

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья
УДК 626.82

Оценка эффективности водораспределения на мелиоративных системах

Анна Викторовна Бреева¹, Александр Анатольевич Кузьмичев²

^{1,2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹ann22hp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

²rosniipmopvparp@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

Аннотация. Цель: разработать показатели оценки эффективности распределения водных ресурсов мелиоративными системами. **Материалы и методы:** Исходные данные для расчета показателей эффективности водораспределения получены на основе отчетных материалов, которые содержат информацию о фактическом выполнении планов водопользования. **Результаты.** Для оценки эффективности водораспределения предлагается использовать такие показатели как коэффициент полезного действия, коэффициенты использования и перераспределения водных ресурсов. Выбор данных показателей обусловлен их способностью обеспечить комплексную оценку эффективности распределения водных ресурсов и выявить слабые места и процессы на мелиоративной системе. Исследование проводилось на трех мелиоративных систем Ростовской области. Первая система находится в пойме реки Дон. Основным способом полива на ней является затопление чеков. Вторая система расположена в пределах Нижне-Донской равнины. На ней применяется дождевание. Третья система находится в междуречье рек Сал и Маныч. На этой системе также используется дождевание. Две первые системы используются для орошения, третья система служит как для орошения, так и для передачи воды в соседний район. Согласно выполненным расчетам коэффициенты полезного действия и использования водных ресурсов для первой системы составляют 0,71 и 0,71 соответственно, для второй – 0,70 и 0,44, а для третьей – 0,87 и 0,73. Также для третьей системы был рассчитан коэффициент перераспределения водных ресурсов, который составил 0,14. В соответствии с полученными результатами, наиболее эффективно водные ресурсы распределяются на третьей мелиоративной системе, затем на первой, вторая система замыкает рейтинг. **Выводы.** Получение общей оценки эффективности водораспределения на мелиоративных системах не является конечной целью. Такая оценка позволяет обосновать прогнозы развития мелиоративных систем и спланировать для этого необходимые ресурсы.

Ключевые слова: водные ресурсы, оценка эффективности, водораспределение, мелиоративная система, показатели эффективности, развитие мелиоративных систем

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

Для цитирования: Бреева А. В., Кузьмичев А. А. Оценка эффективности водораспределения на мелиоративных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 106–115.



CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

Assessing water distribution efficiency in reclamation systems

Anna V. Breeva¹, Alexandr A. Kuzmichev²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹ann22hp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

²rosniipmovpvapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5478-8847>

Abstract. Purpose: to develop indicators for assessing the water resource distribution efficiency of by reclamation systems. **Materials and methods:** Initial data for calculating water distribution efficiency indicators were obtained on the basis of reporting materials that contain information on the actual implementation of water use plans. **Results.** To assess the efficiency of water distribution, it is proposed to use indicators such as efficiency, coefficients of use and redistribution of water resources. The choice of these indicators is due to their ability to provide a comprehensive assessment of the efficiency of water resource distribution and to identify weaknesses and processes in the reclamation system. The study was carried out on three reclamation systems in Rostov region. The first system is located in the floodplain of the River Don. The main method of watering here is flooding the checks. The second system is located within the Lower Don Plain. It uses sprinkling. The third system is located between the rivers Sal and Manych. This system also uses sprinkling. The first two systems are used for irrigation, the third system serves both for irrigation and for transferring water to the neighboring area. According to the calculations performed, the coefficients of efficiency and use of water resources for the first system are 0.71 and 0.71, respectively, for the second – 0.70 and 0.44, and for the third – 0.87 and 0.73. Also for the third system, the coefficient of redistribution of water resources of 0.14 was calculated. In accordance with the results obtained, water resources are distributed most effectively on the third reclamation system, then on the first, the second system closes the ranking. **Conclusions.** Obtaining a general assessment of the efficiency of water distribution in reclamation systems is not the final goal. Such an assessment makes it possible to substantiate forecasts for the development of reclamation systems and plan the necessary resources for this.

Keywords: water resources, efficiency assessment, water distribution, reclamation system, efficiency indicators, development of reclamation systems

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

For citation: Breeva A. V., Kuzmichev A. A. Assessing water distribution efficiency in reclamation systems. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2):106–115. (In Russ.).

Введение. Большая часть сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации располагается в сложных климатических условиях. Около 80 % всех посевов находятся на территориях с неблагоприятным климатом. В засушливых регионах для получения стабильного урожая требуется

не менее 700 мм осадков в год. В таких условиях мелиорация земель становится неотъемлемым элементом успешного сельского хозяйства, а мелиоративные системы (МС) играют ключевую роль в обеспечении водными ресурсами [1–3].

