

УДК 614.8

**А. Б. Кусаинов<sup>1</sup>, А. Н. Бейсеков<sup>2</sup>, Ж. С. Мусабеков<sup>2</sup>, К. Ж. Раимбеков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики  
Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

<sup>2</sup>*НАО «Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан*

## **МЕТОДИКА И ПРОГРАММНЫЙ РАСЧЕТ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ВЕСЕННИХ ПАВОДКОВ**

*Аннотация.* В статье рассматривается методика краткосрочного прогноза весенних паводков. Одна из важнейших задач современного этапа развития Республики Казахстан – уменьшение одного из стратегических рисков – риска наводнений, который в последние годы приобретает все большую значимость для социально-экономического и экологического развития страны. В данной работе предлагается упростить методику краткосрочного прогноза и оценки риска возникновения паводковой волны. Оценка риска проводится в зависимости от максимальных уровней воды в реке. В уравнение для прогноза максимальных уровней в реке включаются следующие параметры и обобщенные показатели: запасы воды в снеге, количество осадков, уровни воды в речной системе на период выпуска прогноза, среднесуточная температура воздуха и скорость ветра. Разработана принципиальная схема, позволяющая краткосрочно оценивать риск формирования опасного гидрологического явления, заблаговременностью в 3–7 суток. Для автоматизации расчета паводков была разработана компьютерная программа на языке PHP, с использованием системы управления базой данных MySQL.

*Ключевые слова:* весенние паводки, автоматизация расчета максимального уровня воды, краткосрочный прогноз.

До недавнего времени первостепенное внимание в решении проблем защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций уделялось ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий. Однако эти усилия становятся всё менее эффективными и более затратными. Имеющиеся ограниченные ресурсы должны быть в первую очередь направлены на снижение риска и обеспечение безопасности человека, а не на выделение огромных расходов при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

По расчетам международных экспертов затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к стихийным бедствиям в 10 - 15 раз меньше величины предотвращенного ущерба.

Сохраняющаяся тенденция ежегодного роста количества и масштабов последствий наводнений заставляет искать новые решения проблемы защиты населения и территорий, предвидеть будущие угрозы, риски и опасности, развивать методы их прогноза и предупреждения.

Анализ и управление рисками должны лечь в основу системы регулирования безопасности населения и территорий и обеспечить преодоление негативной тенденции роста числа наводнений. Так, например, в тех странах Западной Европы, где осуществляются меры государственного регулирования с целью снижения риска чрезвычайных ситуаций, число аварий и катастроф сократилось за десять лет в

7-10 раз. Подобные меры оказываются наименее затратными и в экономическом отношении.

Одна из важнейших задач современного этапа развития Республики Казахстан – уменьшение одного из стратегических рисков – риска наводнений, который в последние годы, несмотря на значительные усилия Правительства и местных исполнительных органов, приобретает все большую значимость для социально-экономического и экологического развития страны [1].

Методология анализа и управления деятельностью в области предупреждения и ликвидации наводнений должна разрабатываться и осуществляться на основе прогностических данных, которая является научным инструментом для поддержки принятия решений практически во всех сферах человеческой деятельности.

#### *Прогноз весеннего паводка*

Наводнения остаются самым убыточным явлением природы. В связи с особенностями гидрологического режима рек равнинного Казахстана исключительно снеговое питание по М. И. Львовичу, «казахстанский тип» с исключительной неравномерностью распределения стока во времени по Б. Д. Зайкову, половодья здесь могут быть очень высокими. Неслучайно в сводном отчете по оценке риска бедствий, выполненным под эгидой международных организаций, среди стран центральной Азии и Кавказа только у нас среди источников ЧС – наибольший материальный ущерб и наибольшее количество пострадавших – именно за счет наводнений. При этом если в мире основной источник наводнений – дожди, то на всех более или менее значительных реках Казахстана максимальный расход половодья на один-два порядка выше максимального расхода дождевых паводков.

Основными факторами, влияющими на весеннее половодье, являются: запас воды в снежном покрове к моменту начала таяния и характер его распределения по поверхности водосбора; дождевые осадки (жидкие), выпадающие в период половодья; условия погоды, влияющие на интенсивность снеготаяния; влажность и глубина промерзания почвогрунтов, определяющие потери стока при впитывании талых и дождевых вод [2].

