

УДК 631.67

ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ И ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

Доктор геогр. наук М.Х. Сарсенбаев
Канд. техн. наук М.Г. Баженов
С.Р. Жанпеисова

Обращается внимание на аналогию некоторых понятий, принципов и методики исследований логистики и гидрологии (в частности, теория регулирования и использования речного стока). Для оптимизации преобразования речного стока предлагается учитывать водные и земельные ресурсы как целостную систему.

В настоящее время в мире резко обострились проблемы, связанные с диспропорцией земельных и водных ресурсов на какой-либо территории. В работе [3] показаны сложные проблемы развития производительных сил Центральноазиатского региона, в котором 80 % водных ресурсов формируются в высокогорье (Таджикистан и Кыргызстан), а пахотнопригодные земли находятся в равнинных условиях (Казахстан). Сложность заключается в территориальной разобщенности водных и земельных ресурсов и многих других факторов, препятствующих организации высокоэффективных природно-хозяйственных систем.

В данной статье мы хотели бы обратить внимание на наличие аналогичной проблемы, когда имеет место не только территориальный, но и временный дисбаланс между речным стоком и водопотребностью отраслей экономики в бассейнах рек аридной зоны Казахстана. Здесь наиболее актуальным является вопрос установления оптимального соотношения водных и используемых земельных ресурсов.

Особенности водохозяйственных объектов предопределяются их территориальной принадлежностью. Эффективное использование водных, земельных и других ресурсов на какой-либо территории возможно лишь при четких количественных и качественных ограничениях, характерных только для данного социально-экономического района. Распространение опыта других регионов чревато неожиданными последствиями. Необходимо учитывать теоретические положения экономической и социальной географии, в основе которых заложен комплексный подход к изучению различных объектов, процессов и явлений.

Казахстан, располагаясь в центре Евразии, отличается засушливостью климата, редкой речной сетью, большими расстояниями между насе-

ленными пунктами, слабой заселенностью и освоенностью территории, низким плодородием почв. Почти повсеместно требуется регулярное орошение и обводнение территории.

Водные ресурсы распределены крайне неравномерно и недостаточны для развития промышленности и сельского хозяйства: крупные реки протекают по окраинам республики, а мелкие и средние водотоки Центрального, Западного и Северного Казахстана маловодны, но в период весеннего половодья разливаются, а летом часто пересыхают. Таким образом, неблагоприятный гидрологический режим рек этих регионов ограничивает использование стока для хозяйственных нужд и без регулирования стока здесь невозможно дальнейшее развитие производительных сил.

В мире наибольшие дискуссии возникают при принятии решения о целесообразности строительства водохранилищ. Это связано с многочисленными, как положительными, так и отрицательными последствиями регулирования стока, которые особенно наглядно проявляются на крупных реках. Возведение гидротехнических сооружений, принявшие широкий размах в середине 20 века, столкнулось с серьезными трудностями в последнее время из-за повышения экологических требований к водохозяйственному строительству и дефицита земельных ресурсов. Регулирование стока стало возможным лишь на малых водотоках. Однако и здесь необходимо научное эколого-экономическое обоснование, не противоречащее социальным потребностям существующего и будущего поколения людей.

На наш взгляд, решение проблем регулирования речного стока и последующего использования объемов накопленной влаги заключаются в применении методов логистики для оптимизации размеров водного запаса. Логистика – это научная и практическая деятельность, связанная с организацией, управлением и оптимизацией движения материальных и сопутствующих потоков от источника сырья до конечного потребления [9]. Аналогия и применимость методологии логистики к решению проблем водного хозяйства основополагается в объединении целей, т.к. в общих случаях изучаются способы управления и оптимизации потоков и материальных запасов (в логистике – сырье, в водном хозяйстве – вода).

