

8. Written, E.V. Ecological and economic organization of the territory for optimization of agricultural land use in the steppe zone of the North Caucasus region: Dis. ... doctor of Agricultural Sciences: 06.01.03 / Written by Elena Vyacheslavova [AFI]. – Stavropol, 2018. – 356 p.
9. Agriculture in the Stavropol Territory for 2015-2020: statistical collection / North-Kavkazstat. – Stavropol, 2021. – 112 p.
10. Klyushin, P.V., Problems of rational settlement of the population in the Stavropol territory / P.V. Klyushin, A.N. Maryin / South of Russia: ecology, development. - 2011. - No.2. - pp. 97-105.
11. Tsathlanova, T.T. Methodological aspects of assessing and improving the efficiency of agricultural production / T.T. Tsathlanova // Management of economic systems: electronic scientific journal. - 2011. - Vol. 9. - p. 11.

УДК 330:556.18

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.55.87.039

## **КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ВОДОХРАНИЛИЩ В ИНТЕРЕСАХ МЕЛИОРАТИВНО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

**Исаев О.И.**, кандидат экономических наук  
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Специфику водного рынка формируют не только спрос и предложение водных ресурсов, но и приоритет продовольственной безопасности, экологические ограничения, социальные вопросы, особая роль гидроэнергетики и др. Цель исследований – определить основные критерии оптимизации водораспределения ресурсов водохранилищ с учетом назначения водопользования. Для определения эффективности водопользования в сельском хозяйстве обоснована совокупность критериев, к которой отнесены экономические, экологические, производственные. Предложено основным критерием оптимизации распределения водных ресурсов водохранилищ в интересах мелиоративно-водохозяйственного комплекса рассматривать валовый сбор сельскохозяйственной продукции в объёме, необходимом для достижения уровня продовольственной безопасности в границах субъекта РФ. Искомым состоянием оптимизации распределения водных ресурсов водохранилищ выступает множество состояний распределения водных ресурсов при котором будет достигнут оптимум по Парето.*

***Ключевые слова:** водопользование, сельское хозяйство, критерий оптимизации, оценка экономической эффективности, чистый дисконтированный доход, интегрированное управление водными ресурсами*

## **CRITERIA FOR OPTIMIZATION OF WATER RESOURCES DISTRIBUTION IN THE INTERESTS OF THE Amelioration-WATER MANAGEMENT COMPLEX**

**Isaev O.I.**, Candidate of Economic Science  
All-Russian Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

***Abstract.** The specifics of the water market are formed not only by the demand and supply of water resources, but also by the priority of food security, environmental restrictions, social issues, the*

*special role of hydropower, etc. The purpose of the research is to determine the main criteria for optimizing the water distribution of reservoir resources, taking into account the purpose of water use. To determine the efficiency of water use in agriculture, a set of criteria has been justified, which include economic, environmental, and production criteria. It is proposed that the main criterion for optimizing the distribution of water resources in reservoirs in the interests of the reclamation and water management complex is to consider the gross harvest of agricultural products in the volume necessary to achieve the level of food security within the borders of a constituent entity of the Russian Federation. The desired state for optimizing the distribution of water resources in reservoirs is the set of states of distribution of water resources in which the Pareto optimum will be achieved.*

**Keywords:** *water use, agriculture, optimization criterion, economic efficiency assessment, net present value, integrated water resources management*

Оценка экономических факторов оптимизации распределения водных ресурсов сталкивается с проблемами как экономического, так и эколого-социального характера. Прежде всего, вода уникальна в силу своего социального значения и невозможности замены. Помимо этого, массовость, постоянство и характер потребления ресурса означает, что водный рынок имеет специфику, которую формируют не только спрос и предложение (доступные водные ресурсы), но и приоритет продовольственной безопасности, экологические ограничения, социальные вопросы, особая роль гидроэнергетики, специфика взаимодействия в рамках международных водных бассейнов.

Анализ мирового опыта показывает, что снабжение водой (коммунально-бытовое, сельскохозяйственное) остаётся в большинстве стран мира субсидируемой отраслью хозяйства, когда государство выступает главным инвестором развития водной инфраструктуры и покрывает, по крайней мере, часть издержек на её эксплуатацию. Соответственно, цена воды (или цена доставки воды) не является абсолютным показателем ценности этого уникального ресурса (как в случае других природных ресурсов). В ряде речных бассейнов на европейской части нашей страны существует напряжённость водохозяйственного баланса, что определяет ограничения в водопользовании, в том числе, для нужд аграрного сектора экономики. Таким образом, при разработке критериев оптимизации распределения водных ресурсов водохранилищ, необходимо помимо чисто экономических факторов принимать во внимание вышеперечисленные ограничения и особенности.

