

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Б.В. Заборский, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Порядин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен программный продукт, позволяющий производить краткосрочный прогноз гидрологических явлений и выработать предложения по управленческому решению. В качестве объекта исследования выступают чрезвычайные ситуации гидрологического характера на территории Республики Коми.

Ключевые слова: наводнение, природные риски, оценка обстановки, прогнозирование, управленческое решение

FORECASTING HYDROLOGICAL EMERGENCIES BASED ON AN REVIEW OF STATISTICS

B.V. Zaborsky; S.V. Poryadin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A software product presents in the paper that you allows to make short-term forecast of hydrological projection and you allows to develop proposals for management decision. The object of the research are emergency hydrological nature on the territory of the Republic of Komi.

Keywords: flood, natural risk, prediction, assessment of the situation, forecasting, management solution

По масштабам и материальному ущербу в России наводнение занимает одно из первых мест среди стихийных бедствий [1, 2]. Особенностью наводнений, как и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, является то, что их невозможно предотвратить, только лишь возможно снизить ущерб. Величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. При наводнении поражающим фактором является гидродинамический напор (давление движущихся масс воды). Поражающее действие наводнений характеризуют два параметра: уровень подъема воды в метрах и расход воды в кубических метрах в секунду через определенный створ. В зонах бедствия при наводнениях гибнут и получают травмы люди, сельскохозяйственные животные, уничтожаются сельскохозяйственные посевы, разрушаются и повреждаются здания, сооружения, коммунально-энергетические сети, транспортные коммуникации, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей [3].

Для снижения материального ущерба и повышения безопасности населения проводится заблаговременное краткосрочное прогнозирование возможных последствий наводнения. Под краткосрочным прогнозированием следует понимать составление гидрологического прогноза характера и последствий наводнения не более чем за 12–15 дней до наступления предсказываемого явления. Под паводковым наводнением следует понимать интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды, формируемый сильными дождями. Для краткосрочного прогнозирования паводкового наводнения заблаговременно должна быть проведена съемка гидрографической сети территории, известна характеристика

рек в их естественном состоянии, выявлены факторы и явления, которые могут внести изменения в режим водных преград.

На этапе составления краткосрочного прогноза паводкового наводнения должны быть спрогнозированы:

- гидрологические и морфологические характеристики рек.
- возможная обстановка при затоплении местности паводковыми водами.
- оценка обстановки при затоплении местности паводковыми водами.
- силы и средства ликвидации последствий паводкового наводнения.

На основе данных возможной обстановки в зоне затопления создается группировка сил ликвидации последствий наводнения, способная:

- провести разведку зоны затопления;
- спасти пострадавшее население;
- организовать строительство пунктов посадки и высадки пострадавшего населения со всех видов транспорта;
- организовать восстановление автомобильных дорог и железнодорожных магистралей;
- организовать восстановление поврежденных и строительство (оборудование) новых мостов;
- организовать восстановление поврежденных и строительство новых защитных дамб;
- организовать восстановление коммунально-энергетических сетей и линий связи;
- организовать спасение и захоронение погибшего скота.

Методологически целесообразно осуществлять выявление последствий наводнения в два этапа, также как и при выявлении последствий техногенных ЧС: анализ обстановки, складывающейся по результатам наводнения, и оценку обстановки в районе после наводнения.

Выявление обстановки при наводнении предусматривает определение глубины затопления и масштабов затопления селитебной части и посевных площадей.

Оценка обстановки при наводнении предусматривает решение задач по определению масштабов затопления, количества санитарных потерь, доли и степени поврежденных объектов на затопленных площадях и расчету сил и средств для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районе затопления.

Объектом исследования была выбрана Республика Коми, которая входит в зону избыточного увлажнения. Значительное преобладание количества выпадающих атмосферных осадков над испарением, особенности рельефа и геологическое строение определили повышенную заболоченность и развитую гидрографическую сеть. Поэтому на территории Республики Коми наблюдаются такие природные ЧС как опасные гидрологические явления, а именно высокие уровни воды (наводнение, половодье, зажор, затор, дождевой паводок).

На территории Республики Коми на протяжении 15 лет произошло большое количество ЧС природного характера. По статистическим данным, предоставленным Главным управлением (ГУ) МЧС России по Республике Коми, их количество представлено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми за период с 2000 по 2014 гг.

Из рис. 1, 2 следует, что ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми встречаются раз в два–три года. В основном это происходит вблизи крупных рек из-за большого количества осадков или таяния снега в устьях крупных рек.