Стеkanie, образующееся в процессе снеготаяния воды, определяется рельефом водосбора, наличием лесов, озер и болот, определяющих как потери стока, так и характер (условия) стекания на водосборе. Особенностью формирования стока весеннего половодья является сравнительно кратковременное и одновременное таяние снега на больших территориях. В результате даже при небольшой интенсивности процесса водоотдачи из снега на средних и больших водосборах формируются наибольшие в году паводки.

Стеkanie воды по склонам сопровождается затоплением бессточных углублений и временным скоплением в проточных емкостях. Большая часть талой воды поглощается почвой и не участвует далее в формировании половодья. Наличие лесов и болот вызывает уменьшение максимального расхода половодья и увеличение его продолжительности.

Для прогнозирования уровня и последствий весеннего паводка необходимо учитывать ряд факторов, таких как:

– увлажнение почвы и глубина её промерзания, частично определяющие потери стока в период половодья;

- предшествующая водность рек;
- максимальные запасы воды в снеге, формирующиеся обычно в феврале-марте месяце, а также интенсивность таяния снега;
- количество и распределение по времени осадков, выпадающих в период половодья;
- погодные условия весны: интенсивность нарастания температуры воздуха (дружность) и количество осадков.

Увлажнение почвы учитывается в период с августа по октябрь месяц, в зависимости от средней нормы осадков для рассматриваемого региона.

Среднегодовые нормы осадков в разрезе регионов республики показаны в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Среднемесячное и среднегодовое количество осадков (мм)

Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Астана	34	23	32	26	33	45	54	48	29	32	27	33	411
Алматы	33	34	70	99	98	61	40	26	28	52	52	36	629
Актобе	21	18	23	19	31	35	38	28	24	26	24	28	315
Актау	20	17	16	18	16	17	17	18	18	17	16	29	214
Атырау	25	22	20	18	19	23	18	14	14	16	18	29	236
Караганда	20	20	28	27	34	47	49	32	25	32	26	24	364
Костанай	21	17	30	27	32	40	55	38	32	35	30	26	373
Кокшетау	16	11	18	21	34	46	64	44	29	27	21	21	352
Кызылорда	20	22	19	16	15	6	5	4	5	8	14	19	151
Павлодар	24	19	28	24	26	35	40	37	22	28	34	35	352
Петропавловск	25	18	19	24	34	55	62	53	34	36	34	31	425
Талдыкорган	29	31	47	41	46	34	34	15	16	33	44	42	412
Тараз	30	33	48	49	39	27	11	7	9	32	37	31	353
Уральск	31	24	30	28	29	27	36	29	24	39	37	40	374
Усть-Каменогорск	27	28	41	36	47	60	65	48	32	48	55	49	536
Шымкент	70	76	100	82	45	18	8	4	6	40	59	74	582

Показатель увлажнения почвы перед его промерзанием необходим, так как при значительной предзимней увлажненности почв величина слоя стока весеннего половодья находится в тесной зависимости от запасов воды в снеге.

Поры хорошо увлажненной с осени почвы в течение холодной зимы забиваются льдом, в результате чего почва становится практически водонепроницаемой. Запас холода в льдистой почве существенно больше, чем в сухой. По этой причине, чем выше осеннее увлажнение почвы, тем больше весной запас холода в промерзшей почве.

Глубина промерзания почвы влияет на величину потерь стока весеннего половодья. Например, если глубина промерзания почвы будет больше нормы, потери стока половодья будут значительно меньше, что значительно осложнит паводковую обстановку.

Среднее количество осадков и глубина промерзания грунта для регионов республики представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Климатические параметры холодного периода года

Населенный пункт	Среднее количество осадков за ноябрь-март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	Средняя глубина промерзания грунта м
Астана	88	ЮЗ	2
Алматы	213	Ю	0,8
Актобе	87	Ю	1,8
Актау	61	В	0,8
Атырау	77	В	1
Караганда	92	ЮЗ	1,9
Костанай	73	ЮЗ	2,1
Кокшетау	60	ЮЗ	2
Кызылорда	73	СВ	1,2
Павлодар	86	Ю	2
Петропавловск	74	ЮЗ	2,1
Талдыкорган	169	Ю	1
Тараз	162	Ю	0,8
Уральск	112	ЮВ	1,2
Усть-Каменогорск	166	ЮВ	2
Шымкент	368	В	0,8

Предшествующая водность рек учитывается для определения их пропускной способности в паводковый период. Съёмки данных показателей ежегодно проводятся гидрометеорологическими станциями.

