

УДК 528.92

Картографическая оценка природного риска от наводнений в бассейне оз. Байкал

© ¹Бешенцев А. Н., ²Борисова Т. А., 2013

ФГБУН «Байкальский институт природопользования» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ

¹abesh@binm.bsnet.ru²tabor@binm.bsnet.ru

Представлена ГИС картографического мониторинга наводнений и разработана методика картографирования наводнений на основе бассейнового подхода. Предложен геоинформационный механизм оценки природных рисков от наводнений и выполнено ранжирование территории по степени вероятного ущерба от наводнений в бассейне оз. Байкал.

ГИС, картографическая оценка, наводнения, природный риск.

GIS, cartographic estimate, flooding, natural risk,

Введение

При обеспечении безопасности жизнедеятельности общества важное значение имеет процедура картографирования опасных природных процессов. Она предполагает решение ряда научных задач: пространственно-временная регистрация опасностей; моделирование механизма их развития; анализ уязвимости хозяйственной инфраструктуры; определение экономического ущерба чрезвычайных ситуаций; оценка экологического риска. Наиболее основной частью бассейна оз. Байкал является трансграничный российско-монгольский бассейн р. Селенга, где расположены стратегические промышленные предприятия и уникальные месторождения минерального сырья. Большинство населенных пунктов региона, а также значительные площади сельскохозяйственных земель расположены в долинах рек и поэтому периодически подвергаются затоплениям. Международный статус территории определяет необходимость поиска обоснованных межгосударственных управленческих решений по предупреждению, снижению последствий, прогнозированию и оценке риска от наводнений. Таким образом, создание надежного картографического аппарата, позволяющего хранить и обрабатывать большие массивы пространственных данных, анализировать их и получать новую информацию о наводнениях, отвечать на запросы и оперативно выдавать информацию в требуемой форме является актуальной задачей.

Картографирование наводнений

Специфика современного мониторинга наводнений заключается в том, что пространственно-временная оценка осуществляется посредством картографического отслеживания их метрических параметров и топологических отношений с объектами жизнедеятельности в информационной среде. Регистрация границ и площадей затопления производится в геоинформационном поле на основе грамматического строя языка карты и основывается на принципах математической формализации, знаковой символизации, генерализации и системного подхода к отображаемым объектам и процессам.

В целях организации непрерывного наблюдения наводнений в бассейне р. Селенга и оценки экологического риска в Байкальском институте природопользования Сибирского отделения Российской академии наук разработана и внедрена ГИС картографического мониторинга наводнений на базе пакета ArcGIS, состоящая из трех открытых подсистем. Основу *информационной подсистемы* составляют разновременные цифровые топографические и тематические карты, космо- и аэроснимки, статистические и литературные данные, а также система классификации и кодирования разновременной пространственной информации. *Аналитическую подсистему* представляют методика геоинформационного картографирования, система алгоритмов и математические модели

