

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ СЕЛЕВОГО ПРОРЫВА С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОЕМА

¹А.Т. Мазакова¹, ¹Ш.А. Джомартова¹, ²Б.М. Мазакова², ³М.С. Алиаскар³, ¹Е.К. Мергенгали¹,
^{1,3}Т.Ж. Мазаков^{1,3}, ⁴А.Т. Досаналиева⁴, ⁵А.Д. Майлыбаева⁵

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,

³Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,

⁴Алматинский Технологический Университет, Алматы, Казахстан,

⁵Атырауский университет имени Х. Досмухамедова

✉ Корреспондент-автор: tmazakov@mail.ru

Весной 2010 года в Алматинской области, в 2014 году в Карагандинской области, а также в начале 2024 года в северных регионах Казахстана произошли разрушительные наводнения, сопровождавшиеся человеческими жертвами и значительным ущербом. Эти события подчеркнули необходимость создания эффективных систем мониторинга для гидротехнических сооружений.

Современные системы мониторинга гидрологической ситуации на водоемах позволяют заранее выявлять потенциальные угрозы для человека и окружающей среды. Основная цель мониторинга заключается в предоставлении точных данных, необходимых для прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Проектирование таких систем включает разработку и анализ математических моделей, способных в режиме реального времени рассчитывать объем воды, который может вместить водоем, а также предсказывать момент его заполнения и угрозы прорыва плотины. Применение таких систем способствует принятию оперативных мер по обеспечению экологической безопасности.

В данной работе представлена система прогнозирования, способная оценивать последствия селевых прорывов. Разработанная система базируется на методах математического моделирования. В отличие от аналогов, предложенная модель учитывает, как параметры водоема, так и особенности русла реки.

Для внедрения системы в практику создано программное обеспечение на языке Python. Проведенные эксперименты показали, что модель достоверно отражает реальные условия и может успешно применяться в различных сценариях.

Ключевые слова: бьеф, математическая модель, плотина, прогнозирование, сель.

СУ ОБЪЕКТІНІҢ СИПАТТАРЫН ЕСКЕ АЛУ МЕН СЕЛДІҢ САЛДАРЫН БОЛЖАУ

¹Ә.Т. Мазақова, ¹Ш.А. Джомартова, ²Б.М. Мазақова, ³М.С. Әлиасқар, ¹Е.К. Мергенгали, ^{1,3}Т.Ж. Мазақов^{1,3}, ⁴А.Т. Досаналиева, ⁵А.Д.Майлыбаева

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,

³Халықаралық инженерлік және технология университеті, Алматы, Қазақстан,

⁴Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

⁵Досмухамедов атындағы Атырау университеті,
e-mail: tmazakov@mail.ru

2010 жылдың көктемінде Алматы облысында, 2014 жылы Қарағанды облысында, ал 2024 жылдың басында Қазақстанның солтүстік облыстарында адам шығынымен және айтарлықтай шығынмен қатар жүретін жойқын су тасқыны болды. Бұл іс-шаралар гидротехникалық құрылыстарды бақылаудың тиімді жүйелерінің қажеттілігін көрсетті.

Су объектілеріндегі гидрологиялық жағдайды бақылаудың заманауи жүйелері адам мен қоршаған ортаға ықтимал қауіптерді алдын ала анықтауға мүмкіндік береді. Мониторингтің негізгі мақсаты

– төтенше жағдайларды болжауға қажетті нақты мәліметтерді қамтамасыз ету. Мұндай жүйелерді жобалау нақты уақыт режимінде резервуар ұстай алатын су көлемін есептеуге, сондай-ақ оны толтыру сәтін және бөгеттің бұзылу қаупін болжауға қабілетті математикалық модельдерді әзірлеуді және талдауды қамтиды. Мұндай жүйелерді пайдалану экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бойынша жедел шараларды қабылдауға ықпал етеді.

Бұл жұмыста селдің салдарын бағалауға қабілетті болжау жүйесі ұсынылған. Әзірленген жүйе математикалық модельдеу әдістеріне негізделген. Өзінің аналогтарынан айырмашылығы, ұсынылған модель су қоймасының параметрлерін де, өзен арнасының ерекшеліктерін де ескереді.

