

Тютюник В.В., Калугин В.Д., Черногор Л.Ф.

Оценка риска сейсмической опасности на территории Украины

Представлен системный подход для оценки риска опасности функционирования природно-техногенно-социальной системы Украины в условиях проявления сейсмической опасности, которая приводит к значительным социально-экономическим и экологическим последствиям

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, сейсмическая опасность, сейсмический риск, социально-экономические последствия

Tutunik V.V., Kalugin V.D., Chernogor L.F.

Risk assessment of seismic hazard on Ukraine territory

System approach for risk assessment of hazard of Ukraine natural-anthropogenic-social system operation in conditions of appearance of seismic hazard reducing to considerable social-economic and environmental consequences is presented

Key words: emergency, seismic hazard, seismic risk, social-economic consequences

УДК 351.861

*Чапля Ю.С., адъюнкт, НУГЗУ,
Соболь А.Н., д-р. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ*

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ
СИТУАЦИИ ЛАНДШАФТНОГО ТИПА**

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

В работе проведен анализ современного состояния вопроса, связанного с подходами к прогнозированию последствий наводнений. Исследованы факторы, влияющие на развитие гидродинамических чрезвычайных ситуаций, а также сформулированы постановки задач обнаружения и ликвидации последствий данных опасных явлений.

Ключевые слова: наводнение, гидродинамическая чрезвычайная ситуация, постановка задачи

Постановка проблемы. Среди всех опасных природных процессов наводнения отличаются не только масштабами воздействия поражающих факторов, но и продолжительностью. Хорошо

спланированные, четко и своевременно проведенные мероприятия по ликвидации последствий обеспечивают возможность избежать больших потерь населения и значительно снизить экономический ущерб при чрезвычайных ситуациях, вызванных наводнениями любых видов.

По данным ООН с 1998 – 2008 гг. во всём мире от наводнений пострадало более 150 млн. человек [1]. Статистика [2] свидетельствует и о другом: по повторяемости, площади распространения и суммарному среднегодовому материальному ущербу наводнения занимают первое место в ряду известных стихийных бедствий. Что же касается человеческих жертв и материального ущерба, то в этом отношении наводнения занимают второе место после землетрясений.

Не является исключением и Украина. Так, ежегодно повторяющиеся на протяжении последних 20 лет наводнения на территории Западных областей и областей Днепроовского бассейна (Днепропетровская, Киевская, Запорожская области) разнятся исключительно интенсивностью протекания и лишь подтверждают актуальность существующей проблемы.

Стоит отметить, что наводнения как стихийные бедствия не могут быть целиком предотвращены везде и повсюду. Их можно только ослабить и локализовать. Борьба с наводнениями – дело весьма трудоёмкое и дорогостоящее [2].

Таким образом, существует научно-прикладная проблема повышения эффективности мероприятий по минимизации последствий гидродинамических чрезвычайных ситуаций. Одними из задач, направленных на решение указанной проблемы, являются задачи обнаружения и ликвидации гидродинамических чрезвычайных ситуаций ландшафтного типа.

Анализ последних исследований и публикаций. Изучением наводнений как стихийных природных явлений занимается в основном гидрологическая наука [3].

За последние годы учёными-гидрологами созданы методы инженерных расчётов максимальных уровней и расходов воды при наводнениях редкой повторяемости [14,15]. Выявлены и учтены все населенные пункты, подвергающиеся наводнениям, для каждого из них установлен уровень воды, с превышением которого начинается затопление [4,13]. Что касается технологий прогнозирования наводнений, то на сегодняшний день широкое применение находят методы нейросетевого прогнозирования, нечёткой ло-

гики и т.п. [16-18]. Теоретической базой анализа объекта прогнозирования являются теория вероятностей и математическая статистика, теория численных методов анализа и оптимизации, теория факторного анализа, дифференциальные уравнения [6,7]. Последние применяются для описания относительно регулярных процессов, случайной составляющей которых можно пренебречь по той или иной причине. В основном же, современные прогнозные модели объектов строятся в рамках статистических моделей, моделях экстраполяции и интерполяции регулярных составляющих, оценки влияния случайных составляющих процесса [9,12].

