

УДК 528.9: 556.166

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РИСКОВ ОТ НАВОДНЕНИЙ  
НА РЕКАХ БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ****Борисова Т.А.***ФГБУН «Байкальский институт природопользования» СО РАН,  
Улан-Удэ, e-mail: tabor@binm.bscnet.ru*

В статье представлена процедура геоинформационного картографирования природных рисков на примере наводнений на реках бассейна оз. Байкал. В основу содержания карты положены результаты оценочных операций расчетов рисков для территории и населения. Методика оценки заключается в вероятностно-площадном подходе по показателям опасности. Повторяемость и величина наводнений определены на основании многолетних данных по 39 гидрологическим постам уровня режима в динамике с 1936 г. Определение площадей затоплений по цифровой модели местности высокой метрической точности с помощью ГИС технологий в программной среде Arc GIS. Оценка риска – ожидаемых потерь при возникновении опасности на освоенной территории рассчитана через параметр уязвимости, что позволило определить физические показатели рисков, а их удельные значения использованы при картографировании и выявлении уровня рисков. В результате создан ряд вспомогательных частных карт пораженности земель разных категорий и населения (индивидуальный риск) при нескольких сценариях прохождения наводнений. Обобщенный анализ и сравнение частных карт позволили разработать карту интегрального риска от наводнений на реках бассейна оз. Байкал. Карта риска представляет наглядную картину возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в регионе и является основанием для необходимости проведения комплекса различных мероприятий по снижению рисков от наводнений и разработки научно обоснованных рекомендаций по планированию территории бассейна оз. Байкал.

**Ключевые слова:** картографирование, природные риски, наводнения, показатели опасности, пораженность территории и населения, карта интегрального риска

**MAPPING OF NATURAL RISKS OF FLOODING  
ON THE RIVERS OF THE BAIKAL LAKE BASIN****Borisova T.A.***Baikal Institute of Nature Management (BINM SB RAS), Ulan-Ude, e-mail: tabor@binm.bscnet.ru*

The paper presents the procedure of mapping of the natural risks using geoinformational mechanism, on the case of flooding on the rivers of the Baikal Lake basin. The map is based on the results of assessment operations of risks calculations for the territory and the population. Assessment method consists in the probabilistic areal approach based on risk indicators. The repetition frequency and the magnitude of floods are defined on the basis of long-term data from the 39 hydrological stations of the level regime in the dynamics since 1936. The flooded areas were determined on the digital terrain model of high metric accuracy using GIS technology in the Arc GIS software environment. Risk assessment, an assessment of expected losses in case of danger on the developed area is calculated through the parameter of vulnerability. It allowed to determine the physical risk indicators and their specific values were used for mapping and identification of the level of risk. It resulted in creation of series of auxiliary maps of the prevalence of different categories of lands and population (individual risk) for several scenarios of flooding. A generalized analysis and comparison of private maps allowed us to develop an integrated flood risk map on the rivers of the Baikal Lake basin. The risk map is a clear picture of possible emergencies in the region and is the rationale for the need for a set of different measures to reduce the risks of flooding and develop evidence-based recommendations for the land use planning of the Baikal Lake basin.

**Keywords:** mapping, hazard assessment, floods, hazard index, prevalence of the territory and population, integral risk map

Одним из основных направлений географического подхода анализа-оценки природных и природно-антропогенных рисков является их визуализация как универсального инструмента не только наглядного отображения и пространственного измерения опасных процессов и явлений, но и выявленного уровня негативного воздействия на человека и среду его обитания. Картографирование рисков непременно должно быть основано на главных принципах географии – антропоцентрического подхода и оценочности. По методической процедуре оно представляет собой сквозной про-

цесс создания ряда информационных, оценочных промежуточных и итоговых карт различной направленности и содержания. Инвентаризационное картографирование базируется на составлении и интерпретации ряда тематических карт природы, населения и хозяйства. Аналитическое – заключается в разработке серии оценочных карт опасности и частных рисков на основе рассчитанных показателей и географических данных инвентаризационных карт. Синтетическое – представляет собой синтез аналитических карт и дает целостную интегральную оценку риска.