Жүйені тәжірибеге енгізу үшін Python тілінде бағдарламалық жасақтама жасалды. Жүргізілген эксперименттер модель нақты жағдайларды сенімді түрде көрсететінін және әртүрлі сценарийлерде сәтті қолданыла алатынын көрсетті.

Түйін сөздер: бассейн, математикалық модель, бөгет, болжау, сел.

FORECASTING THE CONSEQUENCES OF A MUDFLOW TAKING INTO ACCOUNT THE CHARACTERISTICS OF THE WATER BODY

¹A.T. Mazakova, ¹Sh.A. Jomartova, ²B.M. Mazakova, ³M.S. Aliaskar, ¹Y.K. Mergengali, ^{1,3}T.Zh. Mazakov, ⁴A.T.Dossanallyeva, ⁵A.D.Mailybayeva

¹Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,

²Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan,

³International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan,

⁴Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

⁵Atyrau University named after Kh. Dosmukhambetov,
e-mail: tmazakov@mail.ru

In the spring of 2010 in the Almaty region, in 2014 in the Karaganda region, and in early 2024 in the northern regions of Kazakhstan, devastating floods occurred, accompanied by human casualties and significant damage. These events emphasized the need to create effective monitoring systems for hydraulic structures.

Modern systems for monitoring the hydrological situation on water bodies allow early detection of potential threats to humans and the environment. The main goal of monitoring is to provide accurate data necessary for forecasting emergency situations. Designing such systems includes the development and analysis of mathematical models capable of calculating in real time the volume of water that a water body can hold, as well as predicting the moment of its filling and the threat of a dam break. The use of such systems facilitates the adoption of prompt measures to ensure environmental safety.

This paper presents a forecasting system capable of assessing the consequences of mudflows. The developed system is based on mathematical modeling methods. Unlike analogues, the proposed model takes into account both the parameters of the reservoir and the features of the river bed.

To implement the system in practice, software was created in Python. The experiments showed that the model reliably reflects real conditions and can be successfully applied in various scenarios.

Keywords: pool, mathematical model, weir, forecasting, mudflow.

Актуальность. За последнее столетие в мире произошло множество катастроф, связанных с разрушением гидротехнических сооружений, которые сопровождались человеческими жертвами и значительными экономическими потерями.

Одной из наиболее трагических стала авария

на плотине Сент-Франсис в Калифорнии, произошедшая в марте 1928 года, когда погибло более 600 человек. В 1963 году обрушение горного массива в водохранилище Вайонт (Италия) вызвало гигантские волны высотой до 70 метров, которые разрушили четыре населенных пункта и

привели к гибели 4400 человек. Наводнение в Краснодарском крае в июле 2002 года, повлекшее разрушение гидроузла, стало причиной гибели 114 тысяч человек и нанесло экономический ущерб, оцененный в 15 миллиардов рублей [1-2].

17 августа 2009 года на Саяно-Шушенской ГЭС произошла крупная авария, унесшая жизни 75 человек. В результате были серьезно повреждены оборудование и инфраструктура станции. Авария вызвала негативные изменения в экологической ситуации прилегающей акватории, а также оказала значительное влияние на социально-экономическое состояние региона и страны в целом [3].

Современные мониторинговые системы должны обеспечивать постоянное наблюдение за природными и техногенными процессами, чтобы заранее выявлять потенциальные угрозы для жизни человека и окружающей среды. Основная задача мониторинга заключается в предоставлении точной информации, необходимой для прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Для этого необходимо объединять интеллектуальные, информационные и технологические ресурсы различных организаций и ведомств, отвечающих за мониторинг специфических опасностей.

Проектирование мониторинговых систем требует разработки и анализа математических моделей, способных в реальном времени определять объем воды, который может вместить водоем, а также прогнозировать время до его заполнения (до уровня гребня плотины). Эти данные являются критически важными для своевременного предупреждения населения и органов власти, что позволяет оперативно принимать меры по обеспечению экологической безопасности.

Таким образом, исследования, направленные на разработку математических моделей для оценки прорыва дамб и создание надежных средств защиты информации, остаются весьма актуальными.

