

УДК 528.91:004.9+[627.222.23]

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-71-82

Моделирование геопространства зон затопления и подтопления реки Луга

Т. И. Балтыжакова¹✉, Д. О. Шаповалова², М. Г. Выстрлчил¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² ООО «Геосервис», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: Baltyzhakova_TI@pers.spmi.ru

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос определения и установления границ зон затопления и подтопления. Так как зоны затопления и подтопления являются зонами с особыми условиями использования территорий, то их наличие накладывает значительные ограничения на ведение хозяйственной деятельности на таких территориях, что может негативно сказываться на освоении земель и экономической привлекательности местности. В рамках работы был проведен анализ нормативно-правовой документации, регламентирующей определение границ зон затопления и подтопления, а также их правовой статус. На основе анализа отечественных и зарубежных исследований были рассмотрены различные подходы к моделированию геопространств зон затопления и подтопления. Авторами были смоделированы зоны затопления и зоны подтопления для реки Луга на территории Кингисеппского района.

Ключевые слова: зона затопления и подтопления, моделирование геопространства, управление территориями, мониторинг, прогнозирование

Для цитирования:

Балтыжакова Т. И., Шаповалова Д. О., Выстрлчил М. Г. Моделирование геопространства зон затопления и подтопления реки Луга // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 71–82. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-71-82

Введение

По официальной статистике Росгидромета, динамика развития опасных гидрометеорологических явлений в России за последние 10 лет в среднем составляет 943 случая в год. По повторяемости площади распространения и суммарному среднегодовому материальному ущербу на территории Российской Федерации наводнения занимают первое место в ряду стихийных бедствий, а по количеству человеческих жертв и удельному материальному ущербу – второе место после землетрясений [1].

Следует отметить, что наводнения являются одной из наиболее серьезных проблем, возникающих при планировании и развитии землепользования. Нерегулируемое распространение водных потоков и выход воды на пойменную поверхность в период паводков может привести к затоплению территорий, что влечет за собой ухудшение или невозможность использования земель и ведения на них хозяйственной деятельности.

Согласно статье 1 Водного Кодекса РФ [2], процессы затопления и подтопления территории считаются формой негативного воздействия водных объектов на прилегающие терри-

тории и объекты недвижимости, расположенные в их границах. В связи с этим определение и управление зонами затопления, подтопления (далее – ЗЗП) считается защитным мероприятием и осуществляется для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий.

Затоплением территории называют гидрологическое явление, возникающее вследствие покрытия территории водой в период половодья или паводков. Соответственно, зона затопления (далее – ЗЗ) – это территория, покрываемая водой в результате превышения притока воды относительно пропускной способности русла.

Подтоплением территории называют комплексный процесс, возникающий под влиянием техногенных и естественных факторов, в результате которого происходит повышение уровня подземных вод до критических значений вследствие нарушения водного режима. Тогда зона подтопления (далее – ЗП) – это территория, подвергающаяся подтоплению в результате подпора со стороны водохранилищ, рек, других водных объектов или воздействия любой другой хозяйственной деятельности и природных факторов [3].

На территории РФ в качестве мер по охране водных объектов ведется непрерывное совершенствование и актуализация нормативно-правовой документации, подкрепляющей уже существующую законодательную базу, а также принят обширный ряд мер по предотвращению рисков развития природных катастроф, к которым относят разработку схем комплексного использования и охраны водных объектов, установление нормативов допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды, государственный мониторинг и надзор, прогнозирование развития опасных явлений и др. [4–5].

Согласно положениям Постановления Правительства РФ № 360 «О зонах затопления, подтопления», в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН) должны быть внесены границы затопления, подтопления территорий, прилегающих к водным объектам. Требованиями устанавливается необходимость внесения в ЕГРН графического описания местоположения

границ зон, их координаты, площадь затопления, а также расход воды [6–7].

Согласно Земельному кодексу РФ [8], ЗЗП отнесены к зонам с особыми условиями использования территорий, а значит, являются территориями, для которых установлен особый правовой режим и введены определенные ограничения по эксплуатации и дальнейшему использованию земельных участков, границы которых попадают в ЗЗП [9–11].

Важно отметить, что для определения границ ЗЗП необходим единый методический подход, основанный на гидрологических, гидрогеологических и топографических исследованиях, подкрепленных многолетними наблюдениями, а также применении современных технологий и актуального программного обеспечения [12–14]. К сожалению, в настоящий момент нормативной документацией не установлена четкая методика определения границ ЗЗП, что в отдельных случаях явно видно из сведений ЕГРН. Практика показывает, что определение границ ЗЗП не всегда соответствует фактическим значениям и действительной ситуации на местности. В связи с этим возникает необходимость моделирования геопространства таких зон с последующим определением их границ [15]. На рис. 1 показаны границы ЗЗП реки Луга на территории Кингисеппского района Ленинградской области.