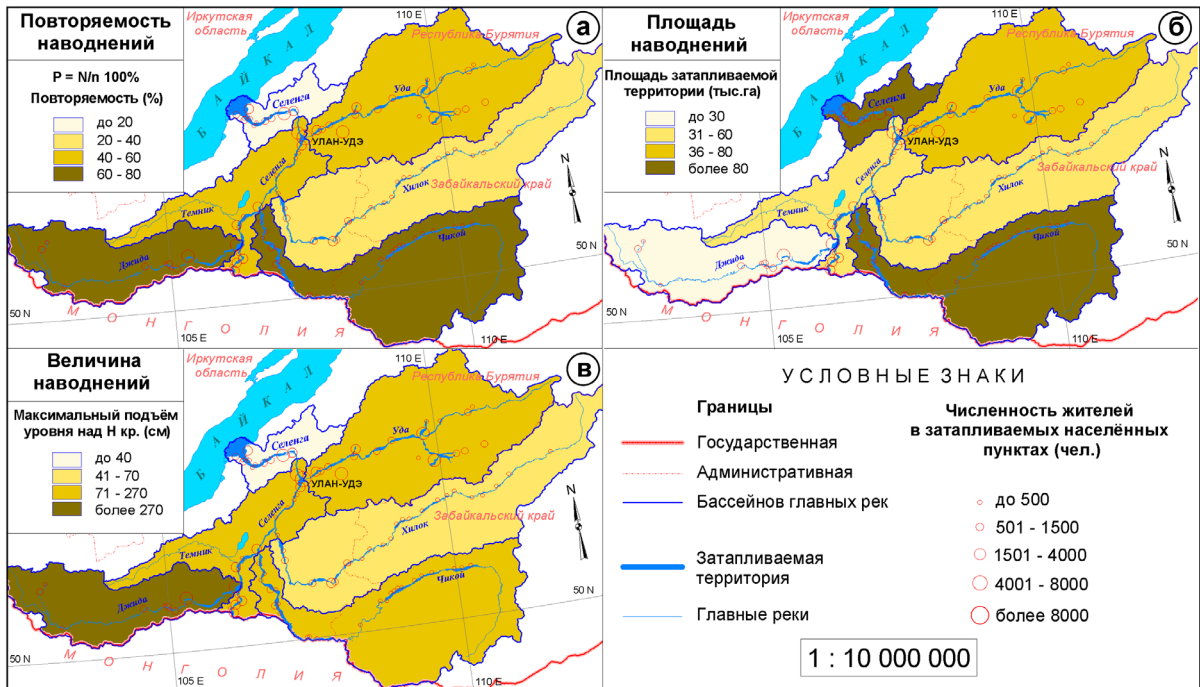


Рис. 1. Основные параметры наводнений в границах бассейнов рек

обработки и анализа пространственных данных программы ArcGIS. *Технологическая подсистема* состоит из технических и программных средств, необходимых для компьютерной оценки метрических параметров наводнений, а также средств ввода, составления и малотиражного издания карт.

При картографической оценке наводнений важной задачей является создание производных материалов на основе базовых пространственных данных, отображающих физико-географические особенности развития опасности. Плановой базой картографической оценки наводнений является топографическая основа масштаба 1:100 000; высотной основой – цифровая модель рельефа (GRID-поверхность); исходными данными для формирования цифровой модели рельефа (ЦМР) – векторные изолинии рельефа и отметки высот и глубин топоосновы масштаба 1:50 000. В результате проецирования сцены космических снимков Landsat на поверхность GRID создана цифровая модель местности, которая имеет высокую метрическую точность и обладает необходимой обзорностью и наглядностью для принятия обоснованных территориальных решений.

Для регистрации наводнений на исследуемой территории выделены бассейны главных рек. В основе такого подхода лежит понимание речного бассейна как целостной

геосистемы с иерархическими горизонтальными и вертикальными связями, формирование и функционирование которой обусловлено геологическими, гидрологическими, климатическими и другими факторами развития речной сети в единых орографических границах. Основными показателями опасности территории от наводнений являются: повторяемость наводнений, их величина и площадь распространения. Показатель частоты проявления или *повторяемость* (случаев в год) определен как отношение числа лет с наводнениями к числу лет рассматриваемого периода (рис. 1, а). Вероятная граница *площади затопления* рассчитывается на основе показателя величины наводнений по топографической основе и разновременным космическим снимкам (см. рис. 1, б). Показатель *величины наводнений* индивидуален для каждой реки и определяется гидрологическими условиями и морфологией долины (см. рис. 1, в). Он рассчитан как разница максимального подъема уровня воды над критическим уровнем выхода воды на пойму [1].

В результате геоинформационного картографирования создаются цифровые модели наводнений различной повторяемости в виде совокупности векторных слоев и таблиц атрибутов. Физико-географические характеристики экологических изменений определяются на основе картографичес-

кой оценки планово-высотной динамики затопления населенных пунктов, сельхозугодий и хозяйственной инфраструктуры. Долговременный картографический мониторинг наводнений позволяет исследовать механизм их пространственно-временного развития, выявить вероятность возникновения и выполнить прогнозное моделирование их физических и социальных последствий.

Картографирование природного риска от наводнений

Под *природным риском* территории понимается состояние участка земной поверхности в условиях вероятности события изменения экологических факторов, представляющего угрозу человеческой жизни, экологическим ресурсам и природно-антропогенным системам. Определение степени риска производится на основе анализа опасности и уязвимости территории, которые являются равноценными и независимыми компонентами оценки риска. Под *картографической оценкой природного риска* понимается пространственная регистрация пораженности территории и находящихся на ней объектов жизнедеятельности в результате возникновения наводнения (от гибели и потери здоровья людей, потери собственности, нарушения хозяйственной деятельности). Картографирование риска осуществляется на основе рабочих

покрытий, сформированных совмещением тематических цифровых слоев: уязвимость антропогенная (населенные пункты, пути сообщения, хозяйственная инфраструктура); уязвимость природная (ландшафты, почвы, растительность, гидрография, рельеф). Базовым для оценки является полигональный слой зоны затопления, в границах которого осуществляются все оверлейные и расчетные операции.

