

АДАПТИВНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ СТОКОМ

А. З. Таиров¹, Т. Е. Сорокина²

¹Ведущий научный сотрудник, Институт географии и водной безопасности, г. Алматы, Казахстан, ORCID 0009-0001-4407-6328, amra2005@list.ru

²Старший научный сотрудник, Институт географии и водной безопасности, г. Алматы, Казахстан, sorokina-tatyana@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены вопросы адаптивного управления водным стоком и их понятия в водном исследовании. Отмечено использование «природных емкостей» в качестве адаптивного способа управления водным стоком. Процесс адаптивного управления водным стоком исходит из сочетания трех активных основ на принципах трех «у»: уловить, удержать и упорядочить паводковый и/или половодный сток. С целью упорядочения систем ключевых понятий в исследованиях и необходимой строгости в точности результатов, а также однозначного толкования терминов в водном исследовании предлагаются оценочные показатели водного стока, иначе как водные ресурсы, условно разграничить на 2 основные понятия: «природный сток» и «антропогенный сток».

Ключевые слова: водный сток, природная емкость, адаптивное управление, природный сток, антропогенный сток.

ADAPTIVE FUNDAMENTALS OF WATER FLOW MANAGEMENT

A. Z. Tairov, T. E. Sorokina

Abstract

The issues of adaptive water flow management and their concepts in water research are considered. The use of "natural tanks" as an adaptive method of water flow management is noted. The process of adaptive water runoff management proceeds from a combination of three active bases based on the principles of three "y": to catch, retain and regulate flood and/or flood runoff. In order to streamline the systems of key concepts in research and the necessary rigor in the accuracy of the results, as well as an unambiguous interpretation of the terms in water research, it is proposed to conditionally differentiate the estimated indicators of water runoff, otherwise known as water resources, into 2 basic concepts: "natural runoff" and "anthropogenic runoff".

Keywords: water runoff, natural capacity, adaptive management, natural runoff, anthropogenic runoff.

Введение. Вода и климат неразрывно взаимосвязаны. Вода – общественное благо и наиболее ценный природный ресурс, климат – преобразователь драгоценного источника. В этом контексте адаптация – необходимый процесс при-

способления к изменяющимся условиям среды с поддержанием оптимального состояния функционирующей экосистемы.

На современном этапе трансформации современного мира активные адаптивные меры к антропогенному изменению климата представляют собой неотъемлемую часть обеспечения качественной среды, нацеленной на снижение числа неблагоприятных событий и климатических последствий, в том числе с сохранением, так называемых, «экосистемных услуг». Адаптивное управление, по своей сути, – процесс последовательных эффективных действий с правильно распределенными задачами для достижения определенной цели [1,2,3,4].

Жизнедеятельность человека определенным образом привязана к территории речного бассейна или к источнику. Соответственно, водотоки в меньшей или большей степени непосредственно или косвенно подвержены антропогенной нагрузке и воздействию.

Следует признать, что наиболее эффективным инструментом управления водным стоком (ВС) являются гидротехнические сооружения и инженерные средства, позволяющие регулировать водные ресурсы и перераспределять во времени и пространстве. В то же время, гидротехнические сооружения наносят неоднозначное воздействие на окружающую среду: отчуждение огромных плодородных (пойменных) земель, большие объемы непроизводительных потерь в сооружениях, ухудшение «дыхания» (сбой фаз водного режима) рек и т.д. Следовательно, наблюдаемый водный сток и его режим существенно изменены, и в значительной мере отличаются от естественного состояния (режима). Возмущение величин поверхностного стока обуславливает водохозяйственная деятельность (водозабор, водоотведение и т.д.), процессы урбанизации, деградации земли, растительного покрова и другие факторы.

Наблюдаемый сбой естественных циклов становится более чем очевидным фактом. Достаточно сказать, что климатические изменения текущего столетия в виде рекордной жары и засухи (Западная Европа, 2003 г.; Евразия и некоторые штаты США, 2020-2022 г. и т.д.) привели к снижению водности большинства рек мира, а в некоторых случаях – и к катастрофическому обмелению. Это вызывает определенную тревожность в общественных кругах относительно будущего состояния.

