 793	10 031	13 862	11 881	10 396
35	28 682	21 511	17 209	14 341	12 292	10 755
40	29 397	22 048	17 638	14 698	12 599	11 024

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Капитальные и удельные вложения в строительство искусственной площадки для выработки дистиллята

Table 5

Capital and specific investments in building an artificial sites for distillate production

Соленость воды, г/л	Осадки, мм					
	75	100	125	150	175	200
Капитальные вложения, долл. США						
10	63 090,8	50 467,72	42 894,2	37 844,64	34 238,28	315 335,1
15	91 924,46	73 410,5	62 300,32	54 891,62	49 603,44	45 629,72
20	105 952,2	84 488,7	71 610,6	63 025,2	56 892,42	52 293,04
25	114 052,2	90 819,92	76 880,74	67 588,5	60 950,6	55 972,38
30	119 187,8	94 778,88	80 132,86	70 368,3	63 394,2	58 163,42
35	122 640	97 386,48	82 234,52	72 134,58	64 917,76	59 505,76
40	12 4851,6	98 968,26	83 437,46	73 084,14	65 689,38	60 142,08
Удельные капитальные вложения, долл. США/м³						
10	72,98	62,32	50,02	44,28	40,18	36,9
15	72,98	58,22	49,2	43,46	39,36	36,08
20	72,16	57,4	49,2	43,46	38,54	36,08
25	72,16	57,4	48,38	42,64	38,54	35,26
30	71,34	56,58	48,38	50,84	37,72	35,26
35	71,34	56,58	47,56	41,82	37,72	34,44
40	70,52	55,76	47,56	41,82	36,9	34,44

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6

Необходимый объем баков-аккумуляторов при водоснабжении с помощью парниковых опреснителей

Table 6

The necessary volume of storage tanks for water supply by greenhouse distillers

Показатель	Соленость воды, г/л						
	10	15	20	25	30	35	40
Объем бака-аккумулятора, м³	98,56	167,1	218,17	248,06	268,35	282,71	294,21
Объем от годового количества дистиллята, %	11.46	13.24	14.91	15.67	16.14	16.43	16.83

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 7

Капитальные и удельные капитальные вложения на выработку дистиллята с помощью парниковых опреснителей

Table 7

Capital and specific capital investments in distillate production using the greenhouse distillers

Показатель	Соленость воды, г/л						
	10	15	20	25	30	35	40
Капитальные вложения, долл. США	14 277,84	21 057,6	24 618,9	26 749,2	28 172,74	29 189,54	29 957,06
Удельные капитальные вложения, долл. США/м³ в год	16,564	16,728	16,81	16,974	16,974	16,974	16,974

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 8

Годовые издержки и себестоимость пресных (подвозимых) вод

Table 8

Annual costs and the cost of fresh (delivered) water

Соленость воды, г/л	Расстояние, км						
	10	20	30	40	50	60	70
Годовые издержки, долл. США							
10	1 078,3	2 195,14	3 282,46	4 369,78	5 456,28	6 543,6	7 630,92
15	1 511,26	3 000,38	4 488,68	5 977,8	7 466,1	8 954,4	10 443,52
20	1 690,84	3 357,9	5 024,96	6 692,02	8 359,08	10 026,14	11 693,2
25	1 792,52	3 560,44	5 328,36	7 096,28	8 864,2	10 632,12	12 400,04
30	1 857,3	3 690	5 522,7	7 355,4	9 188,1	11 020,8	12 854,32
35	1 902,4	3 780,2	5 658,82	7 536,62	9 414,42	11 293,04	13 170,84
40	1 936,02	3 847,44	5 758,86	7 670,28	9 580,88	11 492,3	13 403,72
Себестоимость, долл. США/м³							
10	1,0496	2,0828	3,116	4,1492	5,1004	6,2156	7,2406
15	1,0496	2,0828	3,1078	4,141	5,1742	6,2074	7,2406
20	1,0496	2,0746	3,1078	4,141	5,1742	6,2074	7,2406
25	1,0496	2,0746	3,1078	4,141	5,166	6,2074	7,2406
30	1,0496	2,0746	3,1078	4,141	5,166	6,2074	7,2406
35	1,0414	2,0746	3,1078	4,141	5,166	6,2074	7,2406
40	1,0414	2,0746	3,1078	4,141	5,166	6,2074	7,2406