Введение. В Казахстане насчитывается 1665 гидротехнических сооружений, включая 319 водохранилищ объемом более 1,0 млн м³. Из них в республиканской собственности находится 83

объекта, в коммунальной – 200, в частной – 34, а 60 водохранилищ являются бесхозными. Среди 443 плотин 32 находятся в республиканской собственности, 346 – в коммунальной, 45 – в частной, а 20 остаются бесхозными. Также эксплуатируются 125 дамб и 778 других гидротехнических сооружений.

Среди крупных водохранилищ выделяются Астанинское (1970 г., объем 410,9 млн м³), Селетинское (1965 г., 230 млн м³), Каргалинское (1975 г., 280 млн м³), Бартогайское (1982 г., 320 млн м³), Капшагайское (1970 г., 18 560 млн м³), Терс-Ащибулакское (1963 г., 158,6 млн м³), Тасоткельское (1974 г., 620 млн м³), Самаркандское (1939 г., 253,7 млн м³), Верхне-Тобольское (1972 г., 816,6 млн м³), Каратомарское (1965 г., 586 млн м³), Бугуньское (1967 г., 370 млн м³) и другие.

Большинство водохранилищ и гидроузлов (около 60%) находятся в коммунальной собственности, в том числе на балансе Казводхоза, а около 20% объектов принадлежат отделам сельского хозяйства акиматов. Эта ситуация указывает на нерешенность вопроса об окончательной принадлежности данных объектов. В течение последних 10–15 лет около 20% водохранилищ были переданы в аренду частным лицам, преимущественно для нужд сельского хозяйства, рыбоводства и рекреации. Однако только в отдельных случаях аренда приносит положительные результаты, поскольку частным арендаторам часто не хватает средств для ремонта ключевых сооружений [4].

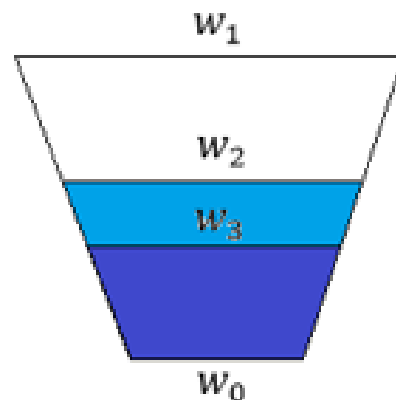


Рис. 1 - Вид водоема со стороны плотины

Весной 2010 года в Алматинской области произошло разрушительное наводнение, вызванное прорывом плотины, повлекшее человеческие жертвы и масштабные разрушения. Подобное трагическое событие повторилось в 2014 году в Карагандинской области. Эти катастрофы стали серьезным предупреждением для страны и подчеркнули важность предотвращения таких ситуаций в будущем [5].

Материалы и методы. В математической модели рассмотрен трапецеидальный тип водоема, вид которого со стороны плотины представлен на рисунке 1.

Введем следующие обозначения [6-8]:

ΔT - временной шаг отсчета (в часах);

l - длина водоема (в метрах)

ω_0 , S_0 - ширина и площадь водоема по основанию;

ω_1 , S_1 - ширина и площадь водоема по уровню гребня плотины;

ω_2 , S_2 - ширина и площадь водоема по поверхности воды;

ω_3 , S_3 - ширина и площадь водоема по верхней точки прорана в плотине;

V_0 - общий объем водоема;

V_1 - незаполненный объем водоема;

V_2 - объем водоема от поверхности воды до верхней точки прорана в плотине;

V_3 - объем водоема от нижней до верхней точки прорана в плотине;

ΔV_1 - объем воды поступившей в водоем за время ΔT ;

ΔV_2 - объем воды вытекший из водоема за время ΔT ;

ΔV - разница между объемами вытекшей и поступившей воды за время ΔT ;

h_0 - высота плотины;

h_1 - расстояние от гребня плотины до поверхности воды;

h_2 - расстояние от поверхности воды до верхней точки прорана в плотине;

h_{pr} - высота прорана в плотине;

ω_{pr} - ширина прорана в плотине.

