



DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2023.3.2>

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

Дата поступления статьи: 05.07.2023
Дата принятия статьи: 20.08.2023



МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ КАРТ ЗАТОПЛЕНИЯ РЕЧНЫХ ДОЛИН НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ¹

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

Аннотация. Описан метод создания кадастровых карт для зон с особыми условиями использования, подверженных опасностям затопления, на основе геоинформационного и гидродинамического моделирования. Такой подход применим прежде всего для населенных пунктов, находящихся в долинах рек. Применяется аппаратно-программный комплекс «EcoGIS-2D-Simulation» для проведения имитационных экспериментов по изучению динамики поверхностных вод на конкретной территории в окрестности речной системы. Вычислительный модуль использует численный алгоритм Combined Smooth Particle Hydrodynamics — Total Variation Diminishing для параллельного интегрирования уравнений мелкой воды на GPU с технологией CUDA. Важным компонентом является геоинформационный модуль для построения цифровой модели гидрологических ландшафтов, включая цифровую модель рельефа местности и наборы параметров, определяющих гидрологическое сопротивление речному потоку. Построены границы зон затопления для некоторых населенных пунктов Волгоградской области при различных значениях обеспеченности расхода воды.

Ключевые слова: численное моделирование, зоны затопления, кадастровые карты, геоинформатика, ГИС-технологии.

Введение

Быстрые и сильные затопления всегда были важнейшим фактором влияния на хозяйственную жизнь регионов, что требует кадастрирования территорий, подверженных затоплениям и подтоплениям. Имеются многочисленные документально подтвержденные последствия катастрофических затоплений, которые произошли сотни лет назад (см., например, [11]). Характер затопления и соответствующие последствия зависят от большого числа труднопрогнозируемых факторов. Масштаб чрезвычайной ситуации (ЧС) при построении кадастровых карт определяется водной обеспеченностью, которая является вероятностной величиной. Известен пример сильнейшего затопления 1572 г. в водосборном бассейне рек Дунай и Влтава, которое привело к сильнейшему ущербу [11]. Современный анализ показал, что водная обеспеченность этого события составила меньше 0,002, что соответствует частоте один раз в 500 лет.

Общей современной тенденцией является увеличение частоты экстремальных природных событий, что принято связывать с глобальными климатическими изменениями [7; 8]. По информации из международной базы данных EM-DAT, в которой ведется статистический учет катастроф и стихийных бедствий, с 1980 по 1999 г. было зафиксировано 4 212 различных ЧС по всему миру. В период с 2000 по 2019 г. их количество увеличилось до 7 348. На долю наводнений приходится более 44 % стихийных бедствий [15].

Определение и внесение в единый государственный реестр недвижимости данных о границах зон с особыми условиями использования (ЗООИТ) является одним из способов защиты окружающей среды и позволяет определить меры по предотвращению и ликвидации последствий затоплений и подтоплений. Опасность сильных затоплений определяется также процессами смыва и деградации плодородного слоя в долинах рек.

Действующие нормативные правила ограничивают или полностью запрещают строительство объектов в зонах затопления и подтопления, кроме того на таких территориях могут быть внесены особые условия на ведение сельскохозяйственной деятельности. Проблемой является то, что многие объекты недвижимости и населенные пункты уже находятся в зонах с особыми условиями использования территорий, относящихся к зонам подтопления при половодьях и паводках. Определение мер предотвращения затопления таких территорий и разработка плана эвакуации населения [17; 18], что требует кадастрирования таких областей [2; 3; 9; 14].

Целью исследования является разработка метода построения кадастровых карт затопления территорий с использованием методов численного моделирования динамики поверхностных вод на реалистичной модели рельефа местности.

1. Метод определения зон затоплений

Разработанный метод определения границ зон затопления территории основывается на проведении гидрологических исследований и численном моделировании динамики поверхностных вод (см. рис. 1).

Выделим основные этапы построения кадастровых карт затопления зон с особыми условиями использования на примере села Дворянское Камышинского района Волгоградской области. Основным источником воды при половодье для этого населенного пункта является река Иловля.