Мелиоративные системы представляют собой сложные технические комплексы, включающие связанные между собой гидротехнические и другие сооружения и предназначенные для решения различных водохозяйственных задач. Помимо подачи воды на орошение, они обеспечивают обводнение пастбищ, подачу воды для сельскохозяйственного производства и нужд рыбного хозяйства, питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, а также подпитку водных объектов. Кроме того, оросительные системы выполняют функцию транспортировки водных ресурсов в другие регионы и водохозяйственные системы (ВХС) [4].

При совместном использовании МС между различными водопользователями могут возникать конфликты из-за неравномерного и неэффективного распределения водных ресурсов. Некоторые из них могут испытывать недостаток в воде, в то время как другие потребляют ее в избытке. Это может негативно сказаться на деятельности водопользователей и привести к потерям воды. Для предупреждения подобных негативных последствий необходимо осуществлять распределение водных ресурсов МС на основе принципов комплексности и эффективности [5–7].

Для оценки эффективности распределения водных ресурсов МС предлагается использовать простые и легко определяемые показатели: коэффициент полезного действия мелиоративной системы (КПД МС), коэффициент использования водных ресурсов на мелиоративной системе (КИВ МС), коэффициент перераспределения водных ресурсов мелиоративными системами (КПВ МС), оценка доли от общей подачи воды для каждого вида водопользования, а также показатели отклонения от плана для каждого вида водопользования с указанием причин отклонения [8].

Цель исследования – разработать показатели оценки эффективности распределения водных ресурсов мелиоративными системами.

Материалы и методы. Данное исследование проведено в соответствии с планом научных исследований ФГБНУ «Российский НИИ проблем мелиорации», утвержденным Минсельхозом России на 2024 г. В ходе работы был осуществлен сбор и анализ информации об использовании водных ресурсов, а также определены показатели эффективности распределения воды МС мелиоративно-водохозяйственного комплекса Ростовской области.

Результаты и обсуждения. Исходные данные для расчета всех предлагаемых показателей содержатся в отчетах о фактическом выполнении планов водопользования МС. Выполнять расчеты целесообразно с применением современных цифровых технологий, которые позволят упростить сбор данных, а также минимизировать влияние человеческого фактора на результаты [9].

Однако в настоящее время эти отчеты заполняются вручную на бумажных носителях и в различных форматах. В рамках выполнения НИР нами разработана система учета и анализа использования водных ресурсов для целей мелиорации, которая позволяет стандартизировать процесс сбора отчетной документации и автоматизировать расчет показателей эффективности водораспределения [10, 11].

Таким образом, сбор первичных данных и расчет показателей эффективности распределения водных ресурсов на МС с применением разработанной системы является достаточно простой процедурой.

Выбор именно таких показателей обусловлен тем, что их использование позволяет получить комплексную оценку эффективности распределения водных ресурсов и выявить слабые места и процессы на МС

Анализ КПД МС позволяет оценить ее общее техническое состояние. КПД МС рассчитывается по формуле [8]:

$$\eta = 1 - \frac{S_{\kappa}}{V_w},$$

где S_{κ} – потери воды на МС, м³;

V_w – объем воды, забранный в голове МС, м³.

Анализ КИВ МС позволяет определить, насколько востребована данная МС. Если КИВ МС высокий, это указывает на то, что она имеет большое значение для водопользователей. КИВ МС рассчитывается по формуле [8]:

$$E_s = \frac{V_p}{V_w},$$

где V_p – объем воды, поданный на все нужды водопользователей, м³;

V_w – объем воды, забранный в голове МС, м³.

Анализ КПВ МС позволяет понять, насколько важную роль она играет в процессе перераспределения водных ресурсов другим ВХС. КПВ МС рассчитывается по формуле [8]:

$$R_s = \frac{V_r}{V_w},$$

где V_r – объем воды, передаваемый другим ВХС, м³;

V_w – объем воды, забранный в голове МС, м³.

Определение доли от общего объема воды по видам водопользования помогает определить значимость конкретного вида водопользования на МС по сравнению с другими.

И наконец, анализ расхождения между фактическими и плановыми значениями для каждого вида водопользования с указанием причин этого расхождения позволяет выявить причины данных отклонений и принять необходимые меры для их устранения.

Для примера рассчитаем показатели эффективности водораспределения для одного из филиалов мелиоративно-водохозяйственного комплекса

Ростовской области, под управлением которого находятся три МС. Условно назовем их мелиоративной системой № 1 (МС 1), мелиоративной системой № 2 (МС 2), мелиоративной системой № 3 (МС 3).

МС 1 расположена в пойме р. Дон и построена в 1971 г. Вода на орошаемый массив подается насосной станцией. От насосной станции отходит магистральный канал, который заканчивается водовыделами в три хозяйственных распределителя. Основной способ полива – затопление чеков.

