

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт природопользования
БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек

ВЕСЕННИЕ ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ: пространственно–временные колебания и прогноз



Минск
«Беларуская навука»
2014

УДК 556.53:556.166(476)

Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек – Минск : Беларуская навука, 2014. – 244 с. – ISBN 978-985-08-1710-5.

В монографии представлены характеристики весенних половодий на реках Беларуси за период инструментальных наблюдений. На основе анализа данных наблюдений даны оценки пространственно-временных изменений максимальных расходов весеннего половодья. Изучена циклическая структура, проведено стохастическое моделирование и даны прогнозные оценки максимальных расходов весеннего половодья рек. Выполнено комплексное гидрологическое районирование максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов в области гидрологии, климатологии, мелиорации и водного хозяйства, природопользования, а также студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

Табл. 48. Ил. 57. Библиогр.: 130 назв.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Белорусского национального технического университета *Э. И. Михневич*;
доктор географических наук, профессор Института географии Российской академии наук *Н. И. Коронкевич*;
кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии Российской академии наук *С. В. Долгов*

ISBN 978-985-08-1710-5

© Логинов В. Ф., Волчек А. А.,
Ан. А. Волчек, 2014
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2014

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

A	–	площадь водосбора, км ² ;
$A_{\text{бол}}$	–	доля водосбора, занятая болотами, %;
$A_{\text{лес}}$	–	доля водосбора, занятая лесом, %;
$A_{\text{оз}}$	–	доля водосбора, занятая озерами, %;
$A_{\text{лес.заб}}$	–	доля водосбора, занятая заболоченными лесами, %;
$A_{\text{сум.бол.}}$	–	доля водосбора, занятая болотами и заболоченными лесами, %;
$A_{\text{сух.лес}}$	–	доля водосбора, занятая сухим лесом, %;
H	–	средняя высота водосбора, м;
I	–	средний уклон реки, %;
$M_{1\%}$	–	модуль максимального стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности, л/(с·км ²);
\bar{q}_{max}	–	модуль максимального стока, л/(с·км ²);
C_v	–	коэффициент вариации;
C_s	–	коэффициент асимметрии;
L	–	длина реки, км;
P	–	обеспеченность, %;
Q	–	максимальный расход воды, м ³ /с;
\bar{Q}	–	среднегодевной максимальный расход воды, м ³ /с;
$r(\tau)$	–	автокорреляционная функция при сдвиге τ лет;
R^2	–	коэффициент детерминации;
ρ	–	густота речной сети, км/км ² ;
φ	–	широта центра тяжести водосбора, км;
λ	–	долгота центра тяжести водосбора, км;
АЧХ	–	амплитудно-частотные характеристики;
ФЧХ	–	фазово-частотные характеристики;
ПКФ	–	пространственная корреляционная функция;
АКФ	–	автокорреляционная функция;
ЧАКФ	–	частная автокорреляционная функция;
СВАН	–	спектрально-временной анализ;
ФПА	–	функция пространственной асинхронности;
ЭГЯ	–	экстремальное гидрологическое явление;
с.	–	селение, населенный пункт;
ТКП	–	технический кодекс устоявшейся практики.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение закономерностей формирования водных ресурсов, разработка методов их прогнозирования и управления является основной задачей инженерной гидрологии. В свою очередь управление водными ресурсами – одна из важнейших практических задач водного хозяйства, решение которой возможно лишь на основе познания закономерностей формирования водного режима территории. В то же время ограниченность наших знаний о количественных соотношениях элементов теплового и водного балансов не позволяет полностью раскрыть природу и механизмы их изменений, что в свою очередь затрудняет учет последствий этих изменений в различных отраслях экономики и разработку мер по их адаптации к изменяющимся условиям природной среды и климата. Участвовавшие случаи экстремальных гидрологических явлений приводят к серьезным экономическим ущербам и даже к гибели людей. Это требует более глубокого анализа гидрологического режима и характера весенних половодий рек при проектировании водохозяйственных объектов и управлении водными ресурсами.

Весеннее половодье – характерная фаза естественного водного режима рек Беларуси. Половодья сопровождаются разливами рек, которые при максимальных подъемах уровней воды приобретают характер катастрофических явлений (наводнения), приводящих к затоплению населенных пунктов, сельскохозяйственных земель, разрушению мостов, дорог и т.д.

По словам комиссара ЕС по вопросам гуманитарной помощи Кристалины Георгиевой, в мире еще никогда не было так много природных катастроф, как в 2010 г. Их жертвами стали свыше 300 тыс. человек, а экономике причинен ущерб на сумму в 180 млрд евро, тогда как в предшествовавшие годы ущерб исчислялся суммами в 70–80 млрд евро, что является печальным рекордом по числу и масштабам природных катастроф. Особенно крупными катастрофами стали землетрясение на Гаити, в результате которого погибли почти 250 тыс. человек, и опустошительное наводнение в Пакистане, где пострадали 20 млн жителей. Природные катастрофы отличались поистине гигантскими масштабами долгосрочных последствий. По мнению ряда ученых, в ближайшие годы число природных катастроф в мире только увеличится. Это вызвано в первую очередь изменением климата и ростом населения Земли. По статистике ООН на долю наводнений приходится 26 % общего числа жертв и 32 % стоимости поврежденного имущества [2]. Наводнения занимают первое место в ряду стихийных бедствий

по повторяемости, охвату территорий и материальному ущербу. Рост убытков, наносимых наводнением экономике стран, связан с увеличением интенсивности и повторяемости наводнений из-за усиления хозяйственного использования территорий водосборов, речных долин и пойм [1, 16, 56].

Доля весеннего стока для рек Беларуси колеблется в пределах 40–60 % от годовой величины. При этом основные гидрологические параметры весеннего половодья не отличаются стабильностью. Под влиянием и при участии комплекса разнообразных по генезису и динамике факторов они непрерывно изменяются как по территории, так и во времени. Их совокупность можно разделить на природные факторы и антропогенные воздействия.

Природные факторы (физико-географические и климатические условия) определяют пространственно-временные колебания весеннего половодья. Внутригодовые колебания стока рек происходят постоянно: сравнительно медленные вековые и внутривековые колебания распространяются на довольно обширные территории и носят обычно циклический характер. Наблюдения и исследования показывают, что в историческое время отклонения стока рек от нормы (аномалии) не носили прогрессирующего характера. Периоды похолодания и потепления, засушливые и влажные периоды, как правило, чередуются во времени, но общие характеристики весеннего половодья существенно не изменились. Таким образом, главной особенностью воздействия естественных причин является то, что происходящие под их влиянием изменения весеннего половодья носили изменчивый характер.