1. Первый этап предполагает исследование речной долины специалистами в области гидрологии. К характеристикам, необходимым для последующего проведения моделирования, относятся данные об уровнях воды, речных режимах, осадках, стоках, исторические данные о паводках и наводнениях в заданном районе. На основе полученной информации определяются соотношения величины обеспеченности и объемного расхода водных объектов [5]. Обеспеченность гидрологической величины — это вероятность того, что рассматриваемое значение гидрологической величины может быть превышено среди совокупности всех возможных ее значений [1]. Для проведения гидродинамического моделирования важной характеристикой является обеспеченность расхода рек, так как эта величина используется в качестве начальных параметров при проведении вычислительного эксперимента. Для расчета такой обеспеченности необходимы данные по расходам за значительный период (не менее 50 лет), которые должны быть разбиты на ряд интервалов. Вычисленные значения расхода воды фиксируются для каждого уровня водообеспеченности в гидродинамических моделях (см. таблицу).

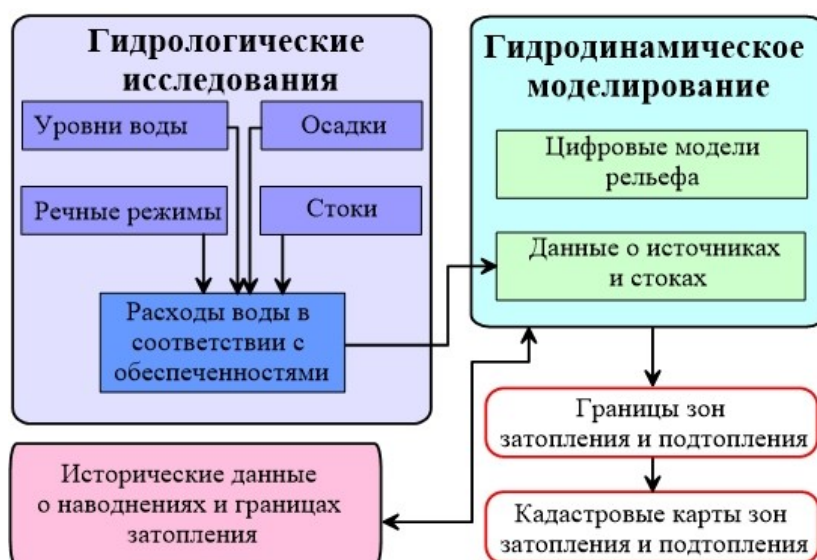


Рис. 1. Схема построения кадастровых карт затопления территории

Натурные гидрологические данные для речной долины и результаты оценки обеспеченности расхода воды лежат в основе построения так называемой расчетной границы зоны затопления, представленной в виде контура (см. рис. 2). Для каждой точки контура заданы координаты в местной системе координат.

2. Второй этап включает в себя проведение гидродинамического моделирования затопления территорий.

- 1) Проведение моделирования динамики поверхностных вод требует наличия актуальных цифровых моделей рельефа (ЦМР). В данном исследовании был использован разработанный алгоритм построения ЦМР, основанный на итерационном подходе, который использует разнородные источники информации о высотных данных [13]. При выполнении этапа гидрологического исследования специалисты проводят топографическую съемку местности и выполняют построение продольных и поперечных профилей рек. Полученные таким образом данные также могут быть использованы для актуализации цифровых моделей рельефа.