Информация о ЧС опасных гидрологических явлений по месяцам в период с 2000 по 2014 гг. представлена в табл. 1.

На основе статистических данных, найдем наиболее вероятные месяца года для появления ЧС опасных гидрологических явлений (рис. 3).

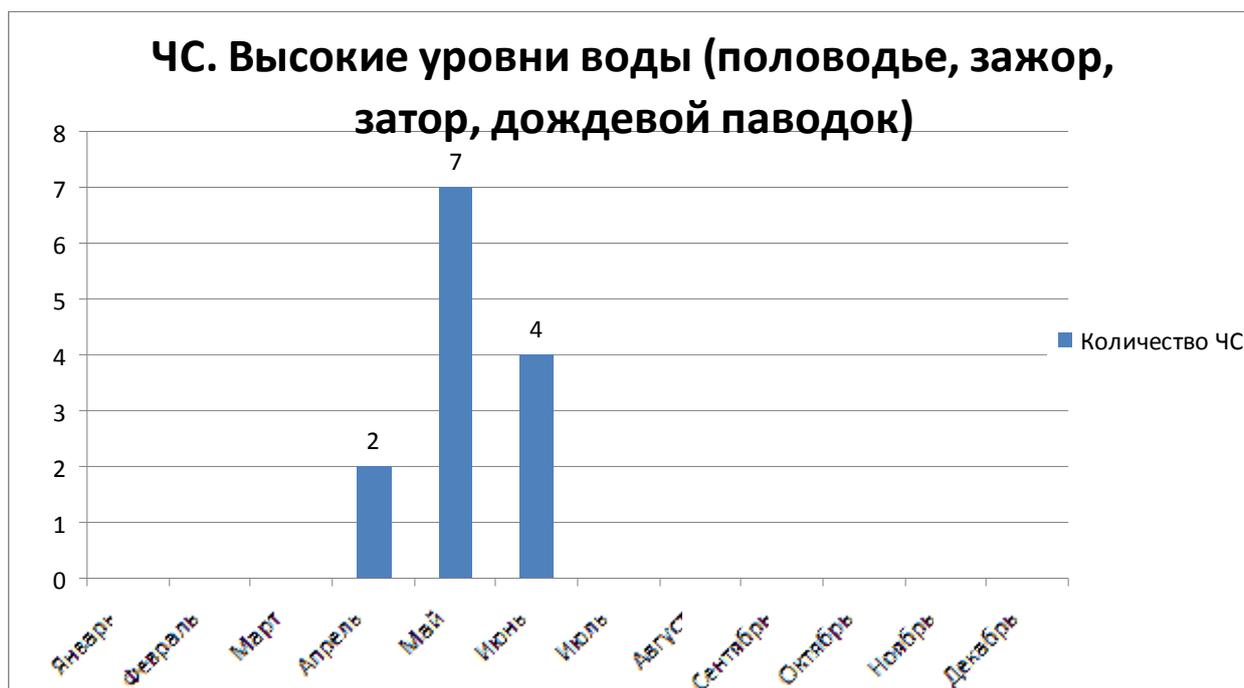


Рис. 3. ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми за период с 2000 по 2014 гг., распределенных по месяцам

За период с 2000 по 2014 гг. произошло 13 ЧС опасных гидрологических явлений. Наиболее опасными месяцами являются апрель, май, июнь. Это происходит в весеннее время, связано с большим количеством осадков и таянием льда в реках.

Рассчитаем вероятности появления таких событий [4]:

$$P = \frac{n_i}{N}$$

где P – вероятность наступления ЧС; n_i – количество ЧС в i месяц; N – общее количество ЧС за период с 2000 по 2014 гг.

Для апреля: $P_a = \frac{n_a}{N} = \frac{2}{13} = 0,154.$

Для мая: $P_m = \frac{n_m}{N} = \frac{7}{13} = 0,539.$

Для июня: $P_{ii} = \frac{n_{ii}}{N} = \frac{4}{13} = 0,308.$

В полученных из ГУ МЧС России по Республике Коми статистических данных, имеются данные по материальному ущербу, полученному в результате ЧС опасных гидрологических явлений. Именно поэтому будет проведена работа по определению природного риска связанного с наводнениями.

Для оценки степени опасности важна не только частота (или вероятность) ее появления, но и тяжесть последствий. Чтобы сделать эту оценку количественной, в настоящее время вводят понятие риска [5], определяемого как произведение вероятности P неблагоприятного события (аварии, катастрофы и т.д.) и ожидаемого ущерба $У$ в результате этого события:

$$R = P * Y.$$

За период 2000–2014 гг. в Республике Коми произошло 13 ЧС опасных гидрологических явлений. Найдем вероятности возникновения ЧС по годам (табл. 2).