Антропогенные воздействия являются следствием различных видов человеческой деятельности. Они влияют на характеристики весеннего половодья сравнительно быстро и чаще однонаправленно, в чем и состоит главное отличие их влияния на сток по сравнению с природными факторами. Виды хозяйственной деятельности, вызывающие изменения характеристик весеннего половодья, весьма разнообразны и зависят от физико-географических условий территории, характера ее использования, а также особенностей водного режима рек. Они могут проявляться в виде перераспределения водных ресурсов во времени (регулирование речного стока) и пространстве (территориальное перераспределение стока), изменения влагозапасов зоны аэрации в результате проведения гидротехнических мелиораций, интенсификации сельскохозяйственного производства, трансформации растительного покрова и т.п.

Прогнозируемые изменения климата чаще всего сводят к потеплению. К концу 21-го столетия увеличение глобальной среднегодовой температуры воздуха, вероятно, составит 2–3 °С, а в Беларуси – 3–4 °С. В некоторых сценариях предполагается также увеличение осадков [76], по крайней мере, в средних и высоких широтах. Прогнозные изменения климата специалисты используют для оценки влияния климата на различные природные комплексы. Учитывая, что реки являются прямым продуктом климата, возникает необходимость оценить влияние климата, основываясь на различных климатических сценариях на формирование весеннего половодья на реках Беларуси. Одной из целей настоящего исследования является оценка степени влияния изменений климата на величину

максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси для разработки мероприятий по снижению негативных последствий влияния климата на водное хозяйство.

Все больше внимания привлекает к себе проблема гидрологического районирования территории. Зачастую при нынешней недостаточной густоте гидрометрической сети определение основных гидрологических параметров осуществляется в условиях крайней ограниченности наблюдений. В этом случае установление общих закономерностей формирования весеннего половодья, пространственно-временных изменений его режима приобретает особую актуальность. Не меньшее значение имеет выделение районов с генетически однородными условиями формирования стока.

Исследованию закономерностей формирования и разработке прогнозов развития весеннего половодья посвящены работы белорусских ученых А.Г. Булачко, Г.В. Васильченко, А.А. Волчека, А.Г. Гриневич, В.Г. Жогло, И.М. Лившица, В.Ф. Логинова, Н.А. Мишустина, А.М. Пеньковской, В.Н. Плужникова, В.П. Рогуневича, А.А. Таратунина, Г.С. Чекана, В.Ф. Шебеко и др. Учитывая увеличение длительности рядов наблюдений за речным стоком, уменьшение количества гидрологических постов, а также принимая во внимание усиление влияния климатических факторов и антропогенных воздействий на сток весеннего половодья, необходимо провести комплексный анализ колебаний параметров половодий на реках Беларуси за период инструментальных наблюдений и выполнить комплексное гидрологическое районирование территории с целью разработки прогнозов изменения максимальных расходов воды весеннего половодья. Для прогнозирования половодий использованы адаптированные к условиям Беларуси известные методы и разработаны новые, обеспечивающие более дифференцированный подход к анализу изменения стока воды рек Беларуси.

По результатам прогнозирования и районирования территории по величине затопления должны планироваться и осуществляться такие виды хозяйственной деятельности, которым затопление нанесет наименьший ущерб. Одним из подходов является ограничение размещения капиталоемких производств и ценных объектов. В принципе, если строительство защитных инженерных сооружений связано с неприемлемыми затратами средств, а прохождение катастрофического паводка – с тяжелыми последствиями, то возможен вывод территории из хозяйственного использования и предания ей статуса национального парка, заповедной зоны и т.п. Для обоснования наиболее рациональных видов хозяйственной деятельности следует применять математические модели речного стока, использующие данные об обеспеченности и повторяемости паводков и половодий в различных условиях. Необходимо также принимать во внимание эффективность разных защитных мероприятий и критерии социально-экономических условий (состав и численность населения, структура занятости и т.д.).

Монография посвящена анализу пространственно-временных колебаний максимальных расходов воды и гидрографов весеннего половодья, а также разработке сценариев изменений стока весеннего половодья, основываясь на общепринятом сценарии. Однако в связи с неопределенностью существующих зна-

ний причин изменения климата, большим разбросом сценарных оценок изменений климата будущего, чтобы не оказаться в климатической «ловушке» наряду с разработкой адаптационных мер, базирующихся на потеплении климата, необходимо в будущем выполнить научную разработку многовариантных адаптационных мер в климатозависимых отраслях экономики (сельское, лесное и водное хозяйство и др.) и тем самым предвидеть возможные социально-экономические последствия в случае развития альтернативных сценариев изменений климата. Это особенно важно потому, что климатообусловленная динамика водных ресурсов не может рассматриваться без учета антропогенных изменений (увеличение густоты гидрографической сети, планируемые строительства крупных гидротехнических сооружений и т.д.).

Осознавая всю сложность поставленной задачи, авторы с пониманием воспримут все замечания и предложения по решению этой сложной проблемы.

Авторы признательны всем коллегам и сотрудникам организаций и учреждений, которые принимали участие в сборе и анализе первичных наблюдений, и выражают им искреннюю благодарность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе наиболее полного массива данных о стоке воды рек Беларуси за период инструментальных наблюдений выполнен комплексный анализ пространственно-временных колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья и разработаны прогнозные модели изменения максимального стока в условиях потепления климата и различной степени антропогенной нагрузки.

Методологической основой исследования послужили научные положения о стохастической природе изменчивости весеннего половодья, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов. Широко использованы методы водного и теплоэнергетического баланса подстилающей поверхности, математического моделирования. Системный анализ накопленной информации и сравнительно-географический метод позволили получить наиболее важные, ключевые положения пространственно-временных колебаний весеннего половодья.

Основными исходными материалами для настоящей работе послужили данные наблюдения за максимальными расходами воды весеннего половодья рек Беларуси за период инструментальных наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Ключевыми реками явились: р. Припять – г. Мозырь, р. Неман – г. Гродно, р. Западная Двина – г. Витебск, р. Березина – г. Бобруйск, р. Днепр – г. Орша, р. Днепр – г. Речица с периодом наблюдений с 1881 по 2005 г. продолжительностью 125 лет. Для 87 гидропостов временные ряды приведены к единому интервалу с 1951 по 2005 г., т.е. с периодом в 55 лет. Кроме того, в работе использовались данные по максимальным расходам воды весеннего половодья по 164 гидропостам за периоды инструментальных наблюдений.

