

Раздел 1. Региональные проблемы природопользования

УДК 631.17:639.3.06

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНЫХ ПОНЯТИЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Бондаренко В.Л.¹, Хецуриани Е.Д.^{2,3}, Штавдакер М.И.⁴, Добринская А.А.⁵

^{1,4}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ
346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111;

²Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова
346400, Новочеркасск, ул. Просвещения, 139;

³Донской государственный технический университет
344003, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1;

⁵Волгоградский государственный технический университет
400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28

e-mail: ¹nimi.TBiP@yandex.ru, ^{2,3}goodga@mail.ru, ⁴shtawkader.marya@yandex.ru, ⁵sax.nastya@yandex.ru

Аннотация. В современной климатической системе Земли важная роль отводится водным ресурсам, которые занимают 70% земной поверхности – мировым океаном 361 млн. км², а материковой сушей – 149 млн. км². Из-за важности роли водных ресурсов требуется исследование методологии системных понятий в этой области науки.

Цель. Методология использования водных ресурсов, количественные и качественные показатели водного стока формируется в пространственных пределах речных бассейновых геосистем, в общем массиве научного познания процессов формирования и использования в технологических процессах водопотребления и водопользования в отраслях хозяйственной и иной деятельности определило необходимость в рассмотрении основ методологии базовых понятий.

Методы. В методологии использования водных ресурсов в научном и практическом отношении важными являются системные понятия, отражающие свойства и процессы взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения компонентов с входящими в них элементами в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.», в рассматриваемой методологии важными являются базовые понятия, как универсальная мера форм движения и взаимодействия материи – **Энергия**, и её неотъемлемая образная тень – **Энтропия**.

Результаты. Энтропия, как неотъемлемая и важная составляющая в процессах использования водных ресурсов, как природная составляющая в процессах использования водных ресурсов, как природная составляющая обладает свойством изменяться в одном направлении и быть всегда необратимой, что Эддингтон назвал «Стрелой времени», определяющей новые области познания, в частности в использовании водных ресурсов с учётом «экологической приемлемости» в процессах ВВВ «О.Д.» с компонентом «П.С.» и «Н.».

Ключевые слова: Энергия, Энтропия, время, природно-техническая система, экологическая приемлемость, речная бассейновая геосистема.

ВВЕДЕНИЕ

Первая половина XXI столетия характеризуется значительным интересом к актуальности проблемы взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения (ВВВ) Природы и общественного развития, которая неотъемлемо связано с использованием водных ресурсов практически во всех отраслях хозяйственной и иной деятельности. Как известно, вода является основой жизни и началом всех начал [1, 2].

Водные ресурсы, количественные и качественные показатели которых формируются в пространственных пределах речных бассейновых геосистемах, являются доминирующим природным ресурсом в хозяйственной и иной деятельности, потребление которого по массе превышает все остальные ресурсы, вместе взятые более чем на порядок [1, 2].

Пресные воды, которые формируются в пространственных пределах речных бассейновых геосистемах, к примеру, на юге России рек Кубани, Нижнего Дона, Терека составляют порядка 53 км³/год, на который расходуется 40,4 ТВт солнечной энергии и проживает население 18 млн. человек. Использование водных ресурсов практически во всех отраслях хозяйственной и иной деятельности обуславливает собой неотъемлемый интерес практически всех водопотребителей и водопользователей с учетом объективных негативных явлений природного характера (наводнения, подтопления, и т.п.) и современных природоохранных требований, связанных с технологическими процессами в сельскохозяйственном, промышленном производствах, водоснабжении городов и населенных пунктов.

Использование водных ресурсов в многогранных видах хозяйственной и иной деятельности неотъемлемо связано с созданием класса природно-технических систем (ПТС), включающих в себя: природный компонент в виде природной среды («П.С.») в пространственных пределах рассматриваемой речной бассейновой геосистемы, включающей в себя приземные слои (до 10 км) атмосферы, где формируются дождевые и снежные осадки; гидрографическую речную сеть в границе водосборной территории рассматриваемой реки, где формируется поверхностный и подземный водный сток; верхние слои литосферы (глубиной до 300 м.), где формируется подземный сток, выходящий в речную сеть; почвенный покров с подстилающими породами; техногенный компонент в виде объекта деятельности «О.Д.», в виде оросительной системы «О.С.», включающей в себя комплекс различных типов гидротехнических сооружений (ГТС), измерительных гидрометрических устройств расходов воды, влажности почвенного покрова и других необходимых инструментариев, сопутствующих зданий, эксплуатационных дорог и т.п.; социальный компонент «Н» в виде проживающего населения в зонах влияния «О.Д.» на водосборной территории речной гидрографической речной сети бассейновой геосистемы, которые в системном рассмотрении находятся в непрерывной взаимосвязи, взаимодействии, взаимоотношении (ВВВ) в процессах функциональной работы на действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» [3, 4].

В системном рассмотрении процессов функционирования и развития рассматриваемого класса ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в пределах речной бассейновой геосистемы, как свидетельствуют реалии в использовании водных ресурсов, обуславливают определенную теоретическую и практическую значимость. Следует отметить, что действующие ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» многие годы обладают внутренней упорядоченностью и системной организацией, которая проявляется в закономерном движении и взаимодействии компонентов с входящими в них элементами в составе рассматриваемой системы [3, 5, 6].

