

УДК 556.048

**К ПРОБЛЕМЕ ЗИМНИХ ЗАТРУДНЕНИЙ НА Р. СЫРДАРЬЕ**

Доктор техн. наук

Канд. техн. наук

Канд. техн. наук

Канд. техн. наук

Ж.С. Мустафаев

А.Д. Рябцев

М.А. Балгерей

О.К. Карлыханов

К. Омаров

*Проанализированы причины снижения пропускной способности русла реки Сырдарья и предложены мероприятия по повышению надежности безопасного пропуска расходов воды и льда на участке от Шардаринского водохранилища до устья реки.*

**Проблема**

Прохождение паводковых расходов последних лет по реке Сыр-дарья сопровождается чрезвычайными ситуациями и связано это в основном с переходом верхового Токтогульского гидроузла на зимний энергетический режим. Переход гидроузла на этот режим работы имеет, по крайней мере, следующие негативные последствия.

Во-первых, это затопление территории сельхозугодий, строений и населенных пунктов в связи недостаточной пропускной способности реки Сырдарьи в ее низовьях. Необходимость обеспечения безопасности указанных объектов требует ежегодных непредвиденных затрат сил и средств и наносит экономический ущерб.

Во-вторых, недопущение и без того недостаточного стока реки в Аральское море из-за необходимости предотвращения указанных чрезвычайных ситуаций в низовьях реки, вынуждает сброс части стока реки в Арнасайскую впадину или по ирригационным каналам на поля орошения, заполнения, в основном, бессточных озер, пропуск в древние русла реки Сырдарья и т.п.

Поздневесенний и летний максимумы расхода р. Сырдарьи пропускаются по ее руслу относительно безболезненно. Указанные негативные последствия связаны, в основном, с недостаточной пропускной способностью русла в зимний период и заторно-зажорными явлениями. Зимняя пропускная способность русла р. Сырдарьи по некоторым оценкам в 2...3 раза ниже летней.

На настоящий момент выполнены, довольно значительные мероприятия по уменьшению негативных последствий. Разработаны проекты

расчистки русла Сырдарьи и спасения Аральского моря (РРССАМ), отдельные объекты проектов построены, однако острота проблемы не снята.

Для разработки мероприятий по уменьшению или предотвращению современных проблем по пропуску зимних расходов воды реки Сырдарья прежде всего необходимо знать их природу и особенности. Проблема режима р. Сырдарья заключается в ее топографическом положении – она течет с юга на север, что обуславливает формирование зажоров и заторов, которые являются причиной зимних наводнений. Отмеченные факторы, как известно, для любой реки текущей с юга на север, являются естественными, регулярными, трудно регулируемыми и трудно прогнозируемыми.

Река Сырдарья характеризуется дополнительными особенностями:

- река в большей части длины протекает в пределах собственных отложений с отметками уровней воды, которые уже при средних расходах воды выше окружающей местности;
- река неустойчива в плане и свободно меандрирует;
- климатические условия по длине реки достаточно суровые с частыми сменами зимней температуры от положительной к отрицательной и наоборот;
- по длине реки имеются многочисленные озера (озерные системы), в которых при подъеме уровня местами происходит аккумуляция воды с последующей подпиткой расхода реки несколько ниже по её течению.

На указанные факторы в современных условиях наложились антропогенные факторы. Это хозяйственная застроенность и использование пойм реки, обмеление ее русла в связи с естественным маловодным периодом 1974...1987 годов, работа вышерасположенных гидроузлов в энергетическом режиме и, главное, переход Токтогульского гидроузла на этот режим и связанное с ним увеличение среднемесячного зимнего расхода реки ниже Шардаринского водохранилища в 2 раза против бытовых.

Такая напряженность водохозяйственной обстановки в регионе заставляет специалистов более всестороннее проанализировать ситуацию и найти научно обоснованные способы, для снижения негативных последствий. Нами проведен анализ изменения гидрологического режима реки с момента инструментального наблюдения в нижнем течении:

- естественный гидрологический режим реки (с 1912 г. по 1961 г.);
- антропогенный гидрологический режим реки для ирригации (с 1961 г. по 1987 г.);
- антропогенный гидрологический режим реки для энергетики (с 1993 г. по 2005 г.).

## Анализ

Период естественного гидрологического режима реки. Специальные исследования [2], проведенные в период подготовки проекта строительства Шардаринского водохранилища, с целью оценки возможности регулирования режима зимних паводков р. Сырдарья выявили ряд их показателей в условиях естественного режима.

Было установлено, что:

- на всех гидропостах (ГП), кроме Шардары, высшие уровни наблюдались зимой;
- наиболее часто высшие уровни наблюдались при вскрытии реки;
- самые высокие уровни на ГП Томенарык, Караозек и Кызылорда наблюдались осенью, т.е. при заморозках, но они были редкими;
- высокие уровни в Жосалы и Казалинске были при вскрытии реки. К этому периоду приурочиваются и наиболее частые высокие уровни;
- в ноябре – декабре высшие уровни наблюдаются, начиная от Кызылорды, в период замерзания и после установления ледостава, т.е. это зажорное повышение уровня;
- в январе высшие уровни наблюдаются в период ледостава, т.е. это тоже зажорное повышение уровня;
- в феврале тоже наблюдается высокий уровень воды;
- в марте, в период вскрытия частота высоких уровней возрастает от начала зимы к концу 50...72 % и от верхнего течения к нижнему. Это объясняется не увеличением заторности, зажорности или стеснения русла за счет ледостава, а тем, что от осени к весне происходит рост расхода в нижней части реки за счет слива вод, ранее задержанных в пойме;
- отсутствует зависимость между наибольшим уровнем и временем его наступления;
- на посту Томенарык самый высший зимний уровень превышал летний на 6...8 см, на ГП Кызылорда – на 116 см, в Казалинске – на 71 см;
- зависимость высших зимних уровней на нижних постах от расхода воды в Кокбулаке (Шардаре) очень слабая, т.е. надежно регулировать высшие зимние уровни воды в нижних по течению постах путем попусков из Шардаринского водохранилища невозможно. К примеру, при попуске 600 м<sup>3</sup>/с на ГП Кызылорда были уровни и 280 см, и 430 см над нулем графика;
- в естественных условиях на постах высокий уровень в текущем месяце в большинстве случаев указывает на то, что и в следующем месяце будут тоже высокие уровни при сохранении в последующем месяце ледовых явлений;

