

УДК 626.84

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-150-164

Б. М. Мамедов

Азербайджанское научно-производственное объединение «Гидротехника и мелиорация», Баку, Азербайджанская Республика

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИВА ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ

Целью исследования является обзор и анализ существующих работ по определению влияния метеоусловий на качество искусственного дождя, а также оценка качества полива с целью сохранения экологического равновесия при орошении дождеванием. Для выявления влияния полива дождеванием сельскохозяйственных культур на мелиоративно-экологическое состояние почв были проведены исследования со среднеструйными и дальнеструйными аппаратами, а также широкозахватными дождевальными машинами фронтального и кругового действия. В процессе исследования проведен анализ влияния ветрового режима на испарение и потери воды из дождевого облака при функционировании дождевальных машин и устройств. Установлено, что при дождевании на эффективность полива влияют не только почвенно-мелиоративные и организационно-хозяйственные факторы, но и режим ветра, являющийся одним из основных факторов, определяющих возможность использования дождевальных машин и аппаратов. Наряду с применением среднеструйных и дальнеструйных аппаратов в Азербайджане были широко использованы широкозахватные дождевальные машины «Фрегат», «Волжанка» и др. В статье рассмотрены мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия гидрометеорологических условий на технико-эксплуатационные показатели дождевальных машин и устройств с целью улучшения мелиоративно-экологических условий почв и окружающей среды и сохранения экологического равновесия. Выявлено, что основу техники орошения дождеванием составляет рациональное размещение оросительных трубопроводов и дождевальных аппаратов. В стационарных дождевальных системах, где маневрирование оросительными трубопроводами и изменение расстояний между ними невозможно, проведение правильного расчета расстояний между дождевальными аппаратами играет важную роль. Для размещения аппаратов расчет должен вестись с учетом всех факторов, влияющих на процесс орошения. В результате проведенных опытов по влиянию ветрового режима на радиус захвата дождевального аппарата установлено, что при увеличении скорости ветра ширина орошаемого участка сужается, участок получает форму эллипса. Дальность полета капель в сторону ветра увеличивается, а против – уменьшается.

Ключевые слова: дождевание, орошение, дождевальная машина фронтального и кругового действия, струйный аппарат, испарение, потери при воздействии ветра, дождевое облако.

B. M. Mamedov

Azerbaijan Scientific and Production Association “Hydraulic Engineering and Land Reclamation”, Baku, Republic of Azerbaijan

ON WATERING QUALITY ASSESSMENT DURING SPRINKLER IRRIGATION

The aim of the study is to review and analyze existing papers on determination of weather conditions impact on quality of artificial rain, as well as assessment of irrigation quality to keep the ecological balance during irrigation by sprinkling. To identify the effect of sprinkling irrigation of agricultural crops on the reclamation-ecological state of soil, studies with medium-range and long-range sprinklers, as well as wide-coverage linear and center pivot sprinkler machines were conducted. In the course of studies the analysis of wind regime influence on evaporation and water loss from the rain cloud during the operation of sprinkler machines and implements was carried out. It was found that during sprinkling, the irrigation efficiency is influenced not only by soil-reclamation and organizational-economic factors, but also by the wind regime which is one of the main factors determining the possibility of using sprinkling machines and implements. Along with the use of medium-range and long-range apparatus, the wide-coverage sprinklers Fregat, Volzhanka etc were widely used in Azerbaijan. The measures to prevent the negative impact of hydrometeorological conditions on the technical and operational performance of sprinkler machines and implements in order to improve the reclamation-ecological conditions of soil and environment and to maintain ecological balance are discussed. The basis of sprinkling irrigation technology is proved to be a rational placement of irrigation pipelines and sprinklers. In solid-set sprinkler systems, where it is impossible to maneuver the irrigation pipelines and change the distances between them, the performing of a correct calculation of distances between the sprinklers plays an important role. For sprinkler patterns, the calculation should be performed taking into account all factors influencing the irrigation process. As a result of the conducted experiments on the influence of wind regime on the capture radius of the sprinkler it was found that with the wind speed increase the width of the irrigated area narrows, the site takes the form of an ellipse. The flying distance of the droplets in the direction of wind increases and against the wind – decreases.

Key words: sprinkling, irrigation, linear and center pivot sprinkler, jet apparatus, evaporation, wind losses, rain cloud.

