

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
Институт водных проблем и гидроэнергетики**

**Диссертационный совет Д.25.12.038**

На правах рукописи  
УДК 556.3; 556.5; (574.5)

**АВЕЗОВА АЙМАН**

**УГРОЗА НАВОДНЕНИЙ В ПОЛОВОДЬЕ НА РЕКАХ  
ЗАПАДНОГО, СЕВЕРНОГО, ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВОСТОЧНОГО  
КАЗАХСТАНА**

Специальность 25.00.27  
«Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

**Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата географических наук**

Бишкек, 2013

Работа выполнена в ТОО Институт географии  
Министерства образования и науки Республики Казахстан

**Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор  
**Гальперин Роберт Израилевич**

**Официальные оппоненты:** доктор географических наук, профессор  
**Чодураев Темирбек Мокешович**

к.г.н., академик МАН ЭБ

**Плеханов Петр Андреевич**

**Ведущая организация:** Географический факультет КНГУ им. Ж. Баласагына

Защита состоится 18 января 2013 г. в 10.00 часов на заседании  
Диссертационного Совета Д.25.12.038 при ИВПиГЭ НАН КР, г. Бишкек,  
ул. Фрунзе, 533.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИВПиГЭ  
НАН КР по адресу: 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе 533. E-mail: [iwp@istc.kg](mailto:iwp@istc.kg)

Автореферат разослан 17 декабря 2012 г.

**Ученый секретарь**  
диссертационного совета Д.25.12.038  
кандидат физико-математических наук



**Т.В. Тузова**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

**Актуальность работы.** Наводнения – самое убыточное явление природы. Среди чрезвычайных ситуаций (ЧС) в Казахстане наводнения занимают первое место по повторяемости и нанесенному материальному ущербу. Для предотвращения бедствий и ущербов исключительно важна надежная оценка основных поражающих факторов наводнений – максимальных расходов ( $Q_{\max}$ ) и уровней воды ( $H_{\max}$ ) рек при прохождении экстремально высоких половодий и паводков. Между тем, расчёты значений  $Q_{\max}$  и  $H_{\max}$  редкой повторяемости и параметров распределения в массовом порядке производились лишь в 50-70-х гг. прошлого столетия. К настоящему времени появилась новая объемная исходная информация и в определенной степени изменились концептуальные подходы к самой методологии расчётов.

Произведенные в работе расчёты и обобщения восполняют этот пробел для речных бассейнов территории, составляющей 70 % площади республики Казахстана, и создают базу для более надежных оценок экстремальных гидрологических характеристик в неизученных створах.

**Тема диссертационной работы связана** с научно-исследовательскими работами Института географии РК «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений», подзадание: 1.3.1 «Оценить и дать прогноз возобновляемых водных ресурсов в речных системах Восточного, Центрального, Северного и Западного Казахстана с учётом влияния климатических и антропогенных факторов (2009-2011 годы)», «Опасные гидрологические процессы», а также Международным научно-новаторским проектом 111 в области исследований по гидроэкологии и безопасному использованию водных ресурсов аридных и семиаридных территорий, КНР г. Сиань, Чан'аньский университет 2011-2012 гг .

**Цель работы** – оценить количественные характеристики угрозы наводнений в половодье на реках исследуемой территории.

**В задачи работы входило:**

1) на основе анализа территориальной согласованности формирования высоких половодий и временных тенденций  $Q_{\max}$  в условиях меняющегося климата определить расчётный период, характеризующий современную гидрологическую ситуацию;

2) произвести реконструкцию рядов наблюдений и, используя накопленную к настоящему времени информацию и методические новации, оценить максимальные расходы и уровни воды редкой повторяемости в створах гидрологических постов;

3) по створам с условно-естественным стоком выявить территориальные закономерности  $Q_{\max}$  и вывести расчётные районные зависимости для оценки максимального стока в неизученных створах;

4) для створов ниже крупных водохранилищ произвести оценку влияния последних на максимальные расходы воды, рассчитать их значения в

условиях антропогенной трансформации. Вывести расчётные зависимости для зарегулированных рек Ишим и Урал;

5) охарактеризовать опасности затопления территорий, оценить их количественные показатели (амплитуды уровней, выход воды на пойму, превышение опасных отметок) для основных гидростворов; составить карту амплитуд уровней воды в реках.

**Объект исследования** – реки Урало-Каспийского, Тобол-Торгайского, Нура-Сарысуйского, Ишимского и Иртышского бассейнов.

**Предмет исследования:** максимальные расходы и уровни воды в половодье, амплитуда уровней рек, затопление территории, угроза наводнений в половодье.

#### **Исходные данные и методика исследований**

Использованы материалы натуральных наблюдений на постах Казгидромета и ведомственных организаций, обзоры опасных гидрологических явлений, данные по отметкам опасных уровней воды в створах гидростворов.

Применены методы гидрологической аналогии, комплексного пространственно-временного анализа, корреляционного анализа, обобщений и районирования в условиях многообразия факторов формирования максимального стока и нестабильности климата.

#### **Научная новизна исследования:**

- впервые рассмотрены вопросы территориальной согласованности колебаний максимального стока на значительной части Казахстана;

- исследованы многолетние тенденции максимального стока рек в условиях меняющегося климата, что позволило обоснованно назначить расчётный период;

- для увеличения объёма исходной информации произведена реконструкция рядов максимальных уровней и расходов воды, в итоге получены длительные непрерывные ряды этих характеристик;

- с привлечением максимум накопленной исходной информации произведены расчёты максимальных расходов и уровней воды редкой повторяемости по гидрологическим постам;

- оценено влияние водохранилищ на максимальный сток пяти основных рек территории, рассчитаны максимальные расходы и уровни воды редкой повторяемости зарегулированных рек;

- получены расчётные зависимости для оценок максимальных расходов воды повторяемостью раз в 100 лет для ряда речных бассейнов исследуемой территории;

- построена карта амплитуд максимальных уровней воды рек Казахстана и дана оценка опасности наводнений на участках гидростворов.

#### **Теоретическая значимость работы состоит:**

- в апробации варианта методики статистической обработки рядов максимальных уровней и расходов воды;

- в доказательстве на основе анализа временных рядов нецелесообразности ограничения расчётного периода для  $Q_{\max}$  и  $H_{\max}$  для характеристики современной ситуации.

**Практическая значимость работы состоит:**

- в получении расчётных характеристик максимальных расходов и уровней воды редкой повторяемости на основе использования всей накопленной информации и реконструкции рядов, во многих случаях существенно отличающихся от опубликованных ранее данных;

- в создании базы данных для более надежного применения метода аналогии и переоценки параметров расчётных формул;

- в установлении зависимостей для оценки максимальных расходов воды в неизученных створах;

- в количественной оценке площадных и точечных характеристик опасностей при прохождении половодья: максимальных амплитуд уровня воды, частоты и величины превышения опасных отметок, ширины зоны затопления.