В обеспечении продовольственной безопасности страны определяющую роль играет сельское хозяйство. Помимо этого, развитое сельское хозяйство как отрасль экономики гарантирует отсутствие социальной напряженности, благодаря предоставлению рабочих мест. Хозяйства с высоким уровнем рентабельности привлекают больше работников и платят более высокие оклады.

Использование орошения даёт возможность повысить урожайность сельскохозяйственных культур, таким образом, позволяет повысить рентабельность сельхозпредприятий. Внедрение экономически эффективных систем орошения обозначено [4] в качестве отдельной задачи в рамках развития сельских территорий. Рост урожайности культур (в сравнении с богарным земледелием) зависит не только от влагообеспеченности посевов, но и многих

других природных и хозяйственных факторов, которые соответствуют региональным научно-обоснованным адаптивно-ландшафтными системами земледелия: от режима естественных осадков в зоне неустойчивого увлажнения, радиационного баланса в период вегетации, качества посадочного материала, объёма используемых удобрений, своевременности проведения сельскохозяйственных работ, культуры земледелия и других факторов. Ценность воды меняется в зависимости от вида культуры, стадии вегетации растений, количества выпадающих осадков и т.д. Кроме того, вода имеет разную ценность для сельского хозяйства во времени.

В условиях дефицита водных ресурсов, аридизации климата в зоне недостаточного увлажнения целесообразно оптимизировать систему использования водных ресурсов, а значит выделить совокупность критериев, определяющих эффективность водопользования. Критерии эффективности проведения мероприятий по интегрированному управлению водными ресурсами в системе поддержки принятия решений можно разделить на три группы [2].

- группа экономических критериев: максимизация суммарного чистого дисконтированного дохода от распределения водных ресурсов;

- экологические критерии: минимизация ущербов от затопления, подтопления и ухудшения качества воды, в том числе в перспективе последующих лет: при этом, необходимо учитывать такие частные критерии, как безопасность населения и гидросооружений, защита территорий, примыкающих к нижнему бьефу от наводнений, надежность энерго- и водоснабжения;

- производственные критерии: максимизация объемов вырабатываемой энергии, площади орошения, объема производства других водопотребителей.

Водоподача не может превышать проектную пропускную способность гидротехнических сооружений. Достижения максимумов производства сразу всех потребителей в условиях дефицита водных ресурсов невозможно. Каждая единица водных ресурсов для разных водопользователей в разное время имеет разную полезность. Согласно закону Госсена, в рамках одного временного периода после поставки минимально-необходимого количества ресурса, полезность для экономического агента каждой последующей единицы воды убывает.

Необходимо определить минимальный уровень подачи воды на каждом отрезке времени для каждого водопользователя, который обеспечит устойчивое функционирование водопользователя и не ставит его под угрозу в дальнейшем. Например, при вынужденном сокращении полезного объема водохранилищ до определенного порога, на рассматриваемом отрезке времени сохраняется возможность ведения рыболовства в рамках бассейна. Однако из-за нарушения естественных процессов нереста рыбы, в последующие годы эффективное рыболовство становится невозможным.

Представляется целесообразным установить экологические ограничения и социальные минимумы, и уже в их рамках рассматривать экономический критерий как фактор оптимального распределения водных ресурсов водохранилищ. Т.е. все варианты распределения воды, опасные для нарушения

устойчивости окружающей среды, повышающие риски техногенных аварий до недопустимого законодательством уровня или лишаящие население доступа к питьевой воде – заведомо не рассматриваются, вне зависимости от экономической эффективности такого распределения.

В условиях дефицита воды появляется необходимость ограничения водоподачи отдельным участникам водохозяйственного комплекса, что ведет к снижению объемов выпускаемой продукции. В литературе распространен метод оценки экономической эффективности распределения водных ресурсов через понятие ущерба от ограничения водоподачи водопользователям. В частности, ущерб сельскому хозяйству [1, 2] от ограничения водных ресурсов ( $У_{СХ}$ ) для орошения можно оценить по зависимости:

$$У_{СХ} = Ц_{к} * S * У_{\max} * \Delta M, \quad (1)$$

где:  $Ц_{к}$  – цена сельскохозяйственной культуры, руб./ц;

$S$  – площадь орошения, га;

$У_{\max}$  – максимально возможная урожайность в данных природно-климатических условиях, ц/га;

$\Delta M$  – коэффициент снижения оросительной нормы в результате ограничения водоподачи.