Введение. В рамках рыночной экономики основные направления социального и экономического развития Азербайджана требуют внедрения в жизнь мероприятий по улучшению мелиоративно-экологического состояния земельных ресурсов, увеличению продуктивности сельскохозяйственных площадей, максимально эффективному использованию водных и земельных ресурсов. В этом случае необходимо ускорить внедрение в жизнь технологий экономии оросительной воды, осуществить внедрение разработанных систем мер по эффективному использованию водных и земельных ресурсов. В настоящее время в Азербайджане очень большие участки сельскохозяйственного назначения орошаются поверхностным способом. Орошение этим способом требует большого объема ручного труда, а также приводит к потерям 35–40 % оросительной воды и снижению урожайности на 20–25 %. На Апшероне, являющемся крупным земледельческим регионом, природно-хозяйственные и климатические условия

обуславливают возможность широкого применения дождевания для орошения сельскохозяйственных культур. В настоящее время применяемые дождевальные аппараты и дождевальные машины по разным причинам не соответствуют современным требованиям энергосбережения и эффективности. В связи с этим необходимо проведение научных исследований и конструкторских работ в целях усовершенствования дождеобразующих конструкций (аппаратов, дождевальных машин, насадок), а также разработки комплексных мероприятий в области применения орошения методом дождевания для снижения негативного воздействия на почву.

Материалы и методы. В ходе обзора оценки качества полива при орошении дождеванием применялись аналитический, синтетический, сравнительный, логический и исторический методы [1, 2]. Информационную базу исследования составили материалы по оценке качества полива при орошении дождеванием в работах Всероссийского научно-исследовательского института механизации и техники полива [3], А. Н. Костякова [4] и др. [5–11].

Результаты и обсуждение. В зависимости от конструктивных особенностей дождевальных машин и аппаратов влияние ветра на режим их работы может быть различным. Так, при наличии скорости ветра, превышающей заявленные по конструктивным особенностям дождевальных машин и аппаратов значения, ухудшается качество полива, т. е. не соответствует агротехническим требованиям.

По данным Всероссийского научно-исследовательского института механизации и техники полива (ВНИИМиТП), такая скорость составляет для широкозахватных дождевальных машин фронтального действия 2,0 м/с, кругового действия – 8,0 м/с, а для дальнеструйных аппаратов – 5 м/с [3]. Помимо возможности использования дождевальных машин и аппаратов, ветер оказывает большое влияние на их производительность. Необходимо отметить, что скорость ветра непосредственно влияет на ис-

парение из дождевого облака, что характерно для аридной зоны с высоким температурным режимом воздуха и малой относительной влажностью.

По мнению А. Н. Костякова, во время дождевания в зависимости от конкретных условий потеря воды при полете водной струи составляет 10–12 % от установленной нормы [4]. В засушливые годы на экспериментальном участке Каховской оросительной системы на основе проведенных исследований, посвященных определению водного баланса, было выявлено, что 40 % оросительной воды испаряется из дождевого облака, с поверхности листьев сельскохозяйственных культур и из слоя почвы 0–5 см. Так, в годы с повышенной влажностью непродуктивная потеря оросительной воды при дождевании не превышала 14 % [5].

Во время опытов, проведенных в Голодной степи, потери на испарение оросительной воды при дождевании составили 30 %. В исследованиях Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации (САНИИРИ) при поливной норме брутто 614 м³/га потери на испарение в среднем составили 25,2 % [6].

Учитывая это, мы провели анализ результатов опытов с различными типами дождевальных машин и аппаратов.

Во время проведения А. И. Штангеем орошения в условиях Южной Украины при использовании двухконсольного дождевального агрегата (ДДА-100МА) при скорости ветра 2,5–4,3 м/с, относительной влажности 41–85 %, температуре воздуха 21,5–27,4 °С потери оросительной воды на испарение составили 3,1–11 %. На основании проведенных исследований А. И. Штангеем и И. С. Шнакиным было выявлено, что во время орошения этим агрегатом при недостатке относительной влажности воздуха 6–44 мбар и скорости ветра 0–6,5 м/с потери на испарение изменялись в пределах 2,0–21,0 % [7, 8].

В исследованиях, проведенных Р. Н. Нечаевым в Республике Узбекистан (в совхозе «Пахта-Арал») с использованием двухконсольного дож-

девального агрегата, потери на испарение изменялись в пределах 8–15 %. На основе проведенных в северо-западной зоне России исследований с применением этого же агрегата было определено, что во время орошения дождеванием при изменении скорости ветра в пределах 2,2–5,0 м/с потери на испарение оросительной воды составили 20–25 % [8, 9].