Современным механизмом, позволяющим организовать действия по регистрации геоданных об опасных природных процессах, их однозначной локализации и созданию геоинформационных моделей в один управляемый процесс, является геоинформационная технология. Также она обеспечивает автоматизированную оценку всех метрических и содержательных аспектов развития опасных природных процессов [6, 3, 4].

Объектом для исследования и картографирования рисков от наводнений определены главные реки бассейна оз. Байкал. Самая большая из них – Селенга, протекающая по территории России и Монголии, площадь водосбора 447 тыс. км<sup>2</sup>. В ее бассейн входят реки Орхон, Эгийн-Гол, Чикой, Хилок, Уда, Джида, Темник. Значительными водотоками Среднего и Северного Байкала являются Баргузин и Верхняя Ангара.

Повышения уровней и расходов воды в реках отмечаются во время весенних половодий и летних дождевых паводков. Вскрытие нередко сопровождается заторными явлениями, ведущими к резким кратковременным подъемам воды. Анализ повторяемости по генезису их формирования свидетельствует о преобладании на реках Южного и Среднего Байкала паводковых наводнений (61–90%) и незначительно – половодно-паводковых. На Северных реках чаще отмечаются половодно-паводковые наводнения (42–90%). На локальных участках рек зажимов, сужений русел природного и антропогенного характера возможны заторные наводнения и крайне редко незначительные загорные [1, 6, 8].

Исходной информацией послужили многолетние данные по 39 гидрологическим постам уровня режима и максимальных расходов в динамике с 1936 г., интенсивности подъема и спада воды, продолжительности стояния высоких отметок, общих сведений и фактов о наводнениях из материалов МЧС, Бурятского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Гидрометеоцентра Монголии, статистических сборников и литературных источников. Также использованы справочные и современные картографические материалы по населению, размещению промышленных транспортных и бытовых объектов.

Картографической базой являлась векторная топооснова масштаба 1:100000, высотной основой – цифровая модель рельефа (ЦМР), исходными данными, для формирования которой послужили векторные изолинии рельефа и отметки высот и глубин мас-

штаба 1:50000. При проецировании сцены космических снимков высокого разрешения на ЦМР создана цифровая модель местности высокой метрической точности [3, 4].

В основу содержания карты положены обобщенные результаты оценочных операций и расчетов рисков для населения и хозяйства. Непосредственно сама методика оценки заключается в определении ожидаемых потерь при возникновении опасности на освоенной территории и состоит из взаимосвязанных последовательных поэтапных шагов. Для объективности информации, необходимой при картографировании, в работе применяется вероятностно-площадной подход, основанный на показателях опасности. Классификационными показателями опасности являются повторяемость, которая рассчитывается как отношение числа лет с наводнениями к числу лет в рассматриваемый период; величина (глубина затопления) – как разница подъема уровня воды над уровнем критическим с учетом продолжительности стояния опасных уровней и площади затоплений. Расчеты показателей рисков базируются на методических приемах через параметр уязвимости, определение которого позволяет определить физические показатели рисков и их удельные значения [7, 6]. При картографировании в сравнительной оценке и выявлении уровня применяются удельные данные.

Карты рисков, выполненные таким образом, в сравнение с балльными оценками достаточно точны, обладают высокой достоверностью и представляют не только научный, но и большой практический интерес. Апробация методики проведена в бассейне р. Селенга в пределах российской части, в дальнейшем включена монгольская часть. Последние исследования выполнены на реках Среднего и Северного Байкала.

На начальном этапе регистрации наводнений выделены бассейны главных рек, гидрологические посты, наполнена атрибутивная база первичных гидрологических данных, что позволило определить повторяемость и величину наводнений. Учитывая орографические особенности, различия гидрографических характеристик строения долины, русла, развитости поймы исследуемых рек, их бассейны разделены на участки с характерными показателями опасности. Выявление вероятных границ затопления осуществлено на основе рассчитанного показателя величины наводнений по крупномасштабной топографической основе и цифровой модели местности высокой

метрической точности. Определение площадей с помощью ГИС технологий в программной среде Arc GIS. Совмещение слоя зон затопления с картами современного использования земель, сельскохозяйственной, населения и функциональных типов поселений дало возможность выделить площади земель разных категорий.

