



აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
Akaki Tsereteli State University

აწსუ გეოგრაფიის დეპარტამენტი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო  
უნივერსიტეტის  
საზოგადოებრივი გეოგრაფიის მიმართულება

ვახუშტი ბაგრატიონის

ინსტიტუტი

Department of Geography, ATSU

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University,  
Direction of Human Geography

Vakhushti Bagrationi Institute of Geography

**გეოგრაფია გლობალურ კონტექსტში:  
მიღწევები და გამოწვევები**

**Geography in Global Context:  
Achievements and Challenges**

შრომათა კრებული

**Collected Papers**

ქუთაისი

2017  
Kutaisi  
Georgia

კრებულში შესულია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტში 2017 წლის 3–4 ივნისს ჩატარებული გეოგრაფიის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები. კრებული გათვალისწინებულია გეოგრაფიით დაინტერესებული სპეციალისტებისათვის.

მადლობას ვუხდით აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის რექტორატს კონფერენციის ჩატარებისა და კრებულის გამოქვეყნებისათვის გაწეული ფინანსური მხარდაჭერისათვის.

The anthology includes the proceedings of the International Scientific Geographical Conference held at Akaki Tsereteli State University (Kutaisi, Georgia) in June 3-4, 2017. The collection is intended for the specialists interested in Geography.

We express our gratitude toward the Rector's office of Akaki Tsereteli State University for the financial support in holding the conference and publishing the collection.

სარედაქციო კოლეგია: **ია იაშვილი** ასოცირებული პროფესორი  
(მთავარი რედაქტორი)

**ციცინო დავითულიანი** ასოცირებული პროფესორი  
**დალი მიქაუტაძე** ასოცირებული პროფესორი

რეცენზენტები:

**ლია ქართველიშვილი**

გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**გიორგი გოგსაძე** პროფესორი

თსუ საზოგადოებრივი გეოგრაფიის მიმართულება

Editorial board:

**Ia Iashvili** PhD (Editor-in-chief)

**Tsitsino Davituliani** PhD

**Dali Mikautadze** PhD

Reviewers:

**Lia Kartvelishvili** PhD

Institute of Hydrometeorology of  
Georgian Technical University

**Giorgi Gogsadze** PhD, Professor

Direction of Human Geography at Tbilisi State

ISBN 978-9941-9043-2-5



© აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა

ქუთაისი, 4600, თამარ მეფის 59. ტელ.: 24 00 21  
E-mail: atsugamomcemloba@gmail.com

**Шакирзанова Жаннетта Рашидовна**

Профессор кафедры гидрологии суши  
jannetodessa@gmail.com

Одесский государственный экологический университет, Одесса

**Докус Ангелина Александровна**

Младший научный сотрудник  
angel.dokus@gmail.com

Одесский государственный экологический университет, Одесса

## **Прогнозирование Гидрологических Рисков Наводнений при Использовании Метода Долгосрочного Прогноза Максимального Стока**

Прогнозирование ежегодных гидрологических рисков при прохождении весенних половодий на реках и планирования мер защиты в зонах затопления возможно при пространственном мониторинге состояния водных объектов в этот период. Данная работа выполняется в соответствии с Паводковой Директивой 2007/60/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2007 года об оценке и управлении рисками затопления, которая направлена на предотвращение, защиту и уменьшение негативного влияния наводнений на окружающую среду.

Методика долгосрочных прогнозов слоя стока и максимальных расходов воды основана на использовании региональных зависимостей этих величин от количества влаги на бассейне, выраженных в модульных коэффициентах, то есть по отношению к средним многолетним величинам. Особенностью методики есть то, что установление типа водности будущей весны осуществляется по дискриминантной функции, в вектор-предиктор которой включены (в модульных коэффициентах) - суммарное поступление воды на водосбор (максимальные снегозапасы и осадки периода весеннего половодья), индекс увлажнения и максимальная глубина промерзания почв.

Прогноз слоёв стока или максимальных расходов воды весеннего половодья осуществляется по знаку дискриминантной функции (тип половодья устанавливается, как выше, близок или ниже нормы). Получение значений слоёв стока и максимальных расходов воды происходит путём умножения спрогнозированных модульных коэффициентов на их среднемноголетние величины.