В условиях Апшерона был проведен эксперимент с применением широкозахватных дождевальных трубопроводов фронтального действия с коротко- и среднеструйными аппаратами. Было выявлено, что при скорости ветра 1,8–6,0 м/с потери на испарение составили 1,0–1,8 % [10].

В результате проведенных государственных испытаний на Южно-Украинской машиноиспытательной станции было выявлено, что при орошении широкозахватной дождевальной машиной Valley при скорости ветра 1,4–4,7 м/с потери на испарение оросительной воды составили 31,2–38,2 %. При скорости ветра 1,3 м/с для дождевальных машин типа Shur-Roll потери воды на испарение составляли до 11,7 % [7].

В Пушкинском опытном хозяйстве ВНИИМиТП во время испытания широкозахватной дождевальной машины Husky (английского производства) при скорости ветра 3–4 м/с потери на испарение оросительной воды составили 19–21 %. В результате проведенных на Южной Украине исследований было выявлено, что при использовании широкозахватных дождевальных машин «Днепр» во время орошения при температуре воздуха 16,4–23,9 °С, относительной влажности 43–82 %, скорости ветра 0,8–3,5 м/с потери оросительной воды на испарение составили 1,2–4,6 % [3, 6, 7].

По В. Я. Чичасову и В. Н. Черноморцевой, при орошении широкозахватными дождевальными машинами типа «Волжанка» и «Фрегат» при следующих условиях: скорость ветра 0–5 м/с, температура воздуха 15–30 °С, относительная влажность воздуха 40–80 %, потери на испарение оросительной воды изменялись в пределах 4,0–13,4 % [3]. В свою очередь, по исследованиям Н. В. Данильченко, при орошении широкозахватной

дождевальная машина «Волжанка» потери на испарение изменялись в пределах 15–25 % при следующих условиях проведения опытов: температура воздуха 30–32 °С, влажность 25–30 %, скорость ветра 2,5–3,1 м/с [5].

Для определения испарения во время дождевания Н. В. Данильченко и В. Ф. Носенко рекомендуют представленную ниже эмпирическую зависимость [5, 11], %:

$$\zeta = \frac{0,71 \cdot t \cdot d}{l_a} (1 + 0,21 \cdot U_2),$$

где t – температура воздуха во время орошения, °С;

d – дефицит влажности воздуха;

l_a – резкость пара насыщенности в соответствии с температурой воздуха, мбар;

U_2 – скорость ветра на высоте 2 м над поверхностью земли, м/с.

В исследованиях А. И. Штангея отмечается, что при переходе от дождевания короткоструйным аппаратом к среднеструйному потери на испарение оросительной воды увеличиваются на 1–3 %, достигая в засушливой и интенсивной ветровой зоне 35,3–42,7 %, в изменчивых погодных условиях 12,3–20,4 %, а в пасмурную погоду 6,4–8,3 % [8].

По данным В. Я. Хабарова и Я. Г. Кузнецова, при орошении зерновых культур дождевальная машина «Волжанка» потери на испарение оросительной воды составили 3,9–26 %. По В. Я. Хабарову, для дождевальных машин типа «Фрегат» потери на испарение составляют 1,3–13,5 % [6]. В результате исследований было выявлено, что потери оросительной воды при испарении и развеивании зависят от метеорологических условий, а в отдельности и от их взаимосвязи. Так, проведенные на Энгельсской оросительной системе исследования при орошении дождевальная машина «Фрегат» выявили, что потери на испарение оросительной воды в среднем равны 10 % [11]. На основе проведенных исследований В. А. Овчаровым в этой зоне было установлено, что при средних метеорологиче-

ских условиях (температура воздуха 22,7 °С, относительная влажность 58,4 %, скорость ветра 3,3 м/с) во время орошения дождеванием потери на испарение оросительной воды могут изменяться в пределах 4–30 % [11].

Результаты проведенных нами исследований со среднеструйными аппаратами показали, что количество потерь на испарение может изменяться в пределах 2–45 % от общей нормы полива. По данным Дж. Кристиансена [12], во время орошения дождеванием потери оросительной воды в безветренную погоду составляют 2 %. Впоследствии им было установлено, что при температуре воздуха 40 °С, относительной влажности 15 % потери увеличиваются до 45 %. В проведенных Дж. Мазером в США испытаниях [13] со среднеструйным аппаратом при температуре воздуха 11,3–24,4 °С, скорости ветра 1–3 м/с потери на испарение составили 4–32 %.