- замерзание воды в реке с движением фронта ледостава вверх по течению осенью вызывает подъем уровня воды на участках установившегося ледостава с падением расхода ниже этого участка, которое, как правило, сопровождается падением уровня воды. Вскрытие воды в реке весной с движением фронта ледостава вниз по течению сопровождается обратным сливом задержанной воды в реку, что увеличивает расход воды ниже по течению с соответствующим увеличением уровня. Если фронт ледостава останавливается, то расход воды возвращается к первоначальному значению с восстановлением уровня. В период ледостава лишь при малых расстояниях между постами в среднедекадных расходах воды наблюдаются удовлетворительно согласованные значения, характеризующие закономерное изменение гидрологических процессов по длине реки. С увеличением расстояния между постами эта связь делается все более слабой;

- в период ледостава на участке Караозек – Кызылорда наблюдается как значительные потери, так и приточность, что снижает возможность прогноза величины расхода на одном посту, по его значениям на другом посту, хотя расстояние между постами равно всего 33 км. На участке до Караозека при наступлении ледостава, расходы воды уменьшались почти в два раза, а в последующем, в январе и феврале, восстанавливались до исходного. На участке от Караозека до Казалинска всегда наблюдаются потери воды, как при ледоставе, так и при его отсутствии. Зимой, как правило, до Казалинска доходило 55...60 % той воды, которая имела место в Караозеке;

- в период ледостава, как в случае с расходами, связь между уровнями на постах снижается с увеличением расстояния между ними;

- движение воды по реке при попусках (искусственный паводок) отличается от естественных паводков. При попусках происходит очень быстрое увеличение или уменьшение расхода, тогда как, в естественных условиях увеличение или уменьшение расхода происходит относительно медленно и сопровождается распластыванием паводка по длине реки. Наблюдения движения воды при попуске из Шардаринского водохранилища в 1967 г. с увеличением расхода воды в течение 3-х суток на  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$  и уменьшением на эту же величину в течение одних суток показали, что высший расход в Томенарыке и Кызылорде был примерно таким же, как в Шардаре ( $1600 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Существенное снижение расхода (распластывание паводка) наблюдалось только в Жосалы и Казалинске ( $900 \text{ м}^3/\text{с}$ ). Здесь, на участке Шардара – Кызылорда отбора воды в каналы не было, а на участке Кызылорда – Жосалы был отбор воды в каналы для обводнения прилегающей территории.

- за 12 лет (1948...60 гг.) на длине реки от Шардары до устья зафиксировано 211 опасных явлений, из которых 86 были наводнения, сопровождавшиеся ущербом хозяйственным объектам. Из этого периода особо выделяется годы с 1951 г. по 1954 г. и 1958...59 гг. с наиболее часто наблюдаемыми наводнениями и 1955...56 гг., когда они отсутствовали. Из 86 наводнений 62 были зимними (заторо-зажорные), всего же было 146 заторов, т.е. 42,5 % заторов сопровождается наводнением с ущербом хозяйственным объектам. За это же время было 65 летних опасных повышений уровня, из которых 24 сопровождалось наводнением с ущербом, что составляет 37 %. Зимние опасные явления бывают в 2,25 раза чаще, чем летние. В среднем за 12 лет было 5 заторных и 2 летних наводнения с ущербом. За 12 лет 60 % всех наводнений с ущербом были на трех 100 км участках с 101 по 200 км; с 601 по 700 км и с 900 по 1000 наводнений км от устья реки. Это участки в районе Казалинска, Теренозек и Жанакорган – Шиели.

Из 62 заторных наводнений 60 % бывали при вскрытии реки, 34 % – при замерзаний и 6 % – в период ледостава. Примерно такое же распределение имеют место вообще все опасные явления – 62, 32 и 6 %. Все наводнения наблюдались при расходах в Шардаре более 600 м<sup>3</sup>/с. А опасные явления, как правило, не бывают при расходе воды в Шардаре менее 475 м<sup>3</sup>/с.

Сравнение распределения среднемесячных расходов в створе ГП Шардара в различные периоды показано на рисунке 1, графическое представление распределения расходов воды в зимний период – на рисунке 2. Из рисунков ясно, что в целом закономерность распределения расхода в различные периоды схожи между собой. Регулирующее влияние Шардаринского водохранилища прослеживается четко. Зимние расходы естественного периода достаточно большие, что привело к зимним наводнениям. Строительство Шардаринского водохранилища снизило зимние расходы ниже безопасного уровня 475 м<sup>3</sup>/с.

В маловодный период наблюдается существенное снижение зимних расходов. Зимние расходы современного периода, в среднем, также не высокие, однако, больше, чем в антропогенный период. Только расходы в марте приближались к расходам естественного режима, когда были наводнения.

Здесь напрашивается один важный вывод, что 11-летний напряженный период с 1992 по 2003 годов во многом связан с нечеткой организацией зимних попусков из водохранилища. Только в отдельные годы, в частности, в 2004 году зимние расходы современного (энергетического)

периода существенно превысили среднемноголетнее значение естественного периода, что, как известно, вызвало наводнения.

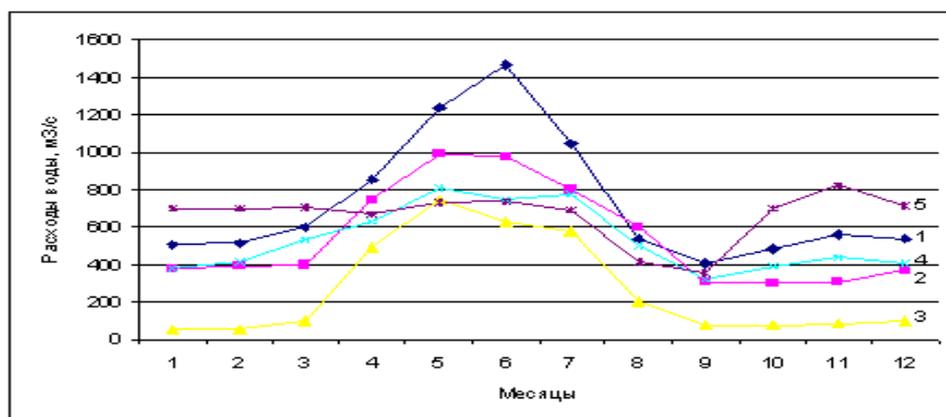


Рисунок 1 – Среднемесячные значения расходов воды в створе ГП Шардара в разные периоды. 1 – 1930...1960 гг. – естественный режим, 2 – 1965...1973 гг. – антропогенный ирригационный режим, 3 – 1974...1987 гг. – период маловодья, 4 – 1992...2003 гг. – антропогенный энергетический режим, 5 – 2004 чрезвычайный год.