Как известно, величина слоя стока весеннего половодья равна разности между запасами воды в снеге перед снеготаянием и их количеством, затраченным на испарение, пополнение запасов почвенных и грунтовых вод [4],

$$H = P - (I + W_{\text{поч}} + W_{\text{гр}}) \quad (1)$$

где:  $H$  – слой стока весеннего половодья;  
 $P$  – запасы воды в снеге перед снеготаянием;  
 $I$  – испарение с поверхности снега;  
 $W_{\text{поч}}$  и  $W_{\text{гр}}$  – влага, пошедшая на пополнение влагозапасов почвы и запасов грунтовых вод соответственно.

Согласно приведенной формуле, чем больше запасы воды в снеге перед снеготаянием, тем больший слой стока половодья будет наблюдаться на реке.

Северные и северо-восточные регионы Казахстана относятся к территориям с длительно сезонно-мерзлыми почвами, для которых характерно глубокое (до 2 м в северных и восточных районах) промерзание почв, отсутствие зимних оттепелей, а следовательно, формирование стока половодья в основном по мерзлой почве, которая обладает пониженной способностью к фильтрации талых вод. В некоторые годы, когда почвы с осени недостаточно насыщены влагой, а грунтовые воды расположены глубоко, почва может впитать значительное количество талых вод и слой стока будет существенно меньше, чем это прогнозируется исходя из запасов воды в снеге перед снеготаянием. Особенно хорошими фильтрационными свойствами в мерзлом состоянии обладают почвы территорий, занятых лесом.

Расчет интенсивности снеготаяния и поступления воды на водосборы является важным этапом краткосрочного прогноза уровней и расходов воды в период весеннего половодья. Водоотдача снежного покрова определяется комплексом метеорологических факторов, а также характеристиками подстилающей поверхности (абсолютная высота, уклон и экспозиция склонов, промерзлость грунта, залесенность и типы лесной растительности и т.д.) [5].

Теоретической основой расчета снеготаяния является уравнение теплового баланса снежного покрова [6]. Для решения этого уравнения строгими методами требуются данные наблюдений актинометрических станций. При отсутствии таких данных для расчета снеготаяния используются различные упрощенные методики, опирающиеся на данные стандартной наблюдательной сети. Наиболее известны формулы Е. Г. Попова, в которых для расчета интенсивности таяния принимаются во внимание температура воздуха и ее суточный ход, точка росы и скорость ветра. На практике часто используются постоянные значения коэффициентов стаивания, зависящие только от температуры воздуха. Такие коэффициенты были выведены В. Д. Комаровым и составляют 5...5,2 мм на 1° положительной среднесуточной температуры воздуха для открытой местности [7]. Для залесенных участков расчет снеготаяния ведут по коэффициентам стаивания, которые составляют 1,8...2,4 мм на 1° положительной температуры воздуха [6].

В практике гидрологических прогнозов пользуются более простыми способами расчета интенсивности снеготаяния - упрощенными формулами теплообмена Е. Г. Попова или приближенными зависимостями, учитывающими только среднюю суточную температуру.

Формулы снеготаяния Е. Г. Попова:

для дневной части суток

$$h_{тд} = 3,1a (Q_{\max} - Q_{\text{ср}}) + 0,675 [CN(Q_{д} + 45) - 60] + 0,83 (1 + 0,54W_{д}) (Q_{д} - 0,65) + 0,006SQ_{н} \quad (2)$$

для ночной части суток

$$h_{тн} = 0,83 (1 + 0,54W_{н}) (Q_{н} - 0,65) + 0,675 [CN (Q_{н} + 45) - 60] \quad (3)$$

Здесь  $Q_{д}$  и  $Q_{н}$  - средние значения температуры воздуха соответственно за дневные и ночные часы;  $W_{д}$  и  $W_{н}$  - средние значения скорости ветра за те же интервалы времени;  $Q_{\max}$  и  $Q_{\text{ср}}$  - максимальная и средняя суточная температура воздуха;  $CN$  - коэффициент, учитывающий облачность:  $CN = 1 + 0,24NH + 0,12 (N_0 - N_n)$ , где  $N_n$  и  $N_0$  соответственно нижняя и общая облачность в долях единицы;  $S$  - запасы воды в снеге;  $a$  - коэффициент, который принимается переменным в ходе снеготаяния:

Первый день снеготаяния, а также после выпадения снега - 0,4

Второй день - 0,6

Третий день - 0,8

Последующие дни снеготаяния - 1,0.