По данным К. Р. Фроста и Х. С. Швалена [14], было выявлено, что при скорости ветра 0–4,5 м/с и недостаточности относительной влаги 7–40 мбар потери на испарение оросительной воды изменяются в пределах 1,2–15,0 %. В Австралии в результате исследований, проведенных М. Р. Тиллом [15], было выявлено, что потери на испарение из струи дождевального аппарата изменяются в пределах 2,76 % при климатических условиях во время опытов: температуре воздуха 6–31 °С, относительной влажности 20–92 %, скорости ветра 0–14 м/с.

В Гянджа-Газахском регионе на основе результатов проведенных исследований при орошении среднеструйным аппаратом при скорости ветра 1,8–6,2 м/с, температуре воздуха 14,9–18,9 °С потери на испарение оросительной воды были в пределах 11,4–19,3 %. В результате проведенных с этим типом аппарата опытов в Апшеронском регионе при скорости ветра 4–8,9 м/с потери воды на испарение составили 7–28 % [10].

На основе опытных данных при условиях проведения опытов: температуре воздуха 13–36 °С, относительной влажности 11–60 %, скорости

ветра 1–8 м/с и интенсивности дождя 0,11–1,20 мм/мин, для определения испарения во время орошения дождевальными машинами «Фрегат» Г. М. Гаджиев [16, 17] получил нижеследующую эмпирическую формулу, %:

$$E = 1,34 \cdot t^{0,92} \cdot \varphi^{-0,47} \cdot v^{0,16} \rho^{-0,47},$$

где t – температура воздуха, °С;

φ – относительная влажность, мбар;

v – скорость ветра, м/с;

ρ – интенсивность дождя, мм/мин.

По П. Вильдмозеру, во время орошения среднеструйным аппаратом при следующих условиях: температура воздуха 31–39 °С, относительная влажность 7–28 мбар, скорость ветра 2,2–6,2 м/с, потери на испарение оросительной воды составили 32–43 % [18].

В последнее время во многих странах наблюдается интерес к снижению энергозатрат в процессе орошения дождеванием. Помимо этого во время орошения дождеванием проводятся опыты по снижению потерь оросительной воды на испарение и развеивание, влиянию направления и скорости ветра на равномерность распределения искусственного дождя по орошаемому участку.

Одним из устойчивых к ветру дождевальных аппаратов является аппарат с уклоном струйного наконечника меньше 28–30°. Ветроустойчивые агрегаты в основном относятся к комплексу дождевальных машин кругового действия. Необходимо отметить, что на данный момент разработаны также дождевальные аппараты, работающие при низком давлении и обеспечивающие равномерное распределение дождя по всему орошаемому участку. Например, аппарат F33AS фирмы Nelson Irrigation Corporation по характеристикам соответствует дождевальному аппарату типа «Фрегат-2». Для таких типов аппаратов предусмотрены меняющиеся наконечники [9, 16]. Существует шесть модификаций малорасходных ти-

пов аппарата F33AS в зависимости от уклона угла струи с одним наконечником (5, 7, 9, 11, 13 и 15°). Обычный наконечник может заменяться специальным, изготовленным из эластичного материала, меняющего размеры язычка в зависимости от значения протекающего отверстия и давления наконечником. Такой наконечник предназначен для регулирования расхода воды во время работы в сложных рельефных условиях.

Аппараты серии FA, применяемые в широкозахватных дождеваль-ных машинах кругового действия, могут быть использованы и в других целях. Например, имеющий угол уклона струи 5–10° аппарат F23AS для подкранового дождевания, аппараты F33AS, F43A, F70A могут быть использованы для полива надкрановым дождеванием [9, 19].

Аппарат SR-100 снабжен специальным наконечником типа 100 DN. Этот наконечник обеспечивает требуемое качество дождя и равномерное его распределение при низком рабочем давлении [9].

В дождевальных машинах кругового действия, помимо аппарата SR-100, используют аппараты типа P85A с двумя наконечниками, рассчитанными на минимальный расход. Вмонтированный в аппарат наконечник регулирования типа 8ADN при малом рабочем давлении дает возможность создавать качественный искусственный дождь. Как видно, усовершенствование конструкции аппарата ведется в направлении уменьшения энергозатрат с обеспечением улучшенного качества дождевания и его равномерного распределения по всему орошаемому участку. Также производятся специальные наконечники, которые регулируются по объему подачи оросительной воды, не снижая качества орошения при минимальном рабочем давлении.