Однако в условиях значительных колебаний рыночных цен на аграрную продукцию, использование экономического ущерба деятельности сельхозпроизводителей не всегда представляется корректным. Так, рост урожайности от ведения орошаемого земледелия составляет от 2 до 5 раз, в то время как сезонные колебания цен могут превышать 25%. При этом, не подлежит сомнению, что величина наносимого ущерба должна учитываться при принятии решений при оперативном водораспределении.

Отдельно необходимо отметить невозможность использования подхода к оценке экономической эффективности проектов, применяемой для оценки бюджетной эффективности, указанной, в том числе, в [5], для оценки распределения водных ресурсов водохранилищ. Подход, основанный на сопоставлении суммы налогов, полученных бюджетом, после реализации мероприятий (по базовому и изменённому сценариям) не может быть использован при сравнении сценариев распределения водных ресурсов в интересах промышленности, энергетики, сельского хозяйства и других отраслей. В первую очередь, в связи с тем, что согласно п.1.3 ст.284 Налогового кодекса РФ сельхозпроизводители и рыбохозяйственные организации имеют право применять нулевую ставку налога на прибыль. А значит, улучшение результатов их деятельности прямо не отразится на объёме средств, направленных в бюджет в виде налогов.

Главный критерий выбора сценария проведения мероприятий по интегрированному управлению водными ресурсами – наибольший экономический эффект, получаемый всеми участниками водохозяйственного комплекса, при условии соблюдения ограничений. При этом, для орошаемого

земледелия – это ежегодный чистый дисконтированный доход от дополнительно полученной с/х продукции. Однако, согласно [6], рентабельность сельскохозяйственных предприятий в первой половине 2023 года составила 18,33%, в то время как рентабельность производства электроэнергии на гидроэлектростанциях – более чем в 4 раза выше – 83,37%. Именно с большой разницей в рентабельности и связан текущий крен в сторону интересов энергетики при определении графиков водоподачи. В интересах обеспечения продовольственной безопасности и развития отрасли сельского хозяйства подход требует внесения корректив.

Таким образом, основным критерием оптимизации распределения водных ресурсов водохранилищ в интересах мелиоративно-водохозяйственного комплекса предлагается рассматривать валовый сбор сельскохозяйственной продукции ( $y$ ) в объёме, необходимом для достижения уровня продовольственной безопасности в границах субъекта РФ.

При этом оптимизация севооборота позволяет выращивать культуры в порядке, обуславливающем сокращение потребления воды при орошении на интервале рассмотрения в несколько лет. Подобная оптимизация чередования культур (в интересах эффективного использования накопленной в почве воды) не всегда бывает финансово выгодной для отдельного фермерского хозяйства.

Предлагаемый подход позволит исключить влияние фактора изменения цен на сельскохозяйственные культуры:

$$y = \varphi(x_1, x_2 \dots x_n) \quad (2)$$

Уравнение (2) связывает критерий оптимизации ( $y$ ) с факторами, его определяющими ( $x_i$ ) через функцию отклика  $\varphi$ . При этом к природным факторам можно отнести гидротермический режим, плодородие почв. К хозяйственным – площади посевов, проведение агротехнических мероприятий, состав севооборотов, применяемых систем земледелия, орошение, качество посевного материала и т.д. Поскольку рассмотрение всех факторов в реальном эксперименте практически невозможно, предполагаем справедливым рассматривать оптимизацию водоподачи на основе только тех факторов, которые связаны с аграрным производством в условиях орошения. А именно: орошаемые площади, техническое состояние гидромелиоративных систем, объём и режимы водоподачи с учётом требований растений, считая, что остальные факторы априорно обеспечены.

Вышеперечисленные факторы могут рассматриваться как ограничения при постановке дополнительной оптимизационной задачи, направленной на минимизацию потребления водных ресурсов для производства заданного валового объёма сельскохозяйственной продукции, соответствующего продовольственной безопасности в границах субъектов РФ в зоне недостаточного увлажнения.

Для того, чтобы в рамках речного бассейна был возможен расчёт экономической эффективности при том или ином сценарии распределения

водных ресурсов, должен быть достигнут определенный уровень масштаба изменений экономического эффекта (в % от базового сценария), который назовем пороговым значением масштаба. Пороговое значение масштаба должно быть больше, чем изменения экономического эффекта, вызванного естественными осадками или иными условиями, не связанными с регулированием стока. Изменения в распределении ресурса ниже данного уровня будем считать относящимся к одному сценарию.

Оптимизация распределения водных ресурсов водохранилищ в интересах мелиоративно-водохозяйственного комплекса на основе эколого-экономических критериев должна включать следующие этапы.

1. Определение периода времени, на котором будет производиться расчет экономической эффективности.