Исходя из накопленного опыта проектирования, строительства и эксплуатации, действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» на речных бассейновых геосистемах рек Кубани, Нижнего Дона, Терека и теоретической значимости данного класса систем уделяется недостаточно, хотя современная проблема **«Воды»**, как возобновляемого ресурса по своей значимости стоит на втором месте между наиболее главными проблемами – **«Энергии»** и **«Пищи»** в глобальной системе «Природа – Общество – Человек». Практическая значимость действующих и создаваемых ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» обуславливается современными экологическими требованиями по обеспечению экологической безопасности («Э.Б.») в зонах влияния «О.Д.», что определяет необходимость в объективной оценке влияния «О.Д.» на природные и социальные элементы в составе «П.С.» и социального компонента «Н.».

В методологии основ системных понятий, отражающих существенные свойства взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения между компонентами и входящими в них элементами в составе рассматриваемой ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» рассматриваются базовые понятия, которые являются важной методологической и теоретической основой в исследовании важных вопросов на действующих и создаваемых ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» связанных с регулированием и использованием водных ресурсов в различных технологических системах сельскохозяйственного производства, к примеру оросительных системах в хозяйственной деятельности [3, 7]. В дальнейшем под техногенным компонентом «О.Д.» следует рассматривать оросительную систему «О.С.»

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ; МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Одной из особенностей формирования научного мышления в методологических основах системных понятий класса ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» являются фундаментальные базовые понятия, как универсальная мера форм движения и взаимодействия материи – **Энергии** и ее неотъемлемой образной «тени» **Энтропии, Время, Стрела времени, система и системный подход, целое и целостность, системный анализ** и ряд важных понятий – **необратимость, сложность, структура, элемент, диссипация, бифуркация и флуктуация, самоорганизация, экологическая опасность и экологическая безопасность, экологическая приемлемость и экологическая неприемлемость, главенствующая роль целого, природная и техногенная составляющая, коэволюция** [3, 5].

«Системный подход» и **«Системный анализ»** в методологии системных понятий базируются на центральном понятии **«Система»**, которое принадлежит Аристотелю, а широкое применение этого понятия получило после публикации научного труда Н. Винери под названием **«Кибернетика»** в 1948 году.

В методологии основ системных понятий в классе ПТС «П.С.-О.Д.-Н. базируется на системных принципах – целостности, структурности, взаимозависимости системы от состояния пространственных процессов речной бассейновой геосистемы, где формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов, часть из которых отбирается для использования в технологических процессах, иерархичности системы, в которой каждый компонент ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» рассматривается как динамичная система, которая изменяет свое состояние во **Времени** и пространстве, где формируются водные ресурсы [1, 3, 5].

Использование водных ресурсов в научном и методологическом понимании этого процесса обуславливается диалогом с «П.С.» в пространстве и **Времени** речной бассейновой геосистемы. Изучение процессов ВВВ между компонентами с входящими в них элементами в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» создает различие между прошлым до строительства «О.Д.» и будущим в период эксплуатации «О.Д.», к примеру, в виде оросительной системы «О.С.», где происходит восстановление, как неотъемлемый атрибут в методологии создания ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в виде действующей оросительной системы «О.С.». При изучении процессов ВВВ между компонентами с входящими в них элементами в составе действующей ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы, **прошлое** и **будущее**, обуславливающие парадокс **времени**, указывающий на направление **необратимости** приходящих явлений в зонах влияния «О.Д.» при использовании водных ресурсов, каждое из которых иллюстрирует конструктивную роль **Стрелы времени** в виде **необратимости** в происходящих явлениях. **Необратимость**, как установлено, в использовании водных ресурсов на «О.Д.», приводит к когерентности (согласованности во времени) к новым явлениям – эффектам, в зонах влияния «О.Д.».

Различие между **обратимыми** и **необратимыми** процессами вошло через понятие **Энтропия**, связанное со вторым началом термодинамики, которое было определено Р.Ю. Клаузиусом в 1865 году. **Необратимые** процессы производят **Энтропию**, а при **обратимых** процессах **Энтропия** постоянно. Согласно общеизвестной принятой формулировке Р.Ю. Клаузиуса: - **Энергия** мира постоянно, а **Энтропия** мира возрастает в любом процессе преобразования форм **Энергии** [7, 8]. В рассматриваемой речной бассейновой геосистеме, в пространственных пределах которой формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов, часть из которых отбирается на технологические процессы водопотребления на «О.С.», что неотъемлемо обуславливает **необратимые** процессы в природном «П.С.» и социальном «Н» компонентах при взаимодействии их с технологичным компонентом в виде «О.Д.» в виде «О.С.». [3, 6].