Потери оросительной воды из дождевого облака при орошении дождеванием с помощью различных дождевальных машин и аппаратов в зависимости от метеорологических условий приводятся в таблице 1 [20].

Таблица 1 – Потери оросительной воды из дождевого облака во время работы дождевальных машин и аппаратов

Страна (организация), в которой ведется исследование	Автор, организация	Потери на испарение, %	Метеоусловия			
			Температура, °С	Относительная влажность, %	Недостающая влажность воздуха, мбар	Скорость ветра, м/с
1	2	3	4	5	6	7
1 Дождевальные машины и устройства, оборудованные дефлекторным наконечником						
СНГ	В. Я. Чичасов и др.	3,7–4,2	24,0–36,0	43,0–59,0	–	1,5–4,2
СНГ	А. И. Штангей	3,1–11,0	21,5–27,4	41,0–75,0	–	2,5–4,7
СНГ	М. И. Назаров	24,0–32,0	–	57,0–74,0	–	1,06–4,33
СНГ	А. И. Штангей, И. С. Шпак	2,0–21,0	–	–	6,0–44,0	0–6,5
2 Среднеструйные аппараты						
США	Дж. Кристиансен	10,0–45,0	–	–	–	–
США	Дж. Мазер	4,0–32,0	11,3–24,4	–	–	1,9–3,0
США	К. Р. Фрост, Х. С. Швален	1,2–15,0	–	–	7,40	0–4,5
Австралия	М. Р. Тилл	0–2,76	6,0–31,0	20,0–92,0	–	0–1,4
Азербайджан	М. Г. Мустафаева	5,0–12,3	–	77,0–85,0	–	2,0–4,7
Индия	П. Вильдмозер	32,0–43,0	31,0–39,0	7,0–28,0	–	2,2–6,2
Германия	В. Шафер, Р. Койц	< 13,0	–	–	2,5–20,0	1,0–5,0
3 Широкозахватные дождевальные машины						
Азербайджан	Закавказская МИС	1,0–1,8	–	–	–	1,8–6,0
Украина	Нижне-Украинская МИС	12,7–14,0	–	–	–	1,33–4,32
		31,3–38,2	–	–	–	1,4–4,7
		6,8–11,7 1,2–4,6	– 16,4–23,9	– 43,0–82,0	– –	1,3 0,8–3,5
Россия	Пушкинская МИС	19,0–21,0	–	–	–	3,0–4,0
Азербайджан	Шемкирская станция НПО ГИМ Азербайджана	13,3–19,0	–	–	–	1,0–5,0
СНГ	В. Я. Чичасов, В. Н. Черноморцева	4,0–13,4	15,0–30,0	40,0–80,0	6,6–32,6	0–5,0
СНГ	Н. В. Данильченко	15,0–25,0	30,0–32,0	25,0–30,0	–	2,5–3,1
4 Дальнеструйные машины и аппараты						
СНГ	Е. Г. Петров, П. К. Дороженко	14,7–25,2	19,7–31,2	48,8–70,6	–	0,1–3,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
СНГ	Е. Г. Петров, П. Н. Демидов	15,7–22,8	27,0–32,0	–	–	0–1,0
СНГ	В. А. Анисимов, М. С. Мансуров	13,2–30,6	25,4–32,8	–	–	1,0–3,2
СНГ	М. И. Назаров	5,0–44,0	–	25,0– 59,0	–	1,1–4,4
СНГ	В. В. Ханзафаров	4,3–25,0	17,6–28,0	51,0– 80,0	6,7–29,4	2,8–7,0
Примечание – МИС – машиноиспытательная станция.						

Как известно, основу техники орошения дождеванием составляет рациональное размещение оросительных трубопроводов и дождевальных аппаратов на них. В последнее время получили широкое распространение стационарные дождевальные системы с постоянно размещенными на них оросительными трубопроводами. В таких системах, в которых маневрирование трубопроводами и изменение расстояний между ними невозможно, проведение правильного расчета расстояний между аппаратами играет важную роль. Расчет при плановом размещении аппаратов должен вестись с учетом всех факторов, влияющих на процесс орошения. В настоящее время принято размещение дождевальных аппаратов в основном по шахматной (треугольной) и квадратной схеме. При размещении по квадратной схеме с расчетом покрытия дождем всей территории расстояние между оросительными трубопроводами принимается равным $1,42 R$, где R – радиус захвата дождевального аппарата. При размещении дождевальных аппаратов по шахматной схеме расстояние между орошаемыми водопроводами увеличивается и принимается равным $1,72 R$. Такое размещение можно считать выгодным, но в этом случае могут создаваться трудности в механизации выращивания сельскохозяйственных культур. С учетом этого недостатка в странах ближнего и дальнего зарубежья, в т. ч. в странах СНГ, дается преимущество размещению аппаратов в стационарных системах по квадратной схеме. Значение захвата радиуса R обычно принимается для условий в безветренную погоду, и в большинстве случаев при орошении образуется огрех (площадь, не покрываемая дождем).