**Защищаемые положения:**

1) Территориальная согласованность прохождения высших и низких половодий по рекам территории значительно слабее, чем для характеристик годового стока; основные контрасты – между западной и восточной частями территории;

2) Вывод о нецелесообразности ограничения расчётного периода для рядов максимального стока, основанный на анализе многолетнего хода величин максимальных расходов воды;

3) Апробация метода усеченных распределений в варианте КазНУ для оценки максимальных расходов и уровней воды редкой повторяемости;

4) Значения максимальных расходов и уровней воды редкой повторяемости для незарегулированных и зарегулированных рек, полученные с привлечением всей накопленной информации;

5) Расчётные зависимости для оценки значений максимального стока повторяемостью раз в 100 лет для незарегулированных рек и для зарегулированных водохранилищами рек Урал и Ишим.

6) Количественные гидрологические характеристики опасности наводнений.

**Личный вклад соискателя.** Автором лично создана база данных по максимальным уровням и расходам воды рек, произведена реконструкция рядов и выполнена их статистическая обработка с расчётом характеристик редкой повторяемости. Произведена апробация варианта методики усеченных распределений, доказана целесообразность его применения для экстремальных характеристик. Автор участвовала во всех разработках по научно-прикладной тематике в части обобщений материалов по максимальным уровням и расходам воды рек территорий, установлении территориально-временных закономерностей, разработке расчётных зависимостей, количественной оценке гидрологической составляющей угрозы наводнений.

**Апробация результатов диссертации.** Материалы диссертации и ее отдельные фрагменты докладывались на: Международной научно-практической конференции «География: наука и образование» (Алматы, 11-12 декабря 2008 г.); Международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в РК» (28 апреля 2010 г. Алматы); Международной научно-практической конференции «Проблемы системного подхода в географических исследованиях» («VI Жандаевские чтения» 13-14 апреля 2011 г.); Международных конференциях «Гидроэкология и безопасное использование водных ресурсов засушливых и полузасушливых районах» (КНР: Сиань, 2011 и 2012 гг.).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 12 работ. Из них 4 работы единовременных, 6 в периодических изданиях Казахстана, 2 - в зарубежных изданиях и 3 – в рекомендованных ВАК КР.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 105 наименований и приложения. Объем работы – 167 страниц, включая 24 таблиц и 55 рисунков.

#### **Основное содержание диссертации.**

Во **введении** обоснована актуальность проблемы адекватной оценки возможных экстремальных значений гидрологических характеристик при прохождении волны половодья. На основе анализа изученности вопроса делается вывод о необходимости пересмотра расчётных характеристик этих экстремумов в створах гидропостов (с привлечением максимума накопленной информации) как основы для применения метода аналогии и уточнения параметров расчётных формул. Дается краткая характеристика наводнений рек Урало-Каспийского, Тобол-Торгайского, Нура-Сарысуйского, Ишимского и Иртышского бассейнов (рис. 1.).



Рис. 1. Водохозяйственные бассейны Казахстана.

- 1 – границы водохозяйственных бассейнов;
- 2 – границы административных областей

**В первой главе** приводится обзор сведений о наводнениях в Казахстане, излагается история экстремальных гидрологических ситуаций за последнюю четверть века с 1985 по 2009 гг.

Высокие половодья (паводки) на тех или иных реках Казахстана отмечаются почти ежегодно, что не в последнюю очередь обусловлено исключительно высокой временной изменчивостью стока рек территории как внутри года, так и в многолетнем разрезе. Им способствуют самые разные гидрометеорологические явления: повышенные снегозапасы к началу снеготаяния, обильное осеннее увлажнение почво-грунтов, дружная ранняя весна, позднее начало снеготаяния при хорошо сохранившемся снежном покрове, повышенные осадки в период снеготаяния. Кроме того, высокие подъёмы уровня воды в реках могут вызвать значительные сбросы из водохранилищ и заторно-зажорные явления.

Наводнение - значительно более распространенное стихийное бедствие по сравнению с другими экстремальными природными событиями. Так, по данным П.А. Плеханова в 1993-2003 г. весенние половодья и дождевые паводки составили около 30 % от числа всех Чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера.

В настоящей работе рассмотрена гидрологическая составляющая угрозы наводнений в половодье, о которой можно судить по данным гидрометрических наблюдений, хотя в ряде случаев антропогенное искажение природных условий сказывается и на фиксируемых наблюдениями характеристиках. Количественными критериями опасности затопления территории являются:

- *максимальные расходы воды редкой повторяемости как причина высокого поднятия уровня воды в реке;*
- *максимальные уровни воды высоких половодий;*
- *величина поднятия уровня воды в реке в половодье;*
- *частота затопления речной поймы;*
- *глубина затопления поймы при высоких половодьях;*
- *ширина зоны затопления приречных территорий при высоких половодьях;*
- *продолжительность затопления поймы при высоких половодьях.*

Определённым показателем может быть также коэффициент вариации максимального стока рек.

Угроза наводнений в отношении конкретных объектов может быть оценены по этой вероятностной информации.

В работе основное внимание уделено первым двум характеристикам, которые в определенной степени могут характеризовать условия не только непосредственно в створе наблюдений, но и на некотором участке реки. При этом максимальные уровни воды интересны не сами по себе, а в сочетании с такими показателями как превышение над опасными отметками, над отметкой выхода воды на пойму, а также как характеристика амплитуды уровней.

**Вторая глава** посвящена методическим вопросам статистических оценок экстремальных характеристик водного режима рек.

Исследования и расчеты весеннего половодья и дождевых паводков в научном и практическом отношении - один из важнейших показателей учения о стоке. Научное значение данного вопроса обусловлено прежде всего тем, что весеннее половодье определяет общие черты режима стока рек того или иного района, что особенно типично для рек равнинного Казахстана, где питание рек «исключительно снеговое» (по М.И. Львовичу). Объем стока в половодье здесь составляет основную его долю, а на малых водотоках - и весь годовой сток («казахстанский тип» по Б.Д. Зайкову). Адекватная оценка экстремумов редкой повторяемости чрезвычайно важна в конкретном проектировании, при разработке мероприятий по водной безопасности; это определяет исключительную практическую значимость вопроса.

Но высокие и низкие половодья нередко определяются разным набором природных факторов, в итоге для натурального ряда иногда невозможно подобрать единый статистический закон. Тогда целесообразно применять усеченное распределение.

О возможности использования этого метода писал и Д. Л. Соколовский. Наибольшее внимание усеченному распределению в отечественной (СССР) гидрологической практике уделял Е. Г. Блохинов. Им рассмотрено два распределения: нормальное, практически не употребляемое для стоковых величин, и гамма-распределение – с фиксированным соотношением  $C_s=2C_v$ , что также не всегда удобно, особенно для максимальных расходов воды.

Такая методика, во-первых, в конечном итоге направлена на подбор статистического закона, описывающего полное распределение, что далеко не всегда оправдано и целесообразно. Во-вторых, она жестко фиксирует точку усечения – медианную ординату. Но «перелом» эмпирической кривой обеспеченности максимальных гидрологических характеристик связан с рядом природных факторов, в том числе морфологией долины реки. Он далеко не всегда приходится на медианную ординату.