Необратимость процессов в формировании водных ресурсов, как на уровне глобальной системы биосферы Земли, так и на локальном уровне речной бассейновой геосистемы происходит за счет потоков солнечной **энергии** (радиации), которая возникает в результате **необратимых** ядерных процессов, протекающих на **Солнце** [5, 7]. На локальном уровне речных бассейновых геосистемах **необратимость** обуславливается процессами формирования водного стока (поверхностного, подземного) в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы, к примеру р. Кубань (рис.1), и частичного его отбора в технологические процессы водопотребления и водопользования на «О.С.».

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной научной статьи является изучение методологии использования водных ресурсов, включая количественные и качественные показатели водного стока (поверхностного и подземного), в пределах речных бассейновых геосистем на энерго-энтропийном базисе.

Для достижения этой цели необходимо: рассмотреть основные понятия, такие как: -**Энергия** и **Энтропия**, **Время**, **Стрела времени**, **система** и **системный подход**, **целое** и **целостность**, **системный анализ** и ряд важных понятий – **необратимость**, **сложность**, **структура**, **элемент**, **диссипация**, **бифуркация** и **флуктуация**, **самоорганизация**, **экологическая опасность** и **экологическая безопасность**, **экологическая приемлемость** и **экологическая неприемлемость**, **главенствующая роль целого**, **природная** и **техногенная составляющая**, **коэволюция**; понять, как эти понятия связаны с процессами формирования и использования водных ресурсов в различных отраслях; определить важность учета количественных и качественных показателей водного стока для эффективного управления водными ресурсами.

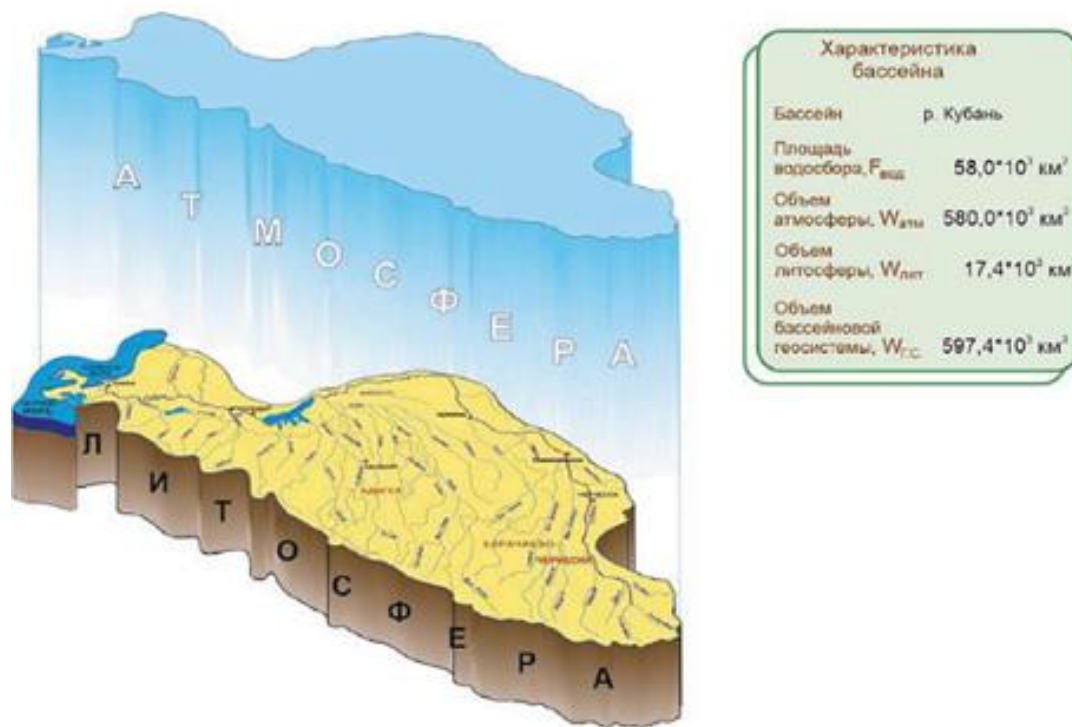


Рис. 1. Бассейновая геосистема Кубани

Авторы ставят перед собой задачу исследовать взаимосвязь между методологией использования водных ресурсов и научными концепциями, такими как: Энергия и **Энтропия**, время и стрела времени, системный подход и целостность, необратимость и обратимость процессов, сложность и самоорганизация, Экологическая приемлемость, а также рассмотреть природную и техногенную составляющие в использовании водных ресурсов.

Таким образом, изучение методологии использования водных ресурсов требует комплексного подхода, учитывающего как количественные, так и качественные аспекты водного стока, а также взаимосвязь с различными научными концепциями и практическими аспектами хозяйственной деятельности.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

В методологии системных понятий использования водных ресурсов, как свидетельствуют результаты многолетних исследований, на действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в бассейнах рек Кубани, Нижнего Дона, Терека весьма важным является конструктивная роль **необратимости**, которая приводит к особым формам **когерентности** в процессах ВВВ между компонентами с входящими в них элементами в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.».

Установлено, что **необратимые** процессы играют фундаментальную, конструктивную роль в природных элементах природного компонента «П.С.» рассматриваемой речной бассейновой геосистемы, где ведутся практически все виды хозяйственной и иной деятельности и формируются водные ресурсы [7].