Наконец, накоплен большой практический опыт борьбы с наводнениями [10,11]. Однако приходится считаться с тем, что изучение катастрофических наводнений сопряжено со значительными трудностями. Ведь подобного рода наводнения случаются весьма редко и уже только поэтому трудно поддаются детальному изучению в природных условиях. Явление это многофакторное, и роль отдельных факторов в каждом отдельном случае неодинакова. Постоянно приходится убеждаться в том, что один и тот же очень высокий максимум весеннего половодья бывает при различных комбинациях обуславливающих его факторов – таких, как снеготаяния в конце зимы, интенсивность снеготаяния и дождевые осадки в весенний период. Иницирующие события носят масштабный характер, поэтому проведение мониторинга в отдельных точках (постах) зачастую недостаточно эффективно с точки зрения построения целостной многофакторной прогностической картины.

Наконец, для наводнения в целом, как и для любого другого стихийного бедствия, характерна чрезвычайная динамичность природных процессов, неопределенность времени и места наступления, неоднозначность последствий.

Следует отметить, что анализ публикаций по рассматриваемой проблематике позволяет сделать выводы: до настоящего момента не разработаны классификация наводнений по масштабу социального и экологического ущерба, научные основы рационального использования территорий, подверженных затоплению, системная концепция мероприятий, которые необходимо осуществить на паводкоопасных территориях в периоды до, во время и после наводнения. Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост урбанизации речных долин, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и увеличению разрушительной силы

Постановка задач обнаружения и ликвидации последствий гидродинамической чрезвычайной ситуации ландшафтного типа

наводнений. Поэтому неотложной задачей является разработка действенных мер предотвращения наводнений и защиты от них, поскольку это позволит снизить затраты на ликвидацию последствий от причиненных ими бедствий. Комплекс мероприятий в паводкоопасных районах, включающий прогнозирование, планирование и осуществление работ, должен проводиться до наступления наводнения, в период его прохождения и после окончания стихийного бедствия.

Постановка задачи и ее решение. Целью данной работы является проведение систематизации факторов, влияющих на развитие гидродинамических чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также формулирование постановок задач обнаружения и ликвидации последствий ЧС данного вида.

Рассмотрим классификацию опасных гидрологических явлений, к которым относятся: ранний ледостав, напор льда, отрыв прибрежных льдов, половодье, дождевые паводки, заторы, ветровые нагоны, высокие уровни воды, а также низкие или высокие уровни грунтовых вод.

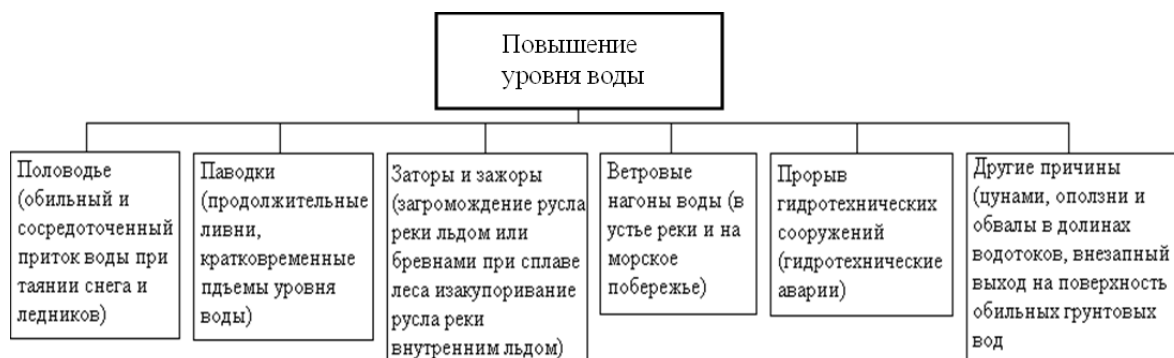


Рис. 1 – Классификация причин повышения уровня воды

Повышение уровня воды происходит по следующим причинам (рис. 1):

- сезонное таяние снежного покрова (отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды);
- интенсивные дожди (характеризуются значительными кратковременными подъемами уровня воды);
- заторы (скопление льда в русле реки) и засоры (скопление рыхлого, губчатого и мелко-колотого льда в начале зимы, обвал породы в результате подмыва основания);
- ветровые нагоны воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в устьях рек,

- разрушение плотин, дамб, гидроузлов, запруд и других гидротехнических сооружений.