На рис. 2 приведено эмпирическое распределение максимальных расходов воды западно-казахстанской р. Купернакты в районе с. Алгабас, где очевиден перелом кривой в районе обеспеченности 20-25 %. Вывод однозначен: выбор точки усечения должен исходить из эмпирического распределения, а не назначаться волевым порядком, поскольку «закон» распределения и соответствующая кривая обеспеченности – всего лишь технический прием, заключающийся в подгонке к эмпирическим данным.

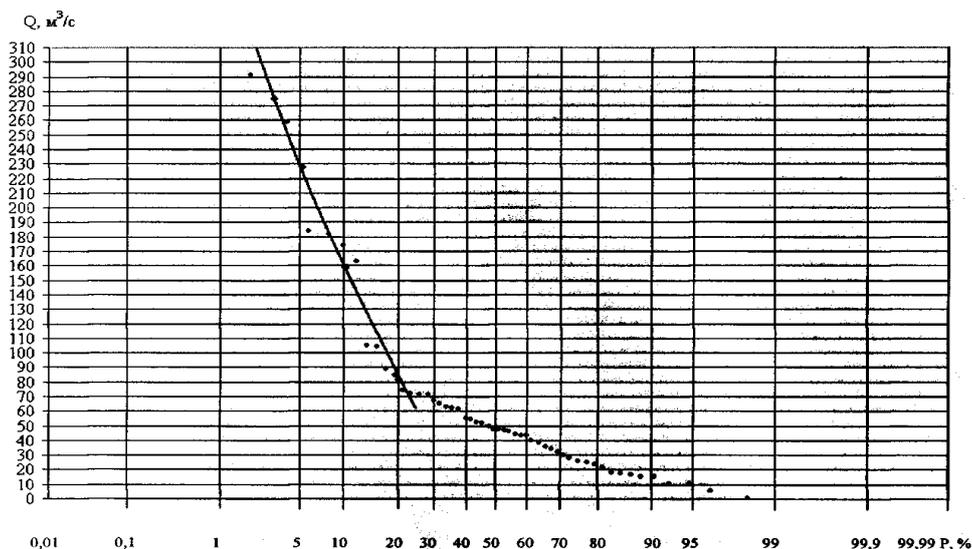


Рис. 2. Обеспеченность максимальных расходов воды  
р. Купернакты – с. Алгабас.

В настоящей работе апробировано предложенное Р.И. Гальпериним использование графо-аналитического метода Г.А. Алексева применительно лишь к части ряда по следующей схеме:

- среднеквадратическое отклонение усеченной части ряда определяется по двум опорным точкам, снятым с эмпирической кривой обеспеченности;
- коэффициент асимметрии назначается путем подбора;
- обеспеченные значения исследуемой величины рассчитываются с использованием одной из опорных ординат.

Расчетные формулы:

$$\sigma = (Q_{p1} - Q_{p2}) / [\Phi(P_1, C_s) - \Phi(P_2, C_s)], \quad (1)$$

$$Q_{pi} = Q_{p2} + \sigma [\Phi(P_i, C_s) - \Phi(P_2, C_s)]. \quad (2)$$

где  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение;  $Q_{p1}$  и  $Q_{p2}$  – выбранные опорные ординаты, снятые с эмпирической кривой обеспеченности;  $\Phi(P_1, C_s)$  и  $\Phi(P_2, C_s)$  – нормированные ординаты кривой обеспеченности.

В результате применения такого метода, во-первых достигается лучшее приближение к эмпирическим данным именно в интересующем потребителя диапазоне обеспеченностей, а во-вторых, поскольку верхняя опорная точка фиксирована, налицо меньшая зависимость результатов от принятого значения  $C_s$  – параметра, который практически *всегда* определяется неточно.

В дальнейших расчётах метод усеченного распределения использован для максимальных расходов и уровней воды в тех случаях, когда теоретическая кривая обеспеченности полного ряда неадекватно описывает распределение самых высоких расходов воды.

**В третьей главе** диссертации приводятся расчёты максимальных расходов воды рек Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана на необходимы для оценки угрозы наводнений в половодье.

Принципы исследования: реконструкция рядов максимальных расходов воды, пространственно-временной анализ, статистические расчёты, в том числе с применением усеченных распределений, выявление закономерностей пространственного распределения, вывод региональных зависимостей.

Всего по рассматриваемой территории проанализировано 727 действующих в разное время гидрологических постов (включая экспедиционные): 160 в Урало-Эмбинском районе, 83 – в бассейне Торгая, 52 в бассейне Ишима, 73 – в бассейне Нуры, 102 – в бассейне Сарысу, 167 – в бассейне Иртыша. В этом списке преобладают посты с кратковременными наблюдениями, вплоть до 1-2 лет. Полные ряды – большая редкость.

После распада СССР гидрологическая сеть в Казахстане резко сократилась в – 3,2 раза. Сейчас функционируют в Урало-Эмбинском районе всего 24 поста, в бассейне Иртыша 24, в бассейне Торгая – 4, в бассейне Сарысу – всего один пост. Непрерывные (во все годы) наблюдения более 50 лет велись лишь на отдельных постах. При этом именно максимальные расходы воды слабо освещены наблюдениями, а возможности восстановления отсутствующих значений намного более ограничены, чем для среднего годового стока. Такая оценка произведена по 152 постам, а именно:

- Западный Казахстан (Урало-Эмбинский район) – 45 рядов;
- Бассейны Ишима и Тобола – 36 рядов;
- Бессточные бассейны Центрального Казахстана – 40 рядов;
- Восточный Казахстан (бассейн Верхнего Иртыша) – 31 ряд.

Территория Казахстана очень велика, и даже одни и те же макроциркуляционные процессы приводят к неодинаковым гидрометеорологическим условиям в разных ее частях.

Были рассмотрены статистические аспекты согласованности по территории высоких и низких максимальных расходов воды ( $Q_{max}$ ) за период 1974-2007 гг., в наибольшей степени характеризующий именно современную ситуацию.

Использованы данные с наименьшим количеством восстановленных лет. Каждый год ряда отнесен к одной из трех групп лет: многоводным (обеспеченность меньше 34 %), средним по водности (обеспеченность 34-67 %), маловодным (с обеспеченностью более 67 %).

Отмечаются случаи как относительно высокой согласованности колебаний максимальных расходов воды по территории, так и значительных контрастов в разных ее частях.

Наиболее показательны следующие варианты:

- повышенный максимальный сток на всей территории;
- пониженный максимальный сток на всей территории;
- повышенный максимальный сток в Западном Казахстане, бассейнах Ишима и Тобола, пониженный – в Восточном и Центральном Казахстане;

- пониженный максимальный сток в Западном Казахстане, бассейнах Ишима и Тобола, повышенный – в Восточном и Центральном Казахстане;
- случаи пестрого распределения  $Q_{\max}$ .