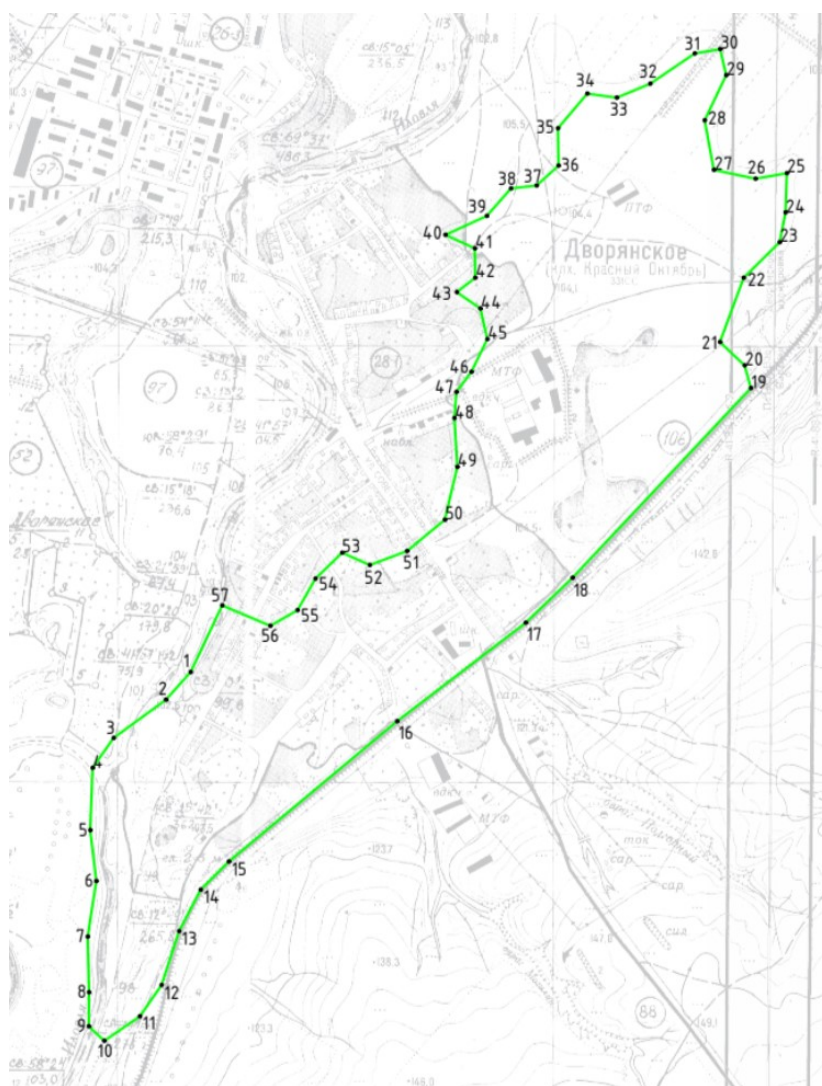


Рис. 2. Расчетная зона затопления для села Дворянское при 10 % обеспеченности

- 2) Далее необходимо задать пространственное распределение источников воды в окрестности населенного пункта или группы близко расположенных населенных пунктов. Основным источником необходимо задать в русле реки выше населенного пункта по течению. Если в исследуемой части речной долины располагаются притоки или крупные балки, то в них задаются дополнительные источники воды. Для каждого источника строится гидрограф $Q(t)$, отражающий количественное значение объемного расхода, который определяется в соответствии с обеспеченностями, полученными на первом этапе. Для временного интервала $\Delta t = 5 - 10$ суток задавалось минимальное значение Q_{\min} , обеспечивающее меженные значения глубины воды в русле реки и зависящее от параметров русла (ширина, глубина, извилистость, шероховатость). Затем для имитационного моделирования паводка значение $Q(t)$ увеличивалось на $\Delta Q(t)$ за сутки до Q_{\max} , соответствующего 1% обеспеченности (см. таблицу).

Параметры расчета для села Дворянское

Обеспеченность	1 %	3 %	5 %	10 %	25 %	50 %
Объемный расход Q (м ³ /с)	180	105	90	80	30	20
Площадь затопления S (км ²)	10,06	9,5	9,23	8,94	4,11	2,92
Количество источников	2					
Гидрограф	Q_{\min}	ΔQ	Q_{\max}	расположение источников		
	5	5	180	р. Иловля		

- 3) Построенные ЦМР и вычисленные параметры источников применяются для моделирования затопления в аппаратно-программном комплексе «EcoGIS-2D-Simulation». Он позволяет выполнять расчет динамики поверхностных вод в приближении уравнений Сен – Венана [6; 16]:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(Hu_x)}{\partial x} + \frac{\partial(Hu_y)}{\partial y} = q^{(s)} - q^{(inf)} - q^{(ev)}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(H\mathbf{u})}{\partial t} + \nabla(H\mathbf{u} \otimes \mathbf{u}) = -gH\nabla(H + b) + H(\mathbf{f}^{fric} + \mathbf{f}^{Cor}), \quad (2)$$