В методологии основ системных понятий в использовании водных ресурсов важным понятием является – **сложность**, которое входит составной частью в порождаемые проблемы при использовании водных ресурсов на «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.». Как установлено системными комплексными экологическими исследованиями (СКЭИ) на действующих «О.Д.» речных бассейновых геосистем рек Кубани, Нижнего Дона, Терека – это зависимость от природных характеристик водосборной территории речной гидрографической сети, гидрологических процессов, поверхностного водного стока и гидрогеологических процессов в верхних слоях

литосферы подземного стока, выходящего в речную сеть, характера размещения КГТС на гидрографической речной сети и их конструктивных особенностей, от социального компонента «Н» в зонах влияния техногенного компонента «О.Д.» и других факторов.

Понятие **сложность** является одним из понятий, которые входят составной частью в порождаемые ими проблемы, связанные внутрибассейновым регулированием или межбассейновым перераспределением водного стока путем создания водохранилищных гидроузлов, что неотъемлемо затрагивает эволюционные процессы в природном компоненте «П.С.» [9, 10].

В методологии познания понятия **сложность** в составе действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» как установлено, в рассматриваемом природном компоненте «П.С.» наблюдаются неустойчивые процессы в движении потоков **вещества, энергии, информации (ВЭИ)** и в жизнедеятельности биоты, речной ихтиофауны, различные виды неустойчивости и флуктуации, обуславливающие разнообразие и богатство форм и структур, которые возникают при создании и эксплуатации «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.».

Системные понятия – **сложность, когерентность, упорядоченность** на действующих «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» являются фундаментальными. **Когерентность** на действующих «О.Д.» обуславливает собой постоянное во времени соотношение между элементами (биотическими и абиотическими) природного компонента («П.С.»), техногенного компонента «О.Д.» в виде комплекса ГТС, оборудования и потребностями социального компонента «Н» в водных ресурсах, отбираемых из водного объекта речной гидрографической сети [5,11], которая является элементарным элементом в глобальной климатической системе Земли, в которой водные ресурсы занимают 70% земной поверхности: - Мировым океаном (361 млн. км²), а материковая суша занимает 149 млн. км², в которой реками переносится водный сток порядка 45,8 тыс.км³.

В методологии системных понятий в использовании водных ресурсов на оросительных системах «О.С.» в составе действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» одним из базовых понятий является **целостность**, определяющая собой **главенствующую роль целого над частями** – природного «П.С.», техногенного «О.Д.» и социальным «Н» компонентами с входящими в них элементами на стадии строительства и эксплуатации «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.».

Системный принцип – **целостности**, обуславливающий собой несводимость свойств системы и сумме свойств составляющих ее компонентов с входящими в них элементами, зависимость каждого компонента и его места, функции и т.д. в составе действующей ПТС «П.С.-О.Д.-Н.»; **структуры** (возможность описания системы, обусловленность поведения системы в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы); **взаимозависимость** системы и окружающей среды в зонах влияния «О.Д.» в пределах речной бассейновой геосистемы [3-5].

Системная **целостность** действующих «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.- О.Д.» в пределах речных бассейновых геосистемы рек Кубани, Нижнего Дона, Терека, как установлено СКЭИ определяется рядом системных показателей [3, 9, 10]:

- процессами самоорганизации;
- открытостью к окружающей «П.С.» в пространственных пределах рассматриваемой речной бассейновой геосистемы;
- ростом возможности влиять на окружающую внешнюю среду;
- отражением объективной реальности при функционировании «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.»;
- потенциальной возможностью повышения КПД в функционировании «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.»;
- обеспечение устойчивой тенденции роста эффективности использования природных ресурсов и снижения темпов роста использования энергопотребления.

- обеспечение устойчивой тенденции роста эффективности использования водных ресурсов при орошении с/х культур и снижением энергозатрат.

Процессы самоорганизации на действующих «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» подразделяется три типа:

- самозарождение организации или возникновение из некоторой совокупности целостных объектов определенного иерархического уровня в виде комплекса регулирующих, водозаборных водопроводящих сооружений, дождевальнoй техники со своими специфическими конструктивными свойствами;

- процессы, связанные с обеспечением определенного уровня организации при изменении внешних и внутрисистемных условий её функционирования;

- третий тип процессов самоорганизации связан с совершенствованием процессов функционирования «О.Д.» с учетом внедрения новых конструктивных элементов в составе «О.Д.» и опыта самоорганизации.

Термин самоорганизующаяся система введен английским ученым У.Р. Эшби (1947 г.). Для рассматриваемых ПТС «П.С.-О.Д.-Н.», в которых центральным техногенным компонентом является «О.Д.» [3, 9, 10].

На основе результатов СКЭИ на действующих «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в пределах речных бассейновых геосистем рек Кубани, Нижнего Дона, Терека, можно сделать важный вывод, что самоорганизация в зонах влияния «О.Д.» осуществляется целенаправленными процессами, в протекании которых происходит преобразование по упорядочению, усложнению существующих и формированию новых взаимосвязей, взаимодействию, взаимоотношений между компонентами «П.С.», «О.Д.», «Н.» и входящими в них элементами в пространстве и времени речной бассейновой геосистемы.