Период антропогенного гидрологического режима реки для ирригации.

Второй период отличается от первого тем, что по всей длине реки начали уменьшаться расходы воды в связи с хозяйственным использованием бассейна реки. В этот период зимние наводнения фактически не наблюдались.

Период антропогенного гидрологического режима реки для энергетики. Начиная с 1992 года гидрологический режим реки Сырдарья, как известно, существенно изменился с переходом Токтогульского гидроузла на энергетический режим эксплуатации.

Главным следствием этого режима является:

1. Возобновление заторно-зajorных явлений и зимних паводков с очевидными последствиями социального и экономического характера;

2. Уменьшение летнего стока воды с хозяйственно-экономическими и экологическими последствиями. Хозяйственно-экономические последствия в ирригационном отношении не столь заметны, так как площадь орошаемых земель уменьшилась, а в отношении рыбного хозяйства в озерных системах – ощутимы;

3. Уменьшение поступления воды в дельту реки Сырдарья и Малый Арал, что еще более усугубило экологическое состояние региона;

4. Осуществление сброса воды Арнасайскую впадину в зимний период, которого в прошлом не было.

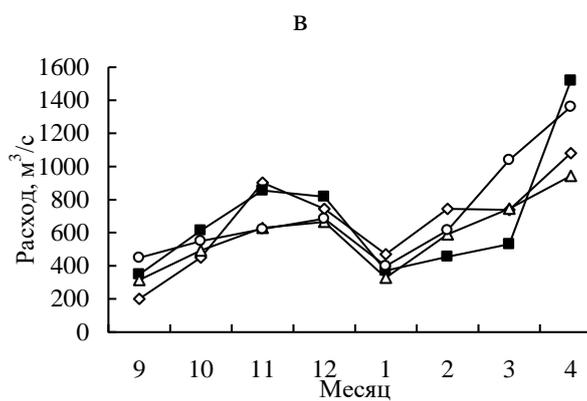
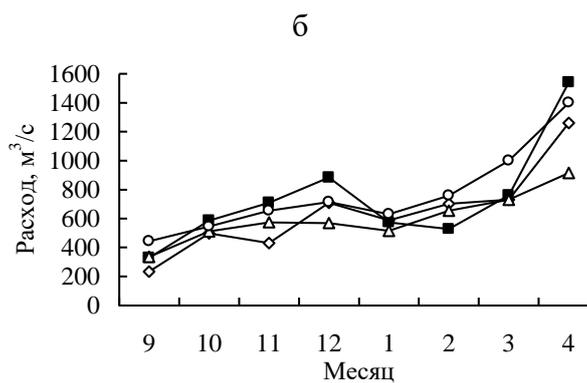
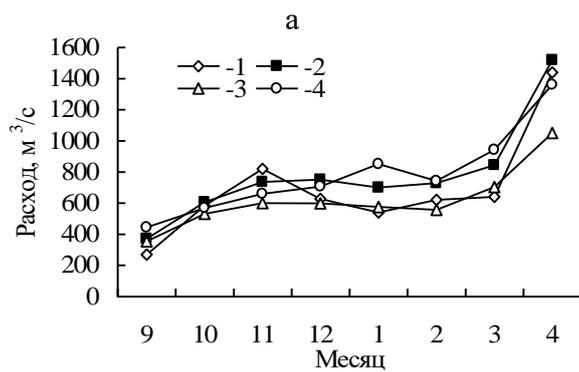


Рисунок 2 – Расход воды в зимний период в годы наибольших наводнений (1 – 1951...1952 гг., 2 – 1953...1954 гг., 4 – 1958...1959 гг.) и при их отсутствии (3 – 1955...1956 гг.) соответственно для Шардары (а), Томенар'юка (б) и Кызылорды (в).

Указанные негативные следствия этого периода вызвали очевидную необходимость разработку и реализацию мер по их уменьшению и предотвращению.

Анализ возможных путей регулирования зимнего режима реки

*Реконструкция низконапорных гидроузлов и противопаводковых дамб.*

В настоящее время в низовьях реки осуществляются мероприятия по реконструкции и строительству ряда гидроузлов по проектам РРССАМ. Реконструкция существующих и строительство новых гидротехнических сооружений и противопаводковых дамб в низовьях р. Сырдарья преследуют цель – улучшение гидротехнического регулирования реки и увеличение ее пропускной способности реки, а также притока воды в дельту реки и Малый Арал.

В проект включены строительство плотины Северного Аральского моря между устьем р. Сырдарья и полуостровом Кокарал, реконструкция Шардаринской плотины, Кызылординского и Казалинского гидроузлов, строительство Айтекского комплекса гидроузлов на месте существующего водоподпорного сооружения в основном русле и водозаборного сооружения в протоку Караозек, русловыправительные мероприятия, включающие спрямления русла на локальных участках реки, мероприятия по защите города Кызылорда от затопления и подтопления, противопаводковые и защитные дамбы, восстановление рыбного хозяйства, мониторинг и другие компоненты. Эти мероприятия направлены на оздоровление экологической обстановки в Казахстанской части Приаралья и включены в первый этап реанимации Бассейна Аральского моря.

Принятые технические решения в целом положительно влияют на повышение пропускной способности гидросооружений. Однако имеющиеся возможности по увеличению пропускной способности русла реки в современных условиях, существенно отличающихся от бытовых и наиболее опасных в плане возможных затоплений населенных пунктов и культурных земель, использованы не в полной мере. Следует отметить, что принимаемые технические меры нужно считать “пассивными”, не учитывающие возможные реальные природные и искусственные условия на местах.

В частности, поскольку река является неким “живым организмом”, то на ней происходят постоянные изменения плановых форм и местоположений русла. В самом русле происходят перемещения донных наносов, переотложения донных русловых форм, изменения глубин и скоростей, формируется ледостав или происходит ледоход. В зависимости от изменения температуры воздуха и конкретных факторов потока и русла может

формироваться затор или зажор с соответствующими изменениями параметров русла и потока и т.д.