Так как параметры h_0 , h_{pr} являются постоянными, h_1 и h_2 изменяются по времени, то введем обозначения $h_{1,k}$ и $h_{2,k}$, где индекс k означает значение соответствующего параметра в момент времени T_k .

Тогда справедливы формулы

$$\begin{aligned} h_0 - h_{pr} &= h_{1,k} + h_{2,k}, \\ V_0 - V_3 &= V_{1,k} + V_{2,k} \end{aligned} \quad (1)$$

Длина водоема l , ширина водоема по основанию ω_0 и гребню плотины ω_1 , высота h_0 , ширина и высота прорана h_{pr} , ω_{pr} известны и являются постоянными. Также предполагается постоянным объем воды ΔV_1 , поступившей в водоем за время ΔT .

Тогда ширина водоема по верхней точки прорана в плотине могут быть вычислены по формулам

$$\omega_3 = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_0 - h_{pr})) / h_0 \quad (2)$$

Площади поверхностей S_0 , S_1 , S_3 также являются неизменными и могут быть вычислены:

$$S_i = l * \omega_i, \quad i = 0, 1, 3 \quad (3)$$

Следовательно могут быть вычислены некоторые объемы

$$\begin{aligned} V_0 &= (1/3) * h_0 * (S_1 + \sqrt{S_1 * S_0} + S_0), \\ V_3 &= (1/3) * h_{pr} * (S_0 + \sqrt{S_0 * S_3} + S_3) \end{aligned} \quad (4)$$

Так как расстояние до поверхности воды изменяется во времени, то ширина и площадь водоема, а также некоторые изменяемые объемы на уровне поверхности воды в момент времени T_k могут быть вычислены по формулам

Введем обозначения:

$$\omega_{2,k} = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * h_{1,k}) / h_0,$$

$$S_{2,k} = l * \omega_{2,k}$$

$$V_{1,k} = (1/3) * h_{1,k} * (S_1 + \sqrt{S_1 * S_{2,k} + S_{2,k}}),$$

$$V_{2,k} = (1/3) * h_{2,k} * (S_{2,k} + \sqrt{S_{2,k} * S_3 + S_3}) \quad (5)$$

$\Delta V_{2,k}$ - объем воды вытекший из водоема за время ΔT может быть вычислен в соответствии с гидравлическим законом Торричелли по формуле

$$\Delta V_{2,k} = Q * \Delta T = h_{pr} * \omega_{pr} * \sqrt{2 * g * h_{2,k}} \quad (6)$$

Обозначим через $\Delta V = \Delta V_{2,k} - \Delta V_1$ - разница между вытекшей и прибывшей водой в водоем. Тогда справедливы следующие соотношения

$$V_{1,k+1} = V_{1,k} + \Delta V, \quad V_{2,k+1} = V_{2,k} - \Delta V \quad (7)$$

Кроме того, информативным является вычисляемый параметр Δh_k - высота, на которую ожидается опускание воды за последующий интервал времени.

Введем функции:

$$s(x) = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_1 + x)) * l / h_0, \quad (10)$$

$$g(x) = S_2 + \sqrt{S_2 * s(x) + s(x)}, \quad (11)$$

$$f(x, y) = x * g(y) - 3 * \Delta V \quad (12)$$

Тогда для определения ожидаемого опускания поверхности воды предлагаются метод «дихотомии» нахождения параметра x_k :

Шаг 1. Пусть $x_0 = 0$

$\varepsilon = 0.01$ – заданная точность вычисления.

Присвоим $x^l = h^0$, $x^p = h_0$

Шаг 2. Пусть $x_k = (x^l + x^p) * 0.5$

Вычисляем значение функции

$$x = \Delta h_k$$

Тогда ширина водоема на уровне поверхности в последующий момент времени $T_{k+1} = T_k + \Delta T$ может быть вычислена

$$\omega_x = (\omega_1 * h_0 + (\omega_0 - \omega_1) * (h_1 + x)) / h_0, \quad (8)$$

$$S_x = l * \omega_x$$

Тогда ожидаемый расход воды x за последующий период времени находится из решения следующего нелинейного уравнения

$$x * (S_2 + \sqrt{S_2 * S_x + S_x}) = 3 * \Delta V \quad (9)$$

Ввиду сложности уравнения (9) не может быть найдено аналитическое выражение для x . В этой связи для вычисления ожидаемого поднятия воды x применен численный метод дихотомии.