Значительную роль при формировании паводка играют следующие факторы: возможность почвы впитывать воду при снеготаянии, а также сумма положительных температур периода снеготаяния. При быстром нарастании суммы положительных температур, отсутствии ночных заморозков и возврата холодов потери воды на

вымораживание снижаются, водоотдача из снега увеличивается, следовательно, снеготаяние протекает в более короткие сроки. Это приводит к формированию максимальных расходов редкой повторяемости.

В таянии снежного покрова основную роль играет перенос теплых воздушных масс с температурой выше нуля. Нагревание снега солнечной радиацией имеет второстепенное значение вследствие большого альбеда снега. Только загрязненный снег, например в городах, нагревается солнечными лучами больше и тает быстрее, чем чистый.

Резкое повышение температуры воздуха, выпадение дождевых осадков в период таяния снега нередко приводит к формированию максимальных расходов половодья, что приводит к затоплению территории [8].

Среднегодовые показатели температуры в регионах республики показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя месячная и годовая температура воздуха в регионах Республики Казахстан, °С [1]

Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Астана	-16,8	-16,5	-10,1	3,0	12,7	18,2	20,4	17,8	11,5	2,6	-7,0	-14,0	1,8
Алматы	-6,5	-5,1	2,0	10,8	16,2	20,7	23,5	22,3	17,0	9,5	0,9	-4,5	8,9
Актобе	-14,9	-14,4	-7,3	5,9	15,0	20,2	22,5	20,4	13,7	4,6	-3,9	-11,3	4,2
Актау	-2,9	-2,3	2,5	10,4	17,7	22,8	25,6	24,6	19,5	12,3	5,5	0,2	11,3
Атырау	-9,6	-8,7	-1,5	9,6	18,2	23,4	25,7	23,7	16,8	8,2	0,4	-5,6	8,4
Караганда	-14,5	-14,2	-7,7	4,6	12,8	18,4	20,4	17,8	12,0	3,2	-6,3	-12,3	2,9
Костанай	-17,0	-16,6	-9,8	3,8	13,0	18,6	20,4	17,9	12,0	3,0	-6,2	-14,1	2,1
Кокшетау	-15,8	-15,3	-9,2	3,3	12,1	17,8	19,8	17,1	11,5	2,8	-6,7	-13,4	2,0
Кызылорда	-9,1	-7,3	0,9	12,0	19,5	24,5	26,4	23,9	17,2	8,6	0,3	-6,2	9,2
Павлодар	-17,6	-17,3	-9,4	4,2	13,2	19,5	21,4	18,5	12,3	3,5	-7,0	-14,4	2,2
Петропавловск	-18,1	-16,9	-10,3	2,4	11,6	17,0	18,9	16,2	10,7	1,9	-7,8	-15,2	0,9
Талдыкорган	-9,7	-8,0	0,0	10,2	16,3	21,1	23,5	21,7	16,0	8,3	-0,9	-7,3	7,6
Тараз	-5,0	-3,3	3,3	11,3	16,8	22,1	24,9	22,8	17,1	9,9	2,0	-3,4	9,9
Уральск	-13,5	-13,2	-6,7	6,2	15,4	20,3	22,6	20,6	13,8	5,1	-2,9	-9,8	4,8
Усть-Каменогорск	-16,5	-16,0	-7,8	4,8	13,4	18,7	20,7	18,3	12,4	5,0	-6,1	-13,8	2,8
Шымкент	-2,0	0,0	5,6	13,1	18,4	23,5	26,3	24,8	19,3	12,3	5,2	0,2	12,2

Сбор и учет большого количества аналитических сведений, проведение математических расчётов значительно затрудняют службам гражданской защиты проведению краткосрочного прогноза риска возникновения гидрологических опасных явлений в весенний паводковый период [9].

На основании вышеизложенного предлагается упростить методику краткосрочного прогноза и оценки риска возникновения паводковой волны.

Оценку риска проведем в зависимости от максимальных уровней воды в реке.

В уравнение для прогноза максимальных уровней в реке включим следующие параметры и обобщенные показатели: запасы воды в снеге, количество осадков, уровни воды в речной системе на период выпуска прогноза, среднесуточную температуру воздуха, скорость ветра.