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 9

Годовые издержки и себестоимость дистиллята

Table 9

Annual costs and the cost of distillate

Соленость воды, г/л	Атмосферные осадки, мм					
	75	100	125	150	175	200
Годовые издержки, долл. США						
10	5 496,46	4 295,16	3 575,2	3 094,68	2 751,92	2 494,44
15	8 028,62	6 268,08	5 210,28	4 469	4 001,6	3 623,58
20	9 272,56	7 230,76	6 005,68	5 188,96	4 605,12	4 167,24
25	10 002,36	7 791,64	6 465,7	5 581,74	4 951,16	4 476,38
30	10 473,86	8 127,02	6 758,44	5 829,38	5 166	4 623,98
35	10 799,4	8 395,98	6 955,24	5 994,2	5 307,86	4 793,72
40	11 021,62	8 559,16	7 081,52	6 096,7	5 393,14	4 865,88
Себестоимость, долл. США/м³						
10	6,3878	4,9938	4,1574	3,5998	3,198	2,9028
15	6,3632	4,9692	4,1328	3,5752	3,1734	2,87
20	6,3386	4,9446	4,1082	3,5506	3,1488	2,8454
25	6,314	4,92	4,0836	3,526	3,1242	2,829
30	6,2976	4,9036	4,059	3,5014	3,1078	2,8044
35	6,273	4,879	4,0426	3,4686	3,0832	2,788
40	6 2484	4 8544	4 018	3 4604	3 0586	2 7552

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 10

Годовые издержки и себестоимость дистиллята, вырабатываемого на водопойном пункте

Table 10

Annual costs and the cost of distillate produced by watering point

Показатель	Соленость воды, г/л						
	10	15	20	25	30	35	40
Годовые издержки, долл. США	2 490,34	3 694,92	4 340,26	4 760,1	5 073,34	5 331,64	5 563,7
Себестоимость дистиллята, долл. США/м ³	2,8946	2,9274	2,9684	3,0094	3,0504	3,0996	3,157

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 11

Чистая прибыль за год при различных методах обводнения пустынных пастбищ на 1 000 голов овец и коз, руб.

Table 11

Net profit for the year under different methods of desert pasture irrigation per 1,000 sheep and goats, RUB

Соленость воды, г/л	Доставка воды транспортом на расстояние, км						
	10	20	30	40	50	60	70
10	7 872,82	5 138,12	5 701,46	4 606,76	3 530,1	2 435,4	1 341,52
15	7 625,18	6 142,62	4 660,06	3 159,46	1 676,9	193,52	–1 288,22
20	7 519,4	5 859,72	4 200,86	2 523,96	864,28	–793,76	–2 470,66
25	7 466,1	5 701,46	3 936	2 170,54	405,9	–1 358,74	–3 124,2
30	7 413,62	5 595,68	3 759,7	1 923,72	87,74	–1 764,64	–3 565,36
35	7 395,58	5 524,34	3 653,92	1 764,64	–105,78	–1 977,02	–3 846,62
40	7 378,36	5 471,86	3 565,36	1 658,86	–264,04	–2 170,54	–4 077,04

Продолжение таблицы

Соленость воды, г/л	Сбор осадков, мм						Солнечное опреснение
	75	100	125	150	175	200	
10	3 389,06	4 589,54	5 312,78	5 789,2	6 142,62	6 389,44	6 407,48
15	1 041,4	2 788,82	3 847,44	4 589,54	5 065,96	5 444,8	5 366,08
20	123	1 923,72	3 141,42	3 954,04	4 536,24	4 977,4	4 801,1
25	793,76	1 429,26	2 753,56	3 635,88	4 271,38	4 730,58	4 447,68
30	1 234,92	1 076,66	2 470,66	3 406,28	4 059,82	4 571,5	4 165,6
35	1 535,04	864,28	2 294,36	3 265,24	3 954,04	4 465,72	3 917,96
40	1 747,42	723,24	2 188,58	3 176,68	3 882,7	4 412,42	3 706,4