Для объяснения влияния ветрового режима на радиус захвата дождевального аппарата в Научно-производственном объединении (НПО) гидротехники и мелиорации Азербайджана в условиях Гянджа-Газахского района и Апшерона были проведены опыты со средне- и дальнеструйными аппаратами [10, 20, 21]. В результате было выявлено, что при увеличении скорости ветра ширина орошаемого участка сужается, участок примерно получает форму эллипса. Дальность полета капель в сторону ветра увеличивается, а при полете против ветра уменьшается. Маленькие полустрелы эллипса уменьшаются, а сумма больших полустрел меняется очень незначительно. То есть при увеличении скорости ветра орошаемый участок сужается в направлении ветра [20].

Выводы

1 В результате проведенных исследований установлено, что на эффективность полива дождеванием влияют не только почвенно-мелиоративные и организационно-хозяйственные факторы, но и применяемая дождевальная техника, относительная влажность и температура воздуха, а также режим (скорость и продолжительность) ветра.

2 В результате было выявлено, что при увеличении скорости ветра орошаемый участок сужается, поливной участок примерно получает форму эллипса.

3 Учитывая вышесказанное, расстояния между струйными дождевальными аппаратами рекомендуем определять следующим образом.

3.1 Принять плановое размещение дождевальных аппаратов как стороны прямоугольника, учитывая направление господствующих ветров в стабильном ветровом режиме:

- перпендикулярный в сторону направления ветра (ширина прямоугольника) $l_1 = \rho \cdot 1,42R$;

- параллельный в сторону направления ветра (длина прямоугольника) $l_2 = 1,42R$.

3.2 При нестабильном режиме ветра принять:

$$l_1 = l_2 = \rho \cdot 1,42R,$$

где ρ – коэффициент сужения (отношение ширины орошаемого эллипса к его длине);

R – радиус действия (захват дождевального аппарата).

Список использованных источников

- 1 Испытания сельскохозяйственной техники, машины и установки дождевальные. Программа и методы испытания. Пер. ред. ОСТ 70.11.1-85 / КубНИИГиМ. – 68 с.
- 2 Мамедов, Н. Р. Математическая обработка результатов эксперимента / Н. Р. Мамедов, Б. М. Мамедов (на азерб. яз.). – Баку: Элм, 2005. – 168 с.
- 3 Чичасов, В. Я. К вопросу о потерях воды на испарение при дождевании / В. Я. Чичасов, В. Н. Черноморцева // Сб. науч. тр. ВНИИГиМ. Вып. 1. Современные оросительные системы и пути их совершенствования. – М., 1974. – С. 78–84.
- 4 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозиздат, 1967. – 750 с.
- 5 Данильченко, Н. В. Влияние ветра на производительность дождевальной техники / Н. В. Данильченко // Широкозахватная поливная техника и оптимизация ее параметров. – М.: ВНИИГиМ, 1984. – С. 35–42.
- 6 Хабаров, В. Е. Учет потерь при поливах дождеванием / В. Е. Хабаров // Сельские зори. – 1981. – № 5. – С. 17.
- 7 Михайловский, А. И. Дождевальные установки и их применение / А. И. Михайловский. – Одесса, 1990. – 172 с.
- 8 Штангей, А. И. Исследование потерь и распределения воды в процессе дождевания / А. И. Штангей // Метеорология и гидрология. – 1976. – № 3. – С. 76–82.
- 9 Бредихин, Н. П. Улучшение качества работы одиночных дальнеструйных дождевальных аппаратов при ветре / Н. П. Бредихин // Материалы НТСВИСХОМ. – 1967. – Вып. 21. – С. 319–330.
- 10 Рашидов, Р. Н. Научно-технический отчет Абшеронской опытно-исследовательской станции механизации орошения НПО гидротехники и мелиорации Азербайджана / Р. Н. Рашидов, Б. М. Мамедов (на азерб. яз.). – Баку, 2010. – 140 с.
- 11 Алпбергенов, А. Методы установления потерь воды и водосбережения при дождевании / А. Алпбергенов // Водосбережение: технологии и социально-экономические аспекты. – Тараз, 2000. – С. 27–32.
- 12 Christiansen, J. E. Irrigation by Sprinkling / J. E. Christiansen // California Experiment Station. – 1942. – Bull. 670. – P. 110–115.
- 13 Mather, J. R. An investigation of evaporation from irrigation sprayer / J. R. Mather // Agric. Eng. – 1951. – Vol. 31, № 7. – P. 345–348.
- 14 Frost, K. R. Sprinkler evaporation losses / K. R. Frost, H. C. Schwalen // Agric. Eng. – 1955. – Vol. 36, № 8. – P. 525–528.
- 15 Till, M. R. A method of measuring the evaporation losses from sprinkler / M. R. Till // Aust. Inst. Agric. Sci. – 1957. – Vol. 22, № 24. – P. 330–334.
- 16 Мелиорация и водное хозяйство. 6. Орошение: справочник / И. П. Айдаров [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
- 17 Ерхов, Н. С. Влияние эрозионно-допустимых поливных норм на орошение сельскохозяйственных культур при дождевании / Н. С. Ерхов // Основные вопросы совершенствования техники и технологии полива: сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга». – М., 1981. – С. 135–142.