Анализ показателей опасности показывает, что на реках бассейна оз. Байкал небольшие наводнения регистрируются с повторяемостью 0,6–0,8 и лишь на отдельных участках – верховья рек Селенга, Чикой, Джиды, Верхняя Ангара, Баргузин показатель может достигать 0,9. При средних-больших наводнениях повторяемость составляет 0,08–0,4. Затоплению подвергаются преимущественно сельскохозяйственные земли, частично отдельные объекты и населенные пункты. Выдающиеся (катастрофические) наводнения – это исключительно высокие и широкомасштабные, которые охватывают практически весь речной бассейн и парализуют всю хозяйственную деятельность. Случаются они относительно редко с частотой 0,03–0,08, причем чаще в бассейне р. Селенга. В зону поражения попадает большая часть поймы с сельскохозяйственными, промышленными, транспортными землями и землями поселений.

По показателю величины наводнений их максимальные значения наиболее харак-

терны для периода летних паводков, где глубина слоя воды на пойме может достигать 3 и более метров. Исключительные подъемы зарегистрированы в бассейне р. Селенга ее российской части. В районе с. Новоселенгинск глубина затопления достигала в 1971 г. 419 см и с. Хамней на р. Джиды – 437 см.

Затоплению подвергаются преимущественно земли сельскохозяйственного назначения, земли населенных пунктов, а также промышленности (мосты, дороги, линии связи и электропередач) и незначительно земли запаса и лесного фонда. Так, на р. Селенга при наиболее высоких наводнениях общая площадь возможного поражения составляет 3,4% территории бассейна и 9,5% площади сельхозугодий, р. Баргузин – 5,3% и р. Верхняя Ангара 3,5%. Для примера на рис. 1 представлено ранжирование территории по показателям опасности наводнений на р. Баргузин и р. Верхняя Ангара [1, 9].

В результате геоинформационного картографирования сформирован пространственно-временной ряд гидрологических и гидрографических геоданных, что позволяет конструировать имитационные модели механизма формирования и развития наводнений на реках бассейна оз. Байкал. Кроме того, полученные промежуточные результаты явились основой дальнейших оценочных операций показателей рисков, в том числе удельных.