Источник: авторская разработка

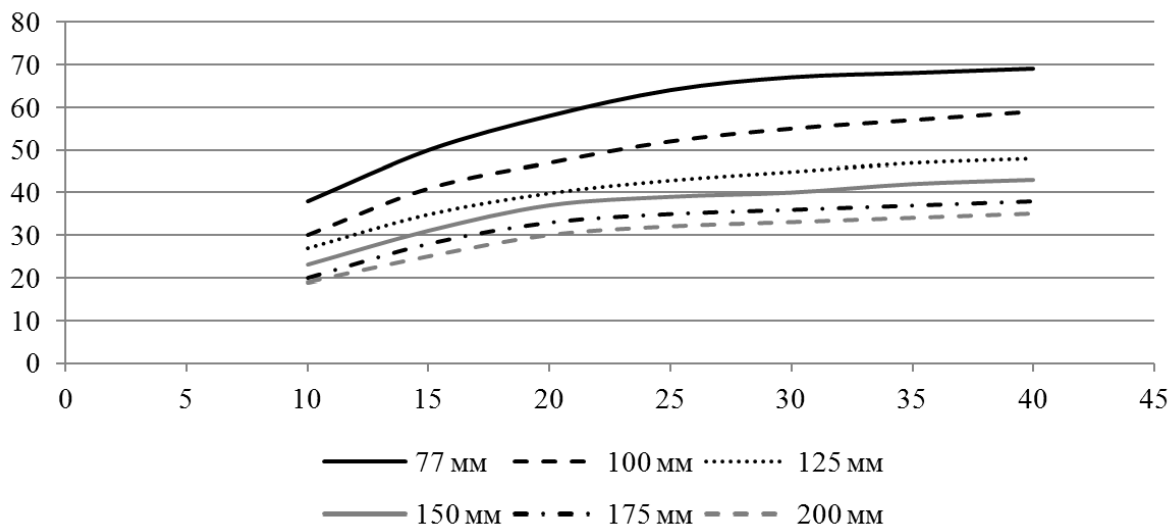
Source: Authoring

Рисунок 1

Удельные капиталовложения на выработку питьевой воды (долл. США) в зависимости от солесодержания (г/л) для сбора осадков с искусственной водосборной площадки

Figure 1

Relative capital investment in the production of potable water (USD), depending on solid contents of water (g/l) for precipitation collection from artificial water-collecting sites



Источник: авторская разработка

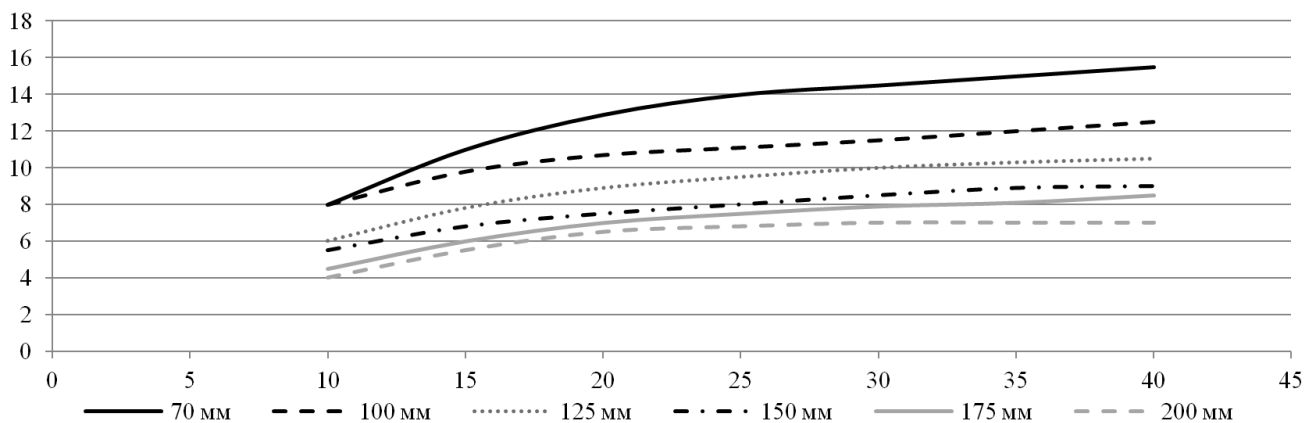
Source: Authoring

Рисунок 2

Удельные расчетные затраты на выработку питьевой воды (долл. США/м³) в зависимости от солесодержания воды (г/л)

Figure 2

Specific estimated cost of potable water production (USD/m³), depending on solid contents of water (g/l)



