

radar rainfall accumulations at European scale. Journal of Hydrology. – 2019. – 573. – P. 768-777.

The material was received at the editorial office  
15.09.2020

#### Information about the authors

**Veliev Iljas Gasanovich**, post graduate student of the department of meteorology and climatology; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, ul. Pryanishnikova, 12; e-mail: cpp.sion@gmail.com

**Iljinich Vitaliy Vitaljevich**, candidate of technical sciences, professor of the department of meteorology and climatology; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, ul. Pryanishnikova, 12; e-mail: vilinitch@gmail.com

**Perminov Alexey Vasiljevich**, candidate of technical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and flow regulation; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, ul. Pryanishnikova, 12; e-mail: alexperminov@gmail.com

УДК 502/504:551.48

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-111-116

**Д.Х. ДОМУЛЛОДЖАНОВ<sup>1</sup>, Р. РАХМАТИЛЛОЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии, г. Душанбе, Республика Таджикистан

<sup>2</sup> Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур, г. Душанбе, Республика Таджикистан

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СБОРУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ДЛЯ НУЖД НАСЕЛЕНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ БАСЕЙНА Р. КЫЗЫЛСУ-ЮЖНАЯ

*Технологии сбора и использования осадков широко развиты и используются в странах Южной Азии, Восточной Африки, Карибского бассейна и др. Накопленные водные ресурсы используются для удовлетворения бытовых нужд населения, водопоя скота, а избыток – для орошения сельскохозяйственных культур на земельных угодьях. В Таджикистане также используются простые системы сбора атмосферных осадков, параметры которых не увязаны с закономерностями выпадения осадков, нормами использования воды для различных целей; сами системы научно не обоснованы, не имеют водобалансовых расчетов, а стоимость их является высокой. Поэтому актуальными являются разработка и внедрение низкочастотных систем сбора, хранения и использования атмосферных осадков для коммунально-бытовых нужд и ирригации с.-х. культур на приусадебных участках с применением водосберегающих технологий. В результате исследований, проведенных в холмистом, предгорном и низкогорном агроландшафтах бассейна реки Кызылсу-южная Таджикистана, была определена средняя водосборная площадь в домохозяйствах, на основании проведенных полевых экспериментов предложена низкочастотная система сбора и хранения атмосферных осадков с крыши зданий и пристроек домохозяйств объемом водоемов до 10 м<sup>3</sup>, стоимостью около 332 долл. США, с коэффициентом эффективности сбора осадков 90,5...93,3%.*

*Технология сбора и использования осадков, водосборная площадь домохозяйств, низкочастотный водоём.*

**Введение.** В направлении внедрения интегрированного управления водными ресурсами в бассейнах малых рек Таджикистана, особенно в зоне формирования стока и предгорных территорий, требуется проведение исследований по оценке и комплексного управления природными ресурсами, в том числе технологии сбора и использования осадков на богарных территориях для сельскохозяйственных и бытовых нужд,

а также по районированию формирования стока атмосферных осадков.

Для повышения эффективности сбора и использования собранных дождевых вод в условиях стран, расположенных вдоль горного хребта Гиндукуш, ряда африканских стран и Карибского моря, специалистами из разных организаций был проведен ряд экспериментов [1-9]. В отличие от климатических условий Таджикистана, например,

в Непале обильные осадки выпадают в период муссонных дождей, а количество осадков в самых засушливых регионах этой страны больше, чем в самой засушливой южной части Таджикистана. Б. Ланкастер выделяет основные восемь принципов сбора дождевой воды и ее использования, которые изложены ниже [7]. Примеры подсчета стока бассейнов рек также приведены в материалах [1, 5, 7].

**Материал и методы.** Объектами исследований являются домохозяйства, расположенные в различных агроландшафтах бассейна р. Кызылсу-южная, для изучения системы сбора вод атмосферных осадков, опытные приусадебные участки по использованию собранных атмосферных осадков для бытовых нужд, водопоя и орошения с.-х. культур. В результате проведенного анализа собранных исторических данных по метеостанциям определены закономерности формирования

количества атмосферных осадков и их распределение за год. Ввиду высокой стоимости железобетонных резервуаров для снижения стоимости строительства водных водоемов экспериментальным путем нами были проверены такие водонепроницаемые материалы для покрытия водоемов, как полиэтиленовая пленка, армированная полиэтиленовая пленка и прорезиненный брезент.

**Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что в среднем общая площадь сбора дождевой воды в домохозяйствах колеблется от 250 м<sup>2</sup> до 1050 м<sup>2</sup> и зависит от количества членов семьи, от площади построек на участках и наличия желобов для направления стекаемой с крыш в водоемы по полиэтиленовым или резиновым шлангам дождевой воды. За расчетную водосборную площадь одного домохозяйства принято 550 м<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1

Водосборная площадь домохозяйств для сбора дождевой воды

№	Общая водосборная площадь домохозяйств, м <sup>2</sup>	Количество домохозяйств	Доля от общего количества, %
1	До 299	4	3,3%
2	300-399	18	15,0%
3	400-499	20	16,7%
4	500-599	45	37,5%
5	600-699	19	15,8%
6	700-799	8	6,7%
7	800-899	3	2,5%
8	900-999	2	1,7%
9	Более 1000	1	0,8%
Итого		120	100%
В среднем	550		

Результаты опроса домохозяйств показали, что материалом, из которого построены водоемы для хранения воды, в основном является бетон. Объёмы водоёмов составляют в среднем 12-18 м<sup>3</sup> (размеры: ширина – 3 м, длина – 4 м, глубина – 1-1,5 м), а их стоимость достигает 2000-2500 долл., срок службы – около 25 лет.

В домохозяйствах без бетонных водоемов вода собиралась и хранилась в основном в нескольких емкостях различного объема. Ввиду высокой стоимости бетонных водоемов количество домохозяйств, имеющих систему сбора и хранения дождевой воды, было ограниченным и составляло приблизительно 5-10% от домохозяйств. Домохозяйства в течение 10 мес. в год в среднем тратили 85...170 долл/мес. для покупки 4...8 м<sup>3</sup> воды, то есть затраты покупки 1 м<sup>3</sup>

воды составляли 11 долл. Это количество воды расходовалось лишь для удовлетворения бытовых нужд домохозяйств.

Было рассмотрено несколько вариантов с целью снижения стоимости строительства водоемов для сбора и хранения воды, которые были вырыты в земле в виде ям цилиндрической или прямоугольной форм. Для исключения фильтрации воды из водоемов их стенки покрывались полиэтиленовой пленкой, армированной полиэтиленовой пленкой и прорезиненным брезентом.

Из рассмотренных вариантов лучшим оказалось устройство водоёма на грунте, покрытом полиэтиленовой пленкой в два слоя толщиной 0,3 мм каждый. Диаметр водоёма составлял 1,2 м и 1,8 м, а глубина – 4-5 м. В этом случае в каждом водоёме накапливалось 4...10 м<sup>3</sup> воды (рис.).

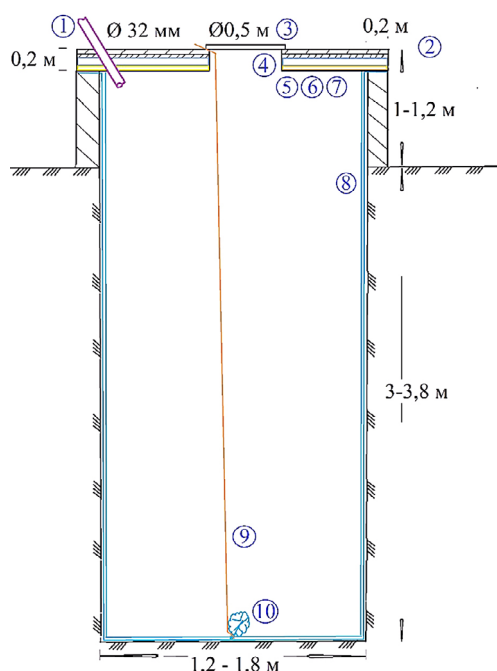


Рис. Схематический разрез водоёма:

- 1 – шланг для подвода воды;
- 2 – глинобитная стенка толщиной 20 см;
- 3 – деревянная крышка размером 40 × 40 см;
- 4 – глиносоломённая стяжка толщиной 5-8 см;
- 5 – грунтовая засыпка толщиной 5 см;
- 6 – ветки; 7 – бруски диаметром 5-7 см;
- 8 – двухслойная водонепроницаемая ПЭ пленка толщиной 0,3 мм;
- 9 – пластиковая веревка;
- 10 – узел ПЭ пленки

В целях обеспечения безопасности и попадания в водоем животных и людей его верхняя часть должна находиться над землей на высоте 1 м, а остальные 3 м – под землей. Верхняя часть водоема имела крышку диаметром до 0,5 м для забора воды из водоема и наблюдения за внутренним его состоянием.