Выполненные специальные исследования показали, что используемое в работе количество гидрологических постов и продолжительность наблюдений на них достаточны для решения поставленных в монографии задач. Существующее на сегодняшний день на территории Беларуси количество гидрологических постов наблюдений за стоком, равное 123, является минимальным для решения водохозяйственных и гидрологических задач, удовлетворяет международным требованиям. Дальнейшее уменьшение количества гидрологических постов на территории Беларуси недопустимо.

Анализ изменчивости рядов максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси показал их неоднородность, вызванную природно-климатическими и антропогенными факторами. Для всех исследуемых временных рядов имеет место наличие статистических значимых различий средних и дисперсий, начиная со второй половины прошлого столетия.

Для моделирования вероятностной структуры временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси предпочтение следует отдать распределению Пирсона III типа. Трехпараметрическое гамма-распределение для обеспеченностей (1–10 %) занижает расходы воды по сравнению с распределением Пирсона III типа, которое в большей степени соответствует наблюдаемым величинам.

Выполнено комплексное гидрологическое районирование территории Беларуси по трем критериям: синхронности многолетних колебаний максимального стока, условиям колебаний максимального стока на основе анализа сходства спектральной плотности максимальных расходов воды весеннего половодья и характеру их колебаний на основе анализа пространственно-корреляционных функций. Для выделенных районов, исходя из характера колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья, предложены модели определения максимального стока малоизученных рек. Анализ пространственных корреляционных функций максимального стока рек позволил выделить на территории Беларуси три района, для которых получены соответствующие зависимости коэффициента корреляции от расстояния между центрами тяжести водосборов. Физико-географическое районирование территории Беларуси по изменению градиента максимальных расходов воды весеннего половодья за период 1985 – 2000 гг. позволило выделить три зоны. Изменения градиентов средних месячных расходов воды в период с февраля по май пришлось в основном на февраль и март, незначительное увеличение – в апреле и мае (в центре страны) – носит локальный характер. Уменьшение стока в феврале приходится на бассейн р. Западный Буг. Значительное увеличение стока в феврале и марте происходит на севере и северо-востоке Беларуси, увеличиваясь на северо-восток. Наибольшее уменьшение стока приходится на апрель месяц.

Выполнен анализ временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья, который показывает, что практически на всей территории Беларуси произошли существенные уменьшения стока в весенний период. Это обусловлено в первую очередь климатическими процессами, выраженными увеличением числа и продолжительности оттепелей в зимний период. Исключения составляют реки бассейна Припяти на территории Брестской области, где существенного изменения максимальных расходов воды весеннего половодья не произошло (величина изменений составляет от 0 до -10%). Это объясняется большой степенью мелиорированности водосбора, которое обеспечила компенсацию влияния природных факторов, вызывающих уменьшение стока. Наибольшее уменьшение стока весеннего половодья наблюдается на р. Вилии (от -50 до -80 %). Это вызвано переброской части стока р. Вилии через Вилейско-Минскую водную систему в р. Свислочь.

Средний многолетний модуль максимального стока весеннего половодья в целом для Беларуси составляет $54,4 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ и коэффициент вариации $C_v=0,70$. Экстремально маловодные годы присущи югу страны (территория Полесья), а многоводные годы наблюдаются локально. Для территории Беларуси выделены следующие 3 градации пространственной вероятности маловодья: высокая ($q \leq 40 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$), умеренная ($40 \leq q \leq 80 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$) и низкая ($80 \leq q \leq 120 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$); 3 градации вероятности многоводья: низкая ($q \leq 120 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$), умеренная ($120 \leq q \leq 160 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$) и высокая ($q \geq 160 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$). Выделены пять вероятностей повторяемости аномальных лет: низкая ($C_v \leq 0,45$); умеренная ($0,45 \leq C_v \leq 0,65$); повышенная ($0,65 \leq C_v \leq 0,85$); высокая ($0,85 \leq C_v \leq 1,05$) и очень высокая ($C_v \leq 1,05$). Пестрая картина наблюдается для значимых ЭГЯ максимальных расходов воды весеннего половодья. Для всей территории характерны значительные ЭГЯ и только в некоторых районах центральной части величина их снижается. Максимальные половодья, как правило, имеют локальный характер. Асинхронность в формировании половодья больше в широтном направлении, чем в меридианном. Средний коэффициент асинхронности формирования максимального стока колеблется от 0,75 до 1,3 для крупных рек Беларуси.

Наибольшая величина максимального стока весеннего половодья наблюдается при меридиональной циркуляции атмосферы, исключение составляет сток р. Березина – г. Бобруйск, для которой наибольшие величины максимальных расходов воды характерны для восточной формы циркуляции атмосферы.

Преобладающими циклами во временных рядах максимальных расходов воды весеннего половодья являются: 2–3-летние, 5–6-, 8–9-, 13–14-летние. Кроме того, в стоке р. Припяти имеют место и более длинные циклы – 20- и 33-летние.

Показана возможность прогнозирования максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси, основанная на совместном использовании простой цепи Маркова и решении стохастических дифференциальных уравнений. Эти методы позволяют моделировать искусственные гидрологические ряды практически неограниченной длины и учитывать более дальние корреляционные связи по сравнению с методом простой цепи Маркова. Результаты исследований можно использовать при расчете и прогнозе многолетних колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси.

Определены величины смещения средних дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья за период последнего повышения температуры воздуха на территории Беларуси. Смещение произошло на более ранние сроки (71,5 % случаев пик половодий приходится на третью декаду марта) в направлении с юго-запада на северо-восток Беларуси. Наибольшее смещение произошло в центре страны в области низин и равнин Предполесья, в западно-белорусской подобласти в районе Минской краевой ледниковой возвышенности, в районе Горецкой моренной равнины с краевыми ледниковыми образованиями. Изменений не произошло на юго-западе Беларуси в районе Малоритской водноледниковой равнины. Основной причиной смещения пиков половодий на реках Беларуси являются климатические факторы.

Существенной трансформации в форме гидрографов не наблюдается. Можно отметить некоторую трансформацию формы гидрографов, вызванную антропогенными факторами.