Источник: авторская разработка

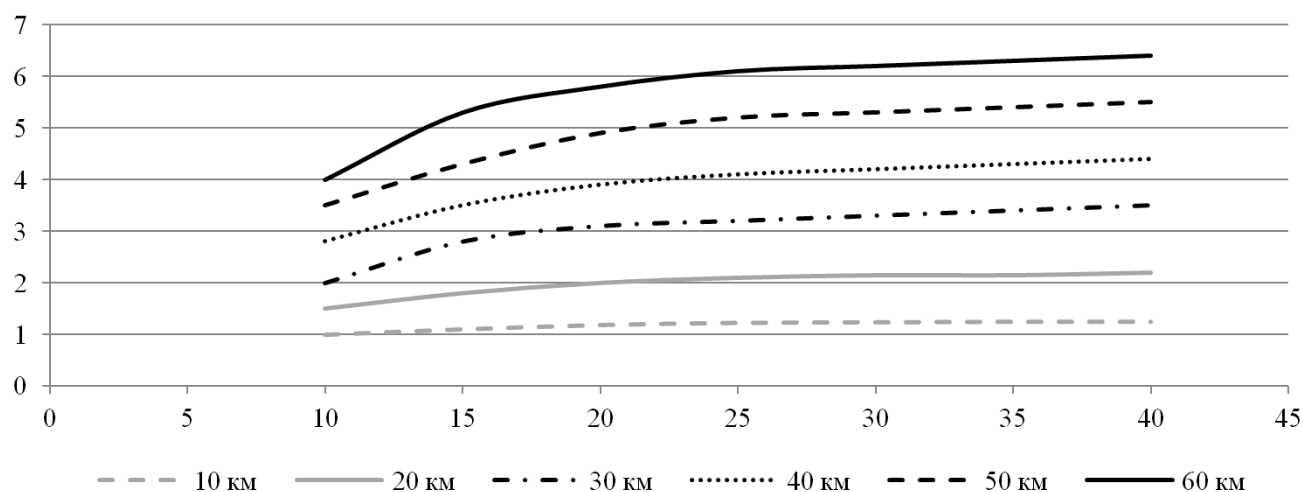
Source: Authoring

Рисунок 3

Удельные расчетные затраты (долл. США/м³) на выработку питьевой воды (г/л) в зависимости от расстояния

Figure 3

Specific estimated cost (USD/m³) of potable water production (g/l) depending on distance