Рассмотрим методику прогноза максимального уровня воды в реке.

Уравнение для прогноза имеет вид:

$$H_{\max} = 2,28 S + 3,21 H + 4,675 X - 7,077 T - 264 \quad (4)$$

где: S – комплексный показатель снеготпасов, мм;  
H – уровень воды в речной системе, мм;  
X – количество прогнозируемых осадков, мм;  
T – среднесуточная температура воздуха °С.

Среднесуточная температура воздуха определяется по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{4} (T_{01} + T_{07} + T_{13} + T_{19}) \quad (5)$$

В зависимости от уровня воды в речной системе по предложенной Р. И. Гальпериным и А. А. Авезовым классификации опасности затопления территории, основанной на величинах максимальной амплитуды уровней воды и с учетом особенностей режима рек территории, определяем риск возникновения паводковой волны:

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

*Краткосрочный прогноз весеннего паводка*

Ввиду большой значимости прогностической информации о развитии половодья и рисках затопления территории разработана принципиальная схема, позволяющая краткосрочно оценивать риск формирования опасного гидрологического явления, заблаговременностью в 3-7 суток.

Предлагаемая нами принципиальная схема мониторинга и прогнозирования опасных уровней весеннего паводка подразумевает последовательное выполнение следующих этапов.

*1 этап.* Основными оцениваемыми параметрами является гидрометеорологическая характеристика территории (среднемесячная температура воздуха, среднемноголетняя высота снежного покрова, средняя глубина промерзания грунта и т.д.).

*2 этап.* Краткосрочный прогноз риска возникновения паводковой волны основанный на базе оперативной гидрометеорологической информации.

На первом этапе проводится сбор необходимой гидрометеорологической информации (таблицы 4-9):

1. Снеготпасы, превышающие норму в водосборных бассейнах паводкоопасных рек.
2. Глубина промерзания почвы.
3. Толщина льда, превышающая норму среднемноголетних значений.
4. Уровни воды на реках.
5. Температура воздуха.
6. Количество и вид осадков в период весеннего снеготаяния.

Таблица 4 – Снегозапасы

№ п/п	Наименование реки	Средняя многолетняя величина, см	Высота снежного покрова, см	Отклонение от средней многолетней величины, %

Таблица 5 – Глубина промерзания почвы

№ п/п	Наименование реки	Средняя многолетняя величина, мм	Фактическая глубина промерзания почвы, мм	Отклонение от средней многолетней величины, %

Таблица 6 – Толщина льда на реках

№ п/п	Наименование реки	Средняя многолетняя величина, мм	Фактическая толщина льда, мм	Отклонение от средней многолетней величины, %

Таблица 7 – Прогноз температуры воздуха

№ п/п	Наименование реки	Прогнозируемая среднесуточная температура, °С	Норма, °С	Отклонение от средней многолетней величины, %

Таблица 8 – Количество и вид осадков в период весеннего снеготаяния

№ п/п	Наименование реки	Прогнозируемое количество осадков, мм	Норма, мм	Отклонение от средней многолетней величины, %

Таблица 9 – Уровень воды на реке

Наименование реки	Уровень воды на прогнозируемый период	Средние многолетние уровни воды	Уровень воды в прошлом году

На втором этапе проводится обработка информации и определение краткосрочного прогноза возникновения паводковой волны.

Рассчитываем максимальный уровень воды на прогнозируемый период по формуле 4.

Для определения коэффициента  $N_{\max}$  необходимо заполнить таблицу 9, по метеорологическим данным на прогнозируемый период.



Таблица 10 – Прогнозируемые метеорологические данные

Дата	Время, ч	Температура воздуха, Т <sup>0</sup> С	Скорость ветра, Wм/с	Количество осадков, X мм
	19			
	01			
	07			
	13			
	19			

После заполнения таблицы 9 вычисляем средние значения температуры воздуха по формуле 5. В случае если прогноз среднесуточных температур будет  $T_{cp} \leq 0$ , соответственно риск возникновения паводковой волны будет маловероятным.

При  $T_{cp} \geq 0$  проводим расчеты максимальный уровень воды ( $H_{max}$ ) по формуле 4, согласно табличным данным.

Затем после проведения расчетов  $H_{max}$ , определяется риск возникновения паводка.