Нужно отметить, что количественная оценка русловых переформирований и, особенно, в условиях отсутствия конкретных исходных данных, трудно поддается прогнозу, а зимние явления и процессы, которые мало изучены, являются еще более сложной задачей.

Речная долина со свойственной ей поймой и понижениями, необходимыми для разлива воды в период паводка во многих местах была переустроена искусственными сооружениями. В этих условиях беспрепятственный пропуск зимних расходов воды по реке только на основе реализуемых проектом РРССАМ технических решений часто оказывается затрудненным.

Существует также практика разгрузки русла реки путем пропуска зимних расходов через имеющиеся гидроузлы плотинного и безплотинного типов в магистральные каналы и, тем самым, снять напряженность заторо-зажорных наводнений. Такой подход не совсем оправдан. Во-первых, пропуск зимних зашугованных или ледоходных расходов в канал может вызвать на нем затор или зажор с последующим его прорывом и затоплением прилегающих хозяйственных территорий и населенных пунктов. Такая возможность имеет высокую вероятность, так как канал в зимних условиях, с одной стороны, промерзший, с другой – как правило, бывает занесен снегом и, с третьей – скорости в канале ниже, чем в реке.

Конечно, в особо чрезвычайных случаях можно прибегнуть к такому регулированию расходов воды в реке, но при установившейся теплой погоде. Такое регулирование имеет отрицательные последствия в хозяйственном отношении, так как подача воды на поля орошения будет задерживать полевые работы весной. Таким образом, значения существующих низконапорных подпорных и безплотинных гидроузлов в плане регулирования зимних заторно-зажорных расходов воды в реке можно считать минимальными. Поэтому в заторно-зажорные периоды водоприемные отверстия гидроузлов должны быть закрытыми, а водосбросные отверстия открытыми и не препятствовать пропуску шуговых и ледоходных расходов воды в реке.

Шардаринское водохранилище и Арнасайская впадина. Назначение Шардаринского водохранилища – ирригация, энергетика, рыбное хозяйство, противопаводковое, а Арнасайской впадины – прием излишней паводковой воды в особо многоводные годы. За период с 1992 по 2005 годы из водохранилища в Арнасайскую впадину сброшено 38 км<sup>3</sup> воды, т.е. систематически по 3 км<sup>3</sup> ежегодно. Сбросы осуществлялись с января по март

месяцы, когда по реке протекала чистая вода, которая была безвозвратно потеряна для хозяйственно-экологических систем низовий.

В соответствии с проектом Шардаринского водохранилища Арнасайская впадина предназначено для регулирования и сброса паводковых вод до строительства Токтогульского водохранилища многолетнего регулирования. Трансформирующая емкость Арнасайской впадины оценивались тогда в  $48,4 \text{ км}^3$  [2]. Но результаты обследования последних лет показывают, что Арнасайская впадина на стадии переполнения и использование ее в качестве приемника паводковых вод в ближайшее время очень проблематично.

Развитие настоящего процесса достигло такого момента, что если повторится близкий к 1969 году паводок, то возможны катастрофические наводнения даже летом. Существующие в бассейне реки Сырдарья Токтогульское и другие водохранилища в этом случае вряд ли смогут предотвратить возможные последствия паводка и, в особенности, в условиях отсутствия определенных договорных обязательств государств, на территориях которых находятся эти водохранилища.

Поэтому Шардаринское водохранилище, как изначально имеющее противопаводковое назначение, играет большую роль в регулировании современного зимнего режима реки в низовьях. В период эксплуатации Токтогульского гидроузла в ирригационном режиме Шардаринское водохранилище, как и Токтогульское, в осеннее-зимний период работало в режиме наполнения с минимальным сбросом расходов воды в Сырдарью. В современный период этот режим неприемлем.

Необходимо до начала ледостава в низовьях реки осуществлять сброс всей поступающей в водохранилище воды, так чтобы к началу ледостава в водохранилище был минимальный уровень. За время, равное длине пробега воды, осуществлять сброс от Шардары до Казалинска постоянного расхода воды в реку, как предусмотрено в проектных проработках по гидроузлу, не более  $525 \text{ м}^3/\text{с}$ , а лучше всего –  $475 \text{ м}^3/\text{с}$ , как расход наиболее безопасный в плане зимних наводнений – паводков [2].

Расчеты показывают, что при постоянном расходе воды в  $475 \text{ м}^3/\text{с}$  и опасном периоде в 5 месяцев с ноября по март может быть обеспечен безопасный режим реки в нижнем течении при поступлении воды в водохранилище не более  $11 \text{ км}^3$ , причем без сброса воды в Арнасайское понижение. Рассмотрение 12 летнего периода с 1993 по 2005 гг. в плане приведенного режима работы водохранилища показывает, что только 6 зим должны быть напряженными. В эти зимы напряжение можно было снять сбросом воды в

Арнасайское понижение объемом в  $23 \text{ км}^3$ , а фактический сброс составил  $38 \text{ км}^3$ , т.е. Малый Арал недополучил дополнительно  $15 \text{ км}^3$  воды. Если бы было Коксарайское контррегулирующее водохранилище объемом  $3 \text{ км}^3$ , то сброс воды в Арнасайское водохранилище составил бы всего  $3,5 \text{ км}^3$ , причем в последние два года и в то же время не иметь того социально-экономического напряжения, которое было в течение последних 12 лет. Максимальные значения стока зимнего периода рассматриваемого 12-летия было  $15,8 \text{ км}^3$  (2004...05 гг.). Если объем притока в Шардаринское водохранилище будет более  $14 \text{ км}^3$ , то избежать зимних затруднений в низовьях невозможно.

*Озерные системы и старые русла.* Предложения по использованию озерных систем и старых русел для приема части зимнего расхода принципиальных возражений не имеет. Для этого нужно уточнить их реальную водоаккумулирующую емкость, которая сильно сократилась в результате длительного отсутствия подпитки в антропогенный период. Для реализации этого пути ниже Томенарыка до устья реки имеются необходимые условия. Это, прежде всего, Караозекские озера, Нансай-Коксуйская и Теликольская озерные системы и другие местные понижения, непосредственно примыкающие к руслу с правой стороны реки, и Ботабай-Акарыкская и Бозколь-Аксайская озерные системы, древние русла современной Сырдарьи – Жанадарья, Инкардарья и Куандарья – с левой стороны. Однако современное состояние их таково, что многие из них потеряли гидрологические связи с рекой. Неизвестны параметры этих систем, реальная водоаккумулирующая их емкость, возможности соединения их между собой и многие другие показатели. Однако по некоторым оценкам зимний сток, начиная с момента образования ледостава до окончания ледохода, может быть накоплен в них и при соответствующем гидротехническом обеспечении до 80...90 % может быть возвращен в русло реки в створе Жосалы.