Источник: авторская разработка

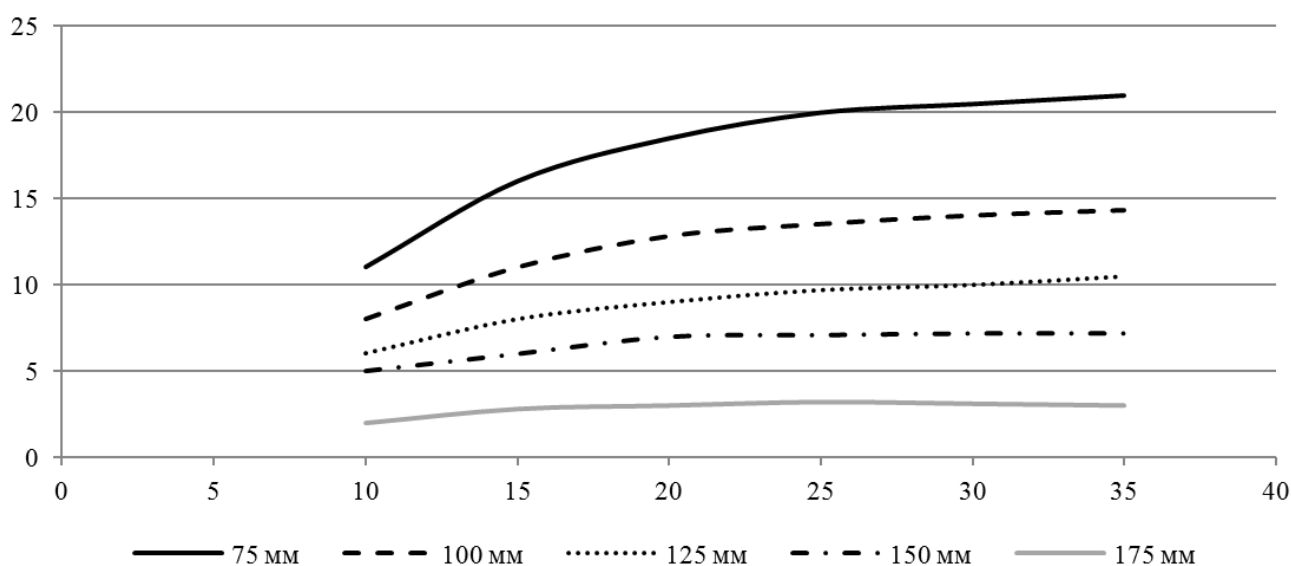
Source: Authoring

Рисунок 4

Возможный годовой экономический эффект (тыс. долл. США/м³) при замене сбора осадков с искусственной водосборной площадки солнечным опреснителем парникового (г/л) типа в системе пастбищного водоснабжения Туркменистана

Figure 4

Possible annual economic impact (thousand USD/m³) when replacing the precipitation collection from artificial water-collecting site by a solar distiller of greenhouse type (g/l) in the pasture water supply system of Turkmenistan



Источник: авторская разработка

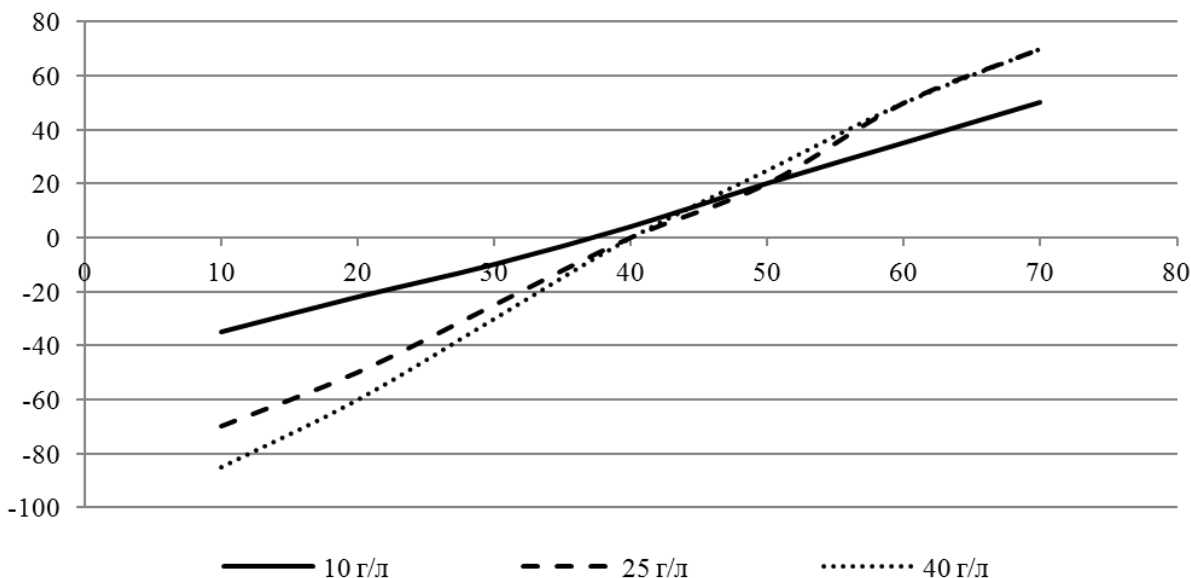
Source: Authoring

Рисунок 5

Ожидаемый экономический эффект (долл. США в год) при замене доставки воды автотранспортом (км) солнечным опреснителем парникового типа в системе водоснабжения в Каракумах

Figure 5

The expected economic effect (USD per year) when replacing the motor transport water delivery (km) by solar distiller of greenhouse type in the water supply system of the Karakum desert



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Бердымухамедов Г.М. Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Т. 1. Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2010. 468 с.
2. Бабаев А.Г. Проблемы освоения пустынь. Ашхабад: Ылым, 1995. 340 с.
3. Байрамов Р., Сейткурбанов С. Опреснение с помощью солнечной энергии / под ред. В.А. Баума. Ашхабад: Ылым, 1977. 148 с.
4. Колодин М.В. Проблемы опреснения воды на Земле. М.: Знание, 1975. 62 с.
5. Манаков В.С. Основные проблемы развития овцеводства в Туркменской ССР. Ашхабад, Туркменистан, 1965. 154 с.
6. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь: опустынивание, деградация почв и засухи, устойчивое управление земельными ресурсами и водообеспечение // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 13. С. 84–97.
7. Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Водоснабжение в пустыне Каракумы с использованием солнечной фотоэлектрической станции // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 2. С. 50–51.
8. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 226 с.
9. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане. М.: ВИЭСХ, 2012. 496 с.
10. Использование солнечной энергии / под ред. Л.Е. Рыбаковой. Ашхабад: Ылым, 1985. 280 с.
11. Penjiyev A. Eco-energy Resources of Greenhouse Facilities in the Arid Zone. *Problems of Desert Development*, 1998, no. 5, pp. 65–73.