Данный метод прогноза позволяет определять, как стоковые характеристики, так и их вероятностные оценки для любых рек территории, включая и неизученные в гидрологическом отношении. Методика предусматривает представление результатов ежегодной прогностической оценки рисков в бассейне при использовании географической ГИС-

равных величин, прогнозируемых по методике значений модульных коэффициентов слоёв стока или максимальных расходов воды весеннего половодья, а также вероятности их появления в многолетнем периоде.

Предложенный метод позволяет предупредить о возникновении катастрофически высокого половодья, предоставить количественную оценку стоковым значениям и сроков прохождения весеннего половодья в целом для крупных регионов, включая реки, недостаточно изученные в гидрологическом отношении. Построение прогностических карт выполняется в оперативном режиме выпуска прогнозов и даёт возможность сопровождения развития риска при формировании катастрофического весеннего половодья рек, а также проведения анализа гидрометеорологической ситуации в бассейне и регионе в целом. Кроме того, прогнозный метод позволяет установить вероятности возникновения гидрологических рисков в многолетнем разрезе и выполнить ее пространственное представление.

**Ключевые слова:** территориальное долгосрочное прогнозирование, максимальный сток, весеннее половодье, гидрологический риск наводнений.

**Введение.** Заблаговременная оценка гидрологических рисков наводнений может быть более эффективной при использовании научно-обоснованного метода долгосрочного прогноза характеристик максимального стока весеннего половодья – наиболее полноводной фазы режима равнинных рек. Наводнение является природным явлением и его невозможно предотвратить, однако при мониторинге его развития, есть возможность в разы уменьшить негативные последствия половодья для жизни и здоровья людей, окружающей среды, культурного наследия и экономической деятельности [1].

Только за период 2000-2010 гг. от половодий пострадало более 2 млн. жителей Восточной Европы. ЕЭК ООН оценивает ежегодные убытки от стихийных явлений, среди которых лидируют наводнения в среднем 1% от ВВП (в Украине эта сумма может оцениваться в более чем 550 млн. долларов США ежегодно) [1].

Прогнозирование ежегодных гидрологических рисков при прохождении весенних половодий на реках и планирования мер защиты в зонах затопления возможны при пространственном мониторинге состояния водных объектов в этот период. Данная работа выполняется в соответствии с положениями Паводковой Директивы 2007/60/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2007 года об оценке и управлении рисками затоплений [1], которая направлена на предотвращение, защиту и уменьшение негативного влияния наводнений на окружающую среду, а также в рамках Статьи

Соглашения об ассоциации между Украиной и Европейским Союзом и его государствами-членами [2], в котором «...предполагается, что усиление природоохранной деятельности будет иметь положительные последствия для граждан и предприятий в Украине и ЕС, в частности, через улучшение системы здравоохранения, сохранения природных ресурсов, повышение экономической и природоохранной эффективности, интеграции экологической политики в другие сферы политики государства, а также повышение уровня производства благодаря современным технологиям...».

Для прогнозирования ежегодных гидрологических рисков при прохождении весенних половодий равнинных рек авторами предлагается использование метода территориальных долгосрочных прогнозов характеристик весеннего половодья (на примере бассейна реки Южный Буг) при использовании ГИС-технологий картографического представления прогнозных величин. Данный метод прогноза позволяет определять, как стоковые характеристики, так и их вероятностные оценки для любых рек территории, включая и неизученные в гидрологическом отношении. Следует отметить, что данный метод учитывает основные принципы Паводковой Директивы ЕС об оценке и управлении рисками затоплений [1], а именно – регламентирует действия до наступления наводнений, позволяет прогнозировать экстремальные сценарии наводнений, предоставлять рекомендации к действиям органов в сфере водной политики, а также учитывает возможные последствия изменения климата.

**Постановка проблемы исследования.** Понятие «риск» появилось в XIV в., однако попытки оценки и управления рисками известны достаточно давно, ещё 4 тыс. лет назад в Месопотамии пытались оценить риски и управлять ими. На сегодняшний день проблема оценки и управления рисками превратилась в общемировую задачу. Экономический, промышленный и технологический прогресс в XX в. привёл к возникновению целого ряда проблем, которые человечество пока не в силах преодолеть. Из-за чрезмерного использования природных ресурсов в последние десятилетия резко увеличилось количество источников рисков, которые несут угрозы экологического характера. Эти угрозы продолжают расти и усложняться.