Стоимость строительства одного водоёма и затраты на его содержание приведены в таблицах 2, 3.

Для определения коэффициента использования воды были проведены наблюдения за сбором и использованием дождевой воды в домохозяйствах на примере сел Булакдашт, Сартез, Чилча и Садбаргхо, которые расположены в агроландшафтах холмистой, предгорной и низкогорной зон. Для сбора осадков по периметру крыш в домохозяйствах были установлены желоба, из четырех углов дома были проведены ПЭ шланги к водоемам. На шлангах перед входом в водоемы были установлены водомеры водопроводного типа, введен учет собираемой воды. Осадки измерялись с помощью пластиковых осадкометров.

Осуществлялся учет продолжительности осадков, их количества и эффективности сбора осадков.

Таблица 2

Стоимость строительства единицы водоёма

№	Перечень материалов и строительных работ	Ед. измерения	Кол-во	Стоимость ед., Сомони	Общая стоимость, Сомони
1	Ручная выемка грунта, диаметр 1,8 м, глубина 4 м	м <sup>3</sup>	10.2	50	510
2	Покрытие двухслойной полиэтиленовой пленкой толщиной 0,3 мм	м <sup>2</sup>	22.608	5	113.04
3	Ветки деревьев или камыш для покрытия поверхности водоема толщиной 0,1 м, диаметр покрытия – 2 м	м <sup>3</sup>	0.314	200	62.8
4	Бруски диаметром 0,1 м, длиной 2 м, 4 шт.	м <sup>3</sup>	0.0628	1800	113.04
5	Грунт с соломой для покрытия поверхности водоема толщиной 0,05 м, диаметр покрытия – 2 м	м <sup>3</sup>	0.157	200	31.4
6	Двухслойная ПЭ пленка шириной 3 м, толщиной 0.8 мм	п.м.	6	9	54
7	Пластиковая веревка для удобной очистки водоема	п.м.	20	0.025	0.5
8	ПВХ труба диаметром 25-32 мм	п.м.	5	2	10
9	ПЭ ведромкостью 5 л	шт.	1	5	5
10	Деревянная дверца или металлическая крышка	шт.	1	15.5	15.5
<b>Итого:</b>		<b>Сомони</b>			<b>915.3</b>
		<b>Долл.</b>			<b>192,6</b>

## Годовые затраты на содержание водоема

№	Перечень материалов и строительных работ	Ед. измерения	Кол-во	Стоимость ед., Сомони	Общая стоимость, Сомони
1	Подъем полиэтиленового покрытия, промывка внутренней поверхности водоема от осажденных наносов. Ежеквартальная очистка, продолжительность очистки – меньше 1 ч	чел/день	1	15	15
2	Замена полиэтиленовой пленки один раз в четыре года	чел/день	1	15	15
3	Грунт с соломой для покрытия поверхности водоема толщиной 0,05 м, диаметр покрытия – 1,6 м	м <sup>3</sup>	0,1	200	20
4	Двухслойная ПЭ пленка шириной 3 м, толщиной 0.8 мм	п.м.	6	9	54
5	Пластиковая веревка	п.м.	20	0,025	0,5
<b>Итого:</b>				<b>Сомони</b>	<b>174,5</b>
				<b>Дол.</b>	<b>36,7</b>

Для оценки эффективности системы сбора осадков был сопоставлен теоретический объем сбора осадков в резервуарах при средних многолетних осадках ( $W_{\text{теор}}$ ) с фактически собранным объемом осадков в резервуарах ( $W_{\text{факт}}$ ), %:

$$K_{\text{эф}} = (W_{\text{теор}} / W_{\text{факт}}) \cdot 100\%.$$

Данные наблюдений по осадкам в разных агроландшафтах, площадь водосбора, объем собранной воды в водоёмах и теоретически возможный объем собираемой воды, а также средняя эффективность сбора осадков в отобранных домохозяйствах приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Результат наблюдений за сбором воды в домохозяйствах в различных агроландшафтах бассейна р. Кызылсу-южная**

№	Село	Осадки, мм	Площадь водосбора, м <sup>2</sup>	Всего было собрано воды ( $W_{\text{факт}}$ ), м <sup>3</sup>	Теоретически доступная вода ( $W_{\text{теор}}$ ), м <sup>3</sup>	Коэффициент эффективности сбора осадков ( $K_{\text{эф}}$ ), %
1	Булакдашт	598,5	84	46,9	50,3	93,3
2	Сартез	511,0	156	72,1	79,7	90,5
3	Чилча	598,0	120	65,3	71,8	91,0
4	Садбаргхо	633,7	210	122,8	133,1	92,3

