



www.volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.volsu.2021.3.6>

УДК 528.8, 528.9, 532.5
ББК 26.22, 26.17, 22.253

Дата поступления статьи: 01.06.2021

Дата принятия статьи: 21.07.2021

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТОПЛЕНИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА¹

Анна Юрьевна Кликунова

Старший преподаватель кафедры информационных систем и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
klikunova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4055-4601>
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Татьяна Андреевна Дьяконова

Кандидат технических наук,
доцент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
dyakonova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0919-4206>
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Екатерина Олеговна Агафонникова

Доцент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
agafonnikova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2862-4531>
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Илья Сергеевич Маковеев

Ассистент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
i.s.makoveev@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

© Кликунова А.Ю., Дьяконова Т.А., Агафонникова Е.О., Маковеев И.С., Корнаухова М.А., Радченко В.П., 2021

Мария Анатольевна Корнаухова

Старший преподаватель кафедры информационных систем
и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
mariya_kornaukhova@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Виктор Павлович Радченко

Старший преподаватель кафедры информационных систем
и компьютерного моделирования,
Волгоградский государственный университет
viktor.radchenko@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3786-3884>
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Рассматривается проблема затопления территорий паводковыми водами для населенных пунктов Волгоградской области. Построена численная модель динамики паводковых вод, учитывающая топографию рельефа местности. В основе цифровой модели рельефа русла и поймы лежат пространственные данные SRTM3 и SRTMGL, топографические карты местности, продольные профили рек. Определены расходы воды для рек Бузулук и Перевозинка и построен гидрограф Волжской ГЭС для заданных вероятностей превышения уровня воды. Получены карты затоплений для следующих населенных пунктов: г. Новоаннинский, х. Березовка 1-я, х. Вязовка. Приведены максимальные значения глубин для 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 25 % и 50%-ной водной обеспеченности. Проведен анализ паводковой ситуации и предложены соответствующие инженерно-защитные мероприятия для г. Новоаннинского, х. Березовка 1-я и х. Вязовка.

Ключевые слова: численное моделирование, паводковое затопление, дамба обвалования, карта затопления, визуализация данных.

Введение

Согласно данным МЧС России ежегодно ряд населенных пунктов находится под угрозой затопления, вызванного подъемом уровня воды на малых реках в период паводка. В своде правил 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» определены мероприятия, направленные на предотвращение затопления населенных пунктов [4]. Перечислим наиболее эффективные средства для малых рек: возведение дамб обвалования, повышение рельефа затопляемых территорий, регулирование водного режима и расчистка естественных водотоков. Необходимо отметить, что некоторые инженерные сооружения могут приводить к существенным русловым деформациям, и при проектировании противопаводковых мероприятий важно учитывать экономические затраты. Для этого необходимо проводить оценку эффективности инженерных средств защиты и определять оптимальные варианты их внедрения.

Эффективным инструментом для проведения экспертизы качества защитных инженерных мероприятий и анализа гидрологического режима водных объектов является гидродинамическое моделирование паводкового затопления [9], а учитывая большие площади исследования, целесообразно использовать модель мелкой воды [13–15]. Результаты вычислительных экспериментов позволяют строить зоны затопления при различных вероятностях превышения (обеспеченностях) и определять максимальные уровни подъема воды [3; 6].

1. Численная модель затопления

В основе численной модели динамики паводкового затопления территорий лежит нестационарная гидродинамическая модель, основанная на системе уравнений Сен-Венана [5; 11]:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \nabla (H\mathbf{u}) = q, \quad (1)$$

$$\frac{\partial H\mathbf{u}}{\partial t} + \nabla (H\mathbf{u} \otimes \mathbf{u}) = -gH\nabla(b + H) - H \left(\frac{1}{2}\Lambda |\mathbf{u}| \cdot \mathbf{u} + 2[\mathbf{u} \times \boldsymbol{\Omega}] \right), \quad (2)$$

где $H(x, y, t)$ — глубина воды; $\mathbf{u}(x, y, t) = \{u_x, u_y\}$ — вектор скорости воды; $\nabla = \{\partial/\partial x, \partial/\partial y\}$ — оператор набла; $q(x, y, t)$ — плотность источников воды; g — ускорение свободного падения; $b(x, y)$ — функция рельефа; $\Lambda = 2gn_M^2/H^{4/3}$ — коэффициент гидравлического сопротивления; n_M — коэффициент шероховатости по Маннингу; $\boldsymbol{\Omega}$ — угловая скорость вращения Земли.