Учитывая масштабные процессы деградации жизненной среды и противостояние антропогенному изменению климата, возникают определенные положения о необходимых мерах и способах управления водным стоком, которые соответствовали бы условиям и ценностям экосистемы. Существует дилемма относительно процедуры распределения объемов водного стока между человеком (пользователь и потребитель одновременно) и экосистемой (средообразующей): в каких частях, пропорциях и в какой последовательности (приоритетность).

В этих условиях упорядочение систем ключевых понятий в водных исследованиях и необходимая строгость в точном перераспределении результатов создают предпосылки для пересмотра основных понятий и

однозначного толкования в области «водный сток», а также выяснение других адаптивных способов накопления и распределения стока.

Материалы и методы. Применены методы сравнительного анализа, физико-географической аналогии, экосистемный подход, ситуационный анализ.

Результаты и обсуждения. Природно-климатические факторы определяют количественные показатели водного стока в пределах естественных фоновых показателей, не оказывающих негативное воздействия на биотические и абиотические процессы, составляя естественное состояние «природных вод». Антропогенная или хозяйственная деятельность оказывает существенное влияние на количественное и качественное составляющее поверхностного стока. Как следствие, подсчет количественных характеристик водных ресурсов производится по 2 оценочным показателям: 1) по антропогенно-ненарушенному речному стоку, используя, так называемые, восстановленные гидрологические ряды с помощью различных методов и приемов; 2) по измеренным данным, полученным непосредственно на водных объектах, оборудованных гидрологическими постами наблюдений.

В первом случае, оценочным показателем ресурсов является условно естественный или климатический сток, во втором – фактический. Оценочные показатели между собой могут отличаться в значительных объемах. Так, например, водные ресурсы Казахстана оцениваются в объеме $100,5 \text{ км}^3$ в год [5] – это ежегодно возобновляемый естественный сток. В то же время, фактически ресурс составляет $90,1 \text{ км}^3/\text{год}$ [6], то есть доступный объем на 11 % меньше оцениваемого. В глобальном масштабе объемы среднегодового стока рек мира составляют около 50 тыс. км^3 [7] и лишь 50 % от этого объема являются доступными к использованию.

В стратегическом планировании по развитию и управлению водными ресурсами, при строительстве инженерных сооружений используют данные по первому случаю, а в решениях текущих проблем водообеспечения используются оценочные данные по второму случаю.

В таких ситуациях возникают разного рода ложные представления относительно восприятия ограниченности водных ресурсов и противоречивость в оценочных характеристиках речного стока при принятия концептуальных решений в области управления водными ресурсами.

С целью однозначного толкования терминов предлагаем оценочные показатели водного стока, иначе как водные ресурсы, условно разграничить на 2 основные понятия: «природный сток» и «антропогенный сток»

1. Природный сток – это сформированный естественным путем (циклом) и не подверженный человеческой деятельности (теоретически допуская) водный (речной) сток. Термин применим, когда водные ресурсы речного бассейна количественно оценены с учетом того, что они не были подвержены антропогенному воздействию.

2. Антропогенный сток – это трансформированное через сложные инженерные сооружения (водохранилища, гидроузлы и т.д.) зарегулированный природный сток.

«Природный сток» будет равнозначен широко используемому специалистами водной сферы современному «климатическому» или, так называемому, «естественному» стоку.

«Антропогенный сток» эквивалентен широко используемому понятию «бытовой» или, так называемому, «фактическому» стоку.

Однако в водных исследованиях возникают и другие неоднозначные дилеммы относительно объемов водного стока и их толкований.

В гидрологической практике часто используется термин «экологический сток» [8, 9], который не имеет четкого научно-обоснованного определения. В научной среде экологический сток используется в виде различных понятий и терминов, как «санитарный сток (попуск)», «минимально необходимый расход», «природоохранный сток», «минимально приемлемый сток» и т.д.

Однако при всем разнообразии терминов во всех случаях величина экологического стока рассматривается как необходимая часть стока [10, 11], учитывающая интересы речных экосистем, а вторая часть выделяется в так называемый «свободный сток», удовлетворяющий водопотребность отраслей экономики. Тем не менее, вопросы нормирования водного стока все еще остаются открытыми к широкому обсуждению.

На рисунке 1 представлена иерархическая структура водного стока.