Для картографической оценки риска от наводнений использовался вероятностно-площадной подход, основанный на показателях опасности с методическими приемами расчетов показателей рисков [2, 3]. Исследование проведено посредством формализации и анализа фондовых материалов многолетних (1936–2008 гг.) наблюдений за уровнями воды по 17 гидрологическим постам. Показатель *удельный физический риск* используется при сравнительной оценке и характеризует удельные потери с единицы площади в пределах оцениваемой территории за единицу времени и рассчитывается по формуле: $R(sf) = P(H) \cdot V(H)$, где $P(H)$ – частота возникновения опасности; $V(H)$ – уязвимость территории, определяемая по формуле: $V(H) = S(H) \div S(T)$, где $S(H)$ – площадь поражения опасностью; $S(T)$ – общая площадь оцениваемой территории. Этот показатель важен для расчетов вероятных ущербов от наводнений (эконо-

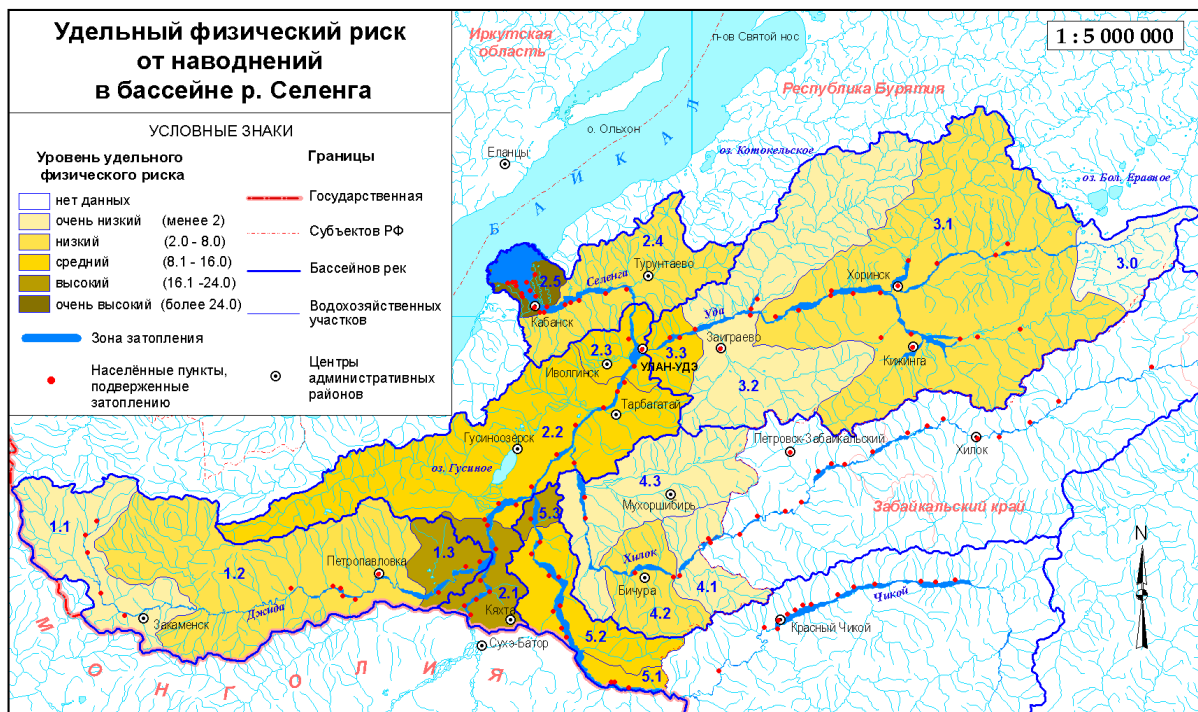


Рис. 2. Удельный физический риск от наводнений

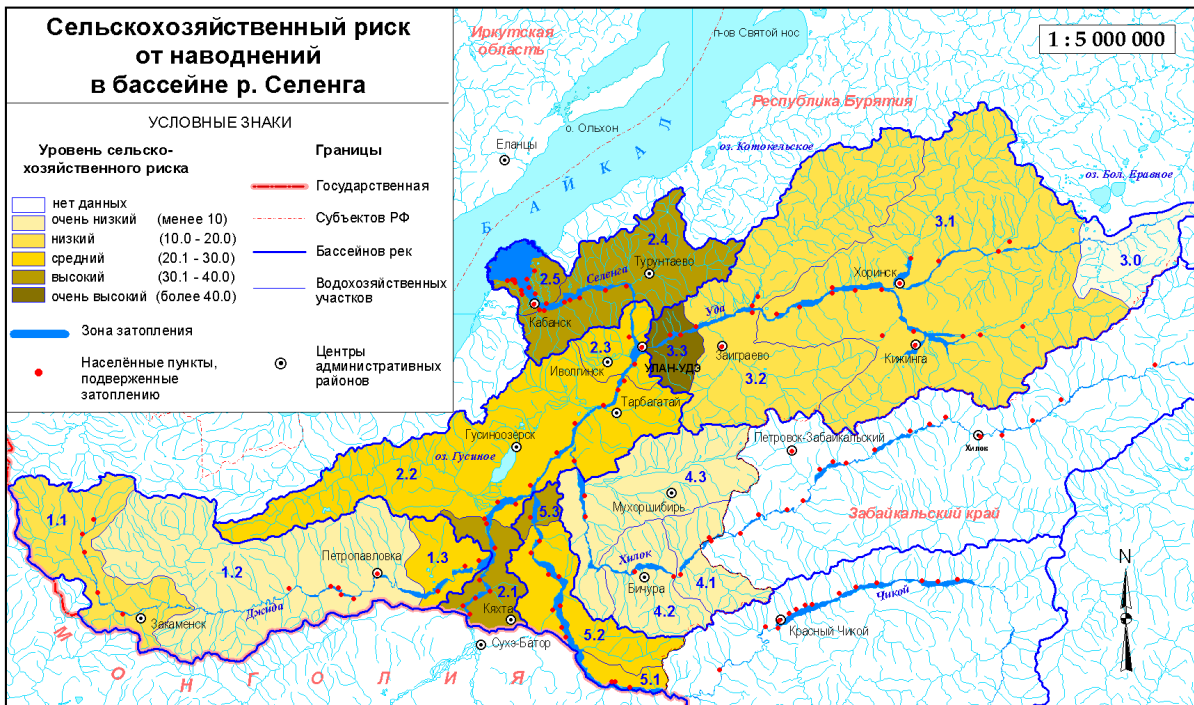


Рис. 3. Сельскохозяйственный риск от наводнений

мический риск). Полученные результаты показывают, что в целом по бассейну значительные прямые потери от наводнений несет сельское хозяйство, поскольку большинство пастбищ и сенокосов расположено в поймах рек. По результатам расчетов ежегодные потери сельскохозяйственных земель составляют 35,9 тыс. га.

На основании полученных показателей проведено ранжирование территории по уровням физического риска (рис. 2) и сельскохозяйственного риска (рис. 3).

Результаты ранжирования территории показывают, что повышенный уровень сельскохозяйственного риска характерен для центральной и южной частей бассейна. Это наиболее освоенные земли, имеющие высокие показатели опасности наводнений.