Использован также коэффициент синхронности стока ( $K_c$ ), предложенный Б.А. Поповым. Из рассмотренного 34-летнего ряда в 27 % случаев (лет)  $K_c \geq 0,6$ , то есть степень синхронности высока, в 38 % случаев  $K_c \leq 0,4$ , то есть максимальный сток преимущественно асинхронен, в 35 % случаев  $0,4 < K_c < 0,6$ , то есть картина, в общем-то, размытая. В трех случаях вообще не выделяется преобладающего класса, поскольку два смежных класса водности имели одинаковое распространение. Из 9 лет с высокой синхронностью максимального стока 4 относятся к маловодным, 2 – к средним по водности, 3 – к многоводным.

Хотя степень синхронности  $Q_{\max}$  в целом невысока, но отдельные случаи (годы) весьма показательны. Наибольший коэффициент синхронности  $K_c = 0,83$  характерен для многоводного 1993 года. Для маловодных лет «рекордсменом» был 2006 г., когда  $K_c = 0,73$ .

Территориальная согласованность прохождения высоких и низких половодий слабее, нежели синхронность годового стока. Контрастность чаще всего отмечается между западной и восточной частями территории. Имели место и годы с исключительно высоким максимальным стоком на большей части территории, это приводило к возникновению Чрезвычайных ситуаций в целом ряде районов.

Наиболее опасным для значительной части территории был 1993-й год. На реках Урал, Эмба, Уил, Утва, Тобол, Ишим, Аят, Колутон, Жабай, Нура, Шерубай-Нура максимальные уровни воды превосходили опасные отметки. На Ишиме в пределах Северо-Казахстанской области высота волны половодья была – более 8 м, на Нуре – 5-6 м, на Жабасе – 6-7 м. По оценкам в 1993 г. только прямой ущерб от наводнений в Казахстане составил 500-600 млн. долларов, эвакуировано более 12,5 тыс. человек. Это ЧС, очевидно, относится к самой высокой категории.

В качестве характеристик высоты половодья рассмотрены значения максимальных годовых расходов воды и их абсолютная изменчивость – среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ). Методы анализа их многолетних изменений: скользящее осреднение, интегральные кривые, разностные интегральные кривые.

По большинству пунктов, где не было существенного искажения стока водохранилищами, параллельно уменьшению в многолетнем разрезе годового стока происходит и уменьшение максимальных расходов воды. Но даже в одном и том же районе (бассейне) могут отмечаться противоположные многолетние тенденции. Кроме того, изменения величины максимальных расходов воды в большинстве случаев статистически незначимы.

Приведенный выше анализ позволил сформулировать следующие принципы для расчёта характеристик максимального стока:

- нецелесообразно ограничение расчётного периода, поскольку это может привести к занижению расчётных характеристик; оценку лучше производить за возможно более длительный период, причем необязательно одинаковый для разных створов;

- коэффициент асимметрии целесообразно оценивать методом подбора – по варианту наилучшего соответствия теоретической кривой эмпирическим данным;

- если теоретическая кривая плохо соответствует верхним точкам распределения, то целесообразно использовать усеченное распределение; при этом точка усечения не обязательно соответствует медианной ординате, а назначается, исходя из особенностей эмпирической кривой обеспеченности;

- в случае зарегулированного крупными водохранилищами стока обязательно ограничение расчётного ряда – по году введения в строй гидроузла;

- расчёты расходов обеспеченностью 0,1 или 0,3 % даже по самым длинным рядам всегда грубо приближенны; целесообразно ограничиться обеспеченностью 1 %; при необходимости от этой величины можно перейти к расходу обеспеченностью 0,5 %.

В некоторых случаях налицо значительные отклонения полученных расчётных величин от опубликованных в «Ресурсах поверхностных вод» и других кадастровых материалах. Основные причины: различие в методах оценки статистических характеристик максимальных расходов воды, значительная ограниченность рядов при создании упомянутых документов, а также создание в 60-70-х гг. водохранилищ.

В таблице 1 приведены примеры расхождений в цифрах, приводимых в «Ресурсах», и рассчитанных при продлении рядов до 2007 г.

Таблица 1 - Сравнение результатов расчёта  $Q_{1\%}$  с данными «Ресурсов поверхностных вод» (примеры)

Река-створ	$Q_{1\%}, \text{ м}^3/\text{с}$		Расхождение, %
	расчетные данные	«Ресурсы»	
Ишим – г. Петропавловск	1970	6600	235
Урал – с. Кушум	10840	15800	46
Илек – г. Актюбинск	1300	3520	171
Иртыш – г. Усть-Каменогорск	2220	3920	77
Эмба – с. Жанбике	1340	2820	110
Орь – с. Бугетсай	1300	2550	96
Актасты – с. Белогорский	46,1	79,1	72
Темир – с. Ленинский	1180	2540	115
Ключ Орловка – с. Орловка	10,4	13,7	32
Большой Бокен – с. Джумба	344	424	23
Куршим – с. Вознесенское	1270	842	-34

По первым четырем створам причиной расхождения является создание водохранилища, регулирующего паводковый сток. В других случаях расхож-

дения существенны в связи с коротким рядом наблюдений в предшествующих оценках, нередко завышающих расчётный расход.

На основе произведенных расчётов для незарегулированных рек построены расчётные зависимости модуля максимального стока обеспеченностью 1 % от площади водосбора, приведенные в табл. 2.

В качестве меры рассеивания принято среднее отклонение точек (конкретных значений) от линии зависимости для большей части бассейна Урала, бассейнов Ишима – Тобола, Сарысу и Нуры (табл.2). Естественно, зависимости действительны лишь в пределах освещённого наблюдениями диапазона площадей водосбора.

Таблица 2 - Характеристики зависимостей  $q_{\max 1\%} = f(F)$ .

Бассейны рек	Зависимость	Пределы площади водосбора, км <sup>2</sup>	Отклонение точек от зависимостей, %		
			средняя	макс. положительная	макс. отрицательная
Левобережье р. Урал	$3515/F^{0,332}$	40-8100	23,7	99,1	-24,8
Эмба-Уил	$66069/F^{0,687}$	950-35000	22,0	30,1	-32,6
Ишим-Тобол	$3420/F^{0,341}$	200-20000	18,9	58,0	-43,3
Нура	$1148/F^{0,314}$	1000-55000	17,4	36,3	-26,4
Сарысу	$19400/F^{0,733}$	500-27000	28,2	51,7	-65,8
Иргиз	$(895/F^{0,276})$	8000-27000	-	-	-

Примечание: \*- для р. Иргиз формула сугубо ориентировочная

Для рек, чей сток зарегулирован крупными водохранилищами, аналогичные зависимости не прослеживаются, распределения максимальных расходов по длине реки сложное. Построены графики хода  $Q_{\max}$  редкой повторяемости вдоль по длине реки Ишим (рис.3.).

Построение предлагается для оценки высоких максимумов стока в неизученных створах.