С использованием гидролого-климатического метода В.С. Мезенцева и результатов комплексного анализа колебаний метеорологической информации даны прогнозные оценки изменения месячных величин стока в период весеннего половодья рек Беларуси на период до 2015 года. Существенных изменений средних многолетних значений расходов воды рек в марте на конец указанного периода по сравнению с расходами воды в 2005 г. не прогнозируется. Незначительные изменения коснутся в основном рек бассейнов Немана и Припяти. В апреле прогнозные расходы стока рек увеличиваются в направлении с юго-запада на северо-восток. Уменьшение месячных расходов воды прогнозируется в направлении с юго-востока на северо-запад. Зона уменьшения стока рек охватывает почти половину территории Беларуси, включая практически все Белорусское Полесье; в районе Белорусского Поозерья изменений стока рек практически не произойдет, за исключением северо-западной части бассейна Западной Двины (район Полоцка и Верхнедвинска).

Построены регрессионные региональные модели стока воды весеннего половодья с использованием гидрографических характеристик водосборов рек. Полученные модели для отдельных водосборов Беларуси являются достаточно эффективными и позволяют определять расчетные характеристики максимального стока воды весеннего половодья 1 %-ной обеспеченности с точностью приемлемой для многих практических задач. Определены коэффициенты перехода от 1 %-ной к другим обеспеченностям, которые составляют: $M_{P5\%} - 0,96$, $M_{P10\%} - 0,91$, к $M_{P25\%} - 0,76$.

Разработана и апробирована методика расчета основных характеристик временных гидрологических рядов максимальных расходов воды весеннего половодья для слабо изученных рек, которая позволяет рассчитывать расходы воды с использования отдельных данных измерений. При этом контролируется подбор рек-аналогов и полученные конечные результаты. Как показал численный эксперимент, для весеннего половодья более чем 50 % случаев ошибка определения не превышает 20 %, что вполне приемлемо для практических расчетов. При этом выбор года, по которому имеются данные наблюдений, не влияет на конечный результат.

Наводнения на территории Беларуси случаются в период весеннего снеготаяния, при выпадении обильных осадков. На формирование наводнений в первую очередь влияют климатические факторы. В период весеннего половодья опасные уровни, при которых начинаются наводнения, наблюдались на всех реках. Наиболее часто (в среднем раз в 2–3 года) весенние наводнения бывают на Припяти в верхнем и среднем течении. К катастрофическим и выдающимся относятся наводнения в 1931, 1956, 1958, 1962, 1970 гг. на реках бассейнов Западной Двины, Днепра, Березины, Сожа, а в бассейне Припяти – в 1845, 1895, 1932, 1958, 1979, 1999 гг. Выдающиеся и большие наводнения, как правило, формировались при сочетании высокого увлажнения предшествующей осени, накопле-

ния за зиму значительных запасов снега, интенсивного снеготаяния в весенний период («дружная» весна), а также при выпадении обильных осадков во время таяния снега.

Размеры ущерба при наводнениях зависят от многих причин: высоты и продолжительности стояния опасных уровней, площади затопления, своевременности принятия мер защиты. Наибольший ущерб народному хозяйству наносят высокие уровни в период весеннего половодья в бассейне Припяти.

За последние 50–70 лет на реках Беларуси наводнения, причинившие ощутимые ущербы, имели место 10–12 раз. Наиболее значительными из них явились наводнения в 1956, 1958, 1974, 1979, 1993 и 1999 гг. Одно из последних глобальных половодий произошло в 1999 г., когда площадь подтопления составила 255 тыс. га, а материальный ущерб от паводка был равен 5,4 млрд руб. При этом необходимо отметить, что последствия буйства водной стихии окончательно устраняются только через 3–4 года.

Избежать катастрофических последствий наводнений можно при своевременном прогнозе чрезвычайной ситуации и проведении эффективных хозяйственных мероприятий по ее предотвращению.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авакян, А.Б.* Антропогенные факторы наводнений / А.Б. Авакян, А.А. Полюшкин // Водные ресурсы. – 1989. – № 3. – С. 5.
2. *Авакян, А.Б.* Наводнения. Концепция защиты / А.Б. Авакян // Известия РАН. Сер. Географическая. – 2000. – № 5. – С. 40–46.
3. *Алексеев, Г.А.* Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей / Г.А. Алексеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 363 с.
4. *Алексеев, Г.А.* Пространственная интерполяция наблюдаемых гидрометеорологических элементов, их статистических параметров и квантилей с оценкой случайных погрешностей // Труды IV Всесоюз. гидрологического съезда – Т. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – С. 430–444.
5. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / Н.И. Коронкевич [и др.]; под общ. ред. Н.И. Коронкевича. – М.: Наука, 2003. – 367 с.
6. *Бабкин, В.И.* Методика осреднения и интерполяции гидрометеорологических характеристик / В.И. Бабкин, О.А. Гусев, В.П. Новикова // Труды ГГИ. – 1974. – Вып. 217. – С. 175–182.
7. *Баскаков, В.К.* Расчет норм годового стока по атмосферным осадкам и характеристикам речного бассейна на территории Южного Урала / В.К. Баскаков, А.Ж. Муфтахов, К.П. Воскресенский // Труды V Всесоюз. гидрологического съезда. – Т. 6. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 410–420.
8. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты / В.И. Осипов, В.А. Королев, Ю.А. Мамаев, А.Л. Рагозин // Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. – М.: МГФ «Знание», 1999. – 246 с.
9. *Бефани, А.Н.* Основы теории ливневого стока / А.Н. Бефани // Труды ОГМИ. – Одесса, 1949. – Ч. 1. – Вып. 4. – С. 39–175
10. *Бефани, Н.Ф.* Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей / Н.Ф. Бефани. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 184 с.
11. Блакітная кніга Беларусі: Энцыкл. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал.: Н.А. Дзісько і інш. – Мінск: БелЭн, 1994. – 415 с.
12. *Бокс, Дж.* Анализ временных рядов, прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. – Вып. 1. – 406 с.

13. *Борщ, С.В.* Метод прогноза возможного ущерба от наводнений (на примере Московской области) / С.В. Борщ, В.М. Мухин // Метеорология и гидрология. – 2000. – №7. – С. 98–108.

14. *Бурлибаев, М.Ж.* Концептуальные подходы к изучению колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья на Припяти / М.Ж. Бурлибаев, Ан.А. Волчек // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2005. – № 3(38). – С. 135–145.

15. *Вангенгейм, Г.Я.* Каталог макросиноптических процессов / Г.Я. Вангенгейм. – Л.: ААНИИ, 1964. – С. 9–11.

16. *Васильченко, Г.В.* Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти / Г.В. Васильченко, Л.А. Гриневиц // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1984. – Вып. 9. – С. 20–27.