$f(x_k, x_k)$ по формуле (12).

Если значение функции $f(x_k, x_k)$ меньше 0, то переходим к шагу 3.

Определим новую левую границу $x^l = x_k$

Переход к шагу 4.

Шаг 3. Определим новую правую границу $x^p = x_k$

Шаг 4. Найдем точность вычисления

$$r = abs(x^l - x^p)$$

Если $r \leq \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе переход к шагу 2.

Шаг 5. Результат вычисления в x_k

В результате работы алгоритма вычисляется значение высоты на которую опустилась поверхность воды в водоеме.

Максимальная высота волны $h_{\max}$ ищется в виде

$$h_{\max} = \alpha_0 * ((h_{pr} * \omega_{pr})^{\alpha_1} h_2^{\alpha_2} V_2^{\alpha_3} \cos \theta) / L^{\alpha_4}, \quad (13)$$

где θ - угол наклона рельефа местности на расстоянии L

В формуле (13) все коэффициенты $\alpha_i > 0, i = \overline{0, 4}$

На основе имеющейся информации о происшедших прорывах, подготовлены 30 вариантов параметрических данных. На основе этой информации получена следующая формула:

$$h_{\max} = 0,000134 * ((h_{pr} * \omega_{pr})^{0,32} h_2^{0,55} V_2^{0,4} \cos(\theta)) / L^{0,4} \quad (14)$$



Рис. 2 - Расположение водоема и села Кызылагаш

В формуле (14) объем водохранилища (V_2) и высота до поверхности воды h_2 изменяются по времени; расстояние от створа плотины до точки наблюдения (L) зависит от координат наблюдаемой точки.

Примечание. Полученная в работе (14) формула имеет следующие границы применимости (связанные с методикой его обоснования): объем

водохранилища (V_2) – от 3 млн.м³ и выше; высота плотины (h_0) – от 3 м и выше; расстояние от створа плотины до створа наблюдения (L) – от 3 м и выше. Указанные ограничения не препятствуют практическим интересам.

Обсуждение и результаты. Отсчет ведется каждые полчаса:

$$\Delta T = 0.5 \text{ часа} = 30 \text{ минут}$$

Все дальнейшие расчеты моделируют события, произошедшие в селе Кызылагаш Алматинской области 11 и 12 марта 2010 года. На рисунке 2 представлено расположение села до указанной катастрофы. Дамба высотой 45 метров была рассчитана на хранение 42 миллионов кубометров воды.

На основе разработанной автоматизирован-

ной системы была выполнена модель событий, произошедших 11- 12 марта 2010 года в селе Кызылагаш. По данным Алматинского департамента по чрезвычайным ситуациям, авария произошла вследствие сильного дождя и повышения температуры воздуха. Эти условия привели к движению льда и спровоцировали образование селевых потоков.

Ситуация, развившаяся в селе Кызылагаш, была смоделирована с использованием формулы (14) и представлена на рисунке 3.