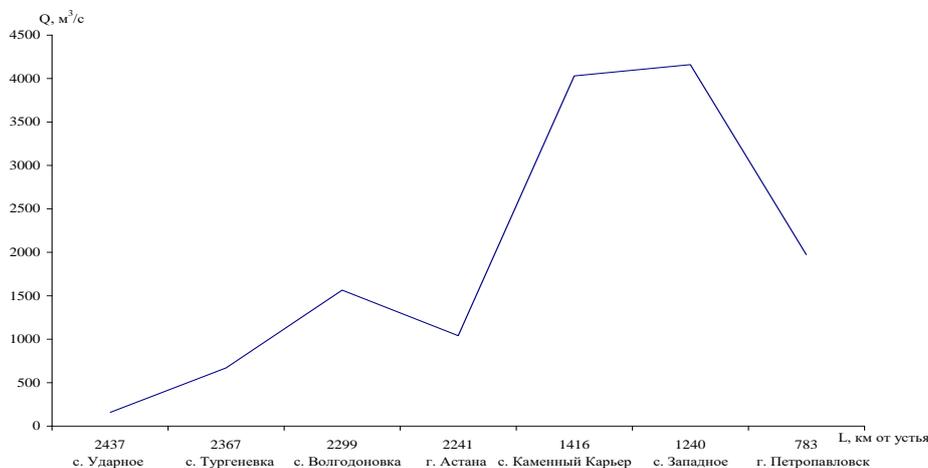


Рис. 3. Изменение  $Q_{\max 1\%}$  по длине р. Ишим

Итак, приведенные в третьей главе характеристики могут служить основой для оценки максимальных расходов воды в неизученных створах, для проектирования гидротехнических сооружений, при разработке мероприятий, для защиты территорий, населенных пунктов, хозяйственных объектов от наводнений.

**В четвертой главе** диссертации исследованы максимальные уровни воды редкой повторяемости для рек на рассматриваемой территории. Это наиболее важная характеристика для расчёта угроз наводнений для конкретных территорий и объектов. Она необходима для оценки глубины, частоты и ширины зоны затопления и в любой момент может быть дополнена узко местными топографическими данными.

Принцип статистической обработки рядов максимальных уровней воды тот же, что и при обработке рядов максимальных расходов воды. Но в связи с влиянием морфологии долины реки, в особенности размеров и строения поймы, в случае максимальных уровней ещё более целесообразно применение усечённых распределений.

Для рек, на которых функционируют крупные водохранилища (Урал, Илек, Тобол, Ишим, Иртыш), начало исходного ряда ограничено сроком ввода сооружения в эксплуатацию.

Рассчитаны максимальные уровни воды различной обеспеченности за многолетний период по 2007 г. включительно по 83 створам для рек:

- для рек Западного Казахстана – по 25 створам,
- для рек Центрального Казахстана – по 20 створам,
- для рек бассейнов Есиля и Тобыла – по 24 створам,
- для рек Восточного Казахстана – по 14 створам.

Для створов, расположенных ниже крупных водохранилищ, ряды  $H_{\max}$  исследованы на однородность, и в случае обнаружения значительного их воздействия на величины максимумов расчёты производились лишь для части многолетнего ряда – для периода после создания водохранилищ.

Эти данные использованы для оценки, как характерных уровней воды, так и вероятности их наступления. Очевидно, особый интерес представляет статистика превышения опасных для населения и хозяйственных объектов уровней речной воды.

Освещены следующие 5 характеристик:

- наибольшая амплитуда уровня воды при прохождении волны половодья;
- максимальное превышение уровня воды над опасной отметкой;
- вероятность превышения опасной отметки;
- вероятность выхода воды на пойму;
- ширина полосы затопления (табл.3).

Таблица 3 – Оценка характеристик опасности затопления для некоторых рек Казахстана

Река-пост	$H_{1\%}$ , м (над «0 поста»)	Опасный уровень, $H_{оп.}$ , м	Вероятность превышения $H_{оп.}$ , %	Возможные величины превышения, м	Возможная ширина полосы затопления, км	Градации опасности угрозы наводнений
Урал – г. Уральск	875	850-870	2	0,25	10-12	высокая опасность затопления 6-10 м
Деркул – с. Ростошский	843	600	20	2,5	поймы нет	значительная опасность затопления 3-6 м
Нура – с. Бес – Оба	459	420	6	0,4	0,8	значительная опасность затопления 3-6 м
Ишим – г. Астана	679	450	50	2,3	0,8-1,2	высокая опасность затопления 6-10 м
Жабай – с. Балкашино	540	457	8	0,8	0,1	значительная опасность затопления 3-6 м
Тобол – г. Костанай	884	500	30	3,8	3	значительная опасность затопления 3-6 м
Черный Иртыш – с. Буран	592	520	8	0,7	4-6	значительная опасность затопления 3-6 м
Курчум – с. Вознесенка	406	280	30	1,25	0,7	значительная опасность затопления 3-6 м
Бухтарма – с. Берель	427	280	15	1,5	0,12	значительная опасность затопления 3-6 м
Уба – с. Шемонаиха	510	420	20	0,9	1,5	средняя опасность затопления 1,5 -3 м

Как следует из приведенных в работе данных (см. также таблицу 3) на многих реках возможно превышение уровня воды над горизонтом начала затопления прибрежных территорий даже над опасным уровнем.

Показатели угрозы наводнений охарактеризованы картой (рис. 4).