где $H(x, y, t)$ – глубина (толщина слоя воды на поверхности Земли); $\mathbf{u}(x, y, t) = \{u_x, u_y\}$ – вектор скорости поверхностного потока; $q^{(s)}(x, y, t)$ – источник воды из-за осадков, оттока воды из системы подземных вод и притока через гидротехнические сооружения; $q^{(inf)}(x, y, t)$ – функция стока из-за просачивания в грунт; $q^{(ev)}$ – темп потери воды из-за испарения; $\nabla = \{\partial/\partial x, \partial/\partial y\}$ – дифференциальный оператор набла; $g = 9,8$ м/с².

Компоненты силы Кориолиса равны:

$$f_x^{Cor} = -2\Omega_E \sin(\Theta) u_y, \quad f_y^{Cor} = 2\Omega_E \sin(\Theta) u_x, \quad (3)$$

где $\Omega_E = 7,3 \cdot 10^{-5}$ с⁻¹ – угловая скорость вращения Земли; Θ – широта для точки с координатами (x, y) . Сила трения о дно \mathbf{f}^{fric} , действующая на жидкость для стандартной квадратичной модели трения, равна

$$\mathbf{f}^{fric} = -\mathbf{u} \frac{\Lambda}{2} \sqrt{u_x^2 + u_y^2}, \quad (4)$$

где $\Lambda = 2gn_M^2/H^{4/3}$ – коэффициент гидравлического трения; n_M – коэффициент Маннинга, характеризующий шероховатость дна. Используется эффективный коэффициент шероховатости в виде

$$n_M^{(eff)} = \left(n_M^2 + (\hat{\alpha}/g) H^{4/3+\gamma} u^{-\gamma} \right)^{1/2}, \quad (5)$$

где коэффициенты $\hat{\alpha}$, γ подбираются при согласовании с данными гидрологических наблюдений.

Вычислительные эксперименты проводились с использованием технологии CUDA для графических процессоров [10; 12].

- 4) Под состоянием будем понимать пространственные распределения глубин и скоростей воды в узлах вычислительной сетки. Результатом моделирования являются состояния через равные промежутки времени, по которым выполняется построение границы затопления для заданной обеспеченности расхода воды (рис. 3). Границы по результатам моделирования сравниваются с гидрологическими измерениями с целью верификации.