Значения расходов воды для моделируемых затоплений задаются величиной $Q = \int q dS$ (интегрирование проводится по площади источника) и подбираются в соответствии с 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 25 % и 50%-ной расчетной обеспеченностью.

В численной модели $b(x, y)$ является сеточной функцией с пространственным разрешением 5 м, построенной по данным дистанционного зондирования Земли SRTM3 и SRTMGL1, топографических карт местности [10]. Русло реки на цифровой модели рельефа (ЦМР) строилось с использованием ГИС Панорама на основе векторизованных береговых линий, высота которых задавалась с использованием данных продольных профилей реки, а также линий фарватера. Средняя глубина русла для малых рек находится в диапазоне 2 ÷ 5 м.

Коэффициент шероховатости по Маннингу в модели мелкой воды является эмпирическим параметром, учитывающим различные характеристики русла и подстилающей поверхности [2; 7]. Его значения определяются по специальным таблицам и экспериментальным данным [1]. В своей работе мы использовали значения коэффициента шероховатости по Маннингу в диапазоне 0,02 ÷ 0,1 в зависимости от условий паводка.

Для численного решения системы уравнений (1), (2) применяется CSPH—TVD (Combined Smooth Particle Hydrodynamics — Total Variation Diminishing) метод [11], основанный на лагранжево-эйлеровом подходе. Серии вычислительных экспериментов проводились с использованием параллельной программной реализации метода для графических ускорителей NVIDIA с технологией CUDA [8; 12].

2. Результаты моделирования

В реестре кадастровых карт по Волгоградской области определены территории, подверженные паводковым затоплениям вследствие подъема уровня воды в реках Медведица, Иловля, Дон, Бузулук, Хопер, Терса, их притоках, а также в ериках Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) [3]. Для гидродинамического моделирования были выбраны следующие населенные пункты: г. Новоаннинский, х. Березовка 1-я (реки Бузулук и Перевозинка) и х. Вязовка (ерик Каширин), расположенный в ВАП. Для рек Бузулук и Перевозинка суммарные расходы воды определены в соответствии с расчетными обеспеченностями: 1 % — 3992,8 м³/с, 3 % — 3183,2 м³/с, 5 % — 2479,2 м³/с, 10 % — 2127,2 м³/с, 25 % — 1423,2 м³/с, 50 % — 719,2 м³/с.

Расход воды в Волго-Ахтубинской пойме определяется гидрографом Волжской ГЭС (рис. 1). В численных экспериментах использовались гидрографы с значениями на «сельскохозяйственной полке» $Q = 25 \div 35$ тыс. м³/с, которые соответствуют различным водным обеспеченностям. Для объемного расхода на «рыбохозяйственной полке» задавались значения $Q = 20$ тыс. м³/с. Меженные значения объемного расхода $Q = 5$ тыс. м³/с.