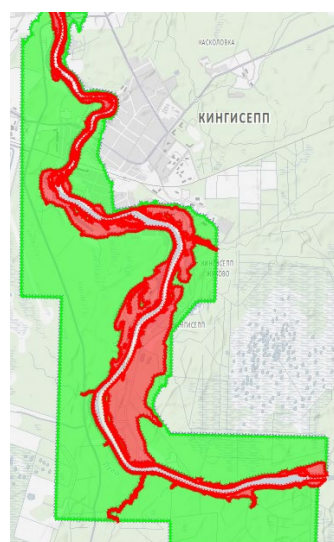


Рис. 1. Фрагмент электронной карты Геоинформационной подсистемы ФГИС ТП с изображением ЗЗП (красным цветом отображена зона затопления, зеленым – зона подтопления)

Из рисунка очевидно, что границы зоны подтопления были установлены без учета гидрологической обстановки, так как они имеют неестественную форму и никак не соотношены с береговой линией.

Некорректное определение границ ЗЗП может привести к значительным негативным последствиям для общества и объектов недвижимости, находящиеся в непосредственной близости к водоемам. Также необходимо учитывать их при расчете кадастровой стоимости для определения справедливого налогового бремени для правообладателей таких земельных участков и ведения справедливой фискальной политики со стороны государства. Для оценки кадастровой стоимости земель, подверженных затоплению, возможен учет фактора наличия соответствующих зон путем введения коэффициентов [16–18].

Методы моделирования зон затопления и подтопления

Определение границ ЗЗП – сложный процесс, требующий совместной обработки разнородных данных и последующего учета целого комплекса факторов, влияющих на возникновение и развитие наводнений.

В настоящее время универсальным инструментом для решения задач геопро пространственного моделирования являются геоинформационные системы (далее – ГИС) [19–20]. Относительно задач моделирования в области гидрологии ГИС выступают как неотъемлемая составляющая информационно-моделирующих систем, предназначенных для прогнозирования паводков и половодий на реках, позволяющих в дальнейшем определения границ ЗЗП.

Анализ научной литературы и исследований отечественных [14, 21, 22] и зарубежных ученых [23–25] показывает, что на данный момент остается нерешенной проблема оценки качества моделей, их классификации и анализа. Все это влечет за собой сложности выбора конкретной модели для решения отдельно взятой задачи, что усугубляется, если при исследовании объекта необходимо производить обработку комплекса разнородных данных [26–28].

Как в России, так и за рубежом, все более популярными в области инженерной гидрологии становятся системы для моделирования гидравлики открытых потоков (рек, ручьев, каналов и т. д.) [24, 28]. Выделяют два основных подхода к моделированию ЗЗП – геометрический и гидродинамический.

Геометрический подход подразумевает сравнение наклона уровня воды и высоты с целью определения границы водной поверхности. На основе полученных значений определяют границу ЗЗ, а также глубину затопления. При этом обрабатывается сравнительно небольшой объем данных и не учитывается предыдущее состояние моделируемого участка, скорость и направление потока воды.

При гидродинамическом подходе определяются потоки воды в пространстве и времени в процессе решения системы дифференциальных уравнений. Данный подход помогает получить более точные значения за счет более широкого спектра входных данных. Однако такой подход требует значительного количества исходных данных и проведения целого ряда трудоемких инженерных изысканий для определения параметров водотока и его гидрологических характеристик, а также геологических характеристик окружающей местности. Гидродинамическое моделирование является более универсальным в силу того, что позволяет обеспечить решение более широкого круга прикладных задач, так как наиболее точно описывает физическую суть гидродинамических процессов.

Также следует отметить, что путем сравнения двух основных подходов к моделированию ЗЗП, а также опираясь на опыт существующих исследователей [19, 20, 28], справедливо утверждать, что гидродинамическое моделирование является предпочтительным способом определения границ ЗЗП. Однако специалисты в области землеустройства и кадастров чаще используют в работе геометрический подход в силу его доступности, а также большей наглядности и применимости результатов. Объяснение этого парадокса может быть найдено в определяющем недостатке гидродинамических методик, состоящем в необходимости подготовки большого

объема специфичных исходных данных, формируемых при предварительном проведении комплекса дорогостоящих и продолжительных инженерных изысканий.

Реализация геометрических способов напротив допускает использование в качестве исходных данных общедоступных топографических моделей рельефа. Точность получаемых при этом результатов во многом зависит от точности используемой цифровой модели рельефа (далее – ЦМР), что, принимая во внимание стремительное развитие и внедрение в практику технологий лазерного сканирования и цифровой фотограмметрии, является управляемым фактором.

Определение границ зон затопления и подтопления

Иллюстрацией геометрической методики определения ЗЗП является ее расчет для участка земель Ленинградской области в районе реки Луга, изображенной на рис. 1.

В качестве исходных данных для моделирования границ ЗЗП были использованы данные наблюдений за поднятием уровня воды с гидрологических постов, полученные из открытых источников, ЦМР, полученная на основе данных USGS [29], а также данные комплекса проведенных инженерных изысканий, позволяющие получить информацию о геологических особенностях прилегающих к реке территорий, а также оценить ее гидрологические характеристики. Кроме сведений о рельефе, исходными данными для моделирования также будут являться значения уровней воды с гидропостов.