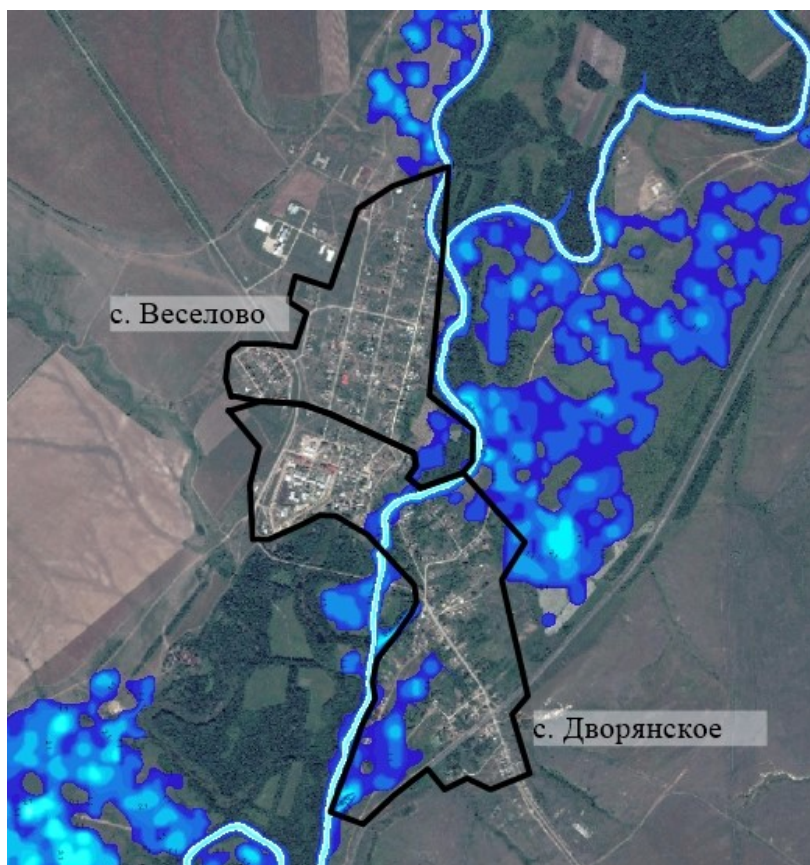


Рис. 3. Результат моделирования динамики поверхностных вод для окрестностей села Дворянское при задании параметров затопления, равных 10 % обеспеченности расхода

- 5) Для каждого значения обеспеченности расхода 1, 3, 5, 10, 25 и 50 % фиксируется граница зоны затопления (рис. 4).

В качестве дополнительной семантической информации к кадастровым картам затопления речных долин могут использоваться таблицы, содержащие данные об уровнях затопления, расходах воды, характеристиках водных объектов, площади затопления (см. таблицу).

Разработанный метод построения кадастровых карт для зон с особыми условиями использования может быть применен для различных населенных пунктов, которые находятся в долинах рек (см. рис. 5). Внесение полученных границ затопления в единый государственный реестр недвижимости позволит оценить ущерб от наводнений различного масштаба и разработать меры по их предотвращению.

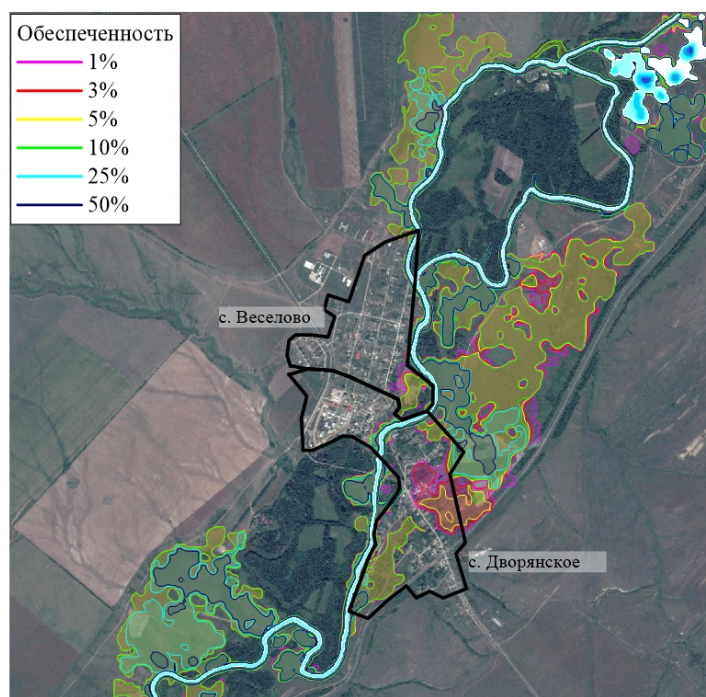


Рис. 4. Границы зон затопления в окрестности села Дворянское Волгоградской области при различной обеспеченности на космическом снимке.

Сплошные линии соответствуют границам с глубиной 0,1 м, полупрозрачная цветная заливка соответствует зонам затопления