Таблица 11 – Риск возникновения паводка

№	Риск затопления	Расчетные показатели
1	Малый	< 1,5м
2	Средний	1,5-3м
3	Значительный	3-6м
4	Высокий	6-10м
5	Исключительно высокий	>10 м

На следующем этапе, на основании данных  $H_{max}$  проводится прогноз вероятности затопления зданий и сооружений в зависимости от уровня воды в реке, и принимаются соответствующие решения на проведение заблаговременных мероприятий по снижению экономических, социальных и экологических последствий весеннего паводка.

Рассмотрим порядок проведения расчетов на примере паводка, произошедшего в апреле 2014 года в городе Атбасар Акмолинской области.

Для определения коэффициента  $H_{max}$  необходимо заполнить таблицу 12, по метеорологическим данным на прогнозируемый период.

Таблица 12 – Прогнозируемые метеорологические данные

Дата	Время, ч	Температура воздуха, Т <sup>0</sup> С	Скорость ветра, Wм/с	Количество осадков, X мм
8.04.2014 г.	01	+2	9	0
8.04.2014 г.	07	+2	8	0
8.04.2014 г.	13	+9	14	0
8.04.2014 г.	19	+6	8	0

Вычисляем средние значения температуры воздуха,

$$T_{cp} = \frac{1}{4} (2 + 2 + 9 + 6) = 4,75$$

**Теоретические и практические аспекты предупреждения,  
ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны**

Так как  $4,75 \geq 0$ , проводим расчеты максимального уровня воды

$$H_{\max} = 2,28 * 520 + 3,21 * 3000 + 4,675 * 0 - 7,077 * 4,75 - 264 = 10,5$$

По таблице 11 определяем вероятный риск возникновения паводковой волны, согласно которой для города Атбасар 8.04.2014 года он является исключительно высоким.

Для автоматизации расчета паводков была разработана компьютерная программа на языке PHP, с использованием системы управления базой данных MySQL. База данных позволяет накапливать коэффициенты и параметры, указанные в формуле 4, по дням наблюдения и производить расчет максимального уровня воды для этих дней, в соответствии с этими данными.

На рисунке 1 показана запись данных таблицы «Параметры» на 8.04.2014 г.

The screenshot shows a web interface for a database. At the top, there are controls for displaying all records, a dropdown for the number of rows (set to 25), and a search box. Below this is a table with the following data:

Date	S	H	X	T	id
2014-04-08	520.000	3000.000	0.000	4.750	1

Below the table, there are actions like 'Изменить', 'Копировать', 'Удалить', and 'Экспорт'. At the bottom, there are more controls for displaying all records, a dropdown for the number of rows (set to 25), and a search box.

Рисунок 1 – Запись базы данных с показателями на 8.04.2014 г.

Расчет максимального уровня воды показан на рисунке 2, на основе данных из двух таблиц «Коэффициенты» и «Параметры» базы данных. Для ввода данных в базу данных разработаны программы форм ввода.

The screenshot shows a web browser window with the URL localhost/floods/calculations.php. The page displays two tables and a result:

**Коэффициенты**

№ Записи	s Коэффициент показателя снегозапаса	h Коэффициент уровня воды реки	x Коэффициент количества осадков	t Коэффициент среднесуточной температуры	Постоянная
1	2.280	3.210	4.675	-7.077	-264.000

**Параметры**

№ Записи	Дата показаний	S Показатель снегозапаса	H Уровень воды реки	X Количество осадков	T Среднесуточная температура
1	2014-04-08	520.000	3000.000	0.000	4.750