LOGISTICS OF WATER SUPPLY TO THE KARAKUM DESERT

Akhmet M. PENDZHIEV

Turkmen State Institute of Architecture and Construction, Ashgabat, Turkmenistan
ampenjiyev@rambler.ru

Article history:

Received 15 March 2016
Received in revised form
26 May 2016
Accepted 30 June 2016

JEL classification: E22, G01,
G14, G17

Keywords: water delivery, water
supply, logistics, solar distiller,
pasture development

Abstract

Importance Desertification is one of the topical recognized problems. The article discusses the geoinformational specifics of water supply and provides calculations of capital investment for comparing the logistics options of water delivery to the Karakum Desert by water haulers.

Objectives The aim is to identify capital and specific investments for fresh water delivery to the Karakum Desert and distillate production using greenhouse solar distillers, to determine required dimensions of artificial sites for atmospheric precipitation collection and the volume of water storage tanks for distillate product.

Methods Using mathematical methods and feasibility analysis, I analyze the various aspects of investment activity in the desert area, and determine the most energy-efficient water supply systems.

Results The paper analyzes the feasibility and economic efficiency of methods for water in the desert zone. It shows the performance of irrigation, water delivery by water haulers, collection of atmospheric precipitation, their cost for livestock production and desert lands development.

Conclusions The proposed method enables to choose an economically sound way of water supply for a particular area.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

References

1. Berdymukhamedov G.M. *Gosudarstvennoe regulirovanie sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Turkmenistana* [State regulation of the socio-economic development of Turkmenistan]. Ashkhabad, Turkmenistanskaya gosudarstvennaya izdatel'skaya sluzhba Publ., 2010, 468 p.
2. Babaev A.G. *Problemy osvoeniya pustyn'* [Problems of desert lands development]. Ashkhabad, Ylym Publ., 1995, 340 p.
3. Bairamov R., Seitkurbanov S. *Opresnenie s pomoshch'yu solnechnoi energii* [Desalination by using the solar energy]. Ashkhabad, Ylym Publ., 1977, 148 p.
4. Kolodin M.V. *Problemy opresneniya vody na Zemle* [Problem of water desalination on the Earth]. Moscow, Znanie Publ., 1975, 62 p.
5. Manakov V.S. *Osnovnye problemy razvitiya ovtsevodstva v Turkmeniskoi SSR* [Major problems of sheep raising in the Turkmen SSR]. Ashkhabad, Turkmenistan Publ., 1965, 154 p.
6. Pendzhiev A.M. [Environmental problems of desert lands development: Desertification, land degradation and droughts, sustainable land, and water supply management]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya = Alternative Energy and Ecology*, 2013, no. 13, pp. 84–97. (In Russ.)
7. Pendzhiev A.M., Mamedsakhmatov B.D. [Water supply in the Kara-Kum Desert using the solar photovoltaic facility]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo = Melioration and Water Management*, 2007, no. 2, pp. 50–51. (In Russ.)
8. Pendzhiev A.M. *Ekologicheskie problemy osvoeniya pustyn'* [Environmental problems of deserts development]. LAP LAMBERT Academic Publishing Publ., 2014, 226 p.
9. Strebkov D.S., Pendzhiev A.M., Mamedsakhmatov B.D. *Razvitie solnechnoi energetiki v Turkmenistane* [Developing the solar energy in Turkmenistan]. Moscow, VIESKh Publ., 2012, 496 p.
10. *Ispol'zovanie solnechnoi energii* [Solar energy utilization]. Ashkhabad, Ylym Publ., 1985, 280 p.
11. Penjiyev A. Eco-energy Resources of Greenhouse Facilities in the Arid Zone. *Problems of Desert Development*, 1998, no. 5, pp. 65–73.