Востребованность «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» определяется **экологической приемлемостью** комплекса различных типов сооружений с входящими в них конструктивными элементами, а также жизненно необходимой потребностью социального компонента «Н.». [6, 12].

Экологическая приемлемость «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.», как установлено **СКЭИ**, определяется конструктивным совершенством всех типов сооружений (водозаборных, водотранспортирующих), дождевальных машин с входящими в них элементами и способностью к процессам самоорганизации в активных зонах влияния «П.С.» под воздействием «О.Д.» [6, 12]. Важно отметить, что **экологическая приемлемость** «О.Д.», как свидетельствуют результаты **СКЭИ** на действующих «О.Д.», способствуют доминированию естественных процессов преобразования в природном компоненте «П.С.» и, как следствие, снижению темпов роста уровня **Энтропии** в пространстве и времени зон влияния «О.Д.». Оценка уровня экологической приемлемости «О.Д.» в составе действующей ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» определяется на основе результатов **СКЭИ** в периоды строительства и эксплуатации «О.Д.» с учетом инженерно-экологических изысканий на стадии проектирования [13-15].

Рассматривая пространственные пределы речной бассейновой геосистемы, как элемента в составе биосферы Земли ($W_{б.з.} = 10^{10}$ км³), где формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов в виде поверхностного и подземного водного стока под воздействием непрерывных потоков солнечной **Энергии** [6, 7, 16]. Исходя из показателя расхода солнечной **Энергии**, как первоисточника **Энергии** на Земле, на формирование одного кубокилометра воды, выпадающего в виде осадков на земную поверхность водосборной территории бассейновых геосистем рек Кубани, Нижнего Дона, Терека расходуется порядка **0,022 ТВт**. [4].

Над всем, что совершается в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы, в потоке приходящего времени властвует **Энергия**, как царица мира, озаряя своим светом и былинку в поле, и окружающее пространство в одном месте даря, в другом отнимая, но сохраняясь в целом количественно неизменной. Но в месте, где властвует **Свет**, там неотъемлемо находится **Тень**, имя которой – **Энтропия** [7]. Количество **Энергии** при превращении ее видов обуславливает собой закон сохранения количества **Энергии** (1845-1847 гг.). Количество **Энергии** всегда пропорционально количеству той формы **Энергии**, в которую она переходит. Различают два способа перехода **Энергии** – совершение работы и теплообмен. Изменение **Энергии** на действующей системе определяется только разностью её значений на входе и выходе из рассматриваемой системы (рис. 2) в создаваемых и действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.», в которых происходит преобразование, к примеру, для создания необходимого водного напора в системе подводящих трубопроводов дождевальных машин. **Энергия** является функцией состояния ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» и связывает воедино все явления, происходящие в процессах формирования водных ресурсов в пределах речной бассейновой геосистемы и частичного их использования на действующих «О.Д.» в виде «О.С.». [4, 17].

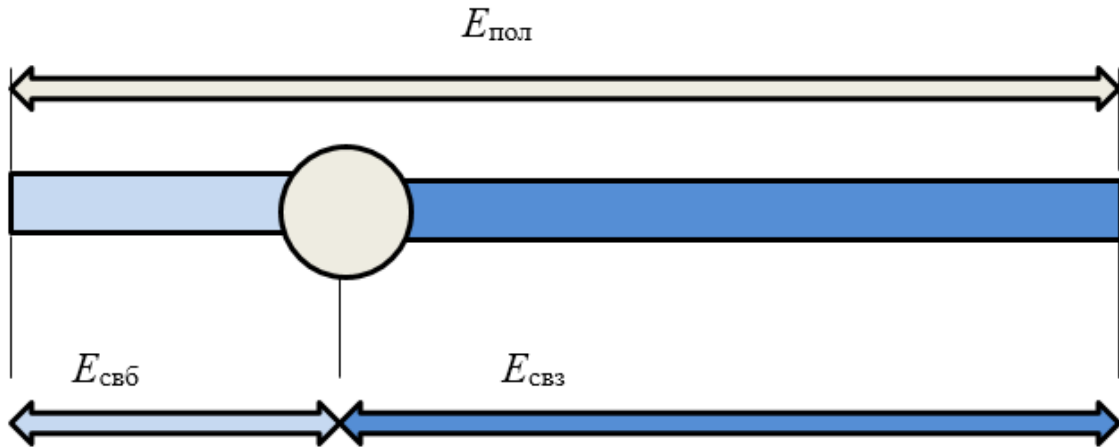


Рис. 2. Системный баланс частей полной Энергии $E_{пол.}$ на входе в систему, в которой $E_{свз.}$ отражает уровень Энтропии

С понятием «Энергия» энергетическом балансе действующей ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» присутствует вторая часть от полной Энергии ($E_{пол.}$) – связанная часть Энергии ($E_{свз.}$), которая снижает функциональную эффективность системы, выражаемую коэффициентом полезного действия (КПД) использования свободной части Энергии ($E_{свб.}$), который определяется выражением:

$$\eta = \frac{E_{свб}}{E_{пол}} \leq 1$$

Следует отметить, что показатель КПД в рассматриваемой ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» определяется балансовым соотношением свободной части Энергии ($E_{свб}$) и связанной части Энергии ($E_{свз}$), представленной на рисунке 2.