Риск является сложным понятием и включает в себя как категории последствий, так и вероятность возникновения нежелательных опасных событий. Риск – это возможность возникновения неблагоприятных последствий, вызванных антропогенными или природными явлениями [3]. Гидрологический риск в свою очередь

наводнениями («Наводнение» - временное покрытие водой земли, которая в обычных условиях не покрыта водой [1]), которые возникают во время продолжительных ливней, вследствие таяния снега и при заторах, быстрым затоплением побережий, медленными, но масштабными колебаниями уровня озёр, смещением русла реки, повышением уровня грунтовых вод и др.

Для предупреждения риска наводнений («Риск наводнений» - сочетание вероятности наводнений и возможных неблагоприятных последствий, обусловленных наводнением, на здоровье человека, окружающую среду, культурное наследие и экономическую деятельность (статья 2, пункт 2) [1]) возникает необходимость пространственного мониторинга гидрологического состояния водных объектов в бассейне, прогностической оценки ежегодных гидрологический рисков, особенно в период наиболее многоводной фазы годового режима равнинных рек Украины (в т.ч. бассейна Южного Буга) – прохождении весеннего половодья, которое является преимущественно опасным природным явлением.

Во время прохождения весеннего половодья могут наблюдаться катастрофические подъёмы уровней воды в реках, выход воды на пойму, затопление сельскохозяйственных угодий объектов, дорог, разрушение гидротехнических сооружений, что влечёт за собой и экологические опасности. От размеров половодья во многом зависит безопасность функционирования объектов хозяйствования, населённых пунктов, шоссейных и железнодорожных путей сообщения, гидротехнических сооружений.

**Обзор изученности объекта.** Рассматриваемым объектом исследования является бассейн равнинной реки Украины – Южного Буга. Реки бассейна верхнего и среднего течения Южного Буга характеризуются выраженным весенним половодьем и низкой меженью. Главным источником питания рек в весенний период является снеготаяние, но не исключено и выпадение дождей. Реки зоны, кроме поверхностного питания, получают и грунтовое, которое в общем стоке рек составляет 5-8%. Доля же весеннего стока в годовом – до 70-94% (низовья Южного Буга), формируется при различных сочетаниях гидрометеорологических условий и в отдельные годы может быть опасным природным явлением.

В работе выполнен анализ и определение составляющих стока весеннего половодья (при построении комплексных графиков хода гидрометеорологических элементов) за весь период инструментальных наблюдений за стоком воды в реках (по 2017 г. включительно) по 10 опорных гидрологических постах в бассейне Южного Буга и малых рек между Днестром и Южным Бугом (рис. 1)

Исходные гидрометеорологические данные заимствованы из режимных изданий Гидрометслужбы и автоматизированной системы оперативного получения и хранения информации АРМ-гидро. Современный компьютерный комплекс АРМ-гидро содержит и данные об уровнях и расходах воды, при которых наблюдаются опасные явления (ОЯ) и стихийные гидрометеорологические явления (СГЯ), которые являются показателями возможных гидрологических рисков.

Оценка потенциальных объектов затопления указывает на возможный ущерб при затоплении территории бассейна Южного Буга. Рассматриваемый бассейн расположен в пределах 7 административных областей (Хмельницкой, Винницкой, Кировоградской, Черкасской, Николаевской, Одесской); характеризуется высоким уровнем хозяйственной освоенности территории; здесь размещены 70 административных районов, 35 городов, 65 поселков, 2878 сел, в которых проживает 4,2 млн. человек, что составляет около 8% всего населения Украины. Это один из мощных аграрных регионов Украины с высоким уровнем промышленного производства, речного транспорта, водоснабжения и ирригации [4]. Южный Буг является одной из самых зарегулированных рек Украины, поэтому возникает потребность оперативного информирования о состоянии реки для своевременного реагирования и предупреждения возникновения опасной ситуации, в том числе на объектах ГЭС и АЭС.