Схема пропуска повышенных зимних расходов по озерным системам и старым руслам преследует цель – использовать зимний сток на возрождение Малого Арала и эколого-хозяйственных систем низовьев, что заслуживает внимания. Она, при благоприятных температурных условиях (относительно непродолжительной морозной зиме и отсутствии перехода температуры через ноль, что редко по данным М Кызылорда) и сбросе стока ниже Шардаринского водохранилища в осенне-зимний период не выше  $7,4 \text{ км}^3$ , даст определенные гарантии по безопасному пропуску зимних повышенных расходов в низовья. При объеме сброса воды ниже Шардаринского водохранилища в осенне-зимнем периоде в

пределах 8...11 км<sup>3</sup>, который возможен при прекращении сброса воды в Арнасайскую впадину, непременно возникают зимние затруднения реки.

Эти предложения по существу предполагают восстановления естественного режима заполнения озерных систем. Однако, как известно, при расходах воды в створе Шардары более 600 м<sup>3</sup>/с в условиях естественного режима до строительства Шардаринского водохранилища имели место наиболее частые зимние наводнения. Поэтому ожидать надежного эффекта от такого пути регулирования зимних затруднений не следует. Этот метод если в какой то мере и может снять напряженность от зажорных наводнений в начале ледоставе, то, скорее всего, усилит напряженность от заторного наводнения в конце ледостава и начале ледохода за счет дополнительного поступления расхода воды в русло реки из озерных систем.

В плане использования озерных систем для снятия зимних напряженностей по пропуску расходов воды интересным для Сырдарьи является следующее.

- На участке Томенарык – Кызылорда зимние расходы воды в Кызылорде могут быть как меньшими, так и большими, чем в Томенарыке, хотя боковых поступлений или забора зимой не бывает. Например, в 1953 году в Кызылорде (855 м<sup>3</sup>/с) расходы воды были больше, чем в Томенарыке (710 м<sup>3</sup>/с) на 145 м<sup>3</sup>/с, а в 1949 г. – наоборот в Томенарыке (659 м<sup>3</sup>/с) больше, чем в Кызылорде (519 м<sup>3</sup>/с) на 140 м<sup>3</sup>/с. А в летний период расходы в обоих створах в паводок практически сохраняются неизменными.

- На участке Кызылорда – Казалинск зимой, как правило, имеет место уменьшение расхода, но оно значительно отличается в разные годы. Например, при расходе в Кызылорде в январе 1953 г. в 650 м<sup>3</sup>/с в Казалинске он уменьшился на 159 м<sup>3</sup>/с, а в феврале 1947 г. при расходе у Кызылорды в 637 м<sup>3</sup>/с у Казалинска он уменьшился на 330 м<sup>3</sup>/с. Летом, в паводок, расход между Кызылордой и Казалинском в среднем уменьшается на 10 %. Значительной разброс изменения расходов воды между отмеченными постами (Томенарык – Кызылорда) зимой, в первом случае, указывает на практически не прогнозируемость возможных наводнений в связи с расходами в реке, а во втором случае, трудную прогнозируемость, хотя явно прослеживается однонаправленность процесса уменьшения расхода от створа к створу.

Контррегулирующее водохранилище. Анализ возможных мероприятий по безопасному пропуску современных зимних расходов воды реки Сырдарья в целом показывает, что наиболее эффективным является регулирование стока реки с помощью водохранилища. Существующее Шардаринское водохранилище по своей емкости не обеспечивает регули-

рование паводка при поступлении в него стока более 11 км<sup>3</sup> в течение 5 месяцев (октябрь – февраль месяцы). Необходимо строительство еще одного водохранилища. В процессе рассмотрения регулирования зимних паводков в советское время предусматривалось строительство еще одного водохранилища в нижнем течении реки объемом 6...7 км<sup>3</sup> после 1970 года [1] даже при работе Токтогульского водохранилища в ирригационном режиме. Строительство водохранилища с указанной емкостью позволило бы обеспечить безопасный пропуск зимних расходов при поступлении в Шардаринское водохранилище стока 17...18 км<sup>3</sup>.

В настоящее время предлагается строительство Коксарайского контррегулятора. Особенности строительства дополнительного водохранилища заключается в скорейшем освобождении Арнасайской впадины от воды с целью создания необходимой резервной емкости на случай паводков редкой повторяемости. По этой схеме часть зимнего стока из Шардаринского водохранилища перебрасывается в Коксарайский контррегулятор, который будет расположен в 165 км ниже вышеназванного водохранилища. Контррегулятор запроектирован как наливное водохранилище, в котором заполнение и сброс осуществляется самотеком.

Контррегулятор предназначен для перерегулирования зимних энергетических попусков Токтогульского водохранилища в летний ирригационный режим.

Контррегулятора позволит:

- обеспечить аккумуляцию зимнего избыточного и ранне-весеннего стока реки Сырдарья;
- обеспечить гарантированное водообеспечение орошаемых земель Кызылординской области;
- свести к минимуму сбросы воды в Арнасайское понижение;
- предотвратить угрозу затопления населенных пунктов Южно-Казахстанской и Кызылординской областей.

Создание еще одного водохранилища в низовьях реки требует разработки научно обоснованного режима наполнения и сброски водохранилища с учетом режима притока воды к Шардаринскому водохранилищу и попусков из него с целью максимального снижения отмеченных негативов и получения наибольшего хозяйственного и экологического эффектов.

Нужно отметить, что его основные параметры, прежде всего его емкость, должны быть всесторонне обоснованы. Такая необходимость исходит из следующего. Коксарайское водохранилище емкостью 3 км<sup>3</sup> позволяет безопасный пропуск зимних расходов при поступлении в Шардаринское водохранилище осен-

не-зимний стока в объеме не более  $14 \text{ км}^3$ . Как вариант предлагалось пропуск расхода воды по Сырдарье как показано на рисунке 3.