Для расчета ЗЗ в результате прохождения паводков и половодий редкой повторяемости необходимо проведение комплекса гидрологических расчетов для определения уровней и расходов воды различной обеспеченности в пределах населенных пунктов. Обеспеченность наводнений определяет вероятность наступления наводнения той или иной силы и измеряется в процентах (при 1 % обеспеченности наводнение такого уровня и силы случается раз в 100 лет, при 2 % – раз в 50 лет и т. д.).

По результатам изысканий залегание грунтовых вод обнаружено на глубинах 0–3 м, что свидетельствует об отнесении рассматриваемого участка к территории сильного подтопления, в то время как максимальная высота подъема грунтовых вод в границах участка исследования достигает значения 5 м относительно абсолютных отметок высот. На основе данных наблюдений с гидропостов максимальное значение уровня воды за весь период наблюдений на рассматриваемой территории составило 627 см, что будет соответствовать паводку 1 % обеспеченности, для прочих высот уровни обеспеченности показаны на графике (рис. 2).

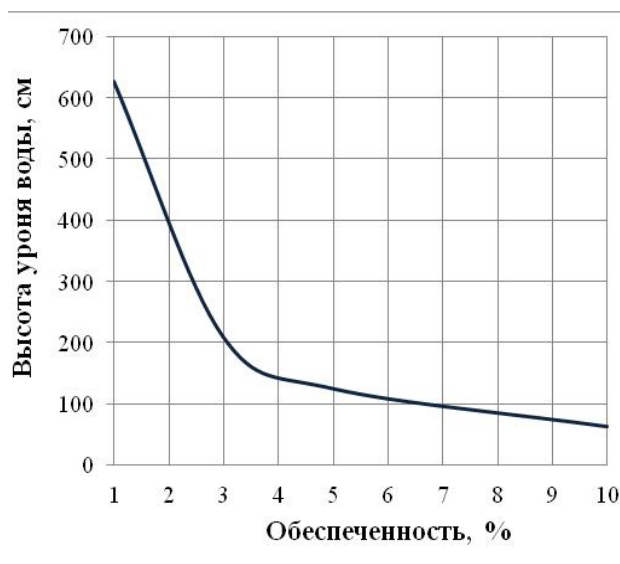
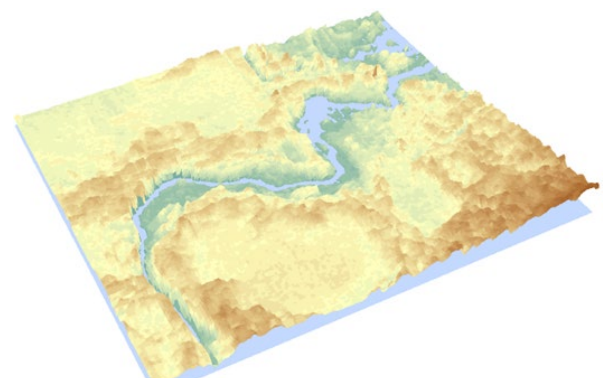


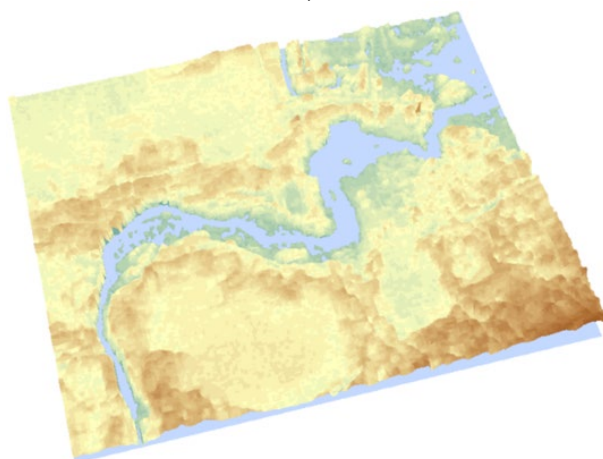
Рис. 2. Высоты уровня воды и обеспеченности наводнений реки Луга

Моделирование зон затопления и подтопления выполнялось путем применения модуля GRASS в ГИС QGIS, что позволило на основе исходной ЦМР получить расчетные значения границ ЗЗП при использовании возможностей функционала встроенного модуля гидрологических расчетов. При моделировании сток воды распределяется с учетом высот поверхности в каждой точке ЦМР при условии его подъема до заданного уровня, учитывая при этом значения высот каждого пикселя, а также величину уклона поверхности.

Моделирование осуществлялось с учетом двух уровней подъема воды – средние (180 см) и максимальные значения (627 см) за все время наблюдений. Полученные зоны затопления показаны на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. Зона затопления реки Луга:

- а) по средним значениям уровня воды;
- б) по максимальным значениям уровня воды

Согласно действующему законодательству, определение границ ЗП предусматривается только на тех территориях, где подтопления вызваны высоким уровнем вод в поверхностном водном объекте и поднятием уровня грунтовых вод. Определение территорий с отрицательными формами рельефа, близким расположением к поверхности подземных водных объектов (водоносных горизонтов, бассейнов подземных вод, месторождений подземных вод) не предусматривается, то есть вероятно, что подтапливаемые грунтовыми водами земли оста-

ются без защиты на законодательном уровне.