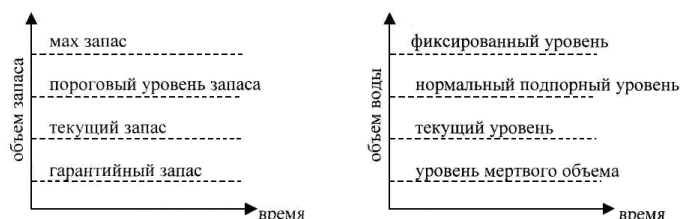
В логистике материальный поток образуется в результате транспортировки, складирования и выполнения других операций с сырьем. В водном хозяйстве водный поток получается за счет регулирования речного стока, водозабора и распределения воды по системе каналов. Понятие материального потока, и примыкающее к нему материального запаса, являются в логистике основополагающими [4]. Материальный поток здесь интерпретируют как находящиеся в состоянии движения материальные ресурсы, и, если продукция не находится в движении, то она переходит в запас [5]. В водном хозяйстве соответствующими категориями являются

расход воды и запас воды (в водохранилище, в почве, во всех водных объектах территории, именуемый водными ресурсами).

Важной характеристикой в логистике служит «интенсивность потока», под которой понимают количество объемных или массовых показателей (единиц) продукции за единицу времени. Данная характеристика аналогична понятию расхода в гидрологии. Она широко применяется в транспортной логистике, функция которой перемещение товаров по оптимальным маршрутам с наименьшими затратами времени и средств, т.е. с такими же задачами, как и распределение воды между водопотребителями. При этом материальный поток от истока до конечного потребителя может накапливаться в виде запаса на любом участке. В водном хозяйстве запасы воды в виде водохранилищ создаются преимущественно на реках (естественные транспортные пути) и на каналах, например, канал Иртыш-Караганда.

Определенная аналогия имеет место и в отношении категории запасов: в логистике выделяют текущие, страховые, сезонные и переходящие запасы, а в водном хозяйстве – текущие, сезонные, многолетние запасы воды, и соответствующие им виды водохранилищ.

Количественные уровни запасов в логистике и в водном хозяйстве изображены на схеме:



Характерные категории запаса в обоих случаях идентичны. Использование их происходит с той или иной интенсивностью – от максимальных значений к минимальным.

Управление запасами в обеих отраслях начинается с прогнозирования потребности в запасе и расчете оптимального размера запаса. Теоретической основой при этом служат математическая статистика, теория вероятности и прикладная математика. В математической форме изложенные выше понятия и процессы выражаются уравнениями:

- материальный поток:

$$P(t) = \frac{dS(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $P(t)$ – функция интенсивности материального потока; $S(t)$ – функция запаса; dt – время.

Запас отражает результат изменения входного материального потока $P_{\text{вх}}(t)$ и выходного $P_{\text{вых}}(t)$ за время dt [4]:

$$S(t) = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} [P_{\text{вх}}(t) - P_{\text{вых}}(t)] dt. \quad (2)$$

На практике чаще используют уравнение балансового типа:

$$S_H + P_{\text{вх}} = S_K + P_{\text{вых}} - S_{\text{ном}}, \quad \Delta S = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}} + S_{\text{ном}}, \quad (3)$$

где S_H и S_K – размеры запаса на начало и конец расчетного периода времени; $P_{\text{вх}}$ и $P_{\text{вых}}$ – интенсивности входного и выходного материального потока; $S_{\text{ном}}$ – величина потерь запаса за тот же период при хранении.

Аналогичное по смыслу балансовое соотношение применяется при табличном расчете водохранилищ [8]:

$$Q_a \Delta t = \pm \Delta V = (Q_{\text{нр}} - Q) \Delta t = [Q_{\text{нр}} - (Q_H + Q_C + Q_{\text{ном}})] \Delta t, \quad (4)$$

где $Q_a = Q_{\text{нр}} - Q$ – расход аккумуляции; ΔV – изменение запаса воды в водохранилище; Q_H , Q_C , $Q_{\text{ном}}$ – расходы: используемый, сбросной и потери; Δt – отрезок времени.