Исходя из естественной взаимосвязи Энергии и Энтропии на примере действующей «О.С.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» закон возрастания Энтропии выполняет роль директора, предписывающего вид и направление сделок, который сводит кредит и дебит [5-7]. Только на этом фоне имеется возможность проследить процесс неотъемлемой взаимосвязи Энергии и Энтропии на действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в рассматриваемом пространстве речной бассейновой геосистемы, где Энергия, как обобщенная мера движения материи выступает в виде влагооборота в рассматриваемом животном и растительном мире в природном и техногенных технологических процессах под воздействием направленных потоков солнечной Энергии, а Энтропия выступает как мера рассеяния Энергии. Следует отметить, что важнейшей термодинамической характеристикой природных систем (от микроорганизма до биосферы Земли) к каковым относится «П.С.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» — это способность создавать и поддерживать внутреннюю упорядоченность с естественным уровнем Энтропии, как неотъемлемой и важной составляющей в процессах использования водных ресурсов. Энтропия обладает свойством изменяться в одном направлении и быть всегда необратимой, что Эддингтон назвал «Стрелой времени» [7], определяющая собой направление, в котором открываются новые области познания, к примеру, по обеспечению экологической приемлемости в конструктивных решениях техногенного компонента в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» и технологических процессах водораспределения оросительной воды на «О.С.» [18, 19].

В открытых системах, к которым относятся ПТС «П.С.-О.Д.-Н.», окружающая «П.С.» в зонах влияния техногенного компонента в виде «О.Д.» в пространственных пределах речной бассейновой геосистемы происходят процессы обмена веществ, Энергии, информации (В.Э.И.) с развитием механизма самоорганизации внутренних структурных образований и экологической приемлемости в конструктивных элементах техногенного компонента «О.Д.». Между компонентами и входящими в них элементами количественно измеряются физические формы движения и взаимодействия водного потока (поверхностного, подземного) в зонах влияния «О.Д.», где Энтропия характеризует меру упорядоченности в процессах регулирования водного стока, отбора расчетных расходов (Q_m^3/c) воды

на «О.С.» из водного объекта с обеспечением сохранения биоресурсов и её транспортирование на действующие дождевальные машины, которые выполняют обеспечение норм подачи оросительной воды в корневую систему орошаемых культур (кукуруза, томаты и др.) [7, 8].

Энтропия, что скрывается под этим понятием? Людвиг Больцман предложил вероятностную форму физического смысла в понятии **Энтропия**: Царица мира – это **Энергия**, а её воображаемой тенью является **Энтропия**, которая неотъемлемо следует за ней. С появлением научных знаний, связанных с кибернетикой и теорией информации понятие **Энтропии**, связанное с хаотичным движением молекул нагретой воды, стало включать в себя мутации генов и взаимодействие структурных образований в системах, связанных с использованием водных ресурсов, к примеру, на орошаемых землях в сельскохозяйственном производстве [20-22]. Для оптимального водоснабжения растений на «О.С.» важным является согласованность водного режима с основными факторами жизнедеятельности растений, которые обуславливаются законом равнозначности действующих факторов и незаменимости одного другим. Использование только этих факторов позволяет снизить энергозатраты и, соответственно, снизить темпы роста **Энтропии**.

Исходя из неотъемлемой взаимосвязи **Энергии** и **Энтропии** на действующих «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в рассматриваемом пространстве речной бассейновой геосистемы оптимизация водного режима в активном слое почвенного покрова на орошаемом участке, как конечного водопотребления, достигается путем обоснования режимов полива с учетом условий увлажнения активного слоя почвы на глубину расположения основной массы корневой системы с/х культуры, при этом необходимо учитывать, что водный режим с/х культуры системно взаимосвязан с содержанием влаги в окружающей «П.С.», в приземных слоях атмосферы и почвенном покрове. Следует отметить, что энтропийностью обладает любой творческий процесс, к примеру, совершенствование конструктивных элементов в составе техногенного компонента «О.Д.» на водозаборном сооружении по защите от попадания молоди ихтиофауны (рыб различных видов) в технологическую систему «О.Д.», что способствует снижению темпов роста **Энтропии** и **экологической приемлемости** техногенного компонента «О.Д.» в составе ПТС «П.С.-О.Д.-Н.». [7-9].

ВЫВОДЫ

В методологии основ системных понятий, отражающих существенные свойства взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения (ВВВ) между компонентами с входящими в них элементами, в составе действующих ПТС «П.С.-О.Д.-Н.» в пространственных пределах, на примере, речных бассейновых геосистем рек Кубани, Нижнего Дона, Терека – на основе результатов накопленного опыта СКЭИ в зонах влияния «О.Д.», важными является фундаментальные системные понятия, как универсальная мера форм движения и взаимодействия материи : **Энергия** и её неотъемлемая образная тень **Энтропия**, **Время**, **Стрела времени**, **система**, **системный подход**, **целостность**, и **ряд важнейших понятий – необратимость, сложность, структура, элемент, самоорганизация, экологическая приемлемость, главенствующая роль целого, природная и техногенная составляющая**, из которых **Энтропия**, как важнейшая составляющая в процессах использования водных ресурсов на орошаемом участке, как конечного водопотребителя, обладает свойством изменяется в одном направлении и быть всегда **необратимой**, что Эддингтон назвал **«Стрелой времени»**, определяющей собой направление в котором открываются новые области познания, в использовании водных ресурсов с учетом **экологической приемлемости** по обеспечению устойчивой тенденции к снижению темпов роста **Энтропии** путем использования новых конструктивных и технологических решений на основе достижений в области фундаментальных, прикладных наук и опыта эксплуатации «О.Д.» в виде «О.С.».