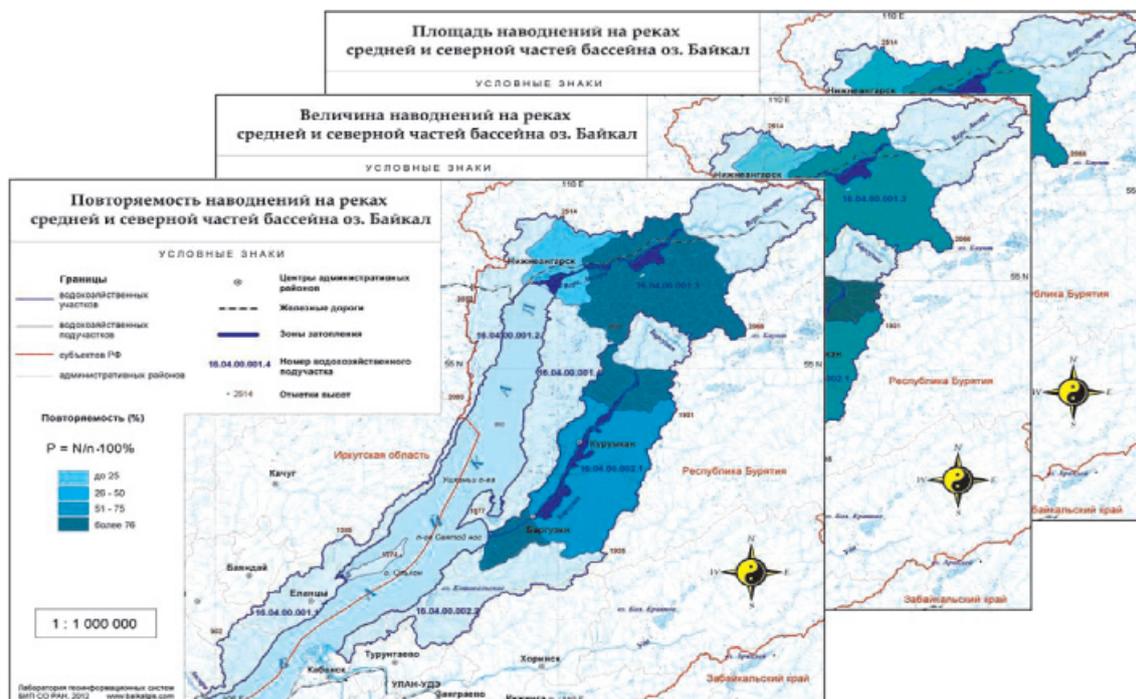


Рис. 1. Ранжирование территории по показателям опасности наводнений на реках Баргузин, Верхняя Ангара

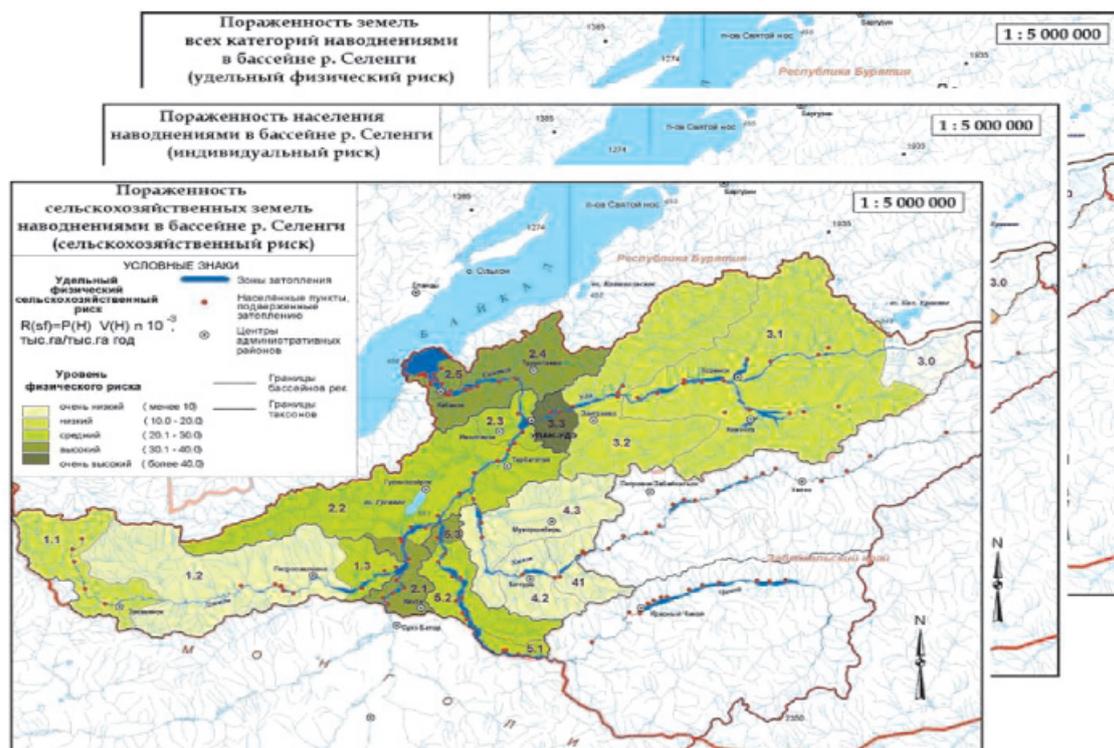


Рис. 2. Пример пораженности земель и населения наводнениями в бассейне р. Селенга