Исходя из вышеперечисленного, рассмотрим факторы, непосредственно влияющие на развитие гидродинамических ЧС.

Первая группа факторов – территориально-ландшафтные (L) [8]:

- высота и изрезанность береговой линии;
- наличие берегоукрепляющих естественных или искусственных мероприятий;
- предрасположенность к образованию временных гидросооружений (заторы, обвал породы).

Стоит отметить, что значительный вклад в усиление интенсивности паводков и половодий вносят: продольная распашка склонов, переуплотнение полей при использовании тяжелой техники, переполивов в результате нарушения норм орошения. Примерно втрое увеличились средние расходы паводков на урбанизированных территориях в связи с ростом водонепроницаемых покрытий и застройкой. Существенное увеличение максимального стока связано с хозяйственным освоением пойм, являющихся природными регуляторами стока.

Вторая группа ограничений – гидронакопительная (H), к которым следует отнести [9]:

- запас воды в снежном покрове перед началом весеннего таяния;
- атмосферные осадки в период снеготаяния и половодья;
- осенне-зимнее увлажнение почвы к началу весеннего снеготаяния;
- глубина промерзания почвы к началу снеготаяния;
- ледяная корка на почве;
- интенсивность снеготаяния;
- сочетание волн половодья крупных притоков бассейна.

Третья группа факторов – объемнонакопительная (V , табл. 1) [10]:

- территориально-стационарная (стационарные гидросооружения с определенной вероятностью прорыва (переполнения) вследствие технической неисправности, усталостного, гидродинамического разрушения);
- территориально-изменяющееся (ледяные заторы, временные плотины, обвалы породы).

Таблица 1 – Частота аварий для различных видов гидросооружений

<i>Тип гидросооружения</i>	<i>% аварий</i>
Временно-образованное	53
Защитные дамбы из местных материалов	4
Бетонная гравитационная	23
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17

Стоит отметить особую опасность возникновения затопления низинных районов в результате возможного каскадного развития чрезвычайной ситуации при разрушении плотин, дамб и гидроузлов, вызванных иницирующими причинами (табл. 2) [5] вследствие повышения уровня воды. Непосредственную опасность представляет стремительный и мощный поток воды, вызывающий поражения, затопления и разрушения зданий и сооружений. Жертвы среди населения и различные нарушения происходят из-за большой скорости и огромного количества поступающей воды. Высота и скорость волны прорыва зависят от размеров разрушения гидросооружения и разности высот в верхнем и нижнем бьефах. Для равнинных районов скорость движения волны прорыва колеблется от 3 до 25 км/ч, в горной местности достигает до 100 км/ч. Значительные участки местности через 15 - 30 мин. обычно оказываются затопленные слоем воды толщиной от 0,5 до 10 м и более.

Таблица 2 – Частота причин аварии на гидротехнических сооружениях с образованием волны прорыва

Причина разрушения	Частота %
<i>Разрушение основания</i>	40
<i>Недостаточность водосбросов</i>	23
Конструктивные недостатки	12
<i>Неравномерная осадка</i>	10
<i>Высокое пороговое давление в намытой плотине</i>	5
Военные действия	3
<i>Сползание откосов</i>	2
Дефекты материалов	2
Землетрясения	1
Неправильная эксплуатация	2

Очевидно, что частота иницирующих факторов, вызванных повышением уровня воды (вследствие, например, сезонных наводнений), составляет порядка 80 %.

Таким образом, для решения проблемы минимизации последствий гидродинамических ЧС необходимо рассмотреть следующий функционал

$$\min_{L,H,V} F(P,E). \quad (1)$$

Здесь P - численность пострадавшего населения; E - экономический ущерб вследствие наводнения. Следует отметить, что в большинстве случаев учитывается прямой ущерб, связанный с непосредственным физическим контактом паводковых вод с хозяйственными объектами, и величина ущерба определяется затратами на восстановление хозяйства или текущей рыночной стоимостью разрушенных (или нарушенных) хозяйственных объектов. Аналогично оценивается ущерб от нарушения или разрушения жилых построек и имущества, находящегося в них, а также от разрушения мостов, автомобильных и железных дорог, линий связи и электропередачи, газо- и нефтепроводов. Косвенный ущерб, методики подсчета которого до сих пор практически отсутствуют, может сказываться точно так же, как и прямой, в течение многих лет после наводнения.