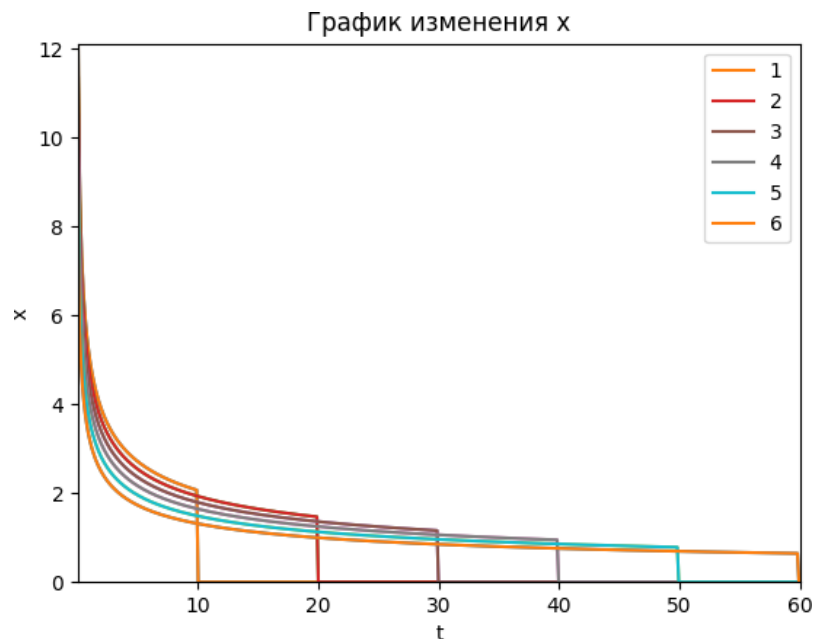


Рис. 3 - График максимальной волны прорыва в с.Кызылагаш

Согласно данным на рисунке, волна прорыва, достигшая села Кызылагаш в течение одного часа, имела высоту 1.5 метра. За этот же промежуток времени высота волны, выходящей из водоема, снизилась с 12 метров до 7 метров.

Таким образом, результаты численного моделирования подтверждаются фактическими данными, зафиксированными в ходе события.

Выводы. В рамках проведенного исследования достигнуты следующие результаты:

1. разработана математическая модель для прогнозирования последствий прорыва плотины. Создан алгоритм расчета максимального уровня волны прорыва, учитывающий различные пара-

метры гидротехнического сооружения. Предложенный подход отличается высокой практической значимостью по сравнению с существующими методами;

2. на языке Python создан программно-аппаратный комплекс (ПАК) для мониторинга и прогнозирования последствий прорыва плотины;

3. на основе решения модельной задачи подтверждена эффективность разработанного ПАК. В качестве практической основы была использована ситуация, произошедшая в селе Кызылагаш Алматинской области Республики Казахстан;

4. полученные результаты могут быть использованы для поддержки принятия решений в

органах управления водохозяйственной отрасли Казахстана. Предложенные методика и технологии обеспечивают качественно новый подход к задачам мониторинга водных ресурсов, выявлению явлений, способствующих чрезвычайным ситуациям, и оценке их последствий.

Финансирование. Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023–2025 годы по проекту AP19678157.

Литература

- 1.Хамутова М.В., Кушников В.А. Математическая модель прогнозирования последствий наводнений//Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия управление, вычисл. техн. информ.- 2016.- № 3. - С. 109-114.
- 2.Симагин И.М., Полуян Л.В. Моделирование зон возможных затоплений при авариях на гидротехнических сооружениях. SAFETY2018. – Екатеринбург, 2018. – С. 14-21. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/66329>ю Дата обращения:17.12.2024
- 3.Стриганова М.Ю. Методы оценки и прогнозирования последствий при разрушении гидротехнических сооружений // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь.- 2012.- № 1(15). - С. 10-2.
- 4.Плеханов П.А. Гидрологические риски природного характера и их предупреждение в Казахстане // Центрально-азиатский журнал исследований воды. Специальный выпуск об опасностях, связанных с водой в Центральной Азии. – 2017. - № 3(1). - С. 19-25.
- 5.Молдабеков М.М., Еремир Д.И., Понятов Ю.А. Мониторинг уровня воды, озер, рек морей и гидротехнических сооружений // Вестник КазНТУ.- 2013. - №1. - С. 3-6.
6. Мазиков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Мазикова А.Т., Шорманов Т.С., Алиаскар М.С. Гибридная модель прогнозирования процесса селевого прорыва//Вестник КазУТБ.-2024.- № 2(23). - С.1 20-126. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-481
- 7.Мазиков Т.Ж., Джомартова Ш.А., Мазикова А.Т., Тойкенов Г.Ч., Алиаскар М.С., Тойкенова У.Г. Идентификации математических моделей методом квазилинераризации // Вестник КазУТБ. - 2024. - № 4(25).- С.16-23. DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-650
- 8.Мазиков Т.Ж., Бургегулов А.Д., Джомартова Ш.А., Мазикова А.Т., Саметова А.А., Досаналиева А.Т. Построение маршрутов для эвакуации сотрудников из здания при возникновении чрезвычайной ситуации // Вестник КазУТБ. - 2024.- № 1(22).- С. 68-74
DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-292