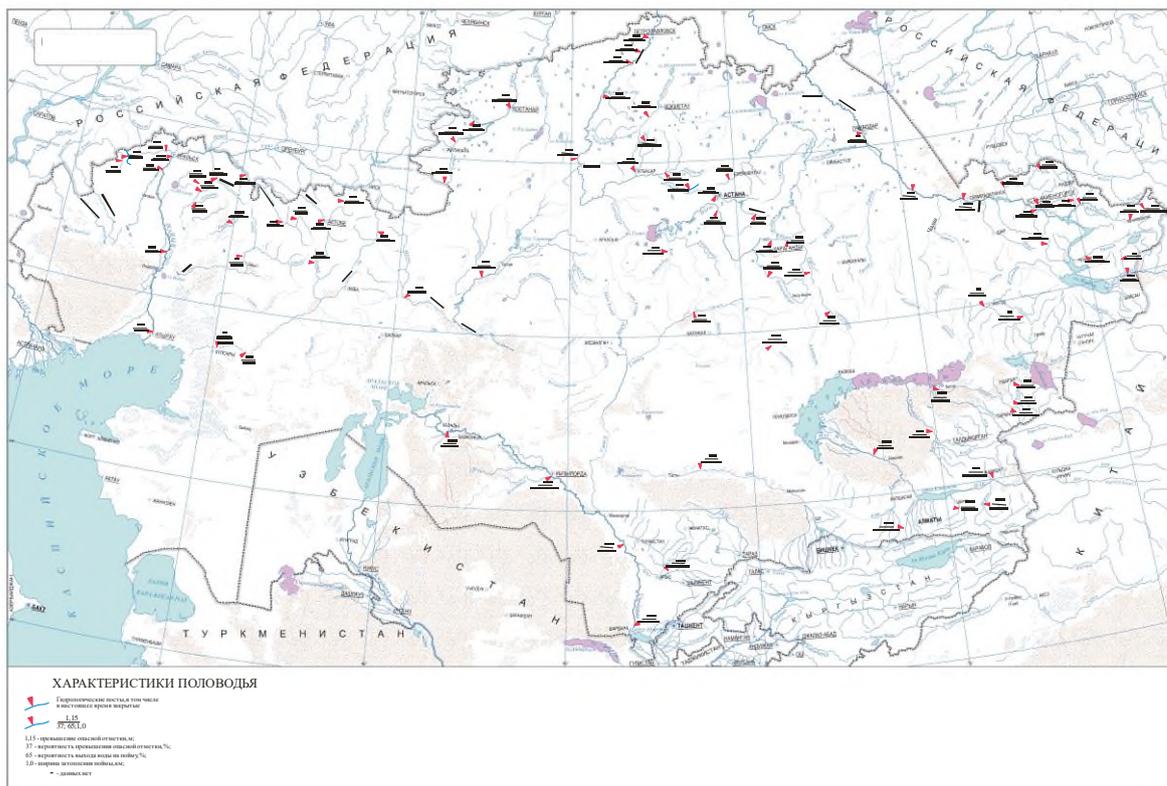


Рис. 4. Карта опасностей затопления приречных территорий в Казахстане

Вероятность превышения уровня над опасной отметкой и вероятность выхода воды на пойму оценены с использованием построенных кривых обеспеченности годовых  $H_{\max}$ .

Величина возможного превышения опасной отметки в большинстве приведенных на рис. 4 и в табл. 3 случаев характеризует ситуацию, которую можно ожидать раз в 100 лет.

Величина амплитуды уровня воды в половодье для ряда рек приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Наибольшие поднятия амплитуды уровня воды в половодье, см

№	Река-створ	Год	Амплитуда уровня воды
1	2	3	4
1	Урал – с. Кушум	1957	879 <sup>36)</sup>
2	Урал – пос. Мергеневский	1957	929 <sup>36)</sup>
3	Урал – с. Калмыково	1926	1005 <sup>36)</sup>
4	Орь – с. Бугетсай	1959	499
5	Илек – с. Чилик	1966	655
6	Чаган – пп. Каменный	1957	835
7	Деркул – с. Ростошский	1986	717
8	Купернакты – с. Алгабас	1957	762
9	Ишим – с. Покровка	1986	1197
10	Ишим – г. Петропавловск	1994	927

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
11	Терсаккан – свх. им. Гагарина	1996	731
12	Тобол – с. Новоильновка	1985	642
13	Аят – с. Варваринка	2000	677
14	Тогузак – с. Тогузак	1997	646
15	Иртыш – с. Семиарское	1980	693
16	Кальджир – с. Черняевка	1984	522
17	Селеты – п. Изобильный	1996	769
18	Нура – с. Романовское	1993	580
19	Куланутпес – с. Щербаковский	1970	588
20	Торгай – пески Тосум	1949	1243
21	Тасты – свх. Тастинский	1979	720
22	Иргиз – с. Шенбергал	1983	608
Примечание: *) – до создания Ириклинского водохранилища			

С учётом возможной амплитуды уровней воды в половодье выделено 5 градаций опасности угрозы наводнений:

- 1) < 1,5 м – малая опасность затопления;
- 2) 1,5 – 3 м – средняя опасность затопления;
- 3) 3 – 6 м – значительная опасность затопления;
- 4) 6 – 10 м – высокая опасность затопления;
- 5) > 10 м – исключительно высокая опасность затопления (рис. 5).

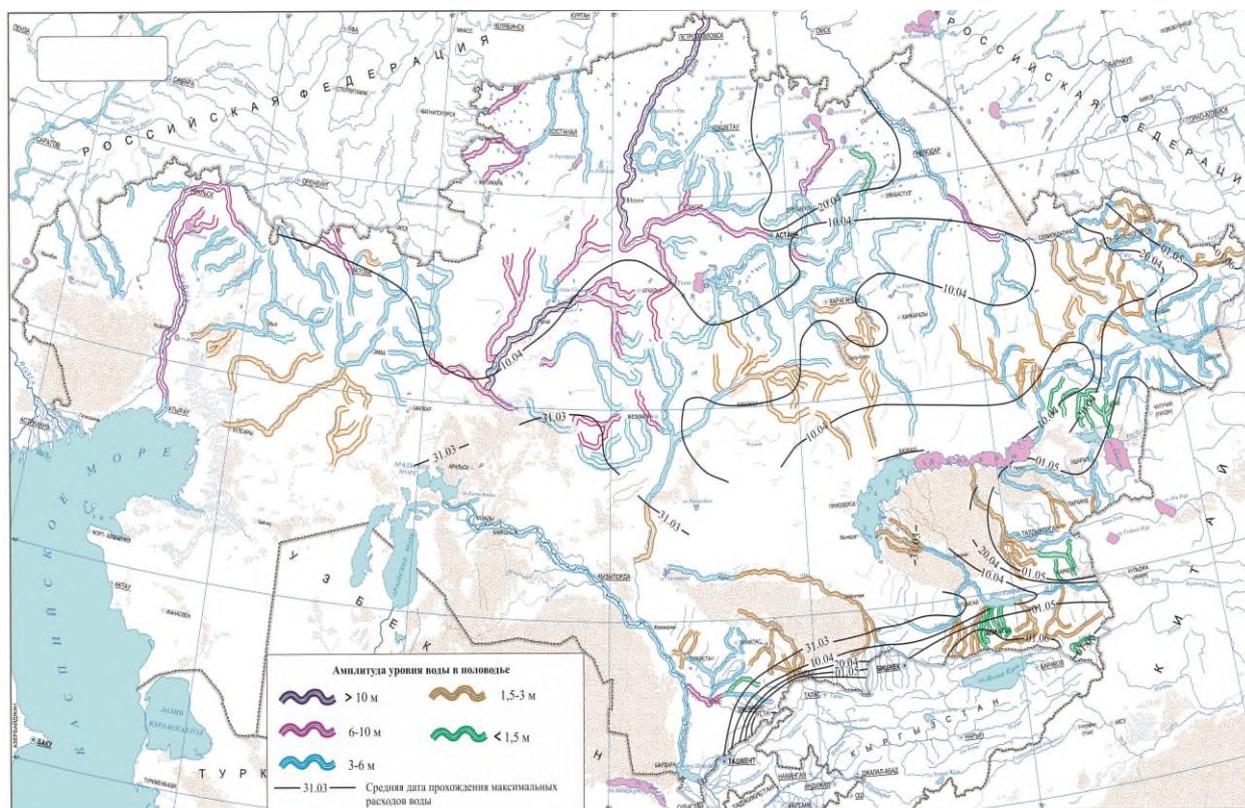


Рис. 5. Максимальная амплитуда уровней воды рек Казахстана при весенних половодьях и дождевых паводках по пяти градациям

К пятой градации, характеризующей наибольшую опасность при колебаниях уровня более 10 м, отнесены участки рек Ишима и Торгая.