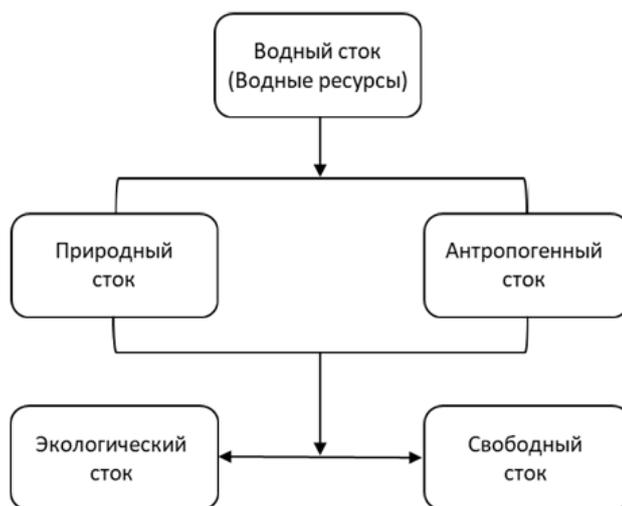


Рисунок 1 – Иерархическая структура представления о водном стоке

Адаптивное управления водным стоком по сути основывается в использовании элемента ландшафтов местности (котловины, водоемы, низменные участки и т.д.) в качестве «ловушек» паводковых и/или половодных стоков рек. Динамичные способы адаптивного управления водным стоком, обладающие способностью поддерживать водный баланс, опираются на естественные свойства водных объектов экосистемы.

По существу речные поймы, пойменные озера, низменные участки речных бассейнов можно рассматривать как природные емкости, производящие компенсационный принцип действия, которые выступают в качестве естественных водорегуляторов, подобных водохранилищам. Например, дельто-

вая область трансграничной реки Кара Ертыс (Казахстан) имеет возможность вместить более 600 млн м³ объемов паводочного стока (рисунок 2).



Рисунок 2 – Дельта трансграничной реки Кара Ертыс

Процесс адаптивного управления водным стоком (рисунок 3) исходит из сочетания трех активных основ на принципах трех «у»:

уловить (перехватить) – паводковый или паводочный сток (ПС) рек;

удержать (аккумулировать) – ПС в естественных элементах ландшафта;

упорядочить (урегулировать) – естественным образом приток (процесс влагозарядки) и обратный отток (водоотдача) паводочных разливов или паводочного стока в принятой системе управления («влагозарядка – водоотдача»).



Рисунок 3 – Алгоритм адаптивного управления водным стоком

Таким образом, концепция направленного процесса по принципу три «у» обеспечивает полноценное функционирование водоемов с возможностью их

использования в течение всего года или определенного периода времени в качестве решения важнейших социально-экологических и экономических проблем, а также в локальных целях – рыбоводства, ирригации и как комплекс оздоровительно-восстановительных мероприятий на водной экосистеме.

Для эффективного мероприятия по «улавливанию» паводкового или половодного стока могут применяться различные способы. Например, при одностороннем расположении пойменных озер и/или низменной местности обводнение участков возможно с использованием простой водосливной конструкции, установленной вдоль стенки русла водотоков с помощью «разгрузочных» каналов (рисунок 4).

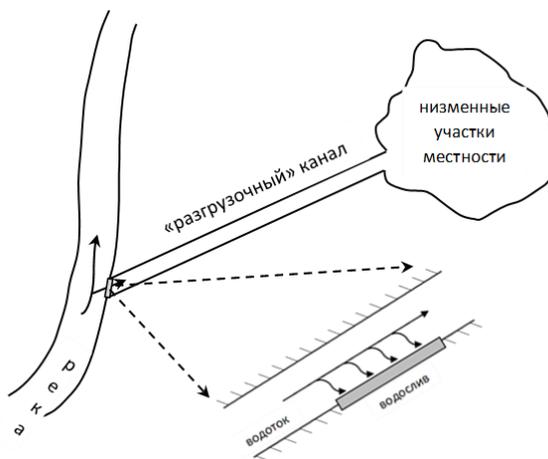


Рисунок 4 – Способы улавливания паводочного или половодного стока на ландшафтных участках местности

В процессе управления по принципу трех «у» необходимо использование наиболее влагоемких участков русловой части (пойма, пойменные озера, залив) или прилегающих территорий (котловины, низменные участки местности) для повышения эффективности системы (рисунок 5).