**Максимальный уровень воды  $H_{\max} = 10,52$**

Рисунок 2 – Расчет максимального уровня воды  $H_{\max}$ , м

Список литературы

1. Гальперин Р. И. Высокие уровни воды на реках равнинного Казахстана. – Алматы: КазГУ, 1994. – С. 169-171.
2. Румянцев В. А., Бovyкин И. В. Пространственно-временные закономерности колебаний стока рек Евразии. – Л.: Наука, 1985 – 148 с.
3. Официальный интернет-ресурс Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rus.emer.kz/>
6. Бузин В. А. Опасные гидрологические явления: учебное пособие для вузов. – Санкт-Петербург: РГМУ, 2008. – 227 с.
4. Семенов В. А., Кобозева Г. Л., Коршунов А. А., Волков А. А., Шамин С. И. К вопросу создания информационного обеспечения оценки климатически обусловленных изменений повторяемости опасных и неблагоприятных гидрологических явлений на реках // Труды ВНИИГМИ-МЦД, выпуск 174. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/349-trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-174-2010-g>
5. Попов Е. Г. Основы теории и практики гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 295 с.
6. Комаров В. Д. Весенний сток равнинных рек Европейской части СССР, условия его формирования и методы прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1959. – 295 с.
7. Красногорская Н. Н., Нафикова Э. В., Ферапонтов Ю. И. Оценка и прогнозирование экстремальных гидрологических ситуаций // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – Вып. 1. – С. 1-9.
8. Межгосударственные строительные нормы МСН «Строительная климатология» МСН 23-01-2013. – Взамен МСН СНиП 23-01-99\*; введ. 01.01.14.
9. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Снижение риска наводнений // Вестник Кокшетауского технического института. – 2015. – № 1 (17). – С. 20-26.

References

1. Gal'perin R. I. Vysokie urovni vody na rekah ravninnogo Kazahstana. – Almaty: KazGU, 1994. – S. 169-171.
2. Rumyanцев V. A., Bovykin I. V. Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti kolebanij stoka rek Evrazii. – L.: Nauka, 1985 – 148 s.
3. Oficial'nyj internet-resurs Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rus.emer.kz/>
6. Buzin V. A. Opasnye gidrologicheskie javleniya: uchebnoe posobie dlya vuzov. – Sankt-Peterburg: RGMU, 2008. – 227 s.
4. Semenov V. A., Kobozeva G. L., Korshunov A. A., Volkov A. A., SHamin S. I. K voprosu sozdaniya informacionnogo obespecheniya ocenki klimaticheski obuslovlennyh izmenenij povtoryaemosti opasnyh i neblagopriyatnyh gidrologicheskikh javlenij na rekah // Trudy VNIIGMI-MCD, vypusk 174. 2010 g. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/349-trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-174-2010-g>
5. Popov E. G. Osnovy teorii i praktiki gidrologicheskikh rognozov. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 295 s.
6. Komarov V. D. Vesennij stok ravninnyh rek Evropejskoj chasti SSSR, usloviya ego formirovaniya i metody prognozov. – M.: Gidrometeoizdat, 1959. – 295 s.
7. Krasnogorskaya N. N., Nafikova E. V., Ferapontov YU. I. Ocenka i prognozirovanie ekstremal'nyh gidrologicheskikh situacij // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. –2012. – Vyp. 1. – S. 1-9.
8. Mezghosudarstvennyye stroitel'nye normy MSN «Stroitel'naya klimatologiya» MSN 23-01-2013. – Vzamen MSN SNiP 23-01-99\*; vved. 01.01.14.
9. Raimbekov K. ZH., Kusainov A. B. Snizhenie riska navodnenij // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta. – 2015. – № 1 (17). – S. 20-26.

А. Б. Құсайынов<sup>1</sup>, А. Н. Бейсеков<sup>2</sup>, Ж. С. Мұсабеков<sup>2</sup>, К. Ж. Райымбеков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,  
Көкшетау, Қазақстан

<sup>2</sup>«Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау, Қазақстан

## КӨКТЕМГІ СУ ТАСҚЫНЫНЫҢ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАМЫНА ӘДІСТЕМЕ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЕСЕБІ

*Аңдатпа.* Мақалада көктемгі су тасқынын қысқа мерзімді болжау әдістемесі қарастырылады. Қазақстан Республикасының қазіргі даму кезеңінің аса маңызды міндеттерінің бірі – соңғы жылдары елдің әлеуметтік-экономикалық және экологиялық дамуы үшін маңыздылығы артып келе жатқан стратегиялық тәуекелдердің бірі-су тасқыны қаупін азайту. Бұл жұмыста су тасқыны толқынының пайда болу қаупін қысқа мерзімді болжау және бағалау әдістемесін жеңілдету ұсынылады. Тәуекелді бағалау өзендегі судың максималды деңгейіне байланысты жүзеге асырылады. Өзендегі максималды деңгейлерді болжауға арналған теңдеуге келесі параметрлер мен жалпыланған көрсеткіштер кіреді: қардағы су қоры, жауын-шашын мөлшері, болжамды шығару кезеңіндегі өзен жүйесіндегі су деңгейі, ауаның орташа тәуліктік температурасы және желдің жылдамдығы. 3-7 тәулікте алдын ала қауіпті гидрологиялық құбылыстың пайда болу қаупін қысқа мерзімде бағалауға мүмкіндік беретін принципті схема әзірленді. Су тасқынын есептеуді автоматтандыру үшін MySQL мәліметтер базасын басқару жүйесін қолдана отырып, PHP тілінде компьютерлік бағдарлама жасалды.