Из данных уравнений следует, что запас образуется из-за различия величин входного и выходного потоков. Обычно в логистике и в водном хозяйстве выходной поток является заданным или сравнительно просто определяемым. Величина запаса регулируется изменением интенсивности входного материального потока, и поэтому объектом управления в теории запасов являются не сами запасы, а параметры входного потока. В этом заключается суть логистики запасов.

Схематическое изображение динамики запасов в сравниваемых отраслях экономики представлено на рис. 1. Изменение исходного запаса S_0 на любой момент времени t определяется соотношением:

$$S(t) = S_0 - \Delta P(t), \quad (5)$$

где $\Delta P(t) = P_{\text{вх}}(t) - P_{\text{вых}}(t)$ – разность входного и выходного потоков в момент времени t .

В простейшем случае величина запаса $S(t)$, в течение равных промежутков времени (B_1, B_2, B_3) изменяется от максимальных значений S_{max} до минимальных S_{min} , вследствие различия величин входного и выходного потока, что изображено на рисунке наклонными линиями, динамика изменения запаса может описывать не только линейной, но и другой зависимостью.

В водном хозяйстве, в качестве S_{min} могут служить: мертвый объем водохранилища, минимальный допустимый запас почвенной влаги при описании режимов орошения или другие показатели. S_{max} – это соответственно полезный объем водохранилища или запас почвенной влаги после

полива. Расчетными периодами здесь являются либо виды регулирования стока (сезонное, многолетнее), либо межполивные периоды.

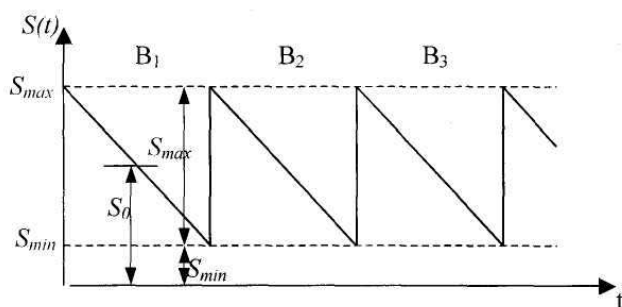
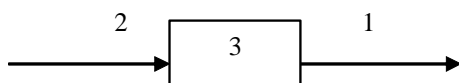


Рис. 1. Параметры уровней запаса. $S(t)$, S_0 , S_{min} , S_{max} – категории запаса; B_1, B_2, B_3 – расчетные периоды времени.

Исходя из аналогии основных элементов по их функциональному предназначению, можно воспользоваться методикой исследований, применяемой как в логистике, так и в водном хозяйстве. Так, в логистике, при рассмотрении проблем запаса, управления запасами и выбора оптимальных стратегий по их регулированию, всегда актуальным был вопрос о величине запаса. Она определяется согласно схеме: 1 – параметрами спроса (водопотребностью отраслей при регулировании стока); 2 – параметрами заказов и поставок (характеристиками речного стока); 3 – параметрами уровня запасов (составными частями объема водохранилища).

Запас служит для согласования объемов поступления и потребления материального потока:



Основное предназначение запаса в водном хозяйстве – «склады воды» по терминологии А.Б. Авакяна [2] – обеспечить бесперебойное снабжение производства и его экономическую эффективность. Однако создание запаса имеет целый ряд отрицательных последствий экономического и экологического характера [3]. В их числе: увеличение текущих затрат на хранение, затраты, связанные с потерями, затраты из-за ухудшения качества материального ресурса, затраты, возникающие вследствие увеличения занимаемых территорий и других факторов. Отсюда следует, что величина создаваемого запаса должна быть всесторонне обоснована и оптимизирована.

Существуют три подхода при выборе размера и максимизация запаса, минимизация запаса и оптимизация запаса. В мире, в разное историческое время и в разных отраслях экономики преобладает той или иной подход. В

водном хозяйстве, в послевоенные годы, при строительстве водохранилищ стремились создать максимальные запасы воды для выработки наибольшего количества электрической энергии на гидроэлектростанциях. Ирригационные водохранилища также должны были обеспечивать максимальную орошаемую площадь для гарантии окупаемости капитальных затрат на их строительство. Тоже можно сказать и о водохранилищах для рыбного хозяйства, водного транспорта, рекреации, борьбы с наводнениями.