Для снижения негативных последствий наводнений рассмотрим следующие задачи:

1. Определение рационального количества и мест размещения стационарных и мобильных пунктов наблюдения.

Для решения данной задачи необходимо учесть следующие факторы:

- количество и территориальное распределение стационарных и мобильных пунктов наблюдения;
- технические возможности получения, передачи и обработки информации о динамике развития гидродинамической ландшафтной чрезвычайной ситуации.

Таким образом, постановка задачи определения рационального количества и мест размещения стационарных пунктов наблюдения имеет следующий вид

$$\min_{W_1} N, \quad (2)$$

где W_1

$$S'_i(L, H, V) \in \bigcup_{l=1}^r T_l, \quad i = 1, \dots, N'; \quad (3)$$

$$S''_j(L, H, V) \in \bigcup_{k=1}^q D_k, \quad j = 1, \dots, N''; \quad (4)$$

$$S_0 = \left(\bigcup_{k=1}^q D_k \right) \cap \left(\bigcup_{l=1}^r T_l \right); \quad (5)$$

$$N = N' + N''; \quad (6)$$

$$Q \left(\bigcup_{i=1}^{N'} S'_i, \bigcup_{j=1}^{N''} S''_j \right) \leq Q^*. \quad (7)$$

Следует отметить, что в данной задаче необходимо определить минимальное количество стационарных N' и мобильных N'' (4) пунктов наблюдения с учетом выполнения следующей системы ограничений:

- принадлежности стационарных пунктов наблюдения допустимым областям размещений $\bigcup_{l=1}^r T_l$ (выражение 3);

- использование передвижных пунктов наблюдения в областях $\bigcup_{k=1}^q D_k$ (выражение 4), причем S_0 - область размещения постов наблюдения, обеспечивающая получение своевременной и адекватной информации об опасных гидрологических явлениях (выражение 5);

- затраты на функционирование пунктов наблюдения $Q(\cdot)$ не должны превышать заданных Q^* , т.е. задача решается в рамках выделенных ресурсов (выражение 7).

Решение задачи (2)-(7) позволит заблаговременно принять решение на проведение следующих мероприятий:

- размещение ресурсов и аварийно-спасательной техники (авиа и плавсредства) с учетом рельефа местности и прогнозируемых последствий гидродинамической чрезвычайной ситуации;
- разработка маршрутов движения и пунктов оказания первой помощи;
- подрыв, механическое разрушение нежелательных временных гидросооружений (ледяных заторов, обвалов породы);
- создание временных противопаводковых гидросооружений;
- заблаговременное изменение противопаводковых характеристик дорог и мостов в зоне прогнозируемых гидродинамических аварий;
- исключение возможности развития каскадной ландшафтной гидродинамической чрезвычайной ситуации;
- заблаговременная эвакуация населения из зоны возможной гидродинамической чрезвычайной ситуации.

Таким образом, рассмотрим следующую задачу.

2. Определение рационального количества средств проведения аварийно-спасательных работ

$$\min_{W_2} Z(Z', Z''), \quad (8)$$

где W_2

$$R^* = \arg \min T(C'_\lambda, C'_\mu, R), \quad \lambda = 1, \dots, \lambda^*; \mu = 1, \dots, \mu^*; \quad (9)$$

$$T(Z'_\eta, C'_\lambda, C'_\mu, R^*) \leq T^*, \quad \eta = 1, \dots, \eta^*; \quad (10)$$

$$\bigcup_{\eta=1}^{\eta^*} Z'_\eta = Z'; \quad (11)$$

$$Z''_\gamma \geq Z^*_\gamma, \quad \bigcup_{\gamma=1}^{\gamma^*} Z''_\gamma = Z''. \quad (12)$$

Здесь Z' - количество средств эвакуации, причем η^* - количество видов средств эвакуации; Z'' - количество средств проведения

аварийно-восстановительных работ, причем γ^* - количество видов данных средств; C_μ - населенные пункты, в которые эвакуируется население из населенных пунктов C'_λ ; R^* - оптимальная сеть дорог между населенными пунктами; T^* - время, отведенное на эвакуацию.