17. *Вершинина, Л.К.* Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья / Л.К.Вершинина, О.К. Крестовский, И.Л. Калюжный, К.К. Павлова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985.– 189 с.

18. *Волчек, А.А.* Автоматизация гидрологических расчетов / А.А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Труды междунар. науч.-практ. конф. – Брест. политехн. ин-т. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – С. 55–59.

19. *Волчек, А.А.* Изменение дат наступления пиков половодий на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 25–27 окт. 2007 г. / РИО БГУ; редкол.: Л.М. Ахромеев [и др.]. – Брянск, 2007. – С. 163–168.

20. *Волчек, А.А.* Изменение сроков наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Вест. ФФИ. – 2008. – № 1. – С. 54–59.

21. *Волчек, А.А.* Исследование пространственно-временных характеристик элементов водного баланса: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.07 / А.А. Волчек; ЦНИИКИВР. – Минск, 1988. – 26 с.

22. *Волчек, А.А.* Колебания элементов водного баланса Беларуси / А.А. Волчек // Водные ресурсы. – Минск, 2003. – № 14. – С. 132–143.

23. *Волчек, А.А.* Многолетние колебания весеннего половодья и минимальных летне-осенних расходов воды р. Неман – г. Гродно / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек, О.И. Грядунова // Актуальные проблемы экологии: материалы I междунар. науч. конф. Гродно, 6–8 октября 2004 г.: в 2-х ч. – Гродно, 2005. – Ч. 2. – С. 83–87.

24. *Волчек, А.А.* Определение расчетных характеристик стока неизученных рек с использованием единичных данных наблюдений // А.А. Волчек, Ан.А. Волчек, С.И. Парфомук // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2007. – № 5. – С. 64–71.

25. *Волчек, А.А.* Оценка современных трансформаций водного режима рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Водные ресурсы (информационные материалы). – Минск: ЦНИИКИВР, 2004. – № 18. – С. 20–29.

26. Волчек, А.А. Половодья на Припяти // Брэсцкі геаграфічны веснік. Геаграфічныя і геаэкалагічныя праблемы Палескага рэгіёну. – Брэст, 2001. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 73–78.

27. Волчек, А.А. Пространственно-временные колебания элементов водного баланса (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек, В.Н. Плужников // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – С. 21–29.

28. Волчек, А.А. Сравнительный анализ колебаний максимальных и минимальных расходов воды основных рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша, Ан.А. Волчек, О.И. Грядунова // Вестн. Брест. гос. технич. ун-та. Сер. 3. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2004. – № 2. – С. 12–17.

29. Волчек, А.А. Трансформация дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья на реках Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Региональные проблемы экологии: пути решения: материалы IV междунар. экологич. симпозиума. Полоцк, 26–27 нояб. 2007 г.: в 3 т. / Полоц. гос. ун-т; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2007. – Т. I. – С. 64–68.

30. Волчек, А.А. Трансформация стока рек Беларуси в современных условиях // А.А. Волчек, В.В. Лукша, Ан.А. Волчек // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2007. – № 2. – С. 43–56.

31. Волчек, Ан.А. Влияние климатических и антропогенных факторов на изменение максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси / Ан.А. Волчек // Молодежь в науке–2007: прил. к журн. Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. физ.-матем. наук; сер. физ.-технич. наук, сер. хим. наук. – 2008. – Ч. 3. – С. 364–373.

32. Волчек, Ан.А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Белоруссии / Ан.А. Волчек // Известия РАН. Сер. Географическая. – 2008. – № 2. – С. 1–12.

33. Волчек, Ан.А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья на Немане / Ан.А. Волчек // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: матэрыялы Міжнар. навук. канф. Брэст, 16–18 чэрв. 2004 г.: в 2-х ч. / рэдкал.: М.П. Ярчак (адк. рэд.) [і інш.]. – Брэст, 2004. – Ч. II. – С. 496–501.

34. Волчек, Ан.А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья на Припяти / Ан.А. Волчек, Ю.В. Стефаненко // Вестн. Брест. гос. технич. ун-та. Сер. 3. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2005. – № 2. – С. 20–24.

35. Волчек, Ан.А. Оценка изменения максимального стока весеннего половодья рек Беларуси / Ан.А. Волчек, В.В. Лукша // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2005. – № 5, ч. 1. – С. 47–50.

36. Волчек, Ан.А. Районирование территории Беларуси по максимальному стоку воды / Ан.А. Волчек // Вестн. Брест. гос. технич. ун-та. Сер. 3. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2006. – № 2. – С. 10–15.

37. Волчек, Ан.А. Трансформация максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси / Ан.А. Волчек // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: матэрыялы III Міжнар. навук. канф. Брэст, 7–9 чэрв. 2006 г. / рэдкал.: М.В. Міхальчук (адк. рэд.), [і інш.]. – Брэст, 2006. – С. 413–419.

38. Воробьев, Ю.Л. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 2003. – 352 с.

39. Восстановление рядов речного стока // Пособие к ИВН 33-05.01.07.-87 / утверждено приказом В/О «Союзводпроект № 75 от 13.10.89; редкол.: В.В. Дрозд [и др.]. – М., 1990. – 45 с.

40. Гайдукова, Е.В. Оптимизация режимной гидрологической сети в условиях изменения климата / Е.В. Гайдукова, В.А. Хаустов // Электрон. журн. Исследовано в России, 2004. – С. 1499–1510.

41. Геаграфія Беларусі: Энцыкл. давед. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал.: Л.В. Казлоўская і інш. – Мінск: БелЭн, 1992. – 383 с.

42. Географический энциклопедический словарь: Географические названия / Гл. ред. А.Ф. Трешников. Ред. кол. Э.Б. Алаев и др. – 2-е изд., доп. – М.: Сов. энцикл., 1989. – 592 с.

43. Георгиевский, Ю.М. Гидрологические прогнозы / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 436 с.

44. Гирс, А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 214 с.

45. Гопченко, Е.Д. Территориальные долгосрочные прогнозы характеристик весеннего половодья равнинных рек / Е.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакирзанова // Наводнения и другие опасные гидрологические явления: оценка, прогноз и смягчение негативных последствий: тез. докл. VI Всерос. гидрологического съезда. С.-Петербург, 28 сент. – 1 окт. 2004 г. / Гос. гидрологич. ин-т. – СПб., 2004. – С. 24–25.