Важным условием автоматизированной системы является возможность интерактивной работы с многослойным рабочим покрытием и большим числом тематических слоев. Такое взаимодействие осуществляется посредством *геоинформационных запросов* к хранящимся данным. Рабочее покрытие ГИС создается в результате картографирования отдельных компонентов окружающей среды и последующего совмещения тематических слоев. Например, на запрос «Оценить сельскохозяйственный риск в Заиграевском районе от наводнения на р. Уда» первым шагом реализации запро-

са является выбор объектов (сельхозугодья) и пространственных критериев моделирования (административный район и зона затопления) (рис. 4). Затем устанавливаются топологические отношения между этими слоями и выполняется автоматизированная метрическая оценка образовавшихся полигонов. В результате этих операций создается новый слой, регистрирующий пространственное и количественное состояние моделируемого явления (пораженность сельхозугодий). Затем выполняются агрегирование атрибутов явления и метрическая и качественно-количественная оценка возможного ущерба от наводнения.

Картографическая модель отображает пространственную характеристику явления и позволяет выполнить плановую оценку негативной динамики. Цифровая модель рельефа позволяет выполнить высотную оценку возможного проявления наводнения. Графическая модель представляет количественную характеристику пораженных сельхозугодий в целом и по каждому объекту землепользования. Математическая модель представляет собой реляционную базу данных, содержащую метрические параметры (с точностью до 1 м) всех образовавшихся полигонов объектов и процесса.