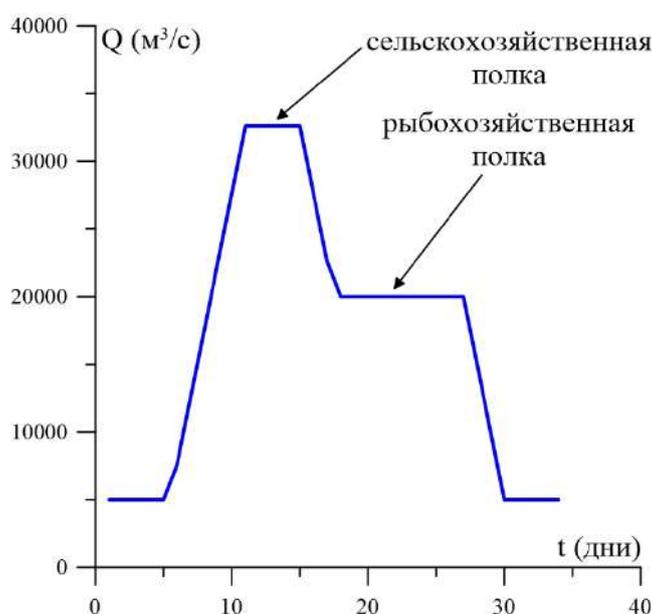


Рис. 1. График гидрографа Волжской ГЭС, соответствующий 1 % обеспеченности

На рисунках 2, 3 показаны границы зон затопления, построенные на основе результатов гидродинамического расчета. Максимальные отметки глубин на затопленных территориях приведены в таблице 1. В случае 1 %-й обеспеченности уровень паводковых вод рек Бузулук и Перевозинка поднимается до 5 м. Во время паводка 2018 г. наблюдался подъем уровня вод для рассматриваемой местности до 3 м, подобный случай был зафиксирован в 1964 году. Результаты гидродинамического моделирования согласуются с данными наблюдений.

Анализ прогноза развития затопления показал, что при максимальном уровне подъема воды в реках Бузулук и Перевозинка жилые строения х. Березовка 1-я находятся в безопасности. Территории г. Новоаннинского подвержены ежегодному затоплению, максимальный ущерб наблюдается вблизи устья р. Перевозинка. Уровень затопления

х. Вязовки зависит от максимальных сбросов воды через плотину Волжской ГЭС.

Максимальные отметки глубин в населенном пункте во время паводка, м						
Название населенного пункта	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
г. Новоаннинский	4,50	2,87	2,01	1,54	0,67	0,22
х. Березовка 1-я	1,13	0,83	0,52	0,35	0,22	0,14
х. Вязовка	0,99	0,88	0,82	0,67	0,54	0,35

Образование заторов во время весеннего ледохода является причиной подъема воды в малых реках до критического уровня. Несвоевременная их ликвидация на реках Перевозинка, Бузулук и Кардаил в 2018 г. привела к катастрофическим затоплениям в г. Новоаннинский, от паводка пострадал 971 дом. Для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций необходимо принимать меры по расчистке рек до начала хода льда.



Рис. 2. Границы зон затопления в окрестности населенных пунктов г. Новоаннинский и х. Березовка 1-я при различной обеспеченности на космическом снимке. Сплошные линии соответствуют границам с глубиной 0,1 м, полупрозрачная цветная заливка соответствует зонам затопления, белая линия показывает границы населенных пунктов

Ежегодно во время весеннего половодья наблюдается затопление территории Волго-Ахтубинской поймы. Обеспечение величины «сельскохозяйственной полки» в пределах $25 \div 27$ тыс. м³/с позволяет поддерживать экологическую обстановку рассматриваемой территории. В то же время населенные пункты, находящиеся в данной низменной тер-

ритории, подвергаются затоплению. Эффективными мерами по предотвращению последствий наводнения в ВАП является сооружение вокруг населенных пунктов дамб обвалования. Такие сооружения позволяют удерживать поток при подъеме уровня воды в ериках, препятствуя ее проникновению на заселенные территории. Наличие таких дамб в пойме позволяет не только защитить населенные пункты, но и обеспечивает безопасное движение по проселочным дорогам, которые также подвергаются затоплению.