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективы дальнейших исследований в методологии использования водных ресурсов требуют углубленного анализа системных понятий, отражающих взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения (ВВВ) между компонентами природно-технических систем (ПТС). На примере речных бассейновых геосистем рек Кубани, Нижнего Дона и Терека, важно учитывать следующие аспекты:

1. Системный подход и целостность:

- Разработка моделей ПТС, включающих природные и техногенные компоненты.
- Анализ целостности систем и выявление ключевых связей между элементами.

2. Энергия и Энтропия:

- Исследование влияния энергетических процессов на водные ресурсы.
- Оценка энтропийных изменений в водных системах и их последствий для управления ресурсами.

3. Время и его направленность:

- Анализ временных изменений в водных ресурсах и их динамики.
- Разработка прогнозов и сценариев развития водных систем.

4. Обратимость и необратимость процессов:

- Исследование обратимых и необратимых процессов в водных системах.
- Оценка влияния необратимых процессов на управление водными ресурсами.

5. Сложность и самоорганизация:

- Изучение сложных процессов в водных системах и их самоорганизации.
- Применение концепций самоорганизации для управления водными ресурсами.

6. Экологическая приемлемость:

- Оценка экологического состояния водных ресурсов и их использования.
- Разработка экологически приемлемых методов управления водными ресурсами.

7. Природная и техногенная составляющие:

- Анализ природных и техногенных факторов, влияющих на водные ресурсы.
- Разработка стратегий минимизации негативного воздействия техногенных факторов.

8. Структура и элемент:

- Изучение структуры водных систем и их элементов.
- Оценка влияния структурных изменений на водные ресурсы.

Таким образом, дальнейшее исследование водных ресурсов требует комплексного подхода, включающего системный анализ, учет энергетических и энтропийных процессов, временных изменений и экологических факторов. Разработка методологических основ и стратегий управления водными ресурсами позволит обеспечить их устойчивое использование и сохранение для будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко, В. Л. Природообустройство: территории бассейновых геосистем [Текст] / В. Л. Бондаренко, В. А. Волосухин, В. В. Гутенев и др., под общей редакцией И. С. Румянцева. – Ростов-на-Дону : Издательский центр "МарТ", 2010. – 528 с.
2. Будыко, М. И. Глобальная экология [Текст] / М.И. Будыко, А.Б. Авакян. – Москва : Мысль, 1977. – 327 с.
3. Бондаренко, В.Л. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем [Текст] : [монография] / В. Л. Бондаренко, Е. А. Семенова, А. В. Алиферов, О. В. Клименко, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ [и др.]. - Новочеркасск [и др.] : ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 199 с.
4. Гед, Р. Дейвис. Энергия для планеты Земля [Текст] / Р. Дейвис Гед // В мире науки. – 1990. – № 11. – С. 7–16.
5. Бондаренко, В. Л. Научно-методологические основы природно-технических систем в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем [Текст] : [монография] / В. Л. Бондаренко, А. И. Блясов, Е. Д. Хецуриани // - Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2019. – 353 с.
6. Khetsuriani, E. D. The conceptual framework of time concept in assessing the environmental status in water facilities' influence zones / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Ilyasov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" (CATPID-2020), Nalchik, 26–30 сентября 2020 года.– Nalchik: Institute of Physics Publishing, 2020. – Vol. 913. – P. 052063.
7. Бондаренко, В. Л. Основы энергоэнтропийной методологии в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем [Текст]: монография / В. Л. Бондаренко,

А. И. Блясов, В. А. Волосухин и др. // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донской ГАУ, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2024. – 266 с.

8. Одум, Юджин П. Основы экологии : перевод с 3-го английского издания [Текст] / Ю. Одум; под редакцией и с предисловием доктора биологических наук Н. П. Наумова. – Москва : Мир, 1975. – 740 с.

9. Кузнецов, О. Л. Система Природа - общество - человек: устойчивое развитие [Текст] / О. Л. Кузнецов, П. Г. Кузнецов, Б. Е. Большаков; Гос. науч. центр Рос. Федерации ВНИИгеосистем, Междунар. ун-т природы, о-ва и человека "Дубна". – Москва ; Дубна : Ноосфера, 2000. – 390 с.

10. Николис, Грегуар. Познание сложного : Введение [Текст] / Г. Николис, И. Пригожин; Пер. с англ. В. Ф. Пастушенко. – М. : Мир, 1990. – 342 с.