В рамках работы реализовано моделирование ЗП на основе среднего уровня поднятия воды согласно данным гидропоста в г. Кингисепп, составившее 5 м. При этом участки, не прилегающие однородно к полученной границе ЗП, но очевидно указывающие на подверженность местности к подтоплению, также были включены в границы ЗП. С технической точки зрения при моделировании границ ЗП были использованы те же методы, что и на предыдущем этапе работы, но благодаря обработке с применением бинарной вычислительной модели были учтены дополнительные отдельно расположенные участки поверхности. Посредством инструментов операций с векторными слоями было также осуществлено разделение границ ЗП и ЗЗ.

Результат моделирования границ ЗП представлен на рис. 4.

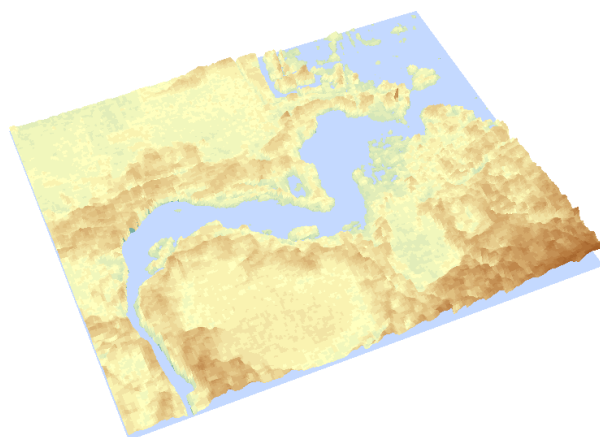


Рис. 4. Границы подтопления реки Луга

Результаты и обсуждение

В исследовании было реализовано два этапа моделирования геопространства в окрестностях реки Луга с целью изучения территории на предмет распространения затоплений, подтоплений при критических уровнях подъема поверхностных и грунтовых вод.

Для более наглядного анализа результатов моделирования ЗЗ полученные границы представлены на рис. 5, где красной залив-

кой отражены фактические ЗЗ, внесенные в ЕГРН, синим – расчетные.

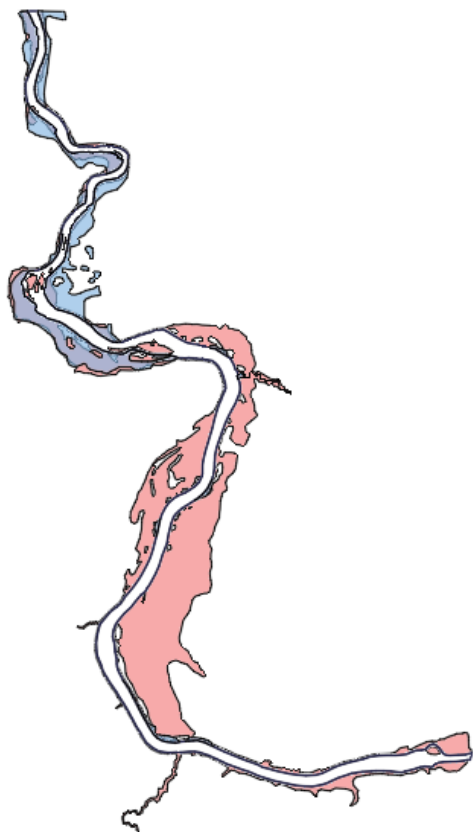


Рис. 5. Расчетная и внесенная в ЕГРН граница зоны затопления

Из рис. 5 видно, что полученные в результате моделирования расчетные границы ЗЗ явно отличаются от границ фактической ЗЗ в сторону уменьшения ширины зоны. Связано это может быть с недостатками применяемой для расчетов методики, а также точностью исходных данных. Согласно проведенному анализу практики установления границ ЗЗП в России и внесения сведений о них в ЕГРН, установлено, что данный вопрос был поднят в рамках утверждения программы устойчивого развития территорий, что потребовало от специалистов при отсутствии установленной методики моделирования геопространства ЗЗП, а также в условиях ограниченности исходных данных реализовать внесение сведений об их границах в ЕГРН, что могло повлечь за собой ряд методических и технических ошибок.

Та же тенденция наблюдается относительно границ ЗП – выявлена значительная разница в фактических и расчетных значениях границ, что очевидно из рис. 6.

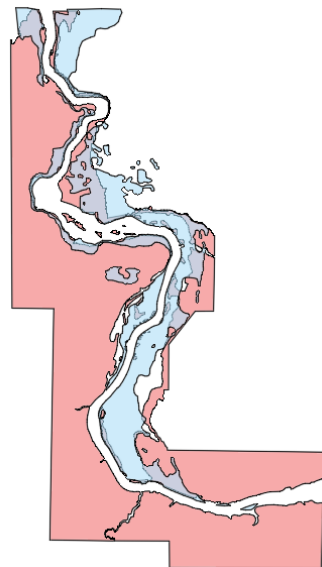


Рис. 6. Расчетная и внесенная в ЕГРН граница зоны подтопления

Обсуждение

Из представленных результатов моделирования ЗП видно, что расчетные границы абсолютно не совпадают с фактически установленными, при этом отклонения имеют разный характер на отдельных участках водного объекта – наблюдаются изменения как в большую, так и в меньшую сторону. Следует отметить, что в соответствии со сведениями, внесенными в ЕГРН, границы ЗП имеют неестественную форму, что, очевидно, не определяет истинные границы зон подтопления, в связи с чем возникает вопрос к использованной методике моделирования при их определении. Помимо этого, в результате сравнения также обнаружены участки, отнесенные специалистами к разным зонам, – данное решение могло возникнуть в силу резко ограничительного характера режима использования земель в границах ЗЗ, вследствие чего могли быть внесены корректировки в конфигурацию границ смежных ЗЗП.