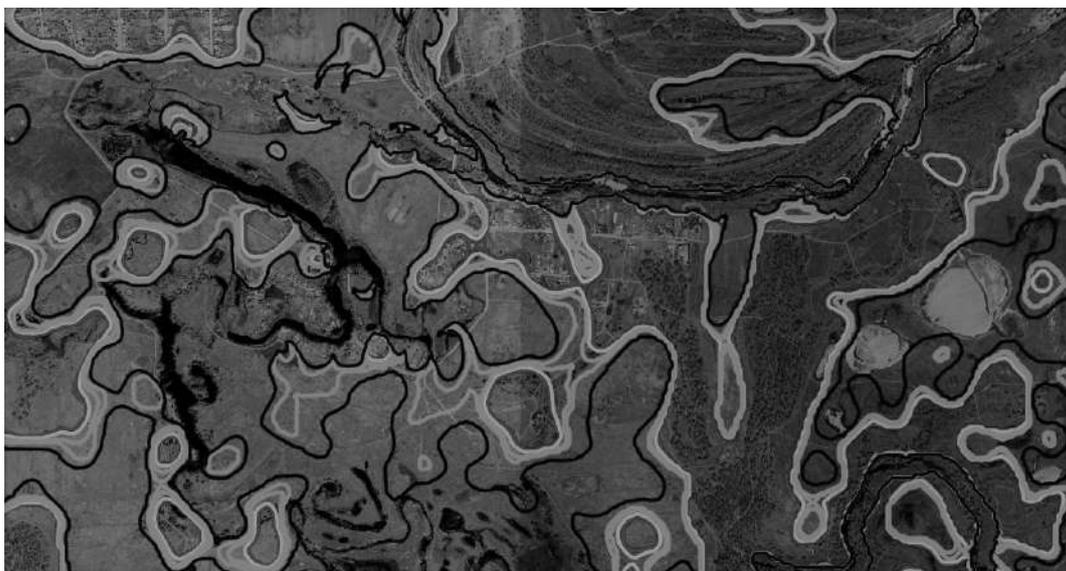


Рис. 3. Границы зон затопления в окрестности населенного пункта х. Вязовка при различной обеспеченности на космическом снимке. Сплошные линии соответствуют границам с глубиной 0,1 м, белая линия показывает границы населенных пунктов

Заключение

Проектирование противопаводковых мероприятий должно базироваться на подробном анализе водных режимов объектов, гидрологических и метеорологических условий. Гидродинамическое моделирование позволяет определять границы зон затоплений, максимальные уровни воды и площади затоплений, рассчитывать характерное время реагирования с учетом скорости распространения воды, строить прогнозы при различных условиях паводка.

В работе получены карты зон затоплений для трех населенных пунктов Волгоградской области. Административные территории г. Новоаннинского и х. Березовка 1-я находятся под угрозой затопления во время половодья на реке Бузулук. Для минимизации негативного воздействия для г. Новоаннинского должны быть предусмотрены дополнительные инженерные средства защиты территорий. Предлагается проводить своевременную расчистку русла р. Перевозинка от заторов для повышения водопропускной способности. В случае с х. Вязовка затопление населенного пункта связано с паводком в Волго-Ахтубинской пойме, обусловленным в первую очередь максимальными расходами Волжской ГЭС. В гидрографической сети ВАП регулярно проводятся работы по расчистке и дноуглублению русел ериков. Для обеспечения незатопляемости населен-

ных пунктов, расположенных в ВАП, рекомендуется использовать дамбы обвалования при условии недопущения иссушения поймы. Для проведения экспертизы проектируемых дамб обвалования наиболее эффективно использовать методы геоинформационного и гидродинамического моделирования.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Кликунова Анна Юрьевна выражает благодарность Министерству науки и высшего образования РФ за поддержку в рамках ГЗ 0633-2020-0003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников, Н. Б. Коэффициенты шероховатости речных русел / Н. Б. Барышников, Е. С. Субботина, Ю. А. Демидова // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2010. — № 12. — С. 14–19.
2. Дьяконова, Т. А. Метод оценки эффективного коэффициента шероховатости в меандрированных руслах на основе численного моделирования / Т. А. Дьяконова // Математическая физика и компьютерное моделирование. — 2018. — Т. 21, № 1. — С. 64–69. — DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2018.1.7>.
3. Определение границ зон затопления на основе гидродинамического моделирования / Т. А. Дьяконова, В. В. Кривко, Е. О. Агафонникова, А. Ю. Кликунова, Е. В. Соколовский, Е. С. Савин // Математическая физика и компьютерное моделирование. — 2020. — Т. 23, № 3. — С. 12–22. — DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2020.3.2>.
4. Свод правил СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85». — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054204>. — Загл. с экрана.
5. Agafonnikova, E. O. Computer Simulation of the Volga River Hydrological Regime: Problem of Water-Retaining Dam Optimal Location / E. O. Agafonnikova, A. Yu. Klikunova, A. V. Khoperskov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming and Computer Software. — 2017. — Vol. 10, № 3. — P. 148–155.
6. Creation of cadastral maps of flooding based on numerical modeling / A. Y. Klikunova, A. V. Khoperskov, E. O. Agafonnikova, A. S. Kuz'mich, T. A. Dyakonova, S. S. Khrapov, I. M. Gusev // Journal of Computational and Engineering Mathematics. — 2019. — Vol. 6, № 2. — P. 3–17.
7. Dyakonova, T. Bottom friction models for shallow water equations: manning's roughness coefficient and small-scale bottom heterogeneity / T. Dyakonova, A. Khoperskov // Journal of Physics: Conference Series. — 2018. — Vol. 973, № 012032. — P. 1–10.
8. Dyakonova, T. Numerical model of shallow water: The Use of Nvidia Cuda Graphics Processors / T. Dyakonova, A. Khoperskov, S. Khrapov // Communications in Computer and Information Science. — 2016. — Vol. 687. — P. 132–145.
9. Justification of Hydrological Safety Conditions in Residential Areas Using Numerical Modelling / V. V. Belikov, A. I. Aleksyuk, N. M. Borisova, E. S. Vasilieva, S. V. Norin, A. B. Rumyantsev // Water Resources. — 2018. — Vol. 45, № 1. — P. 39–49.
10. Klikunova, A. Creation of digital elevation models for river floodplains / A. Klikunova, A. Khoperskov // CEUR Workshop Proceedings. — 2019. — Vol. 2391. — P. 275–284.
11. Khoperskov, A. A Numerical Simulation of the Shallow Water Flow on a Complex Topography / A. Khoperskov, S. Khrapov // Numerical Simulations in Engineering and Science. — 2018. — P. 237–254.
12. Khrapov, S. S. Application of Graphics Processing Units for Self-Consistent Modelling of Shallow Water Dynamics and Sediment Transport / S. S. Khrapov, A. V. Khoperskov // Lobachevskii Journal of Mathematics. — 2020. — Vol. 41, № 8. — P. 1475–1484.