46. Данилович, И.С. Влияние атмосферной циркуляции на сток рек Беларуси в зимний и весенний сезоны // И.С. Данилович, Л.Б. Трофимова // Природные ресурсы: межведом. бюл. / Нац. акад. наук Беларуси, М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – 2007. – № 1. – С. 39–46.

47. Данилович, И.С. Географические закономерности формирования водного режима рек Беларуси под влиянием атмосферной циркуляции: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / И.С. Данилович. – Минск: БГУ, 2010. – 24 с.

48. Дружинин, В.С. Районирование территории Северо-Запада РФ по условиям формирования годового стока / В.С. Дружинин, А.В. Сикан // Водные ресурсы Северо-Западного региона России. – СПб., 1999. – С. 24–29.

49. Железняк, И.А. Определение максимального расхода половодья по типовым характеристикам гидрометеорологических условий и водосбора / И.А. Железняк: сб. науч. тр. / УкрНИИ Госкомгидромет. – М., 1985. – Вып. 201: Исследования, расчеты и прогнозы речного стока. – С. 15–27.

50. Зиверт, А.А. К вопросу определения параметров формул для расчета максимальных расходов рек / А.А. Зиверт, В.П. Хелманис: сб. науч. тр. / Латв. НИИГиМ. – 1970. – № 12. – С. 3–37.

51. Иващенко, И.Н. Инженерная оценка надежности грунтовых плотин / И.Н. Иващенко. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 144 с.

52. Изменение климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск: ОДО «Топик», 2003. – 330 с.

53. *Исмаилов, Г.Х.* Анализ многолетних колебаний годового стока Волги / Г.Х. Исмаилов, В.М. Федоров // Вод. ресурсы. 2001. – Т. 28, № 5. – С. 517–525.

54. *Исмаилов, Г.Х.* Особенности описания гидрологических процессов / Г.Х. Исмаилов, Е.Г. Иванов // Секц. 5. Гидрологические явления и процессы. Формирование и изменчивость речного стока, гидрологические и водохозяйственные расчеты: тез. докл. VI Всерос. гидрологического съезда. С.-Петербург, 28 сент.–1 окт. 2004 г. / Гос. гидрологич. ин-т. – СПб., 2004. – С. 194–196.

55. Исследование и расчеты речного стока / Под ред. В.Д. Быкова. – М.: МГУ, 1981. – 228 с.

56. *Истомина, М.Н.* Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия / М.Н. Истомина, А.Г. Кочарян, И.П. Лебедева // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 4. – С. 389–398.

57. *Казакевич, Д.И.* Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии / Д.И. Казакевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 320 с.

58. *Кайсл Ч.* Анализ временных рядов гидрологических данных / Ч. Кайсл : Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 138 с.

59. *Калинин, Г.П.* Пространственно-временной анализ максимального стока / Г.П. Калинин, Н.В. Никольская // Междунар. Симпозиум по паводкам и их расчетам. – Л., 1969. – Т. 1. – С. 179–190.

60. *Калинин, М.Ю.* Водные ресурсы Белорусского Полесья: использование и охрана / М.Ю. Калинин, А.А. Волчек // Природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 35–49.

61. *Карасев, И.Ф.* О принципах размещения и перспективах развития гидрологической сети / И.Ф. Карасев // Труды ГГИ. – 1968. – Вып. 164. – С. 3–36.

62. *Карпечко, Ю.В.* Постмелиоративные изменения элементов водного баланса водосборов Карелии / Ю.В. Карпечко, В.И. Саковец // Водные ресурсы. – 1997. – Т. 24. – № 3. – С. 266–269.

63. *Кечелаба, Е.И.* Формирование и возможности прогноза ежедневного весеннего стока рек левобережья Припяти / Е.И. Кечелаба, И.В. Стандерчук : Сб. науч. тр. / УкрНИИ Госкомгидромет. – М., 1985. – Вып. 201: Исследования, расчеты и прогнозы речного стока. – С. 94–101.

64. *Коваленко, В.В.* Оптимизация режимной гидрологической сети на основе стохастической модели формирования речного стока / В.В. Коваленко, И.И. Пивоварова. – СПб.: РГГМУ, 2000. – 43 с.

65. *Комаров, В.Д.* Расчет гидрографа половодья небольших равнинных рек на основе данных об интенсивности снеготаяния / В.Д. Комаров, Т.Т. Макарова, Е.С. Синегуб : Сб. науч. тр. / Гидрометцентр СССР. – Л., 1969. – Вып. 37. – С. 3–30.

66. *Корень, В.И.* Математические модели в прогнозах речного стока / В.И. Корень. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 198 с.

67. *Корень, В.И.* Статистический алгоритм адаптации при выпуске непрерывных краткосрочных прогнозов стока / В.И. Корень // *Метеорология и гидрология.* – 1984. – № 3. – С. 80–84.
68. *Кузин, П.С.* Классификация рек и гидрологическое районирование СССР / П.С. Кузин. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 456 с.
69. *Кучмент, Л.С.* Математическое моделирование речного стока / Л.С. Кучмент. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 192 с.
70. *Лобанов, В.А.* Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов / В.А. Лобанов, В.Н. Никитин // *Метеорология и гидрология.* – 2006. – № 11. – С. 60–69.
71. *Логинов, В.Ф.* Антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси / В.Ф. Логинов, М.Ю. Калинин, В.Ф. Иконников. – Минск : ПолиБиг, 2000. – 284 с.
72. *Логинов, В.Ф.* Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.
73. *Логинов, В.Ф.* Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. – Минск: ТетраСистемс, 2008. – 496 с.
74. *Логинов, В.Ф.* Определение максимальных модулей стока весеннего половодья на реках Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // *Природопользование: сб. науч. тр. Вып. 14 / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии; редкол. В.Ф. Логинова (отв. ред.) [и др.].* – 2008. – № 14. – С. 45–50.
75. *Логинов, В.Ф.* Оптимизация режимной гидрологической сети Беларуси // В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек, С.И. Парфомук // *Природопользование: сб. науч. тр. Вып. 12 / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии; под ред. И.И. Лиштвана, В.Ф. Логинова.* – 2006. – № 12. – С. 51–57.
76. *Логинов, В.Ф.* Причины и следствия климатических изменений / В.Ф. Логинов. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 319 с.
77. *Логинов, В.Ф.* Спектрально-временной анализ уровня режима озер и колебаний расходов воды крупных рек Беларуси / В.Ф. Логинов, В.Ф. Иконников // *Природопользование: сб. науч. тр. Вып. 9. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии; под ред. И.И. Лиштвана, В. Ф. Логинова.* – 2003. – С. 25–33.
78. *Логинов, В.Ф.* Стохастическое моделирование различных видов стока основных рек Беларуси с помощью нелинейных моделей // В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек, С.И. Парфомук // *Доклады НАН Беларуси.* – 2006. – Т. 50 – № 6. – С. 96–100.
79. *Лукша, В.В.* Методы расчета и оценка изменчивости стока рек : автореф. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Брест : БГТУ, – 2004. – 20 с.
80. *Лукша, В.В.* Периоды колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси / В.В. Лукша, Ан.А. Волчек // *Вестн. Брест. гос. технич. ун-та. Сер. 3. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика.* – 2005. – № 2. – С. 15–19.