Как следует из таблицы 4, в зависимости от количества осадков и площади водосбора в домохозяйствах теоретически можно было за период выпадения осадков собирать в водоемах от 50,3 м<sup>3</sup> до 133,1 м<sup>3</sup> воды. Фактически же собрано от 46,9 м<sup>3</sup> до 122,8 м<sup>3</sup> воды, то есть коэффициент эффективности сбора осадков находился в пределах 90,5-93,3%. Потери воды, в основном связанные с испарением влаги от поверхности крыш, по пути её продвижения от крыши до водоемов составили 9,5-6,7%.

**Выводы**

1. По данным наблюдений, эффективность сбора осадков в домохозяйствах разных агроландшафтов находится в пределах 90,5...93,3%.

2. Для сбора и хранения осадков в агроландшафтах Кызылсу-южная предложены конструкции водоема, покрытого

полиэтиленовой пленкой в два слоя толщиной 0,3 мм каждый. Диаметр водоёмов составлял 1,2 м и 1,8 м, глубина – 4...5 м, объем – 4...10 м<sup>3</sup>. Стоимость водоёмов объемом 10 м<sup>3</sup> составила 192,6 долл., а годовые затраты на содержание – 36,7 долл. Срок службы, составляющий 4...6 лет, окупается за первый год эксплуатации.

**Библиографический список**

1. Compendium on Rainwater Harvesting for Agriculture in the Caribbean Sub-region, Concepts, calculations and definitions for small, rain-fed farm systems, FAO – Rome, 2014. URL: <http://www.fao.org/3/a-br326e.pdf>

2. Will Critchley, Klaus Siegert C. Chapman. A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, FAO – Rome, 1991. URL: <http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e00.htm#Contents>

3. **Спенглер О.А.** Слово о воде. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 152 с.
4. ICIMOD SLM Technologies and Approaches in Nepal // NEPCAT Factsheets, 2008.
5. **Lancaster B.** Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond (Vol. 3): Roof Catchment and Cistern Systems. – Tucson, Arizona: Chelsea Green Publishing Company, 2013.
6. **Lancaster B.** Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 1, guiding principles to welcome rain into your life and landscape. – Tucson, Arizona: Rainsource Press, 2008.
7. **Lancaster B.** Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 2, Water-Harvesting Earthworks, 2nd Edition. Tucson, AZ, United States: Rainsource Press, 2019.
8. **Lininger H., Makdaschi Studer R.,** Water Harvesting. University of Bern, Center for Development and Environment (CDE), GeographicaBernensia, Bern, 2013.
9. **Salman M., AbuKhalaf L.B.M.** Strengthening agricultural water efficiency and productivity on the African and global level. FAO – Rome, 2016.

10. **Wolfgramm B.** Sustainable Land Management (SLM) Technologies and Approaches – Tajikistan. Dushanbe, 2011.
11. ICIMOD Soil Conservation and watershed Management Measures and Low Cost Techniques. – Nepal, 2004.
12. **Kaninlm E.** Apply water where and when it's needed // A Vegetable Grower. – 31. – 1983. – Pp. 17-18.

Материал поступил в редакцию 27.08.2020 г.

#### Сведения об авторах

**Домуллоджанов Далер Хамидович**, соискатель института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Республики Таджикистан, национальный консультант Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН; e-mail: daler79@gmail.com

**Рахматиллоев Рахмонкул**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры эксплуатации гидротехнических сооружений гидромелиоративного факультета Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур; e-mail: rahmonkul@gmail.com

**D.H. DOMULLODZHANOV<sup>1</sup>, R. RAHMATILLOEV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of water problems, hydro power and ecology, Dushanbe, Republic of Tajikistan

<sup>2</sup>Tajik agrarian university named after Sh. Shotemur, Dushanbe, Republic of Tajikistan

## RESULTS OF INVESTIGATIONS ON COLLECTION AND USAGE OF PRECIPITATION FOR DIFFERENT NEEDS OF THE POPULATION IN AGRO LANDSCAPED OF THE RIVER KYZYLSU-SOUTHERN