References

- 1.Hamutova M.V., Kushnikov V.A. Matematicheskaja model' prognozirovanija posledstvij navodnenij// Vestnik Astrahan. gos. tehn. un-ta. Serija upravlenie, vychisl. tehn. inform.- 2016.- № 3. - S. 109-114. [in Russian]
- 2.Simagin I.M., Polujan L.V. Modelirovanie zon vozmozhnyh zatoplenij pri avarijah na gidrotehnicheskikh sooruzhenijah. SAFETY2018. – Ekaterinburg, 2018. – S. 14-21. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/66329>ju Data obrashhenija:17.12.2024[in Russian]
- 3.Striganova M.Ju. Metody ocenki i prognozirovanie posledstvij pri razrushenii gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Vestnik komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belorus'.- 2012.- № 1(15). - S. 10-2. [in Russian]

4. Plehanov P.A. Hidrologicheskie riski prirodnogo haraktera i ih preduprezhdenie v Kazahstane // Central' no-aziatskij zhurnal issledovaniy vody. Special' nyj vypusk ob opasnostjakh, svjazannyh s vodoj v Central' noj Azii. – 2017. - № 3(1). - S. 19-25. [in Russian]
5. Moldabekov M.M., Eremir D.I., Ponjatov Ju.A. Monitoring urovnja vody, ozer, rek morej i gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Vestnik KazNTU.- 2013. - №1. - S. 3-6. [in Russian]
6. Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Mazakova A.T., Shormanov T.S., Aliaskar M.S. Gibridnaja model' prognozirovaniya processa selevogo proryva//Vestnik KazUTB.-2024.- № 2(23). - S.1 20-126. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-481[in Russian]
7. Mazakov T.Zh., Dzhomartova Sh.A., Mazakova A.T., Tojkenov G.Ch., Aliaskar M.S., Tojkenova U.G. Identifikacii matematicheskikh modelej metodom kvazilinerarizacii // Vestnik KazUTB. - 2024. - № 4(25).- C.16-23. DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-650[in Russian]
8. Mazakov T.Zh., Burgegulov A.D., Dzhomartova Sh.A., Mazakova A.T., Sametova A.A., Dosanaliyeva A.T. Postroenie marshrutov dlja jevakuacii sotrudnikov iz zdaniya pri vozniknovenii chrezvychajnoj situacii // Vestnik KazUTB. - 2024.- № 1(22).- C. 68-74
DOI 10.58805/kazutb.v.1.22-292[in Russian]

Сведения об авторах

Мазакова А.Т.- докторант КазНУ им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Джомартова Ш.А. - доктор технических наук, доцент, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Мазакова Б.М. – ст.преп. *Казахский агротехнический исследовательский университет* имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: bayan7080@mail.ru;

Әлиаскар М.С. - старший преподаватель МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Мергенғали Е.К. – докторант КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: estony.9999@gmail.com;

Мазаков Т.Ж. - доктор физико-математических наук, профессор, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Досаналиева А.Т. - сеньор-лектор кафедры «Компьютерная инженерия» Алматинского технологического Университета, Алматы, Казахстан, e-mail: Dosanaliyeva1985@gmail.com;

Майлыбаева А.Д. – к.ф.-м.н., доцент кафедры «Информатика» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан, e-mail: a.maylibayeva@asu.edu.kz;

Information about the author

Mazakova A.T.- Doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Jomartova Sh.A. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Mazakova B.M. - Senior Lecturer, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: bayan7080@mail.ru;

Aliaskar M.S. - Senior Lecturer, MITU, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.alyasqar@gmail.ru;

Mergengali E.K. - Doctoral student of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: estony.9999@gmail.com;

Mazakov T.Zh. - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tmazakov@mail.ru;

Dosanaliyeva A.T. - Senior Lecturer, Computer Engineering Department, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Dosanaliyeva1985@gmail.com

Mailybayeva A.D. - PhD, Associate Professor, Department of Computer Science, Atyrau University named after Kh. Dosmukhambetov, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: a.maylibayeva@asu.edu.kz;