Минимизация запаса в логистике в настоящее время реализуется в передовых отраслях промышленности в некоторых экономически развитых странах мира. В водном хозяйстве данная концепция в крайнем своем выражении означает работу соответствующих отраслей экономики на естественном режиме речного стока. Здесь эффективность производства будет зависеть от степени соответствия стока режиму и объему водопотребления.

В условиях Казахстана рациональной, по-видимому, является концепция «оптимизации запаса», которая в отличие от традиционного подхода к использованию водных ресурсов, учитывает и экономические потери от создания и обслуживания запасов воды. Оптимизация осуществляется чаще всего по критерию минимизации совокупных затрат на создание и хранение запаса. В логистике исследования по оптимизации объема запаса привели к созданию методической базы расчета, некоторые положения из которой излагаются ниже. Согласно им затраты, связанные с запасами (T), состоят из элементов [3]:

$$T = C_p + C_{pz} + C_c, \quad (6)$$

где C_p – затраты на закупку; C_{pz} – затраты на пополнение запаса; C_c – затраты на содержание запаса.

Применительно к водному хозяйству слагаемые данного уравнения можно интерпретировать следующим образом: C_p – стоимость объема воды, необходимого для наполнения водохранилища до отметки НПУ в фазу половодья; C_{pz} – стоимость воды, поступающей в водохранилище в фазу межени или в течение более коротких периодов летней межени; C_c – затраты, связанные с созданием и эксплуатацией водохранилища и его инфраструктуры.

В логистике слагаемые детализируют при помощи удельных показателей следующим образом: $C_p = CS$, где C – закупочная цена единицы товара; S – размер заказа (потребность в единичный период); $C_{pz} = (S/Q)A$, где Q – величина партий поставок в этот период; A – затраты на выполнение одного заказа. $C_c = z_{cp}I$, z_{cp} – средний уровень запаса; I – затраты на содержание единицы запаса. По нашему решению, приведенная методика

расчета применима и для решения ряда задач водного хозяйства. Преимущество использования ее заключается в возможности дифференциации стоимости воды по фазам водного режима речного стока. Очевидно, что стоимость одного кубического метра воды в половодье и в летнюю межень не может быть одинаковой из-за различия в спросе на водные ресурсы для их хозяйственного использования.

С учетом детализации слагаемых, формула общих затрат примет вид:

$$T = CS + \frac{S}{Q} A + \left(z_3 + \frac{Q}{2} \right) I, \quad (7)$$

где $z_3 + \frac{Q}{2} = \bar{z}$, z_3 – страховой запас в логистике (в водном хозяйстве мертвый объем в водохранилище).

Данное уравнение позволяет вычислить общие затраты для конкретного размера заказа S при принятых удельных величинах остальных параметров. Однако оптимальность полученного результата не гарантирована, т.к. объект является в широком смысле устойчивым, если найден территориальный оптимизм. Одинаковые объекты, построенные в разных районах, экономически не тождественны, в результате различия природных, экологических, социальных и других условий [6].

В водном хозяйстве под оптимизацией понимают процесс нахождения наилучшего варианта распределения воды между компонентами водохозяйственной системы. Здесь применяются различные методы решения оптимизационных задач, включая многокритериальные задачи. Развита аппарат оптимизации водораспределения по экономическому критерию, в качестве которого принимают один из следующих показателей: затраты на строительство, эксплуатационные издержки, прибыль [10].

При логистических (или экономических) типах критериальных функций основное требование – минимум ожидаемых средних издержек T . Графическое изображение логистической оптимизации представлено на рис. 2, из которого видно, что минимум общих затрат приходится на точку пересечения линий C_c и C_{pz} . Величина затрат, соответствующая этому размеру заказа и является экономически оптимальной.