81. Любушина, А.А. Исследование общих эффектов вариаций стока рек / А.А. Любушина, В.Ф. Писаренко, М.В. Болгова, Т.А. Рукавишников // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 7. – С. 76–84.
82. Марпл-мл., С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
83. Марцинкевич, Г.И. Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси / Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицунова, И.И. Счастливая, О.Ф. Якушко // Выбранные научные работы БДУ; у 7 т. – Минск: БДУ, 2001. – Т. 7. – С. 332–356.
84. Мезенцев, В.С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования / В.С. Мезенцев // Водные ресурсы. – 1995. – Т. 22, № 3. – С. 299–301.
85. Мезенцев, В.С. Расчеты водного баланса / В.С. Мезенцев. – Омск: Омский СХИ, 1976. – 96 с.
86. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – М., 2012. – 508 с.
87. Мухин, В.М. Прогнозы гидрографа горной реки в вероятностном виде / В.М. Мухин // Труды Гидрометцентра СССР. – 1992. – Вып. 324. – С. 22–34.
88. Мухин, В.М. Моделирование экстремальных ситуаций на горных реках с учетом вероятных изменений климата / В.М. Мухин // Труды Гидрометцентра СССР. – 1996. – Вып. 329. – С. 11–20.
89. Найденов, В.И. Нелинейные модели колебаний речного стока / В.И. Найденов, В.И. Швейкина // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 1. – С. 62–67.
90. Нежиховский, Р.А. Наводнения на реках и озерах / Р.А. Нежиховский. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 184 с.
91. Пановский, Г.А. Статистические методы в гидрометеорологии / Г.А. Пановский, Г.В. Брайер. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 210 с.
92. Парфомук, С.И. Анализ многолетних колебаний годового стока рек Беларуси / С.И. Парфомук // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – 2006. – № 5. – С. 137–140.
93. Педан, В.В. Анализ структуры временных рядов весенних максимальных уровней природных вод / В.В. Педан // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 6. – С. 688–695.
94. Писаренко, В.Ф. Статистические методы прогноза речного стока / В.Ф. Писаренко, А.А. Любушкин, М.В. Болгов, Т.А. Рукавишникова, С. Каню, М.Ф. Каневский, Е.А. Савельева, В.В. Демьянов, И.В. Заляпин // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 2. – С. 133–145.
95. Пособие к строительным нормам и правилам. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Пособие к СНиП 2.01.14-83. – Минск: Минсктиппроект, 2000. – 174 с.
96. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168–2009(02250). – Введ. 30.12. 09. – Минск: Стройтехнорм, 2010. – 55 с.
97. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 5, ч. 1. – 718 с.

98. *Рождественский, А.В.* Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
99. Российский гидрометеорологический словарь / Под ред. А.И. Бедрицкого. – СПб.: М.: Летний сад, 2009. – Т. 2: К – П. – 312 с.
100. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 2. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 246 с.
101. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 357 с.
102. *Рутковский, П.П.* Проблема наводнений в Республике Беларусь и пути её решения / П.П. Рутковский / Природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 59–63.
103. *Сакович, В.М.* Районирование территории Северо-Запада Карелии по синхронности многолетних колебаний минимального летне-осеннего стока / В.М. Сакович // Водные ресурсы Северо-Западного региона России. – СПб., 1999. – С. 29–31.
104. *Сванидзе, Г.Г.* Математическое моделирование гидрологических рядов / Г.Г. Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 296 с.
105. *Скуратович, И.М.* Оценка влияния изменений климата на гидрологический режим рек и водоемов Беларуси / И.М. Скуратович, Е. В. Комаровская, Г.С. Чекан, Л.А. Некрасова, И.С. Данилович // Водный баланс, ресурсы поверхностных и подземных вод, гидрологические последствия хозяйственной деятельности и изменений климата; уязвимость и адаптация социально-экономической сферы: докл. VI Всерос. гидрологического съезда. С.-Петербург, 28 сент.–1 окт. 2004 г. / Гос. гидрологич. ин-т; редкол.: И.А.Шикломанов [и др.]. – М., 2008. – Ч. 2. – С. 168–173.
106. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1983. – 97 с.
107. *Соколов, А.А.* Очерки развития гидрологии в СССР / А.А. Соколов, А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 310 с.
108. *Соколовский, Д.Л.* Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д.Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 540 с.
109. *Сомов, Н.В.* Асинхронность колебаний стока крупных рек СССР / Н.В. Сомов // Метеорология и гидрология. – 1963. – № 5. – С. 14–21.
110. Статистические методы в природопользовании: учеб. пособие / В.Е. Валуев [и др.]; под общ. ред. В.Е. Валуева. – Брест: БПИ, 1999. – 252 с.
111. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справ. / Мин-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М.А. Гольберга. – Минск: БНИЦ «Экология», 2002. – 132 с.
112. *Фащевский, Б.В.* Основы экологической гидрологии / Б.В. Фащевский. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.
113. *Филенко, Р.А.* Гидрологическое районирование Севера европейской части СССР / Р.А. Филенко. – Л.: ЛГУ, 1974. – 223 с.
114. *Христофоров, А.В.* Теория случайных процессов в гидрологии / А.В. Христофоров. – М.: МГУ, 1994. – 141 с.

115. *Швец, Г.И.* Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР / Г.И. Швец. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 244 с.

116. *Шикломанов, И.А.* Изменение климата и динамика притока речных вод в Северный ледовитый океан / И.А. Шикломанов, А.И. Шикломанов // Водные ресурсы. – 2003. – № 6, т. 30. – С. 645–654.