Особенностью этой схемы является то, что продолжительность опасного периода принята равной 4 месяцам и регулирующая емкость водохранилища на этот период принята равной  $2 \text{ км}^3$ , кроме этого  $1,3 \text{ км}^3$  распределяется в озерные системы на участке Жанакорган – Кызылорда и  $1 \text{ км}^3$  распределяется также в озерные системы на участке Кызылорда – Казалинск.

Схема предполагает в декабре – феврале месяцах устойчивое уменьшение расхода воды на  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ , в марте на  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  на участке Жанакорган – Кызылординская плотина за счет водозабора в озерные системы. Эта схема без специальных регулировочных мероприятий в массиве озерных систем будет очевидно представлять возврат к естественному состоянию, когда река подпитывала озерные системы и, наоборот, озерная система подпитывала реку, в силу которых наблюдалось некое “равновесное” состояние со всеми положительными и негативными проявлениями.

Для оценки возможности предлагаемой схемы нами произведен сопоставительный анализ изменения расходов воды в створах ГП Томенарык, Кызылорда и Казалинск за период 1942...1962 годы, результаты которых представлены на рисунках 4 и 5. Для анализа были привлечены также данные о среднемесячных расходах сбросов из Шардаринского водохранилища в низовья Сырдарьи и Арнасайскую впадину за период с 1993 по 2005 годы.

Рисунок 4 показывает, как происходили изменения расходов воды между гидропостами Томенарык и Кызылорда, а рисунок 5 – между гидропостами Кызылорда и Казалинск в ноябре, декабре, январе, феврале и марте месяцах, когда речная полоса испытывает трудности от процессов ледостава и ледохода. Между гидропостами Томенарык и Кызылорда имеют место как путевые потери, так и наоборот – увеличения расходов. Потери воды от ноября к январю увеличиваются, а в последующем к марту уменьшаются. Максимальное значение потерь, в основном переток в озерные системы доходят до 40 % расхода в Томенарыке, равное  $312 \text{ м}^3/\text{с}$ . Увеличение расхода у Кызылорды, по сравнению с расходом в Томенарыке, наиболее часто в начале и в конце зимы, что соответствует наиболее частым зажорному и заторному периодам. Причем это явление если в ноябре наблюдалась в 5 случаях из 19, то в марте – в 11 случаях из 18. Здесь уместно отметить, что по исследованиям [2], опасные явления (зажор, затор, наводнение, разливы) чаще бывают при вскрытии реки (62 %), реже при замерзании (32 %) и совсем редко при ледоставе (6 %). Увеличение расхода у Кызылорды по сравнению с Томенарыком доходят до  $145 \text{ м}^3/\text{с}$ ,

$Q \text{ м}^3/\text{с}$

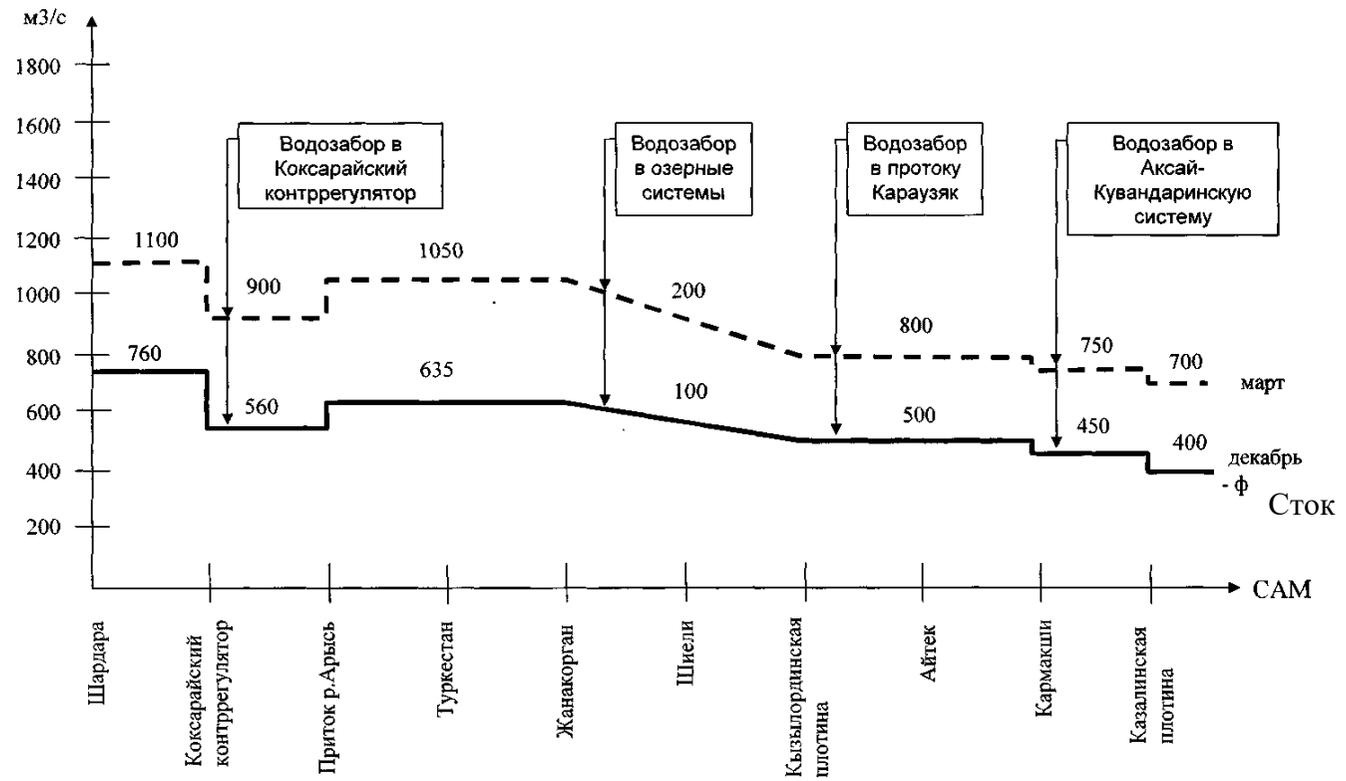
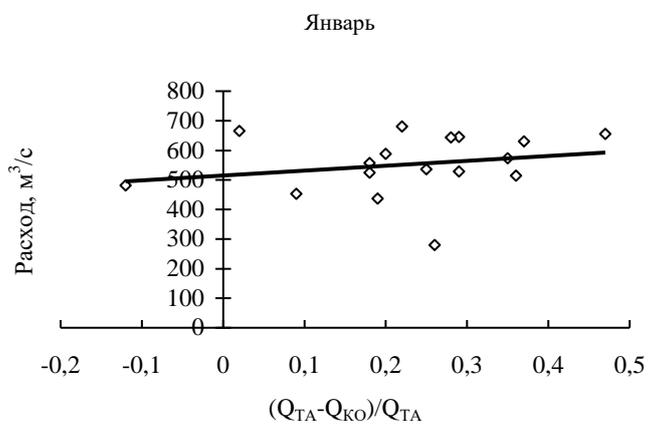
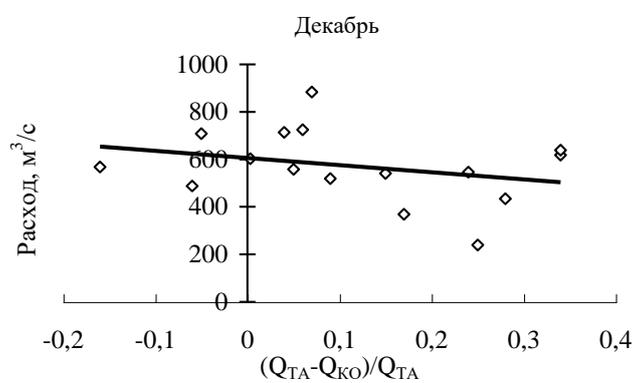
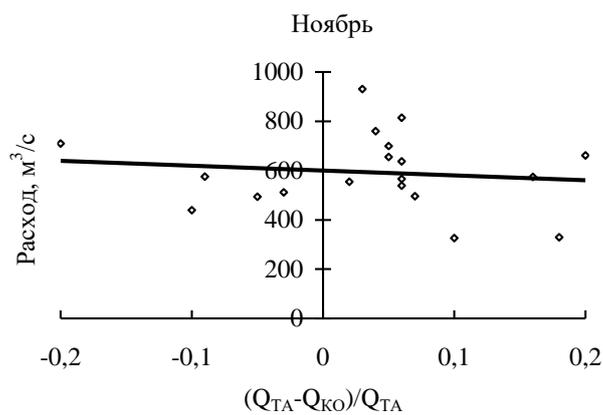