**Состояние исследуемой проблемы.** Климат рассматриваемой территории бассейна Южного Буга характеризуется недостаточной увлажненностью с мягкими зимами и неустойчивыми снеготпасами. Но в отдельные годы наблюдаются половодья, при которых зафиксированы риски наводнений (1998, 2003, 2006, 2010 гг.).

Анализ всего периода инструментальных наблюдений подтверждает проявления климатических изменений, происходящих в течение последних десятилетий, как во всем мире, так и в Украине (в т.ч. в бассейне Южного Буга) [5,6], которые существенно влияют на гидрометеорологические факторы и условия формирования весенних половодий на реках. Наблюдается общая закономерность повышения зимних температур воздуха, изменения количества осадков (особенно твердых), значительное их колебание из года в год, а также большая изменчивость по территории. Имеет место и выраженная тенденция к уменьшению промерзания почв, что приводит к дополнительным потерям воды в период таяния снега на бассейнах [7].

**Материалы исследования.** В основу исследования положены данные наблюдений (по состоянию на 2017 г.) з

гидрометеорологическими и агрометеорологическими характеристиками весеннего половодья (расходами воды, температурой воздуха, осадками, запасами воды в снежном покрове, глубиной промерзания почв, индексом их увлажнения).

В работе были использованы методы теоретического анализа, географического обобщения, статистической обработки временных рядов гидрометеорологических наблюдений, дискриминантный анализ.

**Методы исследования.** Методика долгосрочных прогнозов максимального весеннего стока рек (слоёв стока и максимальных расходов воды) основана на использовании региональных зависимостей этих величин от количества влаги на бассейне, выраженных в модульных коэффициентах, то есть по отношению к их среднегодовым величинам в виде [8,9]

$$k_m = f(k_X), \quad (1)$$

где  $k_m$  – модульный коэффициент слоёв весеннего стока ( $k_m = Y / Y_0$ ,  $Y_m$  и  $Y_0$  – слой стока весеннего половодья и его среднегодовая величина, мм) и максимальных расходов воды ( $k_m = q / q_0$ ,  $q_m$  и  $q_0$  – максимальный модуль весеннего половодья и его среднегодовая величина, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>);  $k_X$  –

принимают участие в формировании максимального расхода воды весеннего половодья

$$k_X = (S_m + X_{12} / (S_0 + X_{1020})), \quad (2)$$

$S_m$  и  $S_0$  – максимальный запас воды в снежном покрове перед началом весеннего снеготаяния и его среднегодовая величина, мм;  $X_1$  и  $X_{10}$  – жидкие осадки периода весеннего снеготаяния и их среднегодовая величина, мм;  $X_2$  и  $X_{20}$  – жидкие осадки периода спада весеннего половодья и их среднегодовая величина, мм.

Особенностью методики является то, что производится дискриминантной функции (выше, ниже или около нормы). Для бассейна Южного Буга



$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{ne}} + a_3 k_L + a_4 \theta_{02}, \quad (3)$$

где  $k_{q_{ne}} = Q_{ne} / Q_{ne_0}$  – модульный коэффициент индекса увлажнения почв ( $Q_{ne}$  и  $Q_{ne_0}$  – средний месячный расход воды перед началом весеннего половодья и его норма, м<sup>3</sup>/с);  $k_L = L / L_0$  – модульный коэффициент максимальной за зиму глубины промерзания почв ( $L$  и  $L_0$  – глубина промерзания почв и ее норма, см);  $\theta_{02}$  – среднемесячная температура воздуха в феврале, °С.

При отсутствии данных о ежегодных и многолетних расходах воды на отдельных реках или регионах в целом используются территориально общие их зависимости от площадей водозаборов рек. Восстановление пространственных полей глубин промерзания почв производится по их связям с географической широтой пунктов измерений.

Установлено, что для речных систем, которые находятся в близких условиях формирования весенних половодий дискриминантные уравнения постоянные и могут использоваться для всех рек однородных по условиям формирования весеннего стока районов.

Построенные в соответствии со знаком дискриминантных функций прогнозные зависимости (1) описываются полиномом, например, 3-й степени

$$k_m = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (4)$$

где  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коэффициенты полинома.