117. *Шикломанов, И.А.* Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата / И.А. Шикломанов, В.Ю. Георгиевский // Водный баланс, ресурсы поверхностных и подземных вод, гидрологические последствия хозяйственной деятельности и изменений климата; уязвимость и адаптация социально-экономической сферы: докл. VI Всерос. гидрологического съезда. С.-Петербург, 28 сент.–1 окт. 2004 г. / Гос. гидрологич. ин-т; редкол.: И.А.Шикломанов [и др.]. – М., 2008. – Ч. 2. – С. 159–163.

118. Экстремальные гидрологические явления / Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, А.Ф. Бумакова, И.С. Зайцева, Л.К. Малик // Изв. РАН. Сер. Географическая. – 2005. – № 2. – С. 45–57.

119. *Якимова, С.В.* Сезонные прогнозы экстремальных уровней грунтовых вод / С.В. Якимова // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 5. – С. 539–545.

120. *Bartnik A., Jokiel P.* Odpływy maksymalne i indeksy powodziowosci rzek europejskich. Gosp. Wodna. 2007: z. 1. – P. 28–32.

121. *Berz, C.* Flood disasters: Lesson from the past-worries for the future / C. Berz // Water and Maritime Engineering, March, 2000.

122. *Ciepielowski A., Dabkowski L.* Metody obliczen przeplywow maksymalnych w malych zlewniach rzecznych. Oficyna Wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz, 2006. – P. 1–311.

123. *Fal B.* Maksymalne przeplywy rzek polskich na tle wartosci zaobserwowanych w roznym rzekach swiata. Gosp. Wodna nr 5, 2004. – P. 188–192.

124. Guide on Hydrologic Practice, 1994. WMO, N. 168.

125. Guide on Hydrologic Practice, 2009. WMO, N. 168.

126. IAHS Newsletter, NL 81, November 2004. – 15 p.

127. *Jokiel P.* Przeplywy ekstremalne wybranych rzek srodkowej Polski. Czas. Geogr. z. 1–2. 2007. – P. 83–97.

128. *Jokiel P., Tomalski P.* Maksymalne odpływy rzek Polski w latach 1951–2000. Acta Univ. Lodzianensis. Folia Geogr.-Physica 8. 2004. – P. 99–129.

129. *Ozga-Zielinska M.* Przeplywy maksymalne o okreslonym prawdopodobienstwie przewyzszenia a maksymalne wiarygodne wezbranie. Gosp. Wodna nr 7. 2004. – P. 278–280.

130. Science Plan on Hazards and Disasters / Earthquakes, Floods and Landslides // ICSU Regional Office for Asia & Pacific, 2008. – 48 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Глава 1. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОВОДИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ.....</i>	8
1.1. Краткая история изучения половодий.....	8
1.2. Общие закономерности и факторы формирования весеннего стока	10
1.3. Характеристика половодий на реках Беларуси	26
<i>Глава 2. НАВОДНЕНИЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ</i>	34
2.1. Классификация наводнений	34
2.2. Повторяемость наводнений в разных регионах мира	37
2.3. Характеристика и классификация наводнений на реках Беларуси	39
2.4. Методы прогнозирования возможного ущерба от наводнений	43
2.5. Геофизическая проблема Полесья.....	47
2.6. Проблемы предупреждения ущерба от наводнений	52
<i>Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БЕЛАРУСИ</i>	54
3.1. Система мониторинга весенних половодий на реках Беларуси	54
3.2. Источники исходной информации.....	60
3.3. Учет разовых измерений при определении расчетных характеристик стока весеннего половодья слабоизученных рек.....	62
3.4. Особенности расчета максимальных расходов воды на реках.....	64
3.5. Особенности расчета параметров наводнений, вызванных техногенными причинами	69
3.6. Методики анализа пространственно-временных колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья	71
3.7. Анализ временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья	80
<i>Глава 4. ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ И ИХ РАЙОНИРОВАНИЕ</i>	86
4.1. Оценка однородности временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси	86
4.2. Характеристика пространственно-временных колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья	89
4.3. Оценка асинхронности в формировании максимальных расходов воды весеннего половодья	94
4.4. Районирование территории Беларуси по характеру колебаний стока весеннего половодья	96

Глава 5. ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ И ИХ ПРИЧИНЫ	105
5.1. Количественная оценка изменений максимальных расходов воды весеннего половодья	105
5.2. Изменения максимальных расходов воды весеннего половодья рек Беларуси при потеплении климата	120
5.3. Изменения дат наступления максимальных расходов воды весеннего половодья	128
5.4. Изменения гидрографов весеннего половодья на реках Беларуси	132
5.5. Определение максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений	133
Глава 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ	142
6.1. Цикличность максимальных расходов воды весеннего половодья	142
6.2. Стохастическое моделирование с помощью цепей Маркова и нелинейных моделей	150
6.3. Прогнозная оценка изменения максимальных расходов воды весеннего половодья малых рек Беларуси при различных сценариях климата будущего.....	156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
ЛИТЕРАТУРА	165
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	202
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	207
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	213
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	216
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	227
ПРИЛОЖЕНИЕ З	231
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	237

Научное издание

Логинов Владимир Федорович
Волчек Александр Александрович
Волчек Анастасия Александровна

**ВЕСЕННИЕ ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ:
пространственно-временные колебания и прогноз**

Редактор *Я. В. Рощина*
Художественный редактор *Д. А. Комлев*
Технический редактор *О. А. Толстая*
Компьютерная верстка *О. Н. Карпович*

Подписано в печать 26.05.2014. Формат 70×100¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 19,99. Уч.-изд. л. 16,6.
Тираж 120 экз. Заказ 97.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, Минск.



Логинов Владимир Федорович

Доктор географических наук, профессор, академик Национальной академии наук Беларуси. Главный научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси».

Автор около 500 научных работ, в том числе 25 монографий и брошюр, 2 справочников, 3 учебных пособий. Основное направление научных исследований – изучение изменений климата и их последствия в различных отраслях экономики.



Волчек Александр Александрович

Доктор географических наук, профессор. Декан факультета водоснабжения и гидромелиорации УО «Брестский государственный технический университет».

Автор более 700 научных работ, в том числе 15 монографий, 3 пособий, 5 учебных пособий для вузов, 10 изобретений. Основное направление работы – изменение водного баланса речных водосборов, моделирования процессов формирования водного режима.



Волчек Анастасия Александровна

Кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций УО «Брестский государственный технический университет».

Автор около 100 научных работ, в том числе 1 пособия, 3 изобретений. Основное направление работы – изменения и прогноз водного режима рек.

ISBN 978-985-08-1710-5



9 789850 817105