Таким образом, созданная ГИС картографического мониторинга наводнений представляет собой современный автома-

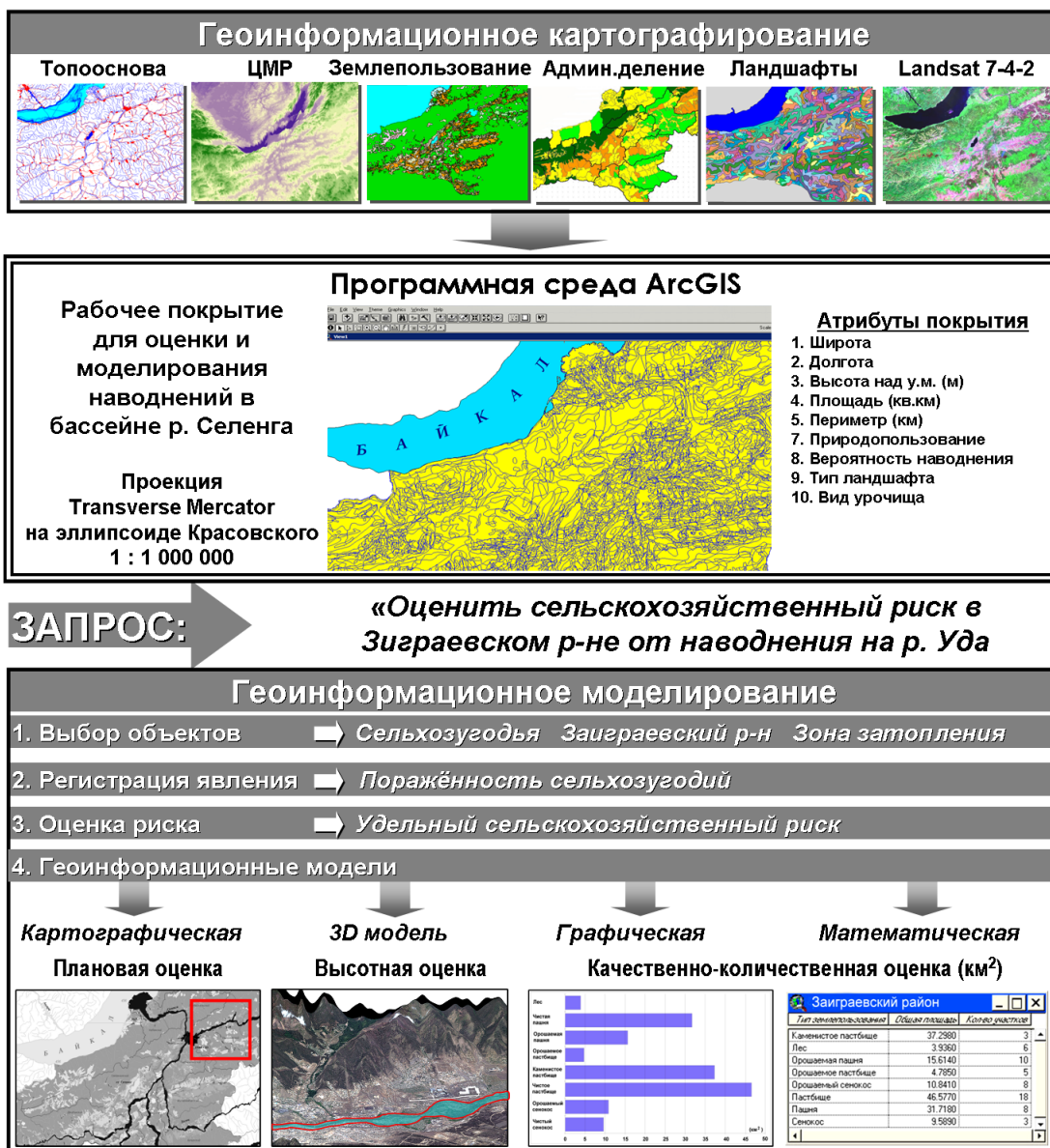


Рис. 4. Технологическая схема интерактивной работы с ГИС

тизированный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку и анализ пространственно координируемой информации. Она открыта для всех видов геоданных, технологически проста и управляема, что предполагает возможность оперативного создания инвентаризационных и оценочных карт природных рисков. Система обеспечивает возможность как интерактивной работы пользователя в режиме запросов, так и малотиражную печать карт. Технологическая реализация ГИС позволяет надежно регистрировать пространственно-временную повторяемость наводнений, прогнозировать возможную активизацию их развития, количественно оценивать материальный и социальный ущерб, а также формулировать рекомендации для органов территориального управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова Т. А. Теоретико-методические подходы исследования природно-антропогенных рисков на Байкальской природной территории // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С. 40–45.
2. Кичигина Н. В. Короткий Л. М. Районирование Восточной Сибири по опасности наводнений // География и природные ресурсы. – 1997. – № 3. – С. 50–60.
3. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А. Л. Рогозина. – М.: Изд-во «КРУК», 2003. – 320 с.

Summary

The article presents the GIS of cartographic monitoring flood and methodic of mapping of flood based on a river basin approach. Proposed a mechanism for cartographic estimate of natural risks from floods and holds ranking territory of the likelihood of damage from flooding in the basin of Lake Baikal.