18 Wildmoser, P. Zur Frage der Wassereinsparung mit Beregnung in semiaridem Klima / P. Wildmoser // Z. Kulturtech. und Flurberein. – 1972. – Vol. 13, № 6. – P. 328–340.

19 Абрамов, А. М. Определение поливных норм с учетом интенсивности дождя / А. М. Абрамов, Н. И. Ильин // Гидротехника и мелиорация. – 1985. – № 5. – С. 30–31.

20 Мамедов, Б. М. Применение механизированного полива / Б. М. Мамедов (на азерб. яз.). – Баку: Азернешр, 1995. – 112 с.

21 Баширов, Н. Б. Усовершенствование дождевальной установки типа «Волжанка» и ее применение в орошении кормовых культур / Н. Б. Баширов, Б. М. Мамедов, Р. Н. Рашидов (на азерб. яз.) // Сборник научных трудов НПО гидротехники и мелиорации Азербайджана. – Баку, 2012. – Т. 32. – С. 247–252.

References

1 OST 70.11.1-85. *Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki, mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Programma i metody ispytaniya* [Tests of Farming Equipment, Machinery and Sprinkler Implements. Program and Test Methods]. KubNIIGiM, 68 p. (In Russian).

2 Mamedov N.R., Mamedov B.M., 2005. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta* [Mathematical Processing of Experimental Results]. Baku, Elm Publ., 168 p. (In Azerb.).

3 Chichasov V.Ya., Chernomortseva V.N., 1974. *K voprosu o poteryakh vody na isparenie pri dozhdevanii* [On the issue of water loss for evaporation during sprinkling]. *Sb. nauch. tr. VNIIGiM. Vyp. 1. Sovremennye orositel'nye sistemy i puti ikh sovershenstvovaniya*. [Proceed. of VNIIGiM. Iss. 1. Modern Irrigation Systems and the Ways to Improve Them]. Moscow, pp. 78-84. (In Russian).

4 Kostyakov A.N., 1967. *Osnovy melioratsii* [Basics of Land Reclamation]. Moscow, Selkhozizdat Publ., 750 p. (In Russian).

5 Danil'chenko N.V., 1984. *Vliyanie vetra na proizvoditel'nost' dozhdeval'noy tekhniki* [The influence of wind on the performance of sprinkler technology]. *Shirokoyakhvatnaya polivnaya tekhnika i optimizatsiya ee parametrov* [Wide-coverage Irrigation Technique and Optimization of its Parameters]. Moscow, VNIIGiM Publ., pp. 35-42. (In Russian).

6 Khabarov V.E., 1981. *Uchet poter' pri polivakh dozhdevaniem* [Losses Control during Sprinkling Irrigation]. *Sel'skie zori* [Rural Dawns], no. 5, pp. 17. (In Russian).

7 Mikhailovskiy A.I., 1990. *Dozhdeval'nye ustanovki i ikh primeneniye* [Sprinkling Machines and Their Application]. Odessa, 172 p. (In Russian).

8 Shtangey A.I., 1976. *Issledovanie poter' i raspredeleniya vody v protsesse dozhdevaniya* [Study of water losses and distribution during sprinkling]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 3, pp. 76-82. (In Russian).