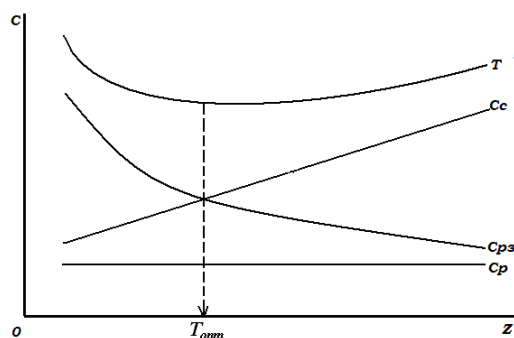


Рис. 2. Схема формирования общих затрат и их оптимальная величина. T – сумма затрат; C_c – затраты на содержание запаса; C_{ps} – затраты на пополнение запаса; C_p – затраты на закупку; C – затраты; z – размеры заказа.

Таким образом, чтобы найти оптимальную величину затрат, надо иметь функциональные зависимости различных видов расходов от размера заказа. При этом приращения функции (затраты) при изменении аргумента (размер заказа) должны иметь разные знаки.

В водном хозяйстве аргументом таких функций могут служить: при регулировании стока – объем водохранилища; при регулировании почвенных влагозапасов – предполивная влажность почвы; при лиманном орошении – расчетная глубина увлажнения почвогрунта. Оптимизируемой величиной во всех случаях служат суммарные затраты на создание и поддержание соответствующего запаса воды. Единой мерой разнообразных последствий управления водными ресурсами принимается стоимость, выражающая затраты на все необходимые мероприятия. Для укрупненной оценки она может быть определена по остаточной стоимости основных фондов и оборотных средств.

Особенностью данного подхода является учет известного факта, согласно которому на территориях с засушливым климатом, вода и земля служат незаменимыми факторами производства. Земельные и водные ресурсы представляют собой целостную систему. Поэтому при экономических расчетах, связанных с управлением водными ресурсами, по нашему мнению, следует одновременно оценивать стоимость и воды, и земли.

При регулировании речного стока необходимо установить пределы регулирования: пространственные, гидрологические и временные. Под пространственными пределами понимается площадь, занимаемая водохранилищем, зона подпора грунтовых вод и подземного стока, и, самое главное, доля речного бассейна, подвергшаяся водохозяйственным мероприятием. Гидрологические пределы характеризуются видами регулиро-

вания стока и зоной влияния преобразования стока на гидрологию низовий рек. Временные ограничения связаны со сроками службы водохозяйственных сооружений. В зависимости от коэффициента зарегулирования стока и принятых исходных данных, будут определяться конкретные величины использования земельных и водных ресурсов.

Предварительный расчет регулирования стока р. Темир (Актюбинская область), выполненный нами для количественной иллюстрации логистического подхода, позволил получить следующие результаты. Р. Темир является притоком р. Эмбы, и у с. Покровское имеет водосборную площадь 960 км², среднемноголетний расход 0,91 м³/с, в половодье водность реки составляет 80...90 % от годового стока. Физико-географические и социально-экономические условия предопределяют необходимость регулирования стока. В соответствии с изложенной концепцией, оптимальный вариант водохранилища должен обеспечивать рациональное использование земельных и водных ресурсов в условиях рыночной экономики.

В числе основных экономических показателей учитывались: коэффициент стоимости земли, характеризующий относительную ценность земли (κ_z), стоимость затопленного участка земли при заполнении водохранилища ($C_{м.у.}$), стоимость свободной от затопления земли (C_z), как разность стоимости территории максимально возможного затопления (C_z^{max}) при объеме водохранилища, вычисленного по среднему многолетнему расходу реки (Q_{cp}), и $C_{м.у.}$, стоимость строительных работ по возведению плотины ($C_{с.р.}$), экономические потери в низовьях рек от регулирования стока (C_n), а также платежи за воду как за природный ресурс ($C_в$), который в Казахстане является важнейшим жизнеобеспечивающим фактором.