*Түйінді сөздер:* көктемгі су тасқыны, судың максималды деңгейін есептеуді автоматтандыру, қысқа мерзімді болжам.

A. B. Kusainov<sup>1</sup>, A. N. Beisekov<sup>2</sup>, J. S. Musabekov<sup>2</sup>, K. J. Raimbekov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan,  
Kokshetau, Kazakhstan

<sup>2</sup>NJSC «Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov», Kokshetau, Kazakhstan

## METHODOLOGY AND PROGRAM CALCULATION OF SHORT-TERM FORECAST OF SPRING FLOODS

*Abstract.* The article discusses the methodology of short-term forecasting of spring floods. One of the most important tasks of the current stage of development of the Republic of Kazakhstan is to reduce one of the strategic risks – the risk of floods, which in recent years has become increasingly important for the socio-economic and environmental development of the country. In this paper, it is proposed to simplify the methodology of short-term forecasting and assessment of the risk of a flood wave. Risk assessment is carried out depending on the maximum water levels in the river. The equation for the forecast of maximum levels in the river includes the following parameters and generalized indicators: water reserves in snow, precipitation, water levels in the river system for the period of the forecast release, average daily air temperature and wind speed. A schematic diagram has been developed that allows short-term assessment of the risk of the formation of a dangerous hydrological phenomenon, with a lead time of 3-7 days. To automate the calculation of floods, a computer program was developed in PHP, using the MySQL database management system.

*Key words:* spring floods, automation of calculation of the maximum water level, short-term forecast.

**Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors**

*Арман Болатұлы Құсайынов* – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының қашықтықтан оқыту факультетінің бастығы. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: arman\_1703@mail.ru

*Ақылбек Нұртайұлы Бейсеков* – физика-математика ғылымдарының кандидаты, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедрасының меңгерушісі. Қазақстан, Көкшетау, Қуанышев көшесі, 170 а. E-mail: b.akilbek@mail.ru

*Жұмакелді Сұлтанұлы Мұсабеков* – техника ғылымдарының магистрі, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедрасының лекторы. Қазақстан, Көкшетау, Қуанышев көшесі, 170 а. E-mail: zh.musabekov@mail.ru

*Кендебай Жанабилұлы Райымбеков* – физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент), «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ «Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» кафедра профессорының ассистенті. Қазақстан, Көкшетау, Қуанышев көшесі, 170 а. E-mail: kendeбай\_63@mail.ru

*Кусаинов Арман Булатович* – кандидат технических наук, начальник факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: arman\_1703@mail.ru

*Бейсеков Ақылбек Нуртаевич* – кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой «Информационно-коммуникационных технологий» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова». Казахстан, Кокшетау, ул. Куанышева 170 а. E-mail: b.akilbek@mail.ru

*Мусабеков Жумакельды Султанович* – магистр технических наук, лектор кафедры «Информационно-коммуникационных технологий» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова». Казахстан, Кокшетау, ул. Куанышева 170 а. E-mail: zh.musabekov@mail.ru

*Раимбеков Кендебай Жанабилевич* – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент), ассистент профессора кафедры «Информационно-коммуникационных технологий» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова». Казахстан, Кокшетау, ул. Куанышева 170 а. E-mail: kendeбай\_63@mail.ru

*Arman B. Kussainov* – Candidate of Technical Sciences, Head of the Faculty of Distance Learning of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. 136 Akan Sere str., Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: arman\_1703@mail.ru

*Akylbek N. Beisekov* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of «Information and Communication Technologies» NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov». 170 a Kuanysheva street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: b.akilbek@mail.ru

*Zhumakeldy S. Musabekov* – Master of Technical Sciences, lecturer of the Department of «Information and Communication Technologies» NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov». 170 a Kuanysheva street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: zh.musabekov@mail.ru

*Kendeбай Zh. Raimbekov* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, assistant Professor of the Department of «Information and Communication Technologies» NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov». 170 a Kuanysheva street, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kendeбай\_63@mail.ru