Переход от модульных коэффициентов к прогнозным значениям осуществляется:

– слоев стока,  $Y_m$ , мм, по уравнению

$$Y'_m = k \cdot Y_0. \quad (5)$$

На реках, где стоковые наблюдения отсутствуют, среднемноголетние значения слоев весеннего стока снимаются с карты с введением поправочных коэффициентов на залесенность и заболоченность бассейнов (рис.2) или определяются по их зависимости от географической широты водосборов ( $\varphi$

## 3. მანიკონი, ა. ცოქი

$$Y_0 = 33,0 \cdot \exp[0,32(\varphi^0 - 50)]; \quad (6)$$

– максимальных расходов воды,  $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с, по уравнению

$$Q'_m = k \cdot q_0 \cdot F, \quad (7)$$

где среднееголетние величины максимальных модулей весеннего половодья  $q_0$  для рек, неизученных в гидрологическом отношении устанавливаются по модели редуцированных типовых гидрографов половодий по уравнению [10]

$$q_0 = \psi(t_p/T) \varepsilon_F \cdot r, \quad (8)$$

где  $q'_0$  – среднееголетний модуль максимального расхода воды склонового притока, м<sup>3</sup>/с·км<sup>2</sup>;  $\psi(t_p/T_0)$  – трансформационная функция распластывания паводковых волн под влиянием руслового добегания;  $\varepsilon_F$  – коэффициент русло-пойменного регулирования;  $r$  – коэффициент трансформации половодий под влиянием озер и водохранилищ руслового типа.

Определение продолжительности склонового притока талодождевой воды на водосборах  $T_0$  для неизученных в гидрологическом отношении рек снимается с карты с введением поправочных коэффициентов на залесенность и заболоченность бассейнов (рис. 3) или производится по региональному уравнению при его обобщении по территории в виде

$$T_0 = 24,2(\varphi^0 - 50) + 507. \quad (9)$$

Определение значений вероятностных оценок наступления прогнозных величин в многолетнем периоде осуществляется по прогнозным модульным коэффициентам слоев стока или максимальных расходов воды половодья и их статистическим характеристикам при использовании трехпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [ 1], в виде интервала

$$P_1 < Y(Q) < P_2, \quad (10)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – верхняя и нижняя границы обеспеченности.

Спрогнозированные характеристики весеннего половодья в виде модульных коэффициентов для слоев стока или максимальных расходов воды представляются в картографическом виде при использовании ГИС-технологий [9]. В виде карт представляются и вероятностные оценки  $P\%$  наступления прогнозируемого явления в многолетнем разрезе.

Практическая схема составления долгосрочного прогноза характеристик максимального стока весеннего половодья в бассейне Южного Буга может быть представлена в виде блок-схемы (рис.4).

**Результаты исследования.** Осуществлена проверка методики долгосрочных прогнозов максимального стока весеннего половодья за

период с 2000 по 2015 гг. по 10 опорным водосборам. Всего за 15 лет было составлено и оценено (на даты составления прогнозов – 10, 20, 28 февраля и дату максимальных снегозапасов) более тысячи прогнозов для слоев стока и максимальных расходов воды весеннего половодья. В каждом году прогнозирование велось при установлении неизвестных (на даты выпуска прогнозов) метеорологических факторов, используя предоставленные в прогнозной схеме рекомендации по их определению и считая метеорологические условия зимне-весеннего сезона близкими к климатической норме. Результаты проверки методики показали удовлетворительные оценки.

Для равнинной территории Украины (в т.ч. бассейна Южного Буга) получены поправочные коэффициенты на изменение водного режима весеннего половодья рек в современных климатических условиях в период до 2010 и последующие годы. Такие коэффициенты обобщены в зависимости от географической широты центров водосборов рек ( $\varphi$  в долях °) в виде уравнений:

– для слоёв стока

$$Y_{2010} = 0,91 - 0,01(\varphi - 50); \quad (11)$$

– для максимальных расходов воды

$$Q_{2010} = 0,87 - 0,008(\varphi - 50). \quad (12)$$

Поскольку многолетние периоды маловодья могут чередоваться повышенной водностью рек в весенний период, то есть в последующие годы направленность тенденций может менять своё направление,

предлагается корректировать такие поправочные коэффициенты, например, каждое последующее десятилетие.