Для упрощения при дальнейших расчетах приняты два укрупненных показателя: стоимость закупки воды $C_в$ и фактическая стоимость свободной земли ($C_{з.ф}$), как разность $C_{з.ф} = C_z^{max} - C_{м.у.} - C'_{ср} - C_n$. Здесь $C'_{ср}$ – стоимость строительства в расчете за 1 год действия водохранилища. Укрупненные показатели вычисляются в зависимости от коэффициента зарегулирования стока « α » (аргумент функции). В первом приближении, данная зависимость может быть принята в виде линейной функции.

График функции $C_{з.ф} = f(\alpha)$ и $C_в = \varphi(\alpha)$ имеют разные знаки приращений: с увеличением α от 0 до 0,5 значения $C_{з.ф}$ уменьшаются, а $C_в$ – увеличиваются (рис. 3). Возрастание стоимости накопленной воды с увеличением коэффициента зарегулирования стока не требует объяснения. Фактическая стоимость свободной от затопления земли, наоборот, пони-

жается вследствие уменьшения ее площади и увеличения затрат на строительство водохозяйственных объектов при возрастании α .

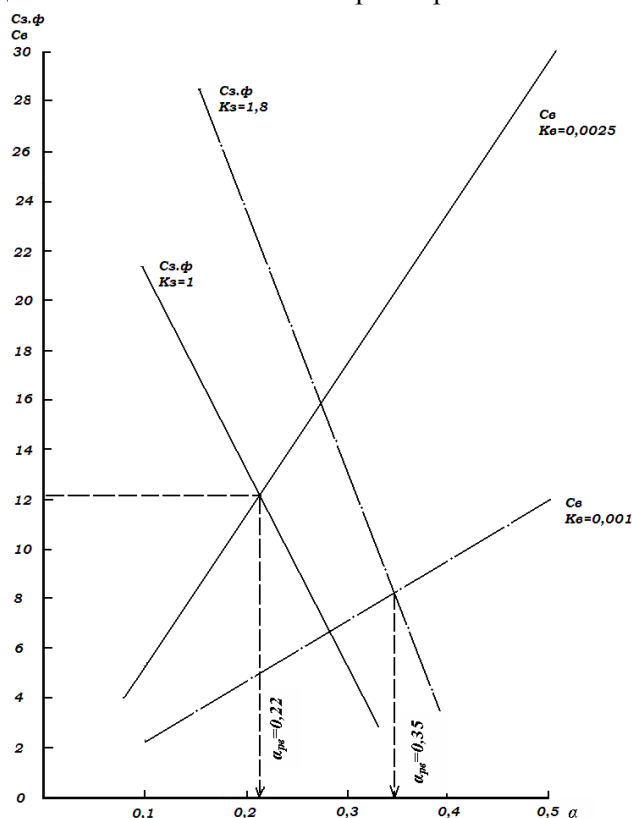


Рис. 3. Определение оптимальной величины коэффициента зарегулирования стока α .

При таком характере линий $C_{в}$ и $C_{з.ф}$ образуется точка их пересечения, проекция которой на ось абсцисс фиксирует оптимальную величину коэффициента зарегулирования стока α_{opt} . Она является точкой (величиной α), при которой затраты на закупку накопленной воды равны затратам других ресурсов. Ее положение зависит от цен на природные ресурсы и затрат на строительные работы.

Принятые для расчета цены (представленные коэффициентами $\kappa_{в}$ и $\kappa_{з}$) показаны на рис. 3, где изображены два варианта решения задачи при разных $\kappa_{в}$ и $\kappa_{з}$. Цена воды (в среднем) в реках Казахстана принята равной 0,3 тенге за 1 м^3 , что при курсе 120 тенге за 1 доллар США, составляет $\kappa_{в} = 0,0025$. Стоимость земли различается по природным зонам Казахстана и может быть выражена коэффициентами относительной стоимости $\kappa_{з} = 0,7 \dots 1,54$ в зависимости от плодородия почвы. По официальным данным цена неорошаемой паш-

ни составляет в Карагандинской области 18,8 тыс. тенге. Нами для расчета была принята цена 1 га пашни 200 долларов США.