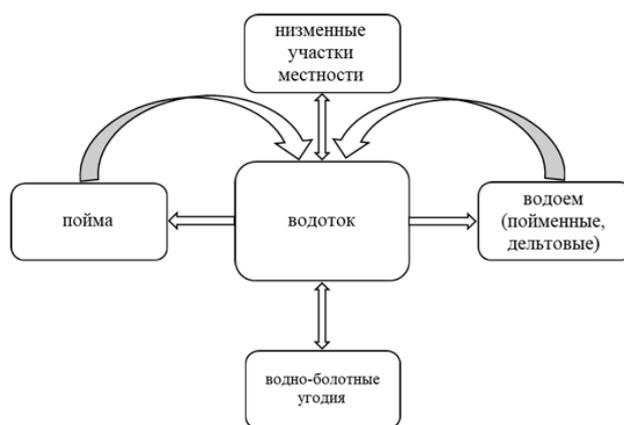


Рисунок 5 – Компенсационный принцип действия элементов водного ландшафта или «природных емкостей»

В процессе осуществления компенсационного принципа действия в системе движения потоков (течения): «река – протока (канал) – водоем» или «река –

озеро (пойма)» важно использование фильтрационных функций макрофитов (гидрофитов) в качестве естественных биологических фильтров природных вод.

Заключение. 1. Устойчивость взаимосвязанных компонентов природы (вода, растительность, почва и т.д.), участвующих в формировании поверхностных вод (озера, водотоки, водно-болотные угодья и т.д.) и образующих единый природный комплекс, играет ключевую роль в обеспеченности ценным ресурсом.

2. Природные емкости в процессе адаптивного управления водным стоком, являются альтернативным вариантом естественного (экологичного) регулирования стока вместо инженерных регулируемых сооружений, отчуждающих огромные плодородные земли, расходующих большие объемы непроизводительных потерь и ухудшающие «дыхание» (фазы режима) рек.

3. Динамичные способы адаптивного управления водным стоком опираются на естественные свойства водных объектов экосистемы, обладающие способностью поддерживать водный баланс.

4. Следует пересмотреть глубоко укоренившуюся систему взглядов и отношений к водной экосистеме, отодвинув принцип «остаточного стока» для экосистемы при изъятии и распределении водного стока.

5. Вопросы нормирования «водного стока» все еще остаются открытыми к широкому обсуждению в научно-общественных кругах.

Список цитированных источников

1. Грызунов, В. В. Методы адаптивного управления доступностью ресурсов геоинформационных систем в условиях деструктивных воздействий // Труды учебных заведений связи. – 2022. – Т. 8. – № 3. – С. 101–116. <https://orcid.org/0000-0003-4866-217X>

2. Ильченко, А. Н., Крюкова, О. А. Адаптивные методы управления многопрофильными предприятиями // Экономика и управление. – №7(46). – 2007. – С. 71—74.

3. Абдалов, А. В., Гришаков, В. Г., Логинов, И. В. Метод адаптивного управления развитием инфокоммуникационных инфраструктур // Экономика. Информатика. – 2021. – Том 48. – № 4. – С.784–793.

4. Жмурко, Д. Ю. Понятие, сущность, и классификация адаптивного управления системами с организационной сложностью // Журнал КубГАУ. – № 90 (06). – 2013. – С. 1–19. <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/66.pdf>

5. Национальный Атлас Республики Казахстан. Том I. Природные условия и ресурсы – Алматы, 2010. – С. 283.

6. Алимкулов, С. А., Турсунова, А. А., Сапарова, А. А. Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений // Гидрометеорология и экология. – №1. – 2021. – С. 59–71.

7. Данилов-Данильян, В. И., Хромович, И. П. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. – Москва, Научный мир, 2010. – С.229.

8. Дмитриева, В. А. Экологический сток в речных потоках // Региональные геосистемы. – 2022. – 46(3): 424-433. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-424-433

9. Иманов, Ф. А., Раджабов, Р. Ф., Нуриев, А. А. Метод определения экологического стока рек Азербайджана. Водное хозяйство России. – № 5. – 2017 г. DOI: 10.35567/1999-4508-2017-5-6

10. Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive. European Commission Guidance Document. No 31. 2015.

11. Бурлибаев, М. Ж., Бурлибаева, Д. М. Концептуальные основы нормирования экологического и свободного стока рек Казахстана // Водное хозяйство России. – 2020. – № 5. – С. 52–73. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-5-4.