Рисунок 3 – Изменение путевых расходов воды в зимний период (декабрь – февраль) и при ледоходе (март) на участке Шардара – дельта реки.



при расходе у Томенарыка  $710 \text{ м}^3/\text{с}$ , т.е. расход у Кызылорды увеличился до  $855 \text{ м}^3/\text{с}$ .



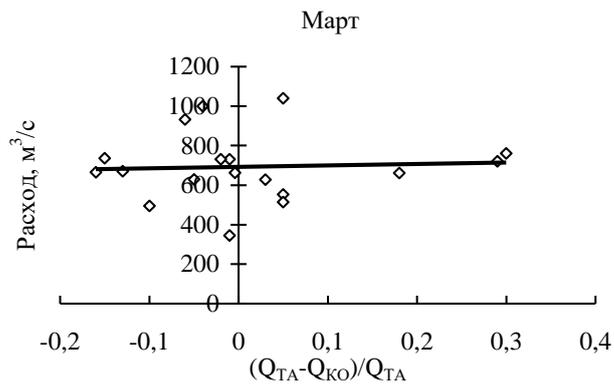
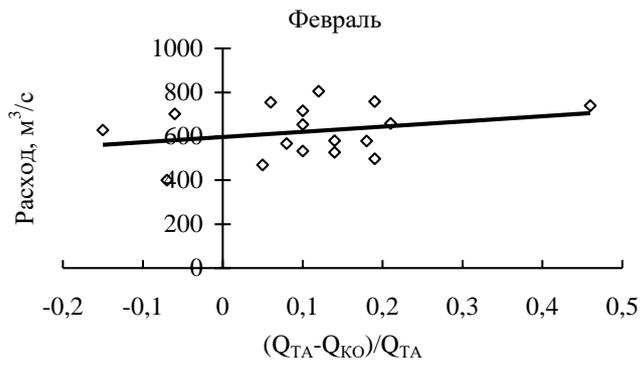
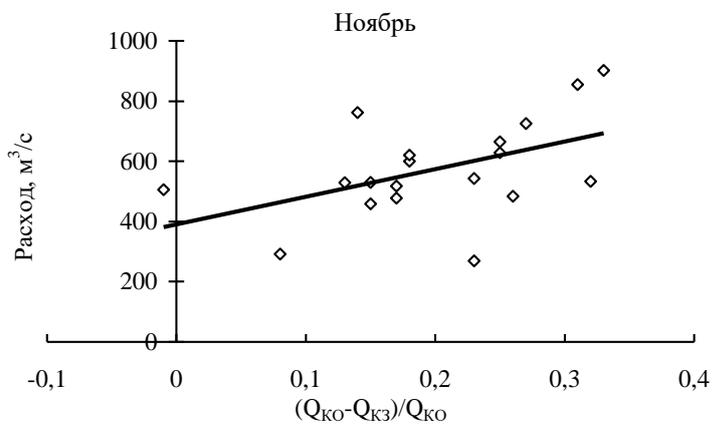
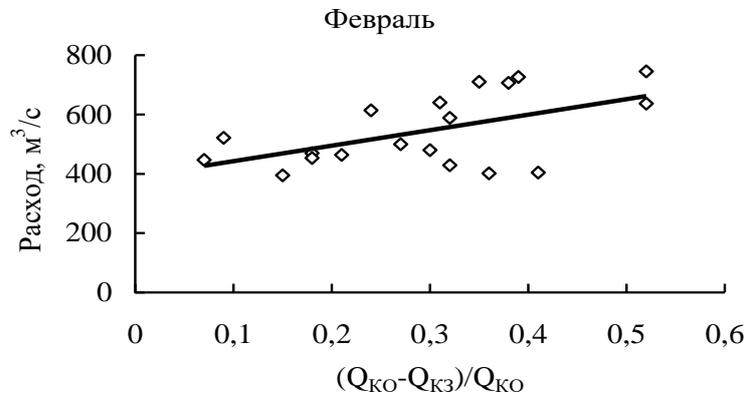
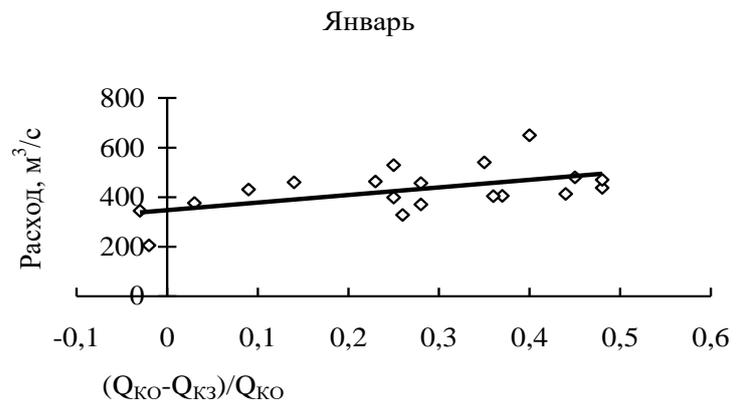
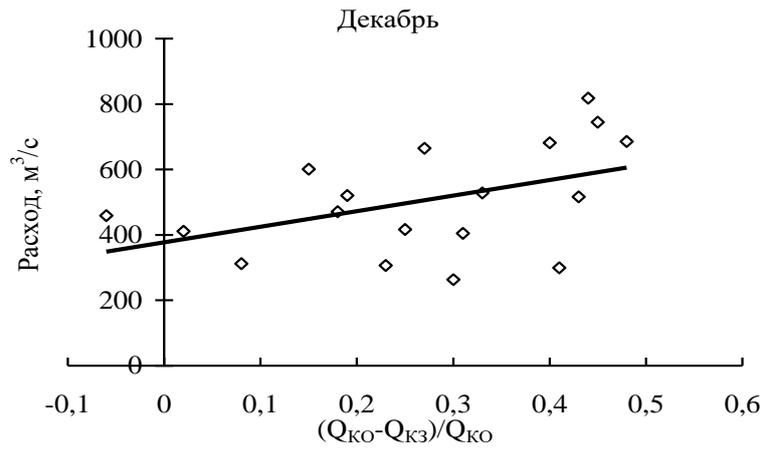