В рассматриваемом масштабе показатели определены для сельскохозяйственных земель, земель разных категорий (земли населенных пунктов, промышленности, запаса и лесного фонда) и населения (индивидуальный риск), по значениям которых выполнены частные карты рисков или карты пораженности земель и населения наводнениями (рис. 2). Так, карта «Сельскохозяйственный риск» отражает подверженность сельскохозяйственных земель затоплениям и подтоплениям. Значения показателей изменяются в пределах  $2,2-70,5 \cdot 10^{-3}$  тыс. га/тыс. га год. Высокими величинами характеризуются равнинные участки рек с развитой поймой бассейнов рек преимущественно южного Байкала. Это наиболее освоенные земли центральной части бассейна Селенги (южные районы Бурятии и северные приграничные Монголии), ее дельты, а также р. Баргузин. Карта индивидуального риска достаточно объективно иллюстрирует его различный уровень, обусловленный заселенностью и плотностью населения прибрежных территорий. Полученные значения в сравнении с западными регионами России относительно малы. Диапазон составляет  $0,1-31,5 \cdot 10^{-3}$  чел./чел. год, причем в большинстве своем он не превышает  $1,0 \cdot 10^{-3}$  чел./чел. год. Высокому индивидуальному риску подвержены территории непосредственно Селенги и Уды, как наиболее густонаселенные. По-

казатели здесь в несколько раз превышают среднебассейновый [6, 9, 10].

Карта интегрального риска от наводнений разработана по результатам обобщенного анализа полученных удельных показателей и сравнения частных карт риска. При выявлении уровня суммарного риска большой вес имели показатели поражения населения (индивидуальный риск). Таким образом, на основании проведенных исследований составлена карта (рис. 3), которая иллюстрирует интегральный риск от наводнений на реках бассейна оз. Байкал [2]. Фоновую основу данной карты составляет территориальная дифференциация уровня суммарного показателя риска. В целом повышенным уровнем риска в сравнении с другими характеризуется территория бассейна р. Селенга с большой опасностью затоплений наиболее густозаселенной и хозяйственно освоенной части Байкальского региона. Причем очень высокий суммарный риск, где индивидуальный имеет максимальные значения, выявлен на участке нижнего течения р. Селенга при слиянии с р. Уда. В зону затопления входит левобережная часть г. Улан-Удэ. Кроме того, высокий уровень выделяется на участках приграничья при впадении рек Джиды и Чикой, а также дельты. На реках среднего и северного Байкала показатели рисков не превышают средних значений.