13. Zhang, Q. A note on the Riemann problem for shallow water equations with discontinuous topography / Q. Zhang, W. Sheng // *Applied Mathematics Letters*. — 2021. — Vol. 116. — P. 1–22.

14. Regularized shallow water equations and an efficient method for numerical simulation of shallow water flows / O. V. Bulatov, T. G. Elizarova, J. Fernández-Pato, I. Echeverriabar, M. Morales-Hernández // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. — 2011. — Vol. 51, № 1. — P. 160–173.

15. The shallow water equations and their application to realistic cases / P. García-Navarro, J. Murillo, J. Fernández-Pato, I. Echeverriabar, M. Morales-Hernández // *Environmental Fluid Mechanics*. — 2019. — Vol. 19, № 5. — P. 1235–1252.

REFERENCES

1. Baryshnikov N.B., Subbotina E.S., Demidova Yu.A. Koeffitsienty sherokhovatosti rechnykh rusel [Roughness Coefficients of Riverbeds]. *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University], 2010, no. 12, pp. 14-19.

2. Dyakonova T.A. Metod otsenki effektivnogo koeffitsienta sherokhovatosti v meandrirovannykh ruslakh na osnove chislennogo modelirovaniya [The Method of Estimation of the Effective Roughness Coefficient in the Meandering Channels Based on Numerical Simulation]. *Matematicheskaya fizika i kompyuternoe modelirovanie* [Mathematical Physics and Computer Simulation], 2018, vol. 21, no. 1, pp. 64-69. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2018.1.7>.

3. Dyakonova T.A., Krivko V.V., Agafonnikova E.O., Klikunova A.Yu., Sokolovskiy E.V., Savin E.S. Opredelenie granits zon zatopeniya na osnove gidrodinamicheskogo modelirovaniya [Determination of the Boundaries of Flooded Zones Based on Hydrodynamic Modeling]. *Matematicheskaya fizika i kompyuternoe modelirovanie* [Mathematical Physics and Computer Simulation], 2020, vol. 23, no. 3, pp. 12-22. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2020.3.2>.

4. *Svod pravil SP 104.13330.2016 «Inzhenernaya zashchita territorii ot zatopeniya i podtopleniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.06.15-85»* [The Code of Rules of SP 104.13330.2016 “Engineering Protection of the Territory From Flooding Zones and Flooding. Updated Version of SNiP 2.06.15-85”]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054204>.

5. Agafonnikova E.O., Klikunova A.Yu., Khoperskov A.V. Computer Simulation of the Volga River Hydrological Regime: Problem of Water-Retaining Dam Optimal Location. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming and Computer Software*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 148-155.

6. Klikunova A.Y., Khoperskov A.V., Agafonnikova E.O., Kuz'mich A.S., Dyakonova T.A., Khrapov S.S., Gusev I.M. Creation of Cadastral Maps of Flooding Based on Numerical Modeling. *Journal of Computational and Engineering Mathematics*, 2019, vol. 6, no. 2, pp. 3-17.