В настоящее время проблемы, связанные с установлением ЗЗП, делятся на несколько групп:

1) проблемы нормативно-правового регулирования установления таких зон [7];

2) разработка методик расчета и определения границ ЗЗП [12, 19, 20, 24, 28];

3) оценка негативного влияния процессов затопления на прибрежные территории [10, 19];

4) оценка негативного влияния на привлекательность территории и ее стоимость [17–18].

Такой широкий спектр проблем обоснован комплексностью влияния ЗЗП на использование и освоение территорий, тем не менее, точность определения их границ имеет исключительную важность. Риск подверженности территорий распространению наводнений не только вносит ограничения на использования земель, тем самым понижая их стоимость и инвестиционную привлекательность [9, 16, 18], но и, в первую очередь, обеспечивает базу для инженерного обустройства таких территорий [10], которое способствует значительному снижению экономического ущерба, а также предотвращает разрушительное воздействие наводнений на плодородие почв, локальную флору и фауну, и главное – исключает риск катастрофических последствий для населения.

На основе приведенных аргументов о необходимости использования достоверного и объективного подхода к вопросу определения границ ЗЗП не остается сомнений в актуальности и насущности проблематики исследования.

Предложенный авторами подход позволяет рассчитывать границы ЗЗП, основываясь на комбинации данных ДЗЗ и многолетних наблюдений за уровнем воды в водотоке, что позволяет учесть фактическое состояние территории, а также осуществлять прогнозирование возможных рисков.

Выбранный способ моделирования является альтернативой другим методикам, предусматривающим определение расчетных гидрологических характеристик, не учитывая при этом глубину и скорость потока, а также продолжительность затопления, для которых используется гидродинамическое моделирование, требующее более высокого уровня компетентности специалиста в области гидрологии. Геометрическое картографирование участков местности можно считать объективным и до-

ступным инструментом геопространственного анализа для специалистов в области землеустройства и кадастров, в качестве основы геоинформационного моделирования исследуемых участков местности.

При этом также следует отметить, что используемые в работе данные, находящиеся в открытом доступе, позволяют лишь условно оценить исследуемый объект с точки зрения подверженности риску наводнений. Дело в том, что открытые данные могут не обеспечивать требуемой полноты и точности результатов, необходимой для моделирования точных границ ЗЗП, а лишь предоставляют основу для анализа характеристик местности, формируя предпосылки к проведению дальнейших исследований.

В качестве границ, которые потенциально могут быть использованы для внесения сведений о ЗЗ в ЕГРН, предусмотрено использование варианта моделирования при максимальном уровне подъема воды в усредненных значениях за все время. Такое решение обусловлено тем, что наличие обременения в виде ЗЗ в границах земельного участка накладывает ограничительные меры резко запретительного характера.

Заключение

Полученные в результате проведения исследования материалы еще раз подчеркивают актуальность проблемы моделирования геопространства ЗЗП и объективного определения их границ. Их практическую значимость можно выделить как с точки зрения обеспечения безопасности населения от разрушительных последствий наводнений и материального ущерба, наносимого имуществу граждан, так и рассмотреть в рамках комплексного развития территорий в вопросе их освоения.

В процессе освоения прибрежных территорий, в частности, в рамках их комплексного освоения для жилищного строительства при проектировании различных объектов инфраструктуры наличие ЗЗП может привести к существенным ограничениям, а, следовательно, к уменьшению привлекательности и проблемам в привлечении инвестиционных потоков.

Также введенные ограничения на использование земель в границах ЗЗП могут «обнулить» рекреационную привлекательность таких территорий, так как их запретительный характер и невозможность строительства поблизости крупных инфраструктурных единиц способны привести к кризисному состоянию среды в силу отсутствия финансирования какой-либо деятельности.