Таблица 2

Год	2001	2002	2004	2006	2009	2012	2014
Количество ЧС	1	1	6	1	2	1	1
Вероятность появления ЧС	0,077	0,077	0,462	0,077	0,154	0,077	0,077

Теперь рассмотрим ущерб, полученный в результате данных ЧС по годам (табл. 3).

Таблица 3

Года	Материальный ущерб, тыс. руб.
2001	3635
2002	35
2004	5470
2006	25
2009	16483
2012	55
2014	649

Рассчитаем риск по формуле указанной выше за все года (табл. 4).

Таблица 4

Года	Вероятность появления ЧС	Материальный ущерб, тыс. руб.	Риск, тыс. руб./год
2001	0,077	3635	279,6
2002	0,077	35	2,7
2004	0,462	5470	2527,1
2006	0,077	25	1,9
2009	0,154	16483	2538,4
2012	0,077	55	4,2
2014	0,077	649	49,9

Найдем средний риск за период с 2000–2014 гг.

$$R_{\text{ср}} = \frac{279,6 + 2,7 + 2527,1 + 1,9 + 2538,4 + 4,2 + 49,9}{15} = 360,3 \text{ тыс. руб./год}$$

На основе методических рекомендаций [4] разработан алгоритм работы программы (рис. 4).