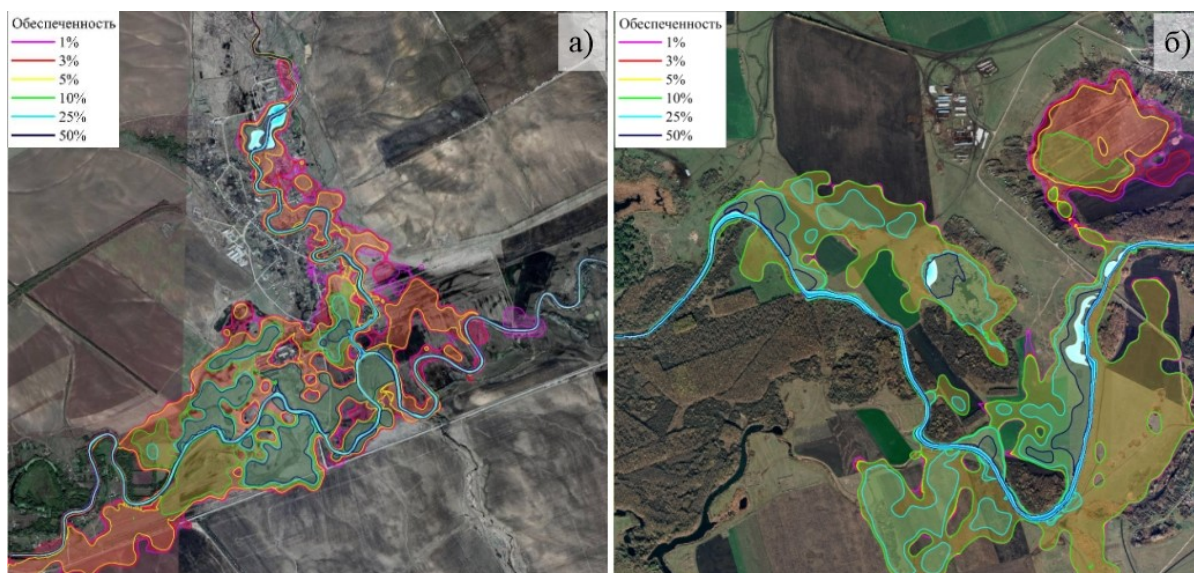


Рис. 5. Границы зон затопления в окрестности: а) х. Амелино и б) х. Песчановка Волгоградской области при различной обеспеченности на космическом снимке.

Сплошные линии соответствуют границам с глубиной 0,1 м, полупрозрачная цветная заливка соответствует зонам затопления

Заключение

Работа направлена на разработку метода построения кадастровых карт затопления территорий для речных долин, которые относятся к зонам с особыми условиями использования. В отличие от стандартных методик кадастрирования зон затоплений, предлагаемый подход основан на численном моделировании движения воды с учетом реальных особенностей местности. Основные этапы такого построения описаны на примере одного из населенных пунктов Волгоградской области. Кадастровые карты при разной водной обеспеченности могут быть использованы для внесения зон затопления и подтопления на учет в Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 360 «О зонах затопления, подтопления» [4].

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа поддержана Российским научным фондом (РНФ) Российской Федерации (грант 23-71-00016, <https://rscf.ru/project/23-71-00016/>). При проведении вычислительных экспериментов использовалось оборудование Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова. Автор выражает благодарность А.В. Хоперскову и С.С. Храпову за полезные обсуждения и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457>. — Загл. с экрана.
2. Моделирование затоплений населенных пунктов в период весеннего паводка / А. Ю. Кликунова, Т. А. Дьяконова, Е. О. Агафонникова, И. С. Маковеев, М. А. Корнаухова, В. П. Радченко // Математическая физика и компьютерное моделирование. — 2021. — Т. 24, № 3. — С. 63–72. — DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2021.3.6>
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. Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360 (ред. от 07.09.2019) «О зонах затопления, подтопления». — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499090951>. — Загл. с экрана.
5. Рождественский, А. В. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / А. В. Рождественский, А. Г. Лобанова. — Л. : Гидрометеиздат, 1984. — 447 с.
6. Храпов, С. С. Численное моделирование самосогласованной динамики поверхностных и грунтовых вод / С. С. Храпов // Математическая физика и компьютерное моделирование. — 2021. — Т. 24, № 3. — С. 45–62. — DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2021.3.5>
7. Arnell, N. W. The Global-Scale Impacts of Climate Change on Water Resources and Flooding Under New Climate and Socio-Economic Scenarios / N. W. Arnell, B. Lloyd-Hughes // Climatic Change. — 2014. — Vol. 122. — P. 127–140.
8. Changing Climate Shifts Timing of European Floods / G. Blöschl, J. Hall, J. Parajka, R. A. Perdigão, B. Merz, B. Arheimer, et al. // Science. — 2017. — Vol. 357, № 6351. — P. 588–590.