В частности, выполненная оценка слоев стока и максимальных расходов (уровней) воды весеннего половодья текущего 2016-2017 г. в бассейне р. Южный Буг, показала, что прогноз является оправдавшимся с хорошими результатами. Оценка возможных рисков наводнений свидетельствует, что расходы и уровни воды не превышали значений опасных отметок, при которых наблюдаются подтопления объектов (при ОЯ и СГЯ).

**Выводы.** Для предварительной оценки рисков наводнений целесообразным является использование метода территориальных долгосрочных прогнозов характеристик весеннего половодья рек.

Предложенный метод позволяет предупредить возникновение катастрофически высокого половодья, предоставить количественную оценку стоковым значениям и срокам прохождения весеннего половодья в целом для крупных регионов, включая реки, недостаточно изученные в гидрологическом отношении.

Наряду с табличной формой представления прогнозов характеристик половодья предложенная методика предусматривает также картографическое представление прогнозных величин при использовании ГИС технологий, что является удобным инструментом обработки и комплексного анализа данных.

Построение предложенных карт при использовании ГИС-технологий выполняется в оперативном режиме выпуска прогнозов и даёт возможность сопровождения развития риска при формировании весеннего половодья рек и проведения анализа гидрометеорологической ситуации в бассейне и регионе в целом. Предложенные карты предоставляют информацию о наводнениях разной вероятности (низкой, высокой, средней) и просты в использовании для заказчика.

**Перспективы исследования.** В условиях современных изменений климата и водного режима рек перспективным направлением данного метода является осуществление прогнозирования водности рек весеннего периода по сценарным гидрометеорологическим величинам.

В модели территориальных долгосрочных прогнозов характеристик максимального стока весеннего половодья при использовании сценариев климатических изменений необходимо выявление зависимостей гидрометеорологических факторов половодья, входящих

в вектор-предиктор дискриминантной функции, от сценарных характеристик температур воздуха и осадков.

При этом обнаружены корреляционные связи между факторами весеннего половодья и величинами температур воздуха и осадков за различные периоды. Коэффициенты корреляции являются значимыми и колеблются в пределах от 0,84 до 0,95.

Задаaniem дальнейших исследований является установление величин осадков и температуры воздуха по данным климатических сценариев, апробированных для территории Украины (в т.ч. бассейна Южного Буга) и использования моделируемых гидрометеорологических факторов в прогнозной схеме при долгосрочном прогнозировании характеристик весеннего стока рек для предотвращения возможных рисков наводнений.

#### Список литературы:

1. Директива 2007/60/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2007 г. по оценке и управлению рисками наводнений (Директива по наводнениям) [Электронный ресурс]: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060>
2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011/page10](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_011/page10)
3. Музалевский А.А., Карлин Л.Н. (2011). *Экологические риски: теория и практика*. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 448 с.
4. Мокін В.Б., Крижановський Є.М., Марушевський Г.Б. (2009). *Розробка екологічного атласу басейну річки Південний Буг*. – Вінниця, 19 с.
5. *Клімат України* / За ред. В.М.Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко (2003). Київ: Вид-но Раєвського, 343 с.
6. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report // The challenges of climate change: The outcomes of IPCC WGI*. Thomas Stocher. Co-Chair IPCC Working Group I. University of Bern, Switzerland.
7. Шакірзанова Ж.Р., Казакова (Докус) А.О., (2015). *Гідрометеорологічні чинники і характеристики весняних водопіль в басейні р. Південний Буг в сучасних кліматичних умовах // Вісник Одеського державного екологічного університету*. Вип. 20. С. 100-107.

8. Шакірзанова Ж.Р. (2015). *Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України* / Ж.Р. Шакірзанова – Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 252 с.
9. Shakirzanova Zh., **Kazakova (Dokus) A.**, Volkov A. (2017). *Territorial long-term forecasting of spring flood characteristics in the modern climatic condition utilizing geographical informational systems*. International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. Vol. 7. No.1. P. 13-16. <http://www.ijsk.org/ijrees.html>
10. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. (2011). *Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Прип'ять: Монографія* - Одеса: Екологія, 336с.
11. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик* (1984). Л.: Гидрометеиздат, 448 с.