Из графиков следует, что оптимальные соотношения достигаются при разных величинах коэффициента зарегулирования стока α . В частности, более дорогая земля при низкой стоимости воды ($\kappa_3 = 1,8$ и $\kappa_6 = 0,0010$) требуют большего количества аккумулированной воды.

Приведенные соображения по управлению водными ресурсами являются грубо схематическим, и предназначены для привлечения внимания специалистов водного хозяйства к освоению методов, широко применяемых в других отраслях знаний. Более точные расчеты по определению объемов резервирования водных ресурсов зависят от учета следующих факторов:

- колебаний сроков восстановления уровня воды в водохранилищах многолетнего регулирования;
- от колебаний цен на природные ресурсы и на услуги строительных организаций;
- от направления использования воды и земли в народном хозяйстве.

В виду сложности однозначного решения таких задач, необходимо использование моделирования или имитации различных сценариев.

Идеи оптимизации величин регулируемых параметров в последнее время начали применяться для разработки способов экономии поливной воды. Так, в гидротехнических мелиорациях были пересмотрены количественные характеристики пределов регулирования мелиоративного режима, сформулированы критерии оптимизации и разработана методика оптимизации, основанная на совокупности показателей, названная мелиоративным режимом [7]. При лиманном орошении оптимизируется глубина расчетного слоя увлажнения. Здесь излишне глубокое насыщение почвогрунтов тальми водами приводит к заболачиванию земель и к потерям влаги на фильтрацию.

В логистике создание запасов связано с необходимостью организации складского хозяйства. В водном хозяйстве хранилищами для воды могут быть не только искусственные водоемы, но и расчетный слой увлажнения почвогрунтов на орошаемых землях, подземные структуры (искусственное пополнение подземных вод). Оптимальным вариантом, очевидно, является сочетание в одном речном бассейне всех видов хранилищ. Это позволит увеличить число водопользователей и обеспечит рациональное использование водных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродецкий Г.Л. Управление запасами. – М.: Эксмо, 2007. – 400 с.
2. Водохранилища мира. АН СССР, институт водных проблем. – М.: Наука, 1979. – 272 с.
3. Гельдыева Г.В., Надыров Ш.М. Роль межгосударственных факторов в регулировании и управлении развитием Аральской природно-хозяйственной системы. // Гидрометеорология и экология. – 2002.– №4. – С.175-189.
4. Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А. Управление запасами в логистике: методы, модели, информационные технологии. / Учебное пособие. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2006. – 386 с.
5. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика: Учебник. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
6. Ердаuletов С.Р. Экономическая и социальная география Казахстана: Учеб. пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 1998. – 287 с.
7. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 58 с.
8. Плешков Я.Ф. Регулирование речного стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 500 с.
9. Савенкова Т.И. Логистика. – М.: ОМЕГА-Л, 2008. – 254 с.
10. Юшманов О.Л., Шабанов В.В. и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 303 с.

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАЛАЛЫҚ АЙМАҒЫНДАҒЫ СУ ЖӘНЕ ЖЕР РЕСУРСТАРЫН ЛОГИКАЛЫҚ БАСҚАРУ

Геогр. ғылымд. докторы М.Х. Сарсенбаев
Техн. ғылымд. канд. М.Г. Баженов
 С.Р. Жанпейсова

Гидрология мен логистикадағы зерттеу әдістері мен принциптарына, кейбір түсініктерінің аналогиясына көңіл аудару (өзен ағындысын пайдалану мен ретту теориясы). Өзен ағындысын түлетудің оптимальділігі үшін су және жер ресурстарын біріккен жүйе ретінде ескеруді ұсынылады.