9. 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.
10. 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.
11. Eulenstein, J. The Central European Flood of 1572 and its Local-Scale Effects as Revealed by a Damage Inventory / J. Eulenstein, A. Kellerer-Pirklbauer // *Hydrological Sciences Journal*. — 2020. — Vol. 65, № 6. — P. 884–897.
12. Khoperskov, A. A Numerical Simulation of the Shallow Water Flow on a Complex Topography / A. Khoperskov, S. Khrapov // *Numerical Simulations in Engineering and Science*. — Rijeka : IntechOpen, 2018. — P. 237–254. — DOI: 10.5772/intechopen.71026
13. Klikunova, A. Creation of Digital Elevation Models for River Floodplains / A. Klikunova, A. Khoperskov // *CEUR Workshop Proceedings*. — 2019. — Vol. 2391. — P. 275–284.
14. Rapid Flood Damage Prediction and Forecasting Using Public Domain Cadastral and Address Point Data with Fuzzy Logic Algorithms / J. L. Gutenson, A. N. S. Ernest, A. A. Oubeidillah, L. Zhu, X. Zhang, S. T. Sadeghi // *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. — 2018. — Vol. 54, № 1. — P. 104–123.
15. The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. — Electronic text data. — Mode of access: <https://www.cred.be/publications>. — Title from screen.
16. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage / S. S. Khrapov, A. V. Pisarev, I. A. Kobelev, A. G. Zhumaliev, E. O. Agafonnikova, A. G. Losev, A. V. Khoperskov // *Advances in Mechanical Engineering*. — 2013. — Vol. 5. — Article ID: 787016. — DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/787016>
17. The Problem of Effective Evacuation of the Population from Floodplains Under Threat of Flooding: Algorithmic and Software Support with Shortage of Resources / O. Y. Vatyukova, A. Y. Klikunova, A. A. Vasilchenko, A. A. Voronin, A. V. Khoperskov, M. A. Kharitonov // *Computation*. — 2023. — Vol. 11, № 8. — Article ID: 150. — DOI: <https://doi.org/10.3390/computation11080150>
18. The Problem of Safe Evacuation of Large Floodplains Population During Flooding / A. A. Voronin, A. A. Vasilchenko, A. Yu. Klikunova, O. Yu. Vatyukova, A. V. Khoperskov // *Advances in Systems Science and Applications*. — 2022. — Vol. 22, № 4. — P. 65–78.

REFERENCES

1. *GOST 19179-73. Gidrologiya sushi. Terminy i opredeleniya* [Hydrology of Land. Terms and Definitions]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457>
2. Klikunova A.Yu., Dyakonova T.A., Agafonnikova E.O., Makoveev I.S., Kornaukhova M.A., Radchenko V.P. Modelirovanie zatopleniy naselennykh punktov v period vesennego pavodka [Modeling of Flooding of Settlements During the Spring Flood]. *Matematicheskaya fizika i kompyuternoe modelirovanie* [Mathematical Physics and Computer Simulation], 2021, vol. 24, no. 3, pp. 63-72. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2021.3.6>
3. Dyakonova T.A., Krivko V.V., Agafonnikova E.O., Klikunova A.Yu., Sokolovskiy E.V., Savin E.S. Opredelenie granits zon zatopleniya 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. *Postanovlenie Pravitelstva RF ot 18.04.2014 № 360 (red. ot 07.09.2019) «O zonakh zatopleniya, podtopleniya»* [Decree of the Government of the Russian Federation of April 18, 2014 N 360 (As Amended on September 7, 2019) “About Flooding Zones, Flooding”]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499090951>