**Zhannetta Shakirzanova**, Prof. of the Department of Hydrology of land, Hydrometeorological Institute, Odessa State Environmental University

**Anhelina Dokus**, post-graduate student of the second year  
Odessa State Environmental University

### **Forecasting the Hydrological Risks of Floods Using the Method of Forecasting the Maximum Run-off of Spring High Water**

Forecasting of annual hydrological risks during the passage of spring floods on rivers and planning of protection measures in flood zones is possible with spatial monitoring of the state of water objects in this period. This work is carried out in accordance with the Flood Directive 2007/60 / EC of the European Parliament and of the Council from 23 October 2007 concerning assessment and management of flood risks, which aims to prevent, protect and reduce the negative impact of floods on the environment.

The method of long-term forecasts of the runoff layer and the maximum water discharge is based on the use of regional dependencies of these values on the amount of moisture in the basin expressed in modular coefficients, that is, relative to the average long-term values. The peculiarity of the method is that the determination of the water type content of the future spring is carried out on the basis of a discriminant function the predictor vector of which includes (in modular coefficients) the total flow of water into the catchment area (maximum snow reserves and precipitations of the spring flood period), the humidification index and the maximum freezing

The forecast of the layers of runoff or the maximum flow of spring flood water is carried out by the sign of the discriminant function (the type of flood is determined, as mentioned above, near or below the norm). The values of the layers of runoff and the maximum water flow are obtained by multiplying the predicted modular coefficients by their average long-term values.

This method of forecasting allows to determine both stock characteristics and their probabilistic estimates for any rivers of the territory, including those not studied hydrologically. The methodology provides presentation of results of the annual prognostic risk assessment in the basin using a geographic GIS map depicting isolines, that is, lines of equal values predicted by the modular coefficients of the flow layers or the maximum flow rates of spring floods, as well as the probability of their occurrence in the long-term period.

The proposed method makes it possible to warn about the occurrence of a catastrophically high flood, to provide a quantitative assessment of the runoff values and the timing of the passage of spring high water in general for large regions, including rivers that have not been sufficiently studied hydrologically. Construction of forecast maps is

operational mode of issuing forecasts and provides opportunity to accompany risk development in formation of a catastrophic spring flood of rivers, as well as to make analysis of the hydrometeorological situation in the basin and the region in a whole. In addition, the forecast method allows to establish the probabilities of occurrence of hydrological risks in the multi-year section and to perform its spatial representation.

**Key words:** territorial long-term forecasting, maximum runoff, spring high water, hydrological flood risk.

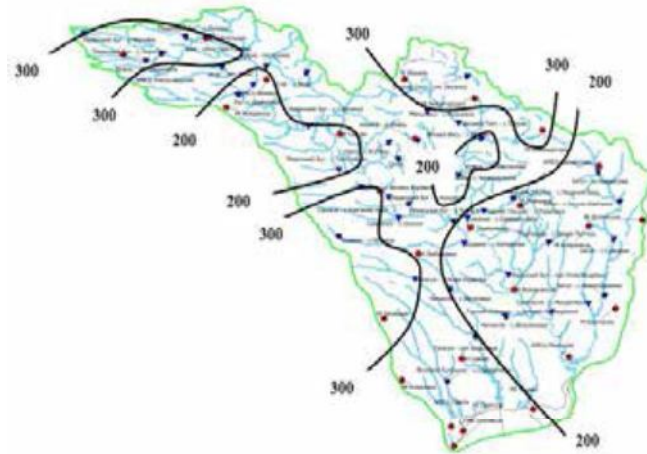


Рис. 3 – Распределение по территории продолжительности склонового притока тало-дождевой воды (на примере бассейна р. Южный Буг, при залесенности  $f_{л} = 0$  и заболоченности  $f_{б} = 0$ ),



▼ – гидрологический пост; ● – метеорологическая станция

Рис.1 – Гидрометеорологическая сеть наблюдений в бассейне Южного Буга и малых рек между Днестром и Южным Бугом