Тем не менее, важно отметить значимость регулирования использования земель в потенциально затопляемых зонах, потому что несоблюдение мер безопасности может привести к катастрофическим последствиям, несравнимым с экономическими потерями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://mnr.gov.ru/>.
2. Водный кодекс Российской Федерации : федер. закон № 74-ФЗ от 03.06.2006 (ред. от 01.05.2022).
3. Свод правил СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Ковязин В. Ф., Скачкова М. Е., Дьячкова И. С. Историко-культурная оценка урбанизированных территорий как часть кадастровой, землеустроительной и оценочной деятельности // Геодезия и картография. – 2020. – № 12. – С. 57–62. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-966-12-57-62.
5. Лепихина О. Ю., Демидова П. М., Колесник О. А., Ковязин В. Ф., Гурьева О. С., Басова Л. А. Оценка запаса древостоев на землях лесного фонда с учетом антропогенных рисков: программно-методическое обеспечение // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 9. – С. 185–197. DOI 10.18799/24131830/2022/9/3720.
6. О зонах затопления, подтопления [Электронный ресурс] : постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.2014 № 360. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Дубровский А. В., Скоринская Е. А., Батуев А. Р., Колмогоров В. Г., Пластинин Л. А., Татаренко В. И. Актуальные вопросы нормативно-правового и технологического обеспечения кадастровых работ по установлению границ зон затопления и подтопления для защиты объектов недвижимости от чрезвычайных ситуаций // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 156–168.
8. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Быкова Е. Н. Обременения в использовании как рычаг управления земельными ресурсами // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях. Материалы международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. – 2018. – С. 50–54.
10. Ковязин В. Ф., Лобанова Т. А., Киценко А. А. Инженерное обустройство земель города Ирбит Свердловской области от затопления // Астраханский вестник экологического образования. – 2022. – № 5 (71). – С. 61–71.
11. Скачкова М. Е., Гурьева О. С. Информационное обеспечение градостроительной деятельности в России // Геодезия и картография. – 2022. – № 8. – С. 45–55. DOI 10.22389/0016-7126-2022-986-8-45-55.
12. Пьянков С. В., Шихов А. Н. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений: монография // Пермский государственный национально-исследовательский университет. – Пермь. – 2017. – 148 с.
13. Anderson D. L., Ruggiero P., Mendez F. J., Barnard P. L., Erikson L. H., O'Neill A. C. Projecting climate dependent coastal flood risk with a hybrid statistical dynamical model // Earth's Future. – 2021. – № 9. – DOI 10.1029/2021EF002285.

14. Чупикова С. А., Прудников С. Г., Чульдун А. Ф. Морфометрический анализ водосбора реки Серлиг-Хем (Тува) с использованием ГИС и ДДЗ // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 2. – С. 76–88.
15. Балтыжакова Т. И., Шаповалова Д. О. Проблемы моделирования геопространства зон затопления, подтопления // Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью. Сборник статей V Национальной научно-практической конференции, Екатеринбург. – 2023. – С. 234–254.
16. Быкова Е. Н. Оценка негативных инфраструктурных экстерналий при определении стоимости земель. // Записки Горного института. – 2021. – Т. 247. – С. 154–170. DOI 10.31897/PMI.2021.1.16.
17. Шандроха А. Н., Боголюбова А. А. К вопросу актуальности использования сведений о границах зон затопления в кадастровой оценке земель населенных пунктов в Ленинградской области // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Материалы V Международной научно-практической конференции. Часть 1. – 2018. – С. 202–206.
18. Быкова Е. Н. Обоснование влияния зон с особыми условиями использования территорий на рыночную цену земельных участков // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – 2020. – С. 410–412.
19. Лозовая С. Ю., Лозовой Н. М., Смолярчук В. В., Трунова А. Э. Анализ затоплений урбанизированных территорий Белгородской области с использованием геоинформационных систем и технологий // Наука и образование сегодня. – 2017. – № 9 (20). – С. 63–67.
20. Нестерева А. С., Жданова Е. Н, Минина А. А. Прогнозирование зон затопления территории поймы реки Амга с использованием геоинформационных технологий // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 4 (35).
21. Расулова А. М. Оценка динамики поверхностных водных объектов на водосборе Ладожского озера по данным Global Surface Water // Геодезия и картография. – 2022. – № 7. – С. 39–48. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-985-7-39-48.
22. Кравцова В. И., Вахнина О. В. Исследование динамики дельты Енисея по разновременным космическим снимкам // Геодезия и картография. – 2020. – № 1. – С. 34–47. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-955-1-34-47.
23. Bremard T. Monitoring Land Subsidence: The Challenges of Producing Knowledge and Groundwater Management Indicators in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand // Sustainability. – 2022. – Vol. 14. – № 17. – P. 10593. – DOI 10.3390/su141710593.
24. Brunner M. I., Melsen L. A., Wood A. W., Rakovec O., Mizukami N., Knoben W. J. M., Clark M. P. Flood spatial coherence, triggers, and performance in hydrological simulations: Large-sample evaluation of four streamflow-calibrated models // Hydrology and Earth System Sciences. – 2021. – № 25. – P. 105–119. – DOI 10.5194/hess-25-105-2021.
25. Brunner M. I., Slater L. J. Extreme floods in Europe: Going beyond observations using reforecast ensemble pooling. Hydrology and Earth System Sciences// Hydrology and Earth System Sciences. – 2022. – № 26. – P. 469–482. – DOI 10.5194/hess-26-469-2022.
26. Филиппов Д. В., Чурсин, И. Н. Орлянкин В. Н., Бубер И. А. Методика составления цифровых карт глубин затопления дорожно-транспортных сетей паводковыми водными потоками // Заметки ученого. – 2016. – № 9 (15). – С. 78–84.
27. Фролова Н. Л., Киреева М. Б., Харламов М. А., Самсонов Т. Е., Энтин А. Л., Лурье И. К. Картографирование современного состояния и трансформации водного режима рек Европейской территории России // Геодезия и картография. – 2020. – № 7. – С. 14–26. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-961-7-14-26.
28. Брускова А. С., Левитская Т. И., Хайдукова Д. М., Прогнозирование паводковой ситуации с использованием космических снимков в городе Тавде Свердловской области // Геодезия и картография. – 2018. – № 4. – С. 46–52. – DOI: 10.22389/0016-7126-2018-934-4-46-52.
29. USGS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.usgs.gov>.