Рисунок 4 – График изменения относительных путевых потерь воды между гидропостами Томенарык – Кызылорда в зависимости от расхода воды в начале пути.





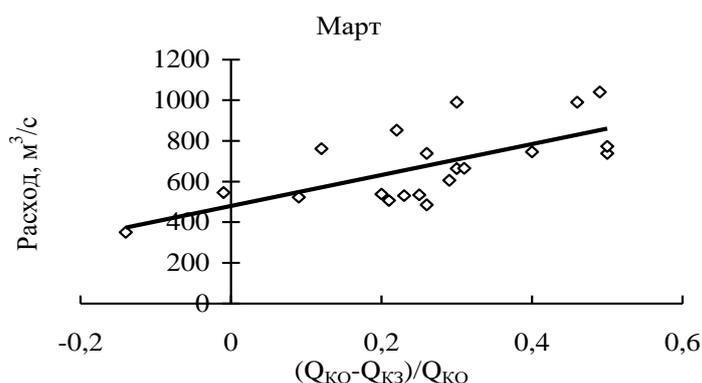


Рисунок 5 – График изменения относительных путевых потерь воды между гидропостами Кызылорда – Казалинск в зависимости расхода воды в начале пути.

В промежутке Кызылорда – Казалинск потери доходят до 50 % и более расхода воды в Кызылорде, среднее значение потерь лежит в пределах 20...30 %, наблюдается некоторая тенденция увеличения потерь с увеличением расхода. На этом участке также бывают увеличения расхода от Кызылорды до Казалинска, но очень редко и при относительно малых значениях расхода (500...350 м<sup>3</sup>/с), а доходят эти увеличения до 15 % расхода у Кызылорды. Сравнение естественных путевых потерь со схемой на рис. 3 показывает, что реальность далека от предлагаемого, и схема не очень надежна на участке Томенарык – Кызылорда.

Важной особенностью наводнений в условиях зарегулированного стока реки является возможность и необходимость резкого увеличения сбросного расхода из Шардары. Исследования показывают, что особенностью режима течения воды в р. Сырдарье в условиях открытого русла при резком увеличении попуска воды расход воды в створах Шардары и Кызылорды оказались равными “без путевых потерь” из-за разности скорости пробега паводка в естественном состоянии при резком попусковом увеличении расхода. Наблюдения за движением воды при попуске из Шардаринского водохранилища в 1967 г., с увеличением расхода воды в течение 3-х суток на 1000 м<sup>3</sup>/с, и уменьшением на эту же величину в течение одних суток показали, что высший расход в Томенарыке и Кызылорде был примерно таким же, как в Шардаре (1600 м<sup>3</sup>/с). Существенное снижение расхода (распластывание паводка) наблюдалась только в Жосалы и Казалинске (900 м<sup>3</sup>/с). Здесь, на участке Шардара – Кызылорда отбора воды в каналы не было, а на участке Кызылорда – Жосалы был отбор воды в каналы

для обводнения территории, прилегающей к этому участку. А для условий зимних попусков с резким увеличением расхода таких исследований не было проведено, между тем такие попуски реальны.

В заключении отметим, что паводковое регулирование расходов воды с помощью контррегулирующего водохранилища не только эффективно, но и является одним из реальных способов снижения зимних затруднений. При этом необходимо уточнить основные параметры водохранилища.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтунин С.Т. Регулирование русел рек. – М.: Сельхозгиз, 1962. – 350 с.
2. Машуков П.М. Гидрометеорологические условия зимних наводнений на р. Сырдарье – Л.: Гидрометеозд, 1969. – 139 с.

Комитет по водным ресурсам МСХ РК

Таразский Государственный университет им. М.Х. Дулати

#### **СЫРДАРИЯ ҰЗЕНІНІҢ ҚЫСҚЫ ҚИЫНДЫҚТАРЫНЫҢ ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНІНДЕ**

Техн. ғылым. докторы	Ж.С. Мустафаев
Техн. ғылым. канд.	А.Д. Рябцев
Техн. ғылым. канд.	М.А. Балгерей
Техн. ғылым. канд.	О.К. Карлыханов
	К. Омаров

*Сырдария үзенінің Шардара су қоймасынан теңізге қыяр аралығындағы арнаның үткізу қабілетінің тїммендеу себептері талданады және су мен мұзды арнамен қауіпсіз үткізу шаралары берілген.*