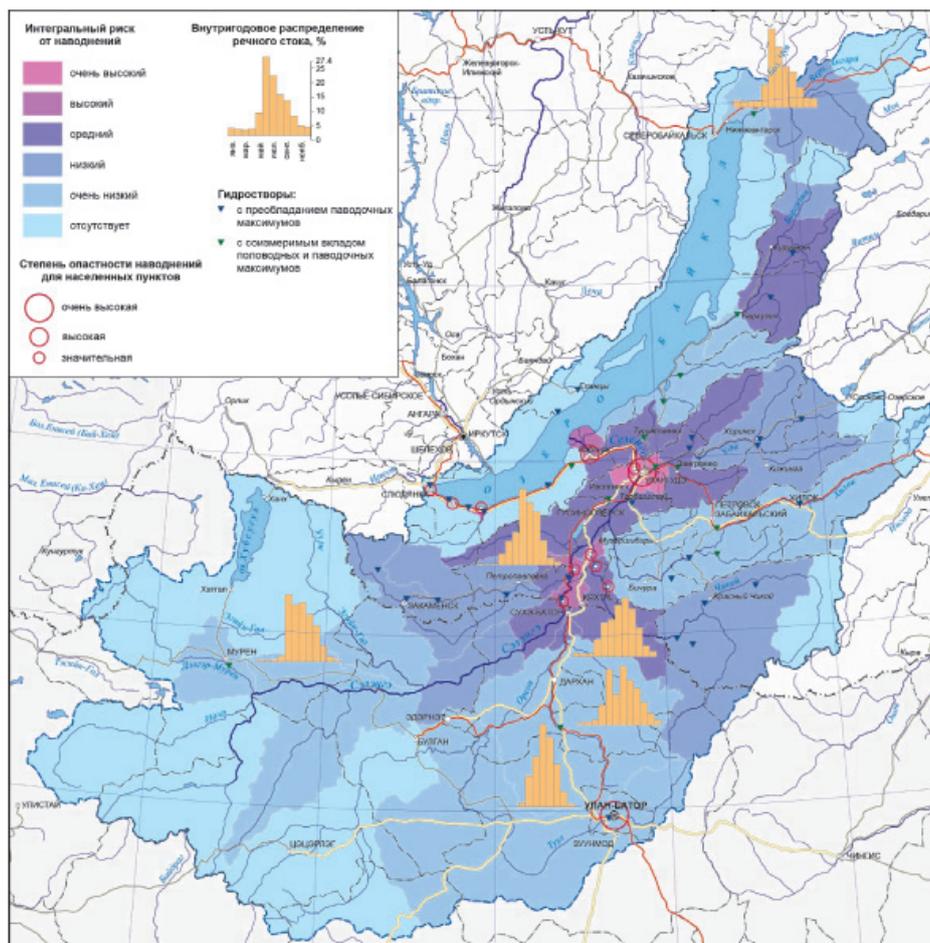


Рис. 3. Карта наводнения. Интегральный риск

В качестве дополнительной информации отдельных характеристик наводнений на карте представлены отдельные диаграммы внутригодового распределения речного стока, генезис экстремальных максимумов по гидростовам. Также отражены крупные населенные пункты с высокой степенью опасности – г. Улан-Удэ, пос. Наушки, пос. Кабанск, пос. Сотниково, с. Чикой и др. [5].

В целом данная карта, выполненная последовательно по методике, достаточно объективна. Она представляет наглядную картину возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в регионе и является основанием для необходимости проведения комплекса различных мероприятий по снижению рисков от наводнений на реках и разработки научно обоснованных рекомендаций по планированию территории бассейна оз. Байкал.

**Список литературы**

1. Борисова Т.А., Бешенцев А.Н. Территориальная оценка риска от наводнений в Байкальском регионе в условиях экологических ограничений // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд-во «Новые технологии», 2011. – № 12. – С. 32–38.

2. Борисова Т.А., Кичигина Н.В., Бешенцев А.Н., Г. Даваа. Наводнения // Экологический Атлас бассейна оз. Байкал. – Иркутск: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 1:5000000 Мб. 2014.

3. Бешенцев А.Н., Борисова Т.А. Картографическая оценка природного риска от наводнений в бассейне оз. Байкал // Геодезия и картография. – 2013. – № 7. – С. 26–30.

4. Бешенцев А.Н. Геоинформационная система долгосрочного мониторинга природопользования / Информационные технологии. – 2015. – Т. 21, № 8. – С. 625–629.

5. Кичигина Н.В. Генетический и статистический анализ максимального стока рек юга Восточной Сибири // Природные и социально-экономические условия регионов Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 19–22.

6. Борисова Т.А. Природно-антропогенные риски в бассейне оз. Байкал. – Новосибирск. Изд-во «Гео», 2013. – 126 с. – ISBN 978-5-906284-19-8.

7. Природные опасности России. Тем. т. 6. Оценка и управление природными рисками / под ред. А.Л. Рагозина. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. – 320 с.

8. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 16, выпуск 3. Бассейн оз. Байкал (Забайкалье) / под редакцией М.Г. Васковского. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. – 400 с.

9. Борисова Т.А. Оценка риска от наводнений на реках Баргузин и Верхняя Ангара // Материалы XV Совещания географов Сибири и Дальнего востока. – Иркутск: Изд-во ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. с. 391-393.

10. Borisova Tatyana River floods in the Baikal lake basin: the mechanism of formation, risk assessment, the consequences // Proceedings of the international science conference «Current Environmental Issues – Approaches to Solutions». – Darkhan-Uul, Mongolia, 2015. – P. 73–77.