7. Dyakonova T., Khoperskov A. Bottom Friction Models for Shallow Water Equations: Mannings Roughness Coefficient and Small-Scale Bottom Heterogeneity. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 973, no. 012032, pp. 1-10.

8. Dyakonova T., Khoperskov A., Khrapov S. Numerical Model of Shallow Water: The Use of Nvidia Cuda Graphics Processors. *Communications in Computer and Information Science*, 2016, vol. 687, pp. 132-145.

9. Belikov V.V., Aleksyuk A.I., Borisova N.M., Vasilieva E.S., Norin S.V., Rummyantsev A.B. Justification of Hydrological Safety Conditions in Residential Areas Using Numerical Modelling. *Water Resources*, 2018, vol. 45, no. 1, pp. 39-49.

10. Klikunova A., Khoperskov A. Creation of Digital Elevation Models for River Floodplains. *CEUR Workshop Proceedings*, 2019, vol. 2391, pp. 275-284.

11. Khoperskov A., Khrapov S. A Numerical Simulation of the Shallow Water Flow on a Complex Topography. *Numerical Simulations in Engineering and Science*, 2018, pp. 237-254.

12. Khrapov S.S., Khoperskov A.V. Application of Graphics Processing Units for Self-Consistent Modelling of Shallow Water Dynamics and Sediment Transport. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 2020, vol. 41, no. 8, pp. 1475-1484.

13. Zhang Q., Sheng W. A Note on the Riemann Problem for Shallow Water Equations with Discontinuous Topography. *Applied Mathematics Letters*, 2021, vol. 116, pp. 1-22.

14. Bulatov O.V., Elizarova T.G., Fernández-Pato J., Echeverribar I., Morales-Hernández M. Regularized Shallow Water Equations and an Efficient Method for Numerical Simulation of Shallow Water Flows. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2011, vol. 51, no. 1, pp. 160-173.

15. García-Navarro P., Murillo J., Fernández-Pato J., Echeverribar I., Morales-Hernández M. The Shallow Water Equations and Their Application to Realistic Cases. *Environmental Fluid Mechanics*, 2019, vol. 19, no. 5, pp. 1235-1252.

MODELING OF FLOODING OF SETTLEMENTS DURING THE SPRING FLOOD

Anna Yu. Klikunova

Senior Lecturer, Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
klikunova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4055-4601>
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Tatyana A. Dyakonova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
dyakonova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0919-4206>
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Ekaterina O. Agafonnikova

Associate Professor, Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
agafonnikova@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2862-4531>
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Ilya S. Makoveev

Assistant, Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
i.s.makoveev@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Mariya A. Kornaukhova

Senior Lecturer, Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
mariya_kornaukhova@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Viktor P. Radchenko

Senior Lecturer, Department of Information Systems and Computer Modeling,
Volgograd State University
viktor.radchenko@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3786-3884>
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The problem of flooding of territories with flood waters for settlements of the Volgograd region is considered. A numerical model of flood water dynamics is constructed, taking into account the topography of the terrain. The simulation is based on two-dimensional shallow water equations. For computational experiments, a parallel implementation of the numerical scheme CSPH-TVD for NVIDIA graphics accelerators with CUDA technology is used. The digital model of the river-bed and floodplain relief is based on spatial data SRTM3 and SRTMGL, topographic maps of the area, longitudinal profiles of rivers. The water flow rates for the Buzuluk and Perevozinka rivers are determined and a hydrograph of the Volga hydroelectric power station is constructed for the given probabilities of exceeding the water level. Flood maps were obtained for the following localities: Novoannisky, Berezovka 1, Vyazovka. The maximum values of the depths for 1%, 3%, 5%, 10%, 25% and 50% of water security are presented. An analysis of the flood situation was carried out and appropriate engineering and protective measures for settlements were proposed. At maximum flood water levels, residential buildings of Berezovka 1 are not subject to flooding. In order to minimize the negative impact for the city of Novoannisky, it is proposed to carry out timely clearing of the river-bed of the Perevozinka river from congestion. To protect from flooding Vyazovka it is recommended to use diversion dyke.

Key words: numerical simulation, flood inundation, embankment dam, inundation mapping, data visualization.