5. Rozhdestvenskiy A.V., Lobanova A.G. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Manual for Determining the Calculated Hydrological Characteristics]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984. 447 p.
6. Khrapov S.S. Chislennoe modelirovanie samosoglasovannoy dinamiki poverkhnostnykh i gruntovykh vod [Numerical Modeling of Self-Consistent Dynamics of Shallow and Ground Waters]. *Matematicheskaya fizika i kompyuternoe modelirovanie* [Mathematical Physics and Computer Simulation], 2021, vol. 24, no. 3, pp. 45-62. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2021.3.5>
7. Arnell N.W., Lloyd-Hughes B. The Global-Scale Impacts of Climate Change on Water Resources and Flooding Under New Climate and Socio-Economic Scenarios. *Climatic Change*, 2014, vol. 122, pp. 127-140.
8. Blöschl G., Hall J., Parajka J., Perdigão R.A., Merz B., Arheimer B., et. al. Changing Climate Shifts Timing of European Floods. *Science*, 2017, vol. 357, no. 6351, pp. 588-590.
9. 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.
10. 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.
11. Eulenstein J., Kellerer-Pirklbauer A. The Central European Flood of 1572 and Its Local-Scale Effects as Revealed by a Damage Inventory. *Hydrological Sciences Journal*, 2020, vol. 65, no. 6, pp. 884-897.
12. Khoperskov A., Khrapov S. A Numerical Simulation of the Shallow Water Flow on a Complex Topography. *Numerical Simulations in Engineering and Science*. Rijeka, IntechOpen, 2018, pp. 237-254. DOI: 10.5772/intechopen.71026
13. Klikunova A., Khoperskov A. Creation of Digital Elevation Models for River Floodplains. *CEUR Workshop Proceedings*, 2019, vol. 2391, pp. 275-284.
14. Gutenson J.L., Ernest A.N.S., Oubeidillah A.A., Zhu L., Zhang X., Sadeghi S.T. Rapid Flood Damage Prediction and Forecasting Using Public Domain Cadastral and Address Point Data with Fuzzy Logic Algorithms. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 2018, vol. 54, no. 1, pp. 104-123.
15. *The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*. URL: <https://www.cred.be/publications>.
16. Khrapov S.S., Pisarev A.V., Kobelev I.A., Zhumaliev A.G., Agafonnikova E.O., Losev A.G., Khoperskov A.V. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage. *Advances in Mechanical Engineering*, 2013, vol. 5, article ID: 787016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/787016>
17. Vatyukova O.Y., Klikunova A.Y., Vasilchenko A.A., Voronin A.A., Khoperskov A.V., Kharitonov M.A. The Problem of Effective Evacuation of the Population From Floodplains Under Threat of Flooding: Algorithmic and Software Support with Shortage of Resources. *Computation*, 2023, vol. 11, no. 8, article ID: 150. DOI: <https://doi.org/10.3390/computation11080150>
18. Voronin A.A., Vasilchenko A.A., Klikunova A.Yu., Vatyukova O.Yu., Khoperskov A.V. The Problem of Safe Evacuation of Large Floodplains Population During Flooding. *Advances in Systems Science and Applications*, 2022, vol. 22, no. 4, pp. 65-78.

METHOD FOR CONSTRUCTING CADASTRAL MAPS OF FLOODING OF RIVER VALLEYS BASED ON HYDRODYNAMIC AND GEOINFORMATION MODELING**Анна Ю. Кликунова**

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

Abstract. The method of creating cadastral maps for flood areas with special conditions of use based on geoinformation and hydrodynamic modeling is described. This approach is used primarily for settlements located in river valleys. The hardware and software complex “EcoGIS-2D-Simulation” is used to conduct simulation experiments to study the dynamics of surface waters in a specific area in the vicinity of a river system. The computational module uses the Combined Smooth Particle Hydrodynamics – Total Variation Diminishing numerical algorithm for parallel integration of shallow water equations on GPUs with CUDA technology. The module for building a digital model of hydrological landscapes is an important component. This module includes a digital elevation model and sets of parameters that determine the hydrological resistance to river flow. The boundaries of the flood areas for some settlements of the Volograd region at different values of flood probability are constructed.

Key words: numerical modeling, flood areas, cadastral maps, geoinformatics, GIS-technologies.