Об авторах

Татьяна Игоревна Балтыжакова – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастра.

Дарья Олеговна Шаповалова – инженер отдела градостроительного проектирования.

Михаил Георгиевич Выстрчил – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры маркшейдерского дела.

Получено 15.11.2023

© Т. И. Балтыжакова, Д. О. Шаповалова, М. Г. Выстрчил, 2024

Geospatial modeling of flooding and minor flooding zones of the Luga river

T. I. Baltyzhakova¹, D. O. Shapovalova², M. G. Vystrchil¹

¹ Empress Catherine II Saint Petersburg Mining university, Saint Petersburg, Russian Federation

² LLC “Geoservice”, Saint Petersburg, Russian Federation

* e-mail: Baltyzhakova_TI@pers.spmi.ru

Abstract. The article considers the issue of determining and establishing the boundaries of flooding and minor flooding zones. Since flooding and minor flooding zones are the zones with special conditions for the use of territories, their presence imposes significant restrictions on the conduct of economic activities in such territories, which can negatively affect the development of land and the economic attractiveness of the area. As part of the work, an analysis was carried out of the regulatory documentation regulating the definition of the flooding and minor flooding zones boundaries, as well as their legal status. Based on the analysis of domestic and foreign research, various approaches to modeling the flooding and minor flooding zones geospaces were considered. The authors modeled flooding zones and minor flooding zones for the Luga River in the Kingisepp district.

Keywords: flooding and minor flooding zone, geospatial modeling, territory management, monitoring, forecasting

REFERENCE

1. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. Retrieved from <https://mnr.gov.ru/>.
2. Federal Law No. 74 of June 3, 2006. *Water Code of the Russian Federation*. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
3. Standarts Russian Federation. (2016). *Inzhenernaya zashhita territorii ot zatopleniya i podtopleniya [(SP 104.13330.2016 Engineering protection of the territory from flooding and waterlogging)]* [In Russian].
4. Kovyazin, V. F. , Skachkova, M. E., & D'yachkova, I. S. (2020) Historical and cultural assessment of urbanized territories as the part of cadastral, land management and other economic activities. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 81(12), 57–62. DOI 10.22389/0016-7126-2020-966-12-57-62. [In Russian].
5. Lepikhina, O. Yu., Demidova, P. M., Kolesnik, O. A., Kovyazin, V. F., Gurieva, O. S., & Bасова, L. A. (2022). Evaluation of stand stock on forest lands taking into account anthropogenic risks: software and methodological support. *Vestnik Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Proyektirovaniye geoaktivov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering]*, Vol. 333, No 9. 185–197. DOI 10.18799/24131830/2022/9/3720 [In Russian].
6. Resolution of the Government of the Russian Federation No 360 of April 18, 2014. On flooding, sub-flood zones. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

7. Dubrovsky, A. V., Skorinskaya, E. A., Batuev, A. R., Kolmogorov, V. G., Plastinin, L. A., & Tatarenko, V. I. (2021). Relevant issues of legal and regulatory and technological support of cadastral works for determining flooding and underflooding zone boundaries for the protection of real estate objects in emergencies. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 5 (26), 156–168. [In Russian].
8. Federal Law No. 136 of October 25, 2001. Land Code of the Russian Federation. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].
9. Bykova, E. N. (2018). Encumbrances in use as a lever of land resources management. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii fakul'teta zemleustroystva i kadastra VGAU: Kadastrvoye i ekologo-landshaftnoye obespecheniye zemleustroystva v sovremennykh usloviyakh. [Proceedings of the international scientific-practical conference of the Faculty of Land Management and Cadastres of VGAU: Cadastral and ecological-landscape support of land management in modern conditions]* (pp. 50–54). Voronezh [In Russian].
10. Kovyazin, V. F., Lobanova, T. A., Kitsenko, A. A. (2022). Engineering arrangement of lands of Irbit city of Sverdlovsk region from flooding. *Astrakhan' Vestnik ekologicheskogo obrazovaniya [Astrakhan Vestnik of environmental education]*, No 5 (71), 61–71 [In Russian].
11. Skachkova, M. E. (2022). Information support of urban planning activities in Russia. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 83(8), 45–55. DOI 10.22389/0016-7126-2022-986-8-45-55 [In Russian].
12. Pyankov, S. V., & Shikhov, A. N. (2017) *Geoinformacionnoe obespechenie modelirovaniya gidrologicheskix processov i yavlenij [Geoinformation support for modeling of hydrological processes and phenomena]*. Perm: Perm State National Research University, p. 148. [In Russian].
13. Anderson, D. L., Ruggiero, P., Mendez, F. J., Barnard, P. L., Erikson, L. H., & O'Neill, A. C. (2021) Projecting climate dependent coastal flood risk with a hybrid statistical dynamical model. *Earth's Future*, No 9. DOI 10.1029/2021EF002285.
14. Chupikova, S. A., Prudnikov, S. G., & Chuldum, A. F. (2023). Morphometric analysis of the watershed of the Serlig-Khem River (Tuva) using GIS and remote sensing data. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2 (28), 76–88. [In Russian].
15. Baltyzhakova, T. I., & Shapovalova, D. O. (2023). Problems of modelling the geospace of flooding, waterlogging zones. *Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Aktual'nyye voprosy zemlepol'zovaniya i upravleniya nedvizhimost'yu [Proceedings of the V National Scientific and Practical Conference: Topical issues of land use and real estate management]* (pp. 234–254). Ekaterinburg [In Russian].
16. Bykova, E. N. (2021). Assessment of negative infrastructural externalities when determining the land value. *Zhurnal Gornogo instituta [Journal of Mining Institute]*, Vol. 247, 154–170. DOI 10.31897/PMI.2021.1.16 [In Russian].
17. Shandroha, A. N., & Bogolyubova, A. A. (2018). To the issue of relevance of using information about the boundaries of flood zones in the cadastral assessment of lands of settlements in the Leningrad region. *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Regional'nyye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustroystva i kadastr'ov v nachale III tysyacheletiya. Chast' I [Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference: Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastres at the beginning of the III millennium. Part 1]* (pp. 202–206). [In Russian].
18. Bykova, E. N. (2020). Justification of the influence of zones with special conditions of use of territories on the market price of land plots. *Materialy XXIV Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 75-letiyu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne: Problemy geologii i nedropol'zovaniya [Proceedings of the XXIV International Symposium named after Academician M.A. Usov students and young scientists, dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War: Problems of geology and subsoil development]* (pp. 410–412). [In Russian].