Четвертая градация – «высокая опасность затопления» с амплитудой уровней 6-10 м, относится к р. Урал, некоторым его притокам и ряду рек Северного и Центрального Казахстана (рр. Тобол, Тогузак, Аят, Силеты, Тасты, Иргиз и др.).

Большинство крупных рек отнесены к третьей градации – «значительная опасность затопления» (амплитуда 3-6 м).

Мелкие водотоки и многие горные реки в основном отнесены ко второй градации – средняя опасность затопления (амплитуда 1,5 – 3 м).

### **Заключение**

Проведенные исследования и расчёты позволили произвести оценку гидрологической составляющей угрозы наводнений в половодье на реках Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана. Результаты могут быть использованы при проектировании гидротехнических сооружений, разработке превентивных мероприятий по защите территорий и объектов, как основа для расчёта экстремальных гидрологических характеристик в неизученных створах. Краткие выводы по работе следующие:

1. Для правильной оценки пространственно-временных особенностей распределения характеристик максимального стока нецелесообразно ограничение расчётного периода. Для расчётов целесообразно использование возможно более длительных рядов, что позволяет адекватно оценить возможные водные опасности.

2. Доказана целесообразность использования для экстремальных характеристик метода усеченных распределений. Точка усечения назначается исходя из особенностей эмпирической кривой обеспеченности, и она не обязательно должна соответствовать 50-процентной ординате, как это рекомендуется российскими нормативами.

3. Рассчитанные характеристики максимальных расходов воды по 152 створам могут служить основой для оценок максимального стока в неизученных створах с применением метода гидрологической аналогии или при уточнении параметров расчётных формул.

4. Впервые рассчитаны характеристики максимального стока зарегулированных водохранилищами рек, отражающие его современное статистическое распределение.

5. На основе анализа территориальных закономерностей изменения максимального стока для бассейнов рек левобережья Урала Эмбы, Уила, Ишима и Тобола, Нуры, Сарысу приведены расчётные зависимости модуля максимального стока повторяемостью раз в 100 лет от площади водосбора. Погрешность оценок при их использовании – в пределах 20-30 %.

6. Рассчитаны максимальные уровни воды редкой повторяемости: эти данные использованы при оценке водных опасностей (превышение опасных отметок, затопление поймы и т.д.).

7. Выделено 5 градаций угрозы наводнений в половодье на реках Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана исходя из особенностей режима рек, в зависимости от амплитуды уровней воды в реке: исключительно высокая – при амплитуде более 10 м, высокая – при амплитуде 6-10 м, значительная – при амплитуде 3-6 м, средняя – при амплитуде 1,5-3 м, малая опасность затопления – при амплитуде менее 1,5 м.

### **По теме диссертации опубликованы следующие работы:**

1. Гальперин Р.И. К оценке экстремальных характеристик водного режима рек [Текст]. География: наука и образование: Материалы международной научно-практической конференции (Алматы, 11-12 декабря 2008 г.) / Р.И. Гальперин, Т.В. Колча, А. Авезова. – Алматы: Қазақ университеті, 2008. – 384 с.

2. Гальперин Р.И. Жайык (Урал): угроза наводнения в нижнем течении в современных условиях [Текст] Гидрометеорология и экология, № 4. / Р.И. Гальперин, Т.В. Колча, А. Авезова. – Алматы: Гидрометиздат, 2008. С. 155-165.

3. Гальперин Р.И. К методике оценки экстремальных гидрологических характеристик. [Текст] Вопросы географии и геоэкологии № 3-4 июль-декабрь / Р.И. Гальперин, А. Авезова. – Алматы: Институт географии, 2009. С. 26-33.

4. Гальперин Р.И. Актуальные проблемы гидрологии в РК. Участие КазНУ в их решении [Текст]. Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в РК» 28 апреля / Р.И. Гальперин, А. Авезова. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. С.102-105.

5. Авезова А. Наводнения (общая характеристика, вопросы классификации, последствия явления) [Текст]. Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в РК» 28 апреля / А. Авезова. – Алматы: Қазақ университеті 2010. С.165-170.

6. Авезова А. Высокие уровни при весеннем половодье рек Северного Казахстана (Бассейны рр. Есиль и Тобыл) [Текст]. Материалы международной научно-практической конференции. «Проблемы системного подхода в географических исследованиях». «VI Жандаевские чтения» 13-14 апреля / А. Авезова. – Алматы: Қазақ университеті, 2011. С. 236-243.

7. Гальперин Р.И. Максимальные расходы воды на казахстанском участке р. Есиль [Текст]. Вопросы географии и геоэкологии. № 1-январь-март / Р.И. Гальперин, А. Авезова. – Алматы: Институт географии, 2012. С. 40-44.

8. Гальперин Р.И. К проблеме адекватной оценки угрозы наводнений [Текст]. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета том.12, №6 / Р.И. Гальперин, Т.В. Колча, А. Аvezова. – Бишкек: КРСУ, 2012. С.13-18.
9. Аvezова А. Территориальная согласованность колебаний максимального стока в северной половине Казахстана [Текст] / А. Аvezова. На сайте ВАК КР <http://nakkr.org:81/jurnal/> интернет журнал № 1, 2012.
10. Аvezова А. Изменение максимальных расходов воды по длине реки Есиль в многоводные годы [Текст] / А. Аvezова. На сайте ВАК КР <http://nakkr.org:81/jurnal/> интернет журнал № 1, 2012.
11. Аvezова А. «Угроза наводнений в Казахстане» Международная конференция [Текст]. «Гидроэкология и безопасное использование водных ресурсов в засушливых и полузасушливых районах» / А. Аvezова. 2 книга. - Сиань: Чан/аньский университет, 2011 г.
12. Монография. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. VII: Ресурсы речного стока Казахстана: кн. 1 – Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана [Текст] под науч. ред. Гальперина Р.И. – Алматы: Институт географии, 2012. – 684 с.

25.00.27 Кургақтықтың гидрологиясы, суу ресурстары жана гидрохимия адистиги география боюнча кандидаттық илимий даражаға талапкер **Айман Аvezованын “Батыш, Түндүк, Борбордук жана Чыгыш Казахстандын дарыяларынын суусунун көтөрүлүү учурундагы ташкындоолорунун коркунучтары”** аттуу кандидаттық диссертациясына

## **РЕЗЮМЕ**

### **Негизги сөздөр:**

Дарыялардын максималдык чыгымы, суунун деңгээли, кепилдиктин кыскартылган ийри сызыгы, ташкындоо коркунучу, суунун көтөрүлүшү, чөгүү коркунучу.