Выводы. В данной работе проведена систематизация факторов, влияющих на развитие гидродинамических чрезвычайных ситуаций, а также сформулированы постановки задач обнаружения и ликвидации последствий ЧС данного вида. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку математических моделей и методов решения поставленных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б. Наводнения / А.Б. Авакян, А.А. Полюшкин. - М.: Знание, 1989. - 46 с.
2. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века / В.И. Осипов // Вестн. РАН. - М.: 2001, № 4. - С. 291-302.
3. Авакян А.Б. Природные и антропогенные причины наводнений. / А.Б. Авакян // Основы Безопасности Жизнедеятельности. - М.: 2001, № 9. - С. 22-27.
4. Коронкевич Н.И. Катастрофические затопления / Н.И. Коронкевич, Л.К. Малик, Е.А. Барабанова // Военные знания (библиотечка «ВЗ»). - М.: 1998, №10. - С. 37-45.
5. Субботин А.С. Основы гидротехники / А.С. Субботин. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 368 с.
6. Белобородов В.Н. Предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций / В.Н. Белобородов // Военные знания (библиотечка «ВЗ»). - М.: 1998, №7. - С. 15-21.
7. Малик Л.К. Прогноз прохождения волны прорыва при повреждении гидроузлов / Л.К. Малик, Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М.: 1998, №2. - С. 27-34.
8. Тарабаев Ю. Н. Инженерное обеспечение предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций при наводнениях / Ю.Н. Тарабаев, Ю.М. Зотов, В.П. Чагаев, В.Н. Шульгин // Учебное пособие. - Новогорск: Академия гражданской защиты МЧС России, 2000. - 253 с.

9. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн. 1. / Под ред. К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского, А.В. Забегаева. - М.: Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов, 1995. – 347 с.
10. Калустян Э.С. Статистика и причины аварий плотин / Э.С. Калустян // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: 1997, №3. – С. 42-47.
11. Авакян А. Б. Наводнения: причины, проблемы, защита / Авакян А.Б. // Военные знания (библиотечка «ВЗ»). – М.: 1998, №7. - С. 12-17.
12. Борщ С.В. Метод прогноза возможного ущерба от наводнений (на примере Московской области) / С.В. Борщ, В.М. Мухин // Метеорология и гидрология. – М.: 2000, №7. – С. 49-56.
13. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах / Р.А. Нежиховский. – Л.: Гидрометеиздат, 1988 – 184 с.
14. Иванова О.И. Гидрологический анализ и прогноз весеннего половодья лесных и лесостепных рек Средней Сибири: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Иркутск, 2011. – 20 с.
15. Горошко Н.В. Ландшафтно-гидрологический анализ годового стока в бассейне верхней Оби: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Иркутск, 2007. – 22 с.
16. Гуревич Е.В. Влияние ледяного покрова на взаимодействие поверхностных и подземных вод: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – С.-Петербург, 2010. – 22 с.
17. Банщикова Л.С. Наводнения на реках, вызванные заторами льда, методика их мониторинга и оценки риска: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – С.-Петербург, 2009. – 18 с.
18. Юшкина О.А. Анализ и прогноз временной изменчивости речного стока методами нелинейной динамики Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. – Иркутск, 2009. – 20 с.
nuczu.edu.ua

Чапля Ю.С., Соболев О.М.

Постановка задач мінімізації наслідків гідродинамічної надзвичайної ситуації ландшафтного типу

В роботі проведено аналіз сучасного стану питання, пов'язаного з підходами до прогнозування наслідків повеней. Досліджено фактори, що впливають на розвиток гідродинамічних надзвичайних ситуацій, а також сформульовано постановки задач виявлення та ліквідації наслідків даних небезпечних явищ.

Ключові слова: повінь, гідродинамічна надзвичайна ситуація, постановка задачі

Chaplya Yu.S., Sobol A.N.

Problem statements of detection and liquidation effects of hydrodynamic emergency landscape class

In this paper the modern state of prognostication flood effects is analyzed. Factors that have an influence on progress hydrodynamic emergencies are researched. Problem statements of detection and liquidation effects of hydrodynamic emergencies landscape class are given.

Key words: flood, hydrodynamic emergency, problem statement