МС 2 расположена в пределах Нижне-Донской равнины и введена в эксплуатацию в 1953 г. Вода в систему подается насосной станцией из Веселовского водохранилища. Основное направление сельскохозяйственного производства данной МС – овощеводство и молочное животноводство. Способ полива – дождевание.

МС 3 расположена в междуречье Сала и Маныча и построена в 1952 г. Вода в систему подается самотеком из Донского магистрального канала. Специализация хозяйств, обслуживаемых данной МС, имеет овоще-плодовое, овоще-молочное и зерново-животноводческое направления. Полив осуществляется дождеванием.

Первые две системы подают водные ресурсы только для целей орошения, а МС 3 подает воду для целей орошения и передает ее в ВХС соседнего района. Анализ расхождения между фактическими и плановыми значениями водопользования для данных МС не выполнялся.

В таблице 1 представлены данные о распределении водных ресурсов, а в таблице 2 – расчетные показатели эффективности водораспределения на исследуемых МС (КПД, КИВ и КПВ).

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что наилучшее техническое состояние у МС 3; МС 1 и МС 2 находятся на одном уровне. МС 3 и МС 1 равнозначны по значимости для водопользователей, тогда как МС 2 значительно ниже. МС 3 играет ключевую роль в перераспределении водных ресурсов для других ВХС.

Таблица 1 – Показатели водораспределения на мелиоративных системах

Table 1 – Water distribution indicators in reclamation systems

Показатель	Наименование МС		
	МС 1	МС 2	МС 3
Объем воды, забранный в голове МС, тыс. м ³	57934,9	26838,0	38443,6
Потери, тыс. м ³	16992,3	8026,0	4852,6
Объем воды, поданный на все нужды водопользователей, тыс. м ³	40942,6	11812,0	28091,0
Объем воды, поданный на орошение, тыс. м ³	40942,6	11812,0	28091,0
Объем воды, передаваемый другим ВХС	0,0	0,0	5500,0

Таблица 2 – Расчет показателей эффективности водораспределения на мелиоративных системах

Table 2 – Calculation of water distribution efficiency indicators in reclamation systems

Показатель	Наименование МС		
	МС 1	МС 2	МС 3
КПД	0,71	0,70	0,87
КИВ	0,71	0,44	0,73
КПВ	–	–	0,14

Таким образом, эффективнее всего водные ресурсы распределяются на МС 3, затем на МС 1, а МС 2 замыкает рейтинг.

Выводы. Важно контролировать и оценивать эффективность распределения водных ресурсов на МС. Для оценки эффективности предлагается пять показателей.

Получение общей оценки эффективности водораспределения на МС не является конечной целью. Это необходимо для управления МС, их контроля и планирования развития. Такая оценка позволяет обосновать долгосрочные прогнозы и спланировать необходимое ресурсное обеспечение для перспективного развития существующих и разработки новых МС.

Список источников

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Сосновских. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с. EDN: AVWQXO.

2. Копылов В. В. Комплексное использование водных ресурсов при мелиорации сельскохозяйственных земель в регионах Российской Федерации // Экономические науки. 2011. № 82. С. 92–94. EDN: OYUGIH.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 106–115.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 106–115.

3. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов в Российской Федерации» // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2022. № 2(170). С. 127. EDN: XJYMJO.

4. Масный Р. С., Сенчуков Г. А., Абраменко И. П. Актуальные вопросы эффективности водопользования в мелиоративном комплексе современной России // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5, № 2. С. 1–13. DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-2-1-13. EDN: ZPPDFK.

5. Щедрин В. Н., Колганов А. В., Чураев А. А. Подходы к определению технического уровня мелиоративных систем и обоснование поколений их развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 3(7). С. 28–51. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=581> (дата обращения: 15.05.2024). EDN: PCYQAR.

6. К вопросу оптимизации планирования водопользования на экологически сбалансированных оросительных системах с использованием метода системного анализа / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, О. Н. Ольгаренко, И. И. Карманцева // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: материалы III Междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Новочеркасск, 26–28 апр. 2022 г. / Новочеркасск: Лик, 2022. С. 96–101. EDN: RONOTN.

7. Данилов-Данильян В. И., Хранович И. Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования: монография / Рос. акад. наук, Ин-т вод. проблем. М.: Науч. мир, 2010. 229 с. EDN: QUHDKX.

8. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 6. С. 8–11. EDN: RWOSUD.

9. Юдин А. А., Тарабукина Т. В. Цифровая компетенция как стимулирующий фактор развития цифровизации АПК // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7, № 11. С. 197–210. DOI 10.55186/2413046X.2022.7.11.642. EDN: YLBECO.

10. Кузьмичев А. А., Бреева А. В. Система учета и анализа использования водных ресурсов для целей мелиорации // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия [Электронный ресурс]. 2023. Т. 91, № 3. С. 209–217. URL: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=249> (дата обращения: 15.05.2024). EDN: ТВIMSS.