9 Bredikhin N.P., 1967. *Uluchsheniye kachestva raboty odinochnykh dal'nestruynykh dozhdeval'nykh apparatov pri vetre* [Improvement of quality of single-gun sprinklers at wind]. *Materialy NTSVISHOM* [Proceed. of NTWISSHOM], vol. 21, pp. 319-330. (In Russian).

10 Rashidov R.N., Mamedov B.M., 2010. *Nauchno-tekhnicheskiy otchet Absheronской опытно-исследовательской станции механизации орошения NPO гидротехники и мелиорации Азербайджана* [Scientific and Technical Report of the Absheron Experimental Research Station of Irrigation Mechanization of Hydraulic Engineering and Land Reclamation Association of Azerbaijan]. Baku, 140 p. (In Azerb.).

11 Alpbergenov A., 2000. *Metody ustanovleniya poter' vody i vodosberezheniya pri dozhdevanii* [Methods for determining water loss and water saving during sprinkling]. *Vodosberezheniye: tekhnologii i sotsial'no-ekonomicheskie aspekty* [Water Conservation: Technologies and Socio-economic Aspects]. Taraz, pp. 27-32. (In Russian).

12 Christiansen J.E., 1942. *Irrigation by Sprinkling*. California Experiment Station, bull. 670, pp. 110-115. (In English).

13 Mather J.R., 1951. An investigation of dispersion from irrigation sprayer. *Agric. Eng.*, vol. 31, no. 7, pp. 345-348. (In English).

14 Frost K.R., Schwalen H.C., 1955. Sprinkler evaporation losses. *Agric. Eng.*, vol. 36, no. 8, pp. 525-528. (In English).

15 Till M.R., 1957. A method of measuring the evaporation losses from sprinkler. *Aust. Inst. Agric. Sci.*, vol. 22, no. 24, pp. 330-334. (In English).

16 Aidarov I.P. [et al.], 1990. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. 6. Oroshenie: spravochnik* [Land Reclamation and Water Management. 6. Irrigation: a reference book]. Moscow, Agropromizdat Publ., 415 p. (In Russian).

17 Erkhov N.S., 1981. *Vliyanie erozionno-dopustimykh polivnykh norm na oroshenie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pri dozhdevanii* [The influence of erosion-tolerable irrigation norms on crop irrigation during sprinkling]. *Osnovnye voprosy sovershenstvovaniya tekhniki i tekhnologii poliva: sb. nauch. tr.* [Main Issues of Improving Irrigation Methods and Technology: Proceed.]. VNPO "Rainbow". Moscow, pp. 135-142. (In Russian).

18 Wildmoser P., 1972. Zur Frage der Wassereinsparung mit Beregnung in semi-aridem Klima. *Z. Kulturtech. und Flurberein.*, vol. 13, no. 6, pp. 328-340. (In German).

19 Abramov A.M., Ilyin N.I., 1985. *Opredelenie polivnykh norm s uchetom intensivnosti dozhdya* [Determining the irrigation rates taking into account the intensity of rain]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydrotechnics and Land Reclamation], no. 5, pp. 30-31. (In Russian).

20 Mamedov B.M., 1995. *Primenenie mekhanizirovannogo poliva* [Application of Mechanized Irrigation]. Baku, Azerneshr, 112 p. (In Azerb.).

21 Bashirov N.B., Mamedov B.M., Rashidov R.N., 2012. *Usovershenstvovanie dozhdaval'noy ustanovki tipa «Volzhanka» i ee primeneniye v oroshenii kormovykh kul'tur* [Improvement of a Volzhanka type sprinkler and its use in feed irrigation]. *Sbornik nauchnykh trudov NPO gidrotekhniki i melioratsii Azerbaydzhana* [Proceed. of Association of Hydraulic Engineering and Reclamation of Azerbaijan]. Baku, vol. 32, pp. 247-252. (In Azerb.).

Мамедов Бахтияр Мурсал оглы

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: Азербайджанское научно-производственное объединение «Гидротехника и мелиорация»

Адрес организации: ул. И. Дадашова, 324, г. Баку, AZ1073, Азербайджанская Республика

E-mail: meliorasiya58@mail.ru

Mamedov Baxtiyar Mursal

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Azerbaijan Scientific and Production Association "Hydraulic Engineering and Land Reclamation"

Affiliation address: st. I. Dadashova, 324, Baku, AZ1073, Republic of Azerbaijan

E-mail: meliorasiya58@mail.ru