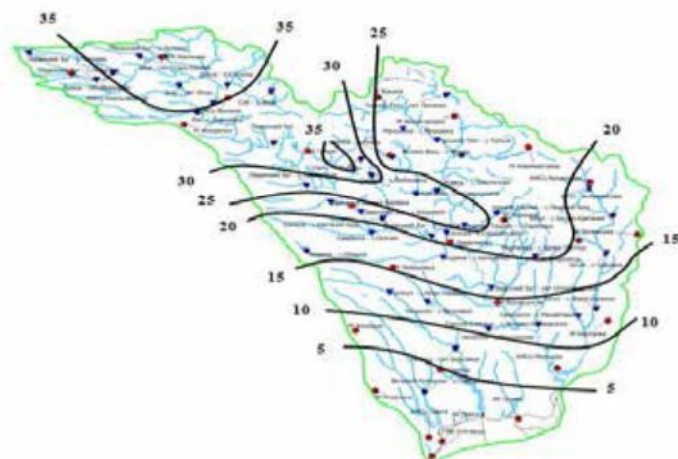


Рис. 2 – Распределение по территории средних многолетних величин слоев стока  
весеннего половодья (на примере бассейна р. Южный Буг, при залесенности  $f_{л} = 0$  и  
заболоченности  $f_{б} = 0$ )

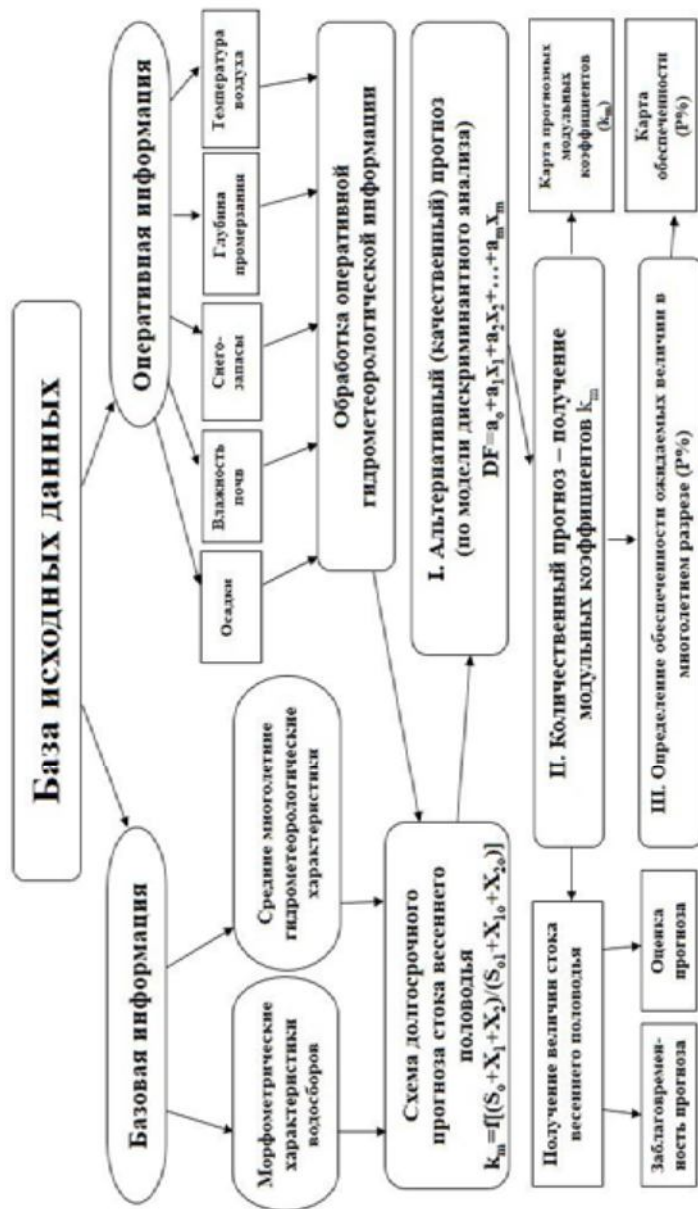


Рис. 4 – Блок-схема долгосрочного прогноза максимального стока весеннего половодья