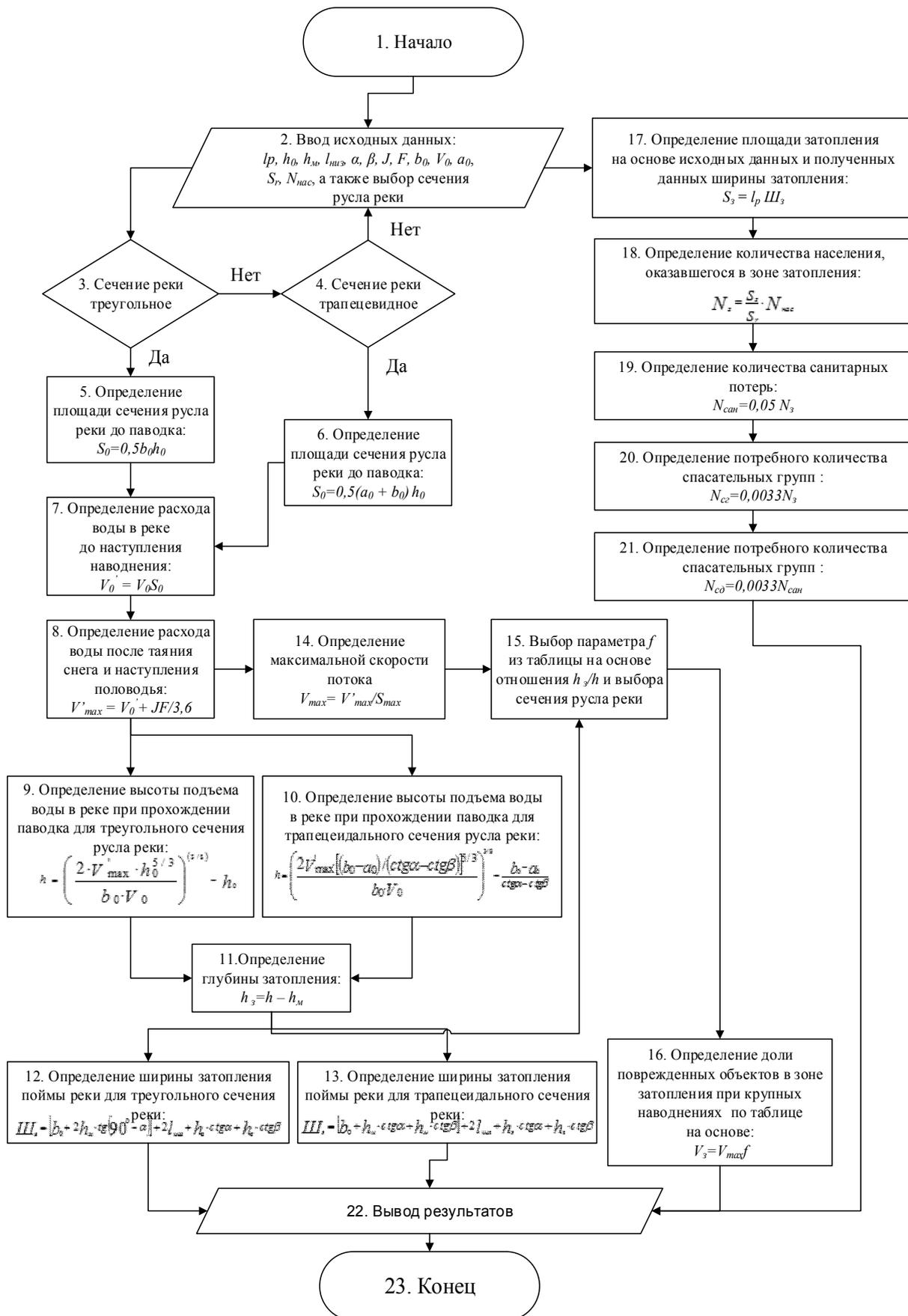


Рис. 4. Алгоритм программы

Программа, выполняющая краткосрочный прогноз возможного наводнения и позволяющая выработать рекомендации для принятия управленческого решения, написана в программной среде Microsoft Visual Studio. При запуске программы открывается следующее окно (рис. 5).

Рис. 5. Форма программы

Работоспособность программы была проверена на примере реки Печора и Усть-Цилемского района.

Выявить возможную обстановку при наводнении, вызванного таянием снега в пойме реки, в населенном пункте расположенном на обоих берегах реки, состоящем из деревянных и кирпичных малоэтажных зданий. Протяженность реки в пределах населенного пункта $l_p=5$ км, глубина реки до наводнения $h_0=3$ м, высота места $h_m=1$ м, горизонтальное расстояние от берега реки в створе города $l_{низ}=1$ км, крутизна подъема местности в пойме реки $\alpha, \beta = 15^\circ$. Интенсивность таяния снега $J=50$ мм/ч, площадь поймы реки $F=200$ км², ширина реки $b_0=100$ м, скорость течения $V_0=2$ м/с, русло реки в сечении имеет форму равнобедренной трапеции с шириной дна $a_0=80$ м, площадь населенного пункта $S_H=50$ км² и количество населения $N=11\ 460$ человек.

Необходимо определить:

- ширину затопления;
- долю поврежденных объектов в зоне затопления для разного времени затопления;
- силы спасения для оказания первой помощи людям.

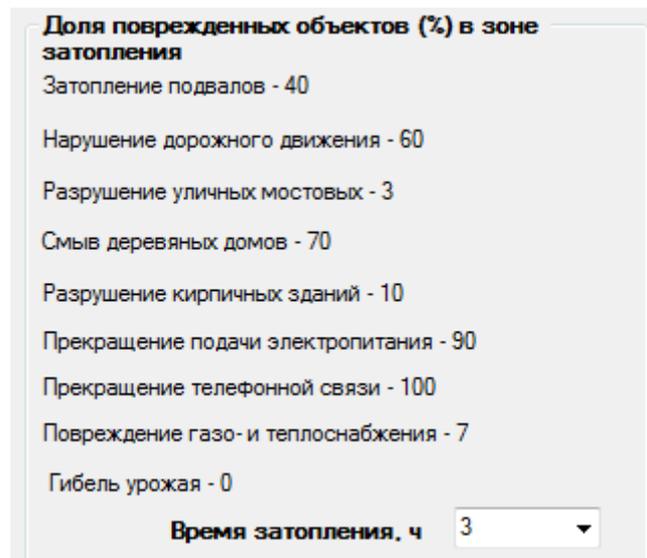


Рис. 7. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 3 ч



Рис. 8. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 24 ч



Рис. 9. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 48 ч

Из рис. 7–9 видно, что масштаб ущерба увеличивается во много раз и время будет важнейшим фактором для ликвидации ЧС и уменьшения последствий от нее.

Полученные результаты могут явиться основой для уточнения необходимого численного состава и технического оснащения спасательных подразделений.

Также данную программу можно улучшить и в дальнейшем использовать в центре управления кризисными ситуациями МЧС России для принятия управленческого решения при возникновении ЧС.

Литература

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие / В.А. Акимов [и др.]. М.: Абрис, 2012. 592 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Ч. I: Прогнозирование ЧС: учеб. пособие / Е.Б. Алексеик [и др.]; под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012. 186 с.

3. Крюков Е.В., Бутенко В.М. Опасные природные явления: учеб.-метод. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2013.

4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. шк., 2003.

5. Методика оценки комплексного индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М.: МЧС России. ВНИИ ГО ЧС, 2002.

6. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего наводнения и паводков. М.: МЧС России. Департамент гражданской защиты, 2000.