11. Учет и анализ использования водных ресурсов: свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2023667303 / Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д., Кузьмичев А. А., Клишин И. В.; заявитель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2023665469; заявл. 21.07.23; опубл. 14.08.23. EDN: PWNBOD.

References

1. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Sosnovskikh I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: Inform. Ed.]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 304 p., EDN: AVWQXO. (In Russian).

2. Kopylov V.V., 2011. *Kompleksnoe ispol'zovanie vodnykh resursov pri melioratsii sel'skokhozyaystvennykh zemel' v regionakh Rossiyskoy Federatsii* [Integrated use of water resources in agricultural reclamation in the regions of the Russian Federation]. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Sciences], no. 82, pp. 92-94, EDN: OYUGIH. (In Russian).

3. *Doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov v Rossiyskoy Federatsii»* [Report “On state and use of water resources in the Russian Federation”]. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii* [Use and Protection of Natural Resources of Russia], 2022, no. 2(170), pp. 127, EDN: XJYMJO. (In Russian).

4. Masny R.S., Senchukov G.A., Abramenko I.P., 2023. *Aktual'nye voprosy effektivnosti vodopol'zovaniya v meliorativnom komplekse sovremennoy Rossii* [Current issues of water use efficiency in the reclamation complex of modern Russia]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 5, no. 2, DOI 10.31774/2658-7890-2023-5-2-1-13, EDN: ZPPDFK. (In Russian).

5. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Churaev A.A., 2012. [Approaches to determining the technical level of reclamation systems and justification of their development generations]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(7), pp. 28-51, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=581> [accessed 15.05.2024], EDN: PCYQAR. (In Russian).

6. Olgarenko V.I., Olgarenko I.V., Olgarenko O.N., Karmantseva I.I., 2022. *K voprosu optimizatsii planirovaniya vodopol'zovaniya na ekologicheski sbalansirovannykh orositel'nykh sistemakh s ispol'zovaniem metoda sistemnogo analiza* [On the issue of optimizing water use planning in ecologically balanced irrigation systems using the system analysis method]. *Melioratsiya kak drayver modernizatsii APK v usloviyakh izmeneniya klimata: materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Land Reclamation as a Driver for Agro-Industrial Complex Modernization in the Context of Climate Change: Proceed. of the III International Scientific-Practical Internet Conference]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 96-101, EDN RONOTN. (In Russian).

7. Danilov-Danilyan V.I., Khranovich I.L., 2010. *Upravlenie vodnymi resursami. Soglasovanie strategiy vodopol'zovaniya: monografiya* [Water Resources Management. Harmonizing Water Use Strategies: Monograph]. Russian Academy of Sciences, Institute of Water Problems. Moscow, Scientific World Publ., 229 p., EDN: QUHDKX. (In Russian).

8. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the technical level of irrigation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 6, pp. 8-11, EDN: RWOSUD. (In Russian).

9. Yudin A.A., Tarabukina T.V., 2022. *Tsifrovaya kompetentsiya kak stimuliruyushchiy faktor razvitiya tsifrovizatsii APK* [Digital competence as a stimulating factor in the development of digitalization of the agro-industrial complex]. *Moskovskiy ekonomicheskoy zhurnal* [Moscow Economic Journal], vol. 7, no. 11, DOI 10.55186/2413046X_2022_7_11_642, EDN: YLBECO. (In Russian).

10. Kuzmichev A.A., Breeva A.V., 2023. [Composition of recording and water resources usage analysis system for land reclamation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, vol. 91, no. 3, pp. 209-217, available: <https://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=249> [accessed 15.05.2024], EDN: TBIMSS. (In Russian).

11. Senchukov G.A., Gostishchev V.D., Kuzmichev A.A., Klishin I.V., 2023. *Uchet i analiz ispol'zovaniya vodnykh resursov* [Accounting and Analysis of Water Resources Use]. Certificate of State Registration of Computer Programs, no. 2023667303, EDN: PWNBOD, (In Russian).

Информация об авторах

А. В. Бреева – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, ann22hp@mail.ru, AuthorID: 767310, ORCID ID: 0000-0001-5835-1231;

А. А. Кузьмичев – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, rosniipmopvparp@yandex.ru, AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-5478-8847.

Information about the authors

A. V. Breeva – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, ann22hp@mail.ru, AuthorID: 767310, ORCID ID: 0000-0001-5835-1231;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 106–115.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 106–115.

A. A. Kuzmitchev – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, rosnipmopvparк@yandex.ru, AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-5478-8847.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 17.05.2024; одобрена после рецензирования 28.05.2024;
принята к публикации 30.07.2024.
The article was submitted 17.05.2024; approved after reviewing 28.05.2024; accepted for
publication 30.07.2024.*