**Изилдөө объектиси:** Урал-Каспий, Тобол-Торгой, Нура-Сарысуу, Ишим жана Иртыш бассейндериндеги дарыялардын агымы.

**Иштин максаты:** суунун көтөрүлгөн учурундагы дарыялардын ташкындоодогу территориясынын коркунучун райондуштуруу жана сандык мүнөздөмөлөрүнө баа берүү.

Ал жактагы изилденип жаткан дарыялардын территориясынын изилдөө ыкмалары:

Гидрологиялык окшоштук, математикалык статистика, комплекстүү мейкиндик, мезгилдик жана корреляциялык талдоо карталарын түзүү методдорун колдонуу, геомаалыматтык системаны жалпылоо.

### **Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыктары:**

- Казахстандын белгилүү аймагындагы дарыялардын максималдык термелүүсүнүн бирдигинин абалы боюнча алгачкы жолу аныкталды;

- климаттын өзгөрүү шартында дарыялардын максималдык агымынын көп жылдык өзгөрүүсүнүн тиешелүү чектери аныкталды;

- келип чыккан максималдык маалыматтардын топтолмосунан максималдык чыгымдардын эсеби жана гидрологиялык посттор боюнча сейрек кайталануучу суунун деңгээли чыгарылды;

- изилденип жаткан аянттардын негизги беш дарыянын максималдык агымга суу сактагычтардын суусунун деңгээлинин сейрек кайталануучу максималдык чыгымы эсептелди;

- изилденип жаткан аянттын дарыя абалында 100 жылда бир кайталанган максималдык чыгымдардын прогноздук байланыштары алынды;

- Казахстандын дарыяларынын максималдык деңгээлинин прогноздук амплитудаларын райондоштуруу картасы түзүлдү жана гидростордун айланасына суунун ташкындоосунун коркунучтары аныкталды;

Гидрологиялык эсептөөдө ташкындоо коркунучунан сактануунун иш-аракеттерин негиздөөдө Казахстандын суу сактагычтарын модернизациялоодо, ошондой эле окуу процессинде окуу курамы катары **-изилдөөлөрдүн жыйынтыгын пайдаланууга болот.**

**Колдонуу багыты:** Батыш, Түндүк, Борбордук жана Чыгыш Казахстандын экологиялык жана рационалдык суу ресурстарын сарамжалдуу пайдалануунун гидрологиялык эсептөөлөрү, коркунучтуу гидрологиялык кубулуштары жана аларды прогноздоо, суу-техникалык иштөөлөрү пайдаланылды.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Аvezовой Айман на тему: **Угроза наводнений в половодье на реках Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия**

### **Ключевые слова:**

Максимальный расход рек, уровень воды, усечённая кривая обеспеченности, угроза наводнений, половодье, опасность затопления.

**Объект исследования** – реки Урало-Каспийского, Тобол-Торгайского, Нура-Сарысуйского, Ишимского и Иртышского бассейнов.

**Цель работы** – оценить количественные характеристики угрозы наводнений в половодье на реках исследуемой территории.

### **Методы исследования:**

Применены методы гидрологической аналогии, комплексного пространственно-временного и корреляционного анализа в условиях многообразия факторов формирования максимального стока и нестабильности климата и ГИС обобщений.

### **Полученные результаты и их новизна:**

- впервые рассмотрены вопросы территориальной согласованности колебаний максимального стока на значительной части Казахстана;

- исследованы многолетние тенденции максимального стока рек в условиях меняющегося климата, что позволило обоснованно назначить расчётный период;

- для увеличения объёма исходной информации произведена реконструкция рядов максимальных уровней и расходов воды, в итоге получены длительные непрерывные ряды этих характеристик;

- с привлечением максимум накопленной исходной информации произведены расчёты максимальных расходов и уровней воды редкой повторяемости по гидрологическим постам;

- оценено влияние водохранилищ на максимальный сток пяти основных рек территории, рассчитаны максимальные расходы и уровни воды редкой повторяемости зарегулированных рек;

- получены расчётные зависимости для оценок максимальных расходов воды повторяемостью раз в 100 лет для ряда речных бассейнов исследуемой территории;

- построена карта амплитуды максимальных уровней воды рек Казахстана и дана оценка опасности наводнений на участках гидропостов.

**Результаты исследования могут быть использованы** в гидрологических расчетах, в том числе при реставрации водохранилищ Казахстана. Они необходимы при поиске путей и разработке мер защиты от наводнений, а также применимы в учебном процессе.

**Область применения:** гидрологические расчеты и прогнозы, опасные гидрологические явления, водно-технические изыскания, экология и рациональное использование водных ресурсов северной половины Казахстана.

## RESUME

**of dissertation of Avezovoi Aiman on a theme: «Threat of floods in high water on the rivers of Western, North, Central and East Kazakhstan» on the competition of graduate degree of candidate of geographical sciences on speciality 25.00.27 is hydrology of dry land, water resources, hydro-chemistry**

### **Key Terms:**

The maximum river discharge, water level, truncated frequency curve, flood hazard, high water, water hazard.

**Target of Research** – rivers of Ural-Caspian, Tobol-Torgai, Nura-Sarysu, Ishim and Irtysh basins.

**Work Objective** – to assess quantitative characteristics of floods hazard during high water on the rivers in the study area.

### **Exploration Methods:**

The methods of hydrological analogy, integrated spatial-temporal analysis, correlation analysis, generalization and zoning were applied in the context of variety of factors in the formation of maximum flow and climate instability.

### **Results and Novelty:**

- the issues of territorial coherence of maximum flow fluctuation in a large part of the territory of Kazakhstan were considered for the first time;

- long-term trends of maximum river flow in a changing climate were explored, allowing to reasonably schedule a calculation period;

- to increase the amount of the source information, a series of maximum water levels and discharges was reconstructed; in the end long continuous series of these characteristics were obtained;

- involving maximum source information accumulated, calculations of maximum flows and water levels of rare occurrence were calculated for hydrological stations;

- the influence of reservoirs on the maximum flow of five major rivers on the territory was assessed; maximum flows and water levels of rare occurrence were calculated for regulated rivers;

- estimated ratings were obtained to assess the maximum water discharges that occur once every 100 years for a number of river basins of the study area;

- an amplitude map of maximum water levels in the rivers of Kazakhstan was compiled and flood hazard on hydrological stations sites was evaluated.

**The results of the study can be used in** hydrological calculations, including in restoration of reservoirs in Kazakhstan. They are needed in finding ways and the development of flood control measures, and are also useful in teaching process.

**Application Range:** hydrological estimates and projections, dangerous hydrological phenomena, water-engineering research, environment and sustainable use of water resources of the northern part of Kazakhstan.

Объем 1,5 уч.изд.л.  
Тираж 120 экз. Заказ № 277

Типография ОсОО «Алтын Принт»  
720000, г. Бишкек, ул. Орозбекова, 44  
Тел.: (+996 312) 62-13-10  
e-mail: [romass@front.ru](mailto:romass@front.ru)