11. Черняев, А.М. Водно-ресурсный потенциал = Water resource potential : Water resource potential : [Монография] / А.М. Черняев, М.П. Дальков, Н.Б. Прохорова и др; Под науч. ред. А.М. Черняева; М-во природ. ресурсов Рос. Федерации. Рос. науч.-исслед. ин-т комплекс. использования и охраны вод. ресурсов (ФГУП РосНИИВХ). – Екатеринбург : АКВА-ПРЕСС, 2000. – 419 с.

12. Бондаренко, В.Л. Основы энерго-энтропийной методологии в классе природно-технических систем «природная среда - объект деятельности - население» [Текст] / В.Л. Бондаренко, А. И. Блясов, Е. Д. Хецуриани [и др.] // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 55 - 73.

13. Пригожин, И. Порядок из хаоса : Новый диалог человека с природой [Текст] / И. Пригожин, И. Стенгерс; Перевод с англ. Ю. А. Данилова; Общ. ред. и послесл. В. И. Аршинова и др. – М. : Прогресс, 1986. – 431 с.

14. Румянцев, И. С. Использование методов инженерной биологии в практике гидротехнического и природоохранного строительства [Текст] / И. С. Румянцев, Р. К. Кромер; Под ред. Румянцева И. С. – М. : Моск. гос. ун-т природообустройства, 2003. – 259 с.

15. Шмаль, А. Г. Национальная система экологической безопасности : (методология создания) [Текст] / А. Г. Шмаль. - Бронницы : БН-ТВ, 2004. – 199 с.

16. Седов, Е. А. Одна формула и весь мир [Текст] : Кн. об энтропии / Е. А. Седов; [Послесл. Д. С. Конторова]. – М. : Знание, 1982. – 175 с.

17. Будыко, М. И., Дроздов О. А. О влагообороте на ограниченной территории суши / М. И. Будыко, О. А. Дроздов // Вопросы гидрометеорологической эффективности полезащитного лесоразведения [Сборник статей], Под ред. Н. А. Багрова; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете министров СССР. – Ленинград : Изд-во и 2-я типолит. Гидрометеоздата, 1950. – 84 с.

18. Россия: Водохозяйственное устройство [Текст] / под науч. ред. А. М. Черняева; РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «Агрокосмозология», 1999. – 400 с.

19. Россия: речные бассейны [Текст] / под науч. ред. А. М. Черняева; РосНИИВХ. – Екатеринбург: Изд-во «Агрокосмозология», 1999. – 340 с.

20. Захаров, Р. Ю. Управление водохозяйственно-мелиоративным комплексом Республики Крым в условиях дефицита водных ресурсов [Текст] / Р. Ю. Захаров, Т. В. Зуева, Е. С. Шароварина // Экономика строительства и природопользования. – 2019. – № 3(72). – С. 71 - 75.

21. Горбатюк, Н. В. Особенности использования водных ресурсов на территории Нижнегорского района [Текст] / Н. В. Горбатюк, Н. В. Кучерук // Экономика строительства и природопользования. – 2017. – № 1(62). – С. 44 - 49.

22. Семенова, Е.А. Методологические основы развития специализированного типа природно-технических систем использования водных ресурсов [Текст] / Е. А. Семенова, В. Л. Бондаренко, Е. Д. Хецуриани, М. И. Штавадакер // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 2(79). – С. 63-73.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SYSTEM CONCEPTS IN THE USE OF WATER RESOURCES IN IRRIGATION SYSTEMS

¹Bondarenko V. L., ^{2,3}Hetsuriani E. D., ⁴Shtavdaker M. I., ⁵Dobrinskaya A. A.

^{1,4}Novocherkassk Engineering and Melioration Institute named after A.K. Kortunov Donskoy State Agrarian University

²Platov South Russian State Polytechnic University (NPI)

³Don State Technical University

⁵Volgograd State Technical University

Annotation. In the modern climate system of the Earth, an important role is assigned to water resources, which occupy 70% of the earth's surface – the world ocean is 361 million km², and the mainland is 149 million km². Due to the importance of the role of water resources, a study of the methodology of systemic concepts in this field of science is required.

Goal. The methodology of water resources use, quantitative and qualitative indicators of water runoff are formed within the spatial limits of river basin geosystems, and in the general body of scientific knowledge of the processes of formation and use in technological processes of water consumption and water use in economic and other industries, it has determined the need to consider the fundamentals of the methodology of basic concepts.

Methods. In the methodology of using water resources, system concepts are important from a scientific and practical point of view, reflecting the properties and processes of interrelation, interaction and interrelation of components with their constituent elements in the TCP "PS-O.D.-N." In the methodology under consideration, basic concepts are important as a universal measure of the forms of motion and interaction of matter – Energy, and its inherent figurative shadow is Entropy.

Results. Entropy, as an integral and important component in the processes of using water resources, as a natural component in the processes of using water resources, as a natural component has the property of changing in one direction and always being irreversible, which Eddington called the "Arrow of Time", defining new areas of knowledge, in particular in the use of water resources, taking into account "environmental acceptability" in the BBB processes, "O.D." with the component "P.S." and "N."

Key words: energy, entropy, time, natural and technical system, ecological acceptability, river basin geosystem.