2. Определение групп водопользователей, получающих блага от распределения водных ресурсов рассматриваемого водохранилища.

3. Получение данных о существующем графике распределения водных ресурсов водохранилищ во времени (базовый сценарий).

4. Разбиение рассматриваемого периода времени на отрезки времени в соответствии с режимом работы водохранилища.

5. Определение минимально-допустимого уровня подачи воды для каждого водопотребителя в каждую единицу времени.

6. Построение графиков «полезности» каждой дополнительной единицы водных ресурсов для водопотребителей (по группам) во времени.

7. Анализ водопотребности всех групп потребителей во времени.

На основе данных этапов возможно формирование алгоритма принятия решений при распределении водных ресурсов водохранилищ в интересах мелиоративно-водохозяйственного комплекса.

Водные ресурсы надлежащего качества ограничены, в динамическом контексте наблюдается несоответствие потребностей экономических агентов и возможностей подачи водных ресурсов водохранилищ. Рост экономического эффекта для одного вида водопользователей может характеризоваться сопутствующем сокращении ЧДД для других. В этом аспекте искомым состоянием оптимизации распределения водных ресурсов водохранилищ выступает множество состояний распределения водных ресурсов при котором будет достигнут оптимум по Парето. В этом случае суммарная величина ЧДД всех водопользователей достигает максимума. Распределение водных ресурсов становится оптимальным (компромиссным), если любое изменение этого распределения ухудшает эффективность хотя бы одного субъекта системы.

#### **Список использованных источников**

1. Влагодобеспеченность яровой пшеницы и ее расчет / В.В. Шабанов. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1981. - 141 с. : ил.; 21 см.
2. Управление водохозяйственными системами: учебное пособие рекомендуется научно-методическим советом по Природообустройству и водопользованию для использования в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 20.03.02 и

20.04.02 Природообустройство и водопользование / И.Г. Галямина, Т.И. Матвеева, В.Н. Маркин [и др.]. – Москва: ООО "Мегаполис", 2020. - 126 с. : ил., цв. ил., граф., табл., карты; 21 см.; ISBN 978-5-6044861-6-0.

3. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем [Текст]: монография / М.Е. Вершинская, В.В. Шабанов, В.Н. Маркин; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. - 143 с. : ил., цв. ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-9675-1329-9 : 100 экз.

4. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [Текст]: [официальное издание] / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации. – Москва: ФГБНУ "Росинформагротех", 2015. - 75 с. : табл.; 20 см.

5. Методические рекомендации по оценке эффективности использования бюджетных средств (инвестиций и субсидий), направляемых на строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и капитальный ремонт объектов мелиорации. Обоснование экономической целесообразности Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Москва 2023 г.

6. Уровень рентабельности (убыточности) проданных товаров, продукции, работ, услуг с 2017 г. Статистические данные по Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. <https://www.fedstat.ru/indicator/58036?ysclid=loyq3o7qnt558459753#>.

## References

1. Moisture availability of spring wheat and its calculation / V.V. Shabanov. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1981. - 141 p.: ill.; 21 cm.

2. Management of water management systems: the textbook is recommended by the Scientific and Methodological Council on Environmental Management and water use for use in the educational process in the preparation of bachelors and masters in the areas of 20.03.02 and 20.04.02 Environmental management and water use / I.G. Galyamina, T.I. Matveeva, V.N. Markin [et al.]. – Moscow: Megapolis LLC, 2020. - 126 p. : ill., color ill., graph., table., maps; 21 cm.; ISBN 978-5-6044861-6-0.

3. Ecological and water management assessment of water systems [Text]: monograph / M.E. Vershinskaya, V.V. Shabanov, V.N. Markin; Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Russian State Agrarian University of the Ministry of Agriculture named after K.A. Timiryazev. – Moscow: Publishing house of RGAU-MSHA, 2016. - 143 p.: ill., color ill., table.; 21 cm.; ISBN 978-5-9675-1329-9 : 100 copies.

4. Strategy for sustainable development of rural areas of the Russian Federation for the period up to 2030 [Text]: [official publication] / Ministry of Agriculture of the Russian Federation. – Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2015. - 75 p. : table; 20 cm.

5. Methodological recommendations for assessing the effectiveness of the use of budgetary funds (investments and subsidies) allocated for construction, reconstruction, technical re-equipment and major repairs of land reclamation facilities. Justification of economic feasibility of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Moscow 2023

6. The level of profitability (loss-making) of goods, products, works, services sold since 2017 Statistical data for the Russian Federation. Federal State Statistics Service. <https://www.fedstat.ru/indicator/58036?ysclid=loyq3o7qnt558459753#>.