19. Lozovaya, S. Yu., Lozovoy, N. M., Smolyarchuk, V. V., & Trunova, A. E. (2017). Analysis of flooding of urbanized areas of Belgorod region using geoinformation systems and technologies. *Nauka i obrazovaniye segodnya [Science and Education Today]*, No 9 (20), 63–67. [In Russian].
20. Nestereva, A. S., Zhdanova, E. N., & Minina, A. A. (2021). Forecasting of flooding zones of the Amga River floodplain territory using geoinformation technologies. *Modelirovaniye, optimizatsiya i informatsionnyye tekhnologii [Modeling, optimization and information technologies]*, Vol. 9, No 4(35). [In Russian].
21. Rasulova, A. M. (2022). Estimation of surface water bodies dynamics in Lake Ladoga catchment area according to the project Global Surface Water. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 7, 39–48. DOI 10.22389/0016-7126-2022-985-7-39-48 [In Russian].
22. Kravtsova, V. I., & Vakhnina, O. V. (2020). Investigations of the Yenisei River delta dynamics in multi-temporal satellite images. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 1, 34–47. DOI 10.22389/0016-7126-2020-955-1-34-47 [In Russian].
23. Bremard, T. (2022) Monitoring Land Subsidence: The Challenges of Producing Knowledge and Groundwater Management Indicators in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Sustainability*, Vol. 14, No 17, 10593. DOI 10.3390/su141710593.
24. Brunner, M. I., Melsen, L. A., Wood, A. W., Rakovec, O., Mizukami, N., Knoben, W. J. M., & Clark M. P. (2021). Flood spatial coherence, triggers, and performance in hydrological simulations: Large-sample evaluation of four streamflow-calibrated models. *Gidrologiya i nauki o sisteme Zemli [Hydrology and Earth System Sciences]*, No 25, 105–119. DOI 10.5194/hess-25-105-2021.
25. Brunner, M. I., Slater, L. J. (2022). Extreme floods in Europe: Going beyond observations using reforecast ensemble pooling. *Gidrologiya i nauki o sisteme Zemli [Hydrology and Earth System Sciences]*, No 26, 469–482. DOI 10.5194/hess-26-469-2022.
26. Filippov, D. V., Chursin, I. N., Orlyankin, V. N., & Buber, I. A. (2016). Methodology for compiling digital depth maps of flooding of road-transport networks by flood water flows. *Zapiski uchenogo [Notes of a scientist]*, No 9 (15), 78–84 [In Russian].
27. Frolova, N. L., Kireeva, M. B., Kharlamov, M. A., Samsonov, T. E., Entin, A. L., & Lurie, I. K. (2020). Mapping the current state and transformation of the water regime of rivers in the European territory of Russia. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, No 1, 14-26. DOI 10.22389/0016-7126-2020-961-7-14-26 [In Russian].
28. Brusikova, A. S., Levitskaya, T. I., & Haydukova, D. M. (2018). Forecasting the flood situation using space images in the city of Tavda Sverdlovsk region. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, No 4, 46–52. DOI 10.22389/0016-7126-2018-934-4-46-52 [In Russian].
29. USGS Retrieved from <https://www.usgs.gov>.

Author details

Tatiana I. Baltyzhakova – Ph. D., Associate Professor, Department of Land management and Cadastre.

Daria O. Shapovalova – engineer, City planning department.

Mikhail G. Vystrchil – Ph. D., Associate Professor, Department of Mining Engineering.

Received 14.11.2023

© T. I. Baltyzhakova, D. O. Shapovalova, M. G. Vystrchil, 2024