*The technologies of precipitation collection and usage are widely developed and used in the countries of South Asia, Eastern Africa, the Caribbean basin and in other countries. The collected water resources are used to meet the household needs of the population, cattle watering and the surplus for irrigation of agricultural crops on farm lands. In Tajikistan there are also used simple rainwater collecting systems, however, their parameters are not linked to the precipitation regularities and water use norms for various purposes, the systems are not scientifically substantiated, they do not have water balance calculations and their cost is high. Therefore, it is very relevant to develop and install low-cost systems for collecting, storing and using precipitation for household needs and irrigation of agricultural crops in household plots with applying water-saving technologies. According to results of investigations carried out in the hilly, foothill and low-mountain agro-landscapes of the Kyzylsu-southern river basin of Tajikistan there was found an average water catchment area in households based on field experiments and proposed a low-cost system for collecting and storing precipitation from rooftops of buildings and outbuildings of households with a volume up to 10 m<sup>3</sup>, cost about 332 US dollars and coefficient of efficiency of rainfall collection 90.5...93.3%.*

*Technology of collection and use of precipitation, water catchment area of households, low cost reservoir.*

#### References

1. Compendium on Rainwater Harvesting for Agriculture in the Caribbean Sub-region,

Concepts, calculations and definitions for small, rain-fed farm systems, FAO – Rome, 2014 // <http://www.fao.org/3/a-br326e.pdf>

2. **Will Critchley, Klaus Siegert C. Chapman.** A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, FAO – Rome, 1991 // <http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e00.htm#Contents>

3. **Spengler O.A.** Slovo o vode. – L.: Gidrometeoizdat, 1980. – 152 s.

4. ICIMOD SLM Technologies and Approaches in Nepal // NEPCAT Factsheets, 2008.

5. **Lancaster B.** Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond (Vol. 3): Roof Catchment and Cistern Systems. – Tucson, Arizona: Chelsea Green Publishing Company, 2013.

6. **Lancaster B.** Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 1, guiding principles to welcome rain into your life and landscape. Tucson, Arizona: Rainsource Press, 2008.

7. **Lancaster B.** Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 2, Water-Harvesting Earthworks, 2nd Edition. Tuscon, AZ, United States: Rainsource Press, 2019.

8. **Lininger H., Makdaschi Studer R.,** Water Harvesting. University of Bern, Center for Development and Environment (CDE), Geographica Bernensia, Bern 2013.

9. **M. Salman, L.B.M. AbuKhalaf.** Strengthening agricultural water efficiency and pro-

ductivity on the African and global level. FAO, Rome, 2016.

10. **Wolfgramm B.** Sustainable Land Management (SLM) Technologies and Approaches – Tajikistan. Dushanbe, 2011.

11. ICIMOD Soil Conservation and watershed Management Measures and Low Cost Techniques. – Nepal: 2004.

12. **Kaninlm E.** Apply water where and when it's needed // A Vegetable Grower, 31. – 1983. – pp. p. 17-18.

The material was received at the editorial office  
27.08.2020

#### Information about the authors

**Domullodzhanov Daler Khamidovich,** the Applicant of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of the Republic of Tajikistan, National Consultant in the Food and Agriculture Organization of the UN, e-mail: daler79@gmail.com

**Rahmatilloev Rahmonkul,** doctor of agricultural sciences, professor of the department of the hydrotechnical structures of the hydro meliorative faculty of the Tajik agrarian university named after Sh. Shotemur; e-mail: rahmonkul@gmail.com

УДК 502/504:626/ 627:624.042

DOI 10.26897/1997-6011/2020-4-116-122

**А.П. ГУРЬЕВ, Б.А. ХАЕК**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства, г. Москва, Российская Федерация

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ БЕЗНАПОРНОГО ПОТОКА ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ РЕЖИМЕ ТЕЧЕНИЯ В ПРИЗМАТИЧЕСКИХ РУСЛАХ

*Цель работы – анализ существующей методики расчёта водослива с глубины безнапорного потока при неравномерном режиме течения в призматических руслах с медленно изменяющимся движением и разработка способа расчётов, позволяющего применить его для любых потоков в призматическом русле, не прибегая к помощи каких-либо специальных таблиц. Существующие методы расчёта параметров потока основываются на использовании формулы Шези для определения расхода потока с медленно изменяющимся движением воды. В то же время имеется способ В.И. Чарномского для прямого расчёта параметров потока из уравнения энергии без ограничения величины уклона русла. Недостатком этого способа является возможность решать уравнение энергии методом последовательных приближений, поскольку уравнение энергии потока включает две переменные, глубину потока и расстояние между сечениями. Для исключения этого затруднения предложено определять расстояние между глубинами, которые составляют геометрическую прогрессию на рассматриваемом участке русла, что позволяет рассчитывать параметры свободной поверхности*