



Класс опасности водных объектов для дорожного полотна



Сергей ЗАВЬЯЛОВ

Sergey Yu. ZAVIALOV

Hazard Class of Water Bodies for Roadbed

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 174)

В статье обосновывается применение специальных методов оценки потенциально опасных водных объектов в целях повышения уровня безопасности на сети железных дорог. Негативное воздействие разных по форме и масштабу проявлений водной стихии (включая наводнения) может привести к нарушению целостности железнодорожного полотна, его подмыву, а в некоторых случаях – и к полному разрушению, что снижает устойчивость транспортного сообщения на проблемных участках. Для динамической и статической оценки степени опасности подобных ситуаций автором выбраны основные параметры, по которым все водные объекты делятся на шесть групп. С их помощью есть возможность вовремя организовать предупредительную работу, чтобы предотвратить или уменьшить последствия водных ЧП.

Ключевые слова: железные дороги, инфраструктура, безопасность, водные объекты, классификация, оценка опасности, стихия, чрезвычайная ситуация.

Завьялов Сергей Юрьевич – младший научный сотрудник Объединённого учёного совета ОАО «РЖД», аспирант ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), Москва, Россия.

Огромная территория России включает в себя регионы с абсолютно разными климатическими условиями, которые по-своему влияют и на объекты транспорта. В работе [1] раскрыто негативное влияние размывов береговой линии на автомагистрали. Не меньшую опасность представляют водные объекты для железных дорог. Ежегодно происходят подмывы железнодорожного полотна, которые периодически приводят к нарушению регулярного сообщения, а иногда и к сходам подвижного состава.

ГДЕ ОПАСНОСТИ БОЛЬШЕ

Российские железные дороги – одна из крупнейших сетей мира, и ей постоянно приходится противостоять природным стихийным явлениям и опасностям. К таким опасностям относятся в том числе и размывы рек, наводнения и прочие бедствия, причиной которых становится изменение геометрических параметров водного объекта, повлекшее за собой ущерб железнодорожному сообщению.

В стране ежегодно происходит от 40 до 68 кризисных наводнений. По данным Росгидромета, этим стихийным бедствиям подвержены около 500 тыс. кв. километров

Статистика природных чрезвычайных ситуаций, вызванных водной опасностью на территории России в 2010–2014 годы

Чрезвычайные ситуации по виду источников возникновения	2010	2011	2012	2013	2014	Всего за 5 лет
Сильный дождь или снегопад, крупный град	6	2	13	20	16	57
Морские опасные гидрологические явления	0	0	0	1	0	1
Отрыв прибрежных льдов	14	13	9	4	2	42
Опасные гидрологические явления	8	17	21	9	7	62
Всего	28	32	43	34	25	162

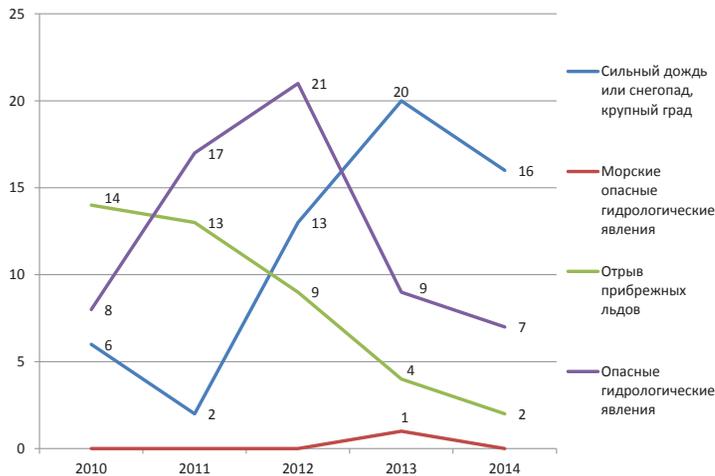


Рис. 1. Динамика природных чрезвычайных ситуаций водного характера с 2010 по 2014 год.

территории, а наводнениям с катастрофическими последствиями – 150 тыс. кв. километров, где расположены порядка 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов и большое количество объектов инфраструктуры. Проанализировав официальную статистику министерства чрезвычайных ситуаций [2], можно достаточно определенно представить картину водной опасности (см. данные таблицы 1).

С учетом этих данных легко проследить динамику природных чрезвычайных ситуаций за рассматриваемый период (рис. 1 и 2).

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций необходимо проводить своевременный мониторинг потенциально опасных объектов [3]. В реестре специалистов существует перечень опасных водных объектов, изменение параметров которых тщательно исследуется. Наиболее напряженным по времени является период снеготаяния и половодья. В этот момент водные объекты представляют наибольшую опасность для железнодорожного пути, поскольку угроза затопления его крайне велика.

В России нет единого классификатора степени опасности водных объектов. Для его создания нужна методика, учитывающая ущерб от нарушений безопасности движения по вине водной стихии. Предлагается использовать два вида оценки: статическую и динамическую.

СТАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Для осуществления статической оценки следует выбрать наиболее важные параметры, которые влияют на безопасность железнодорожного пути. К таким можно отнести [4]:

- 1) вид объекта (река, озеро, искусственный водоем и т.д.);
- 2) расстояние до железнодорожного пути;
- 3) особенности взаимного расположения пути и водного объекта;
- 4) количество чрезвычайных ситуаций или подтоплений в заданном районе за среднесрочный период (5–10 лет);
- 5) наличие водоотводных сооружений и их техническое состояние;



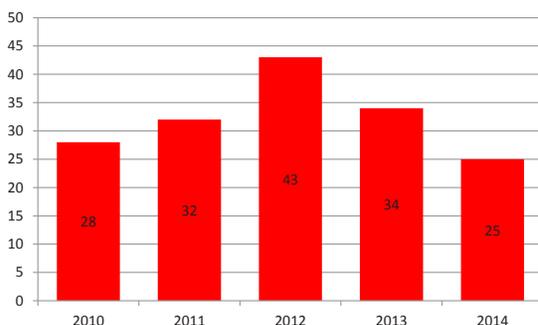


Рис. 2. Динамика количества природных чрезвычайных ситуаций за 2010–2014 годы.

б) особенности объекта в период паводка и снеготаяния;

7) интенсивность движения поездов и количество путей на прилегающем участке.

Рассмотрим каждый из перечисленных параметров.

Вид объекта. К водным объектам относятся: 1) моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы и другие); 2) водотоки (реки, ручьи, каналы); 3) водоемы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища); 4) болота; 5) природные выходы подземных вод (родники, гейзеры); 6) ледники, снежники. От вида объекта зависит характер угрозы для железнодорожного полотна: это может быть опасность затопления пути, волноопасность, опасность подмывов, либо нарушение надежности верхнего строения пути.

Расстояние до железнодорожного пути. Это тоже важная характеристика, под ней понимается минимальное расстояние от крайней точки железнодорожного пути до самой ближней к нему точки водного объекта. Чем меньше это расстояние – тем больше опасность. В случае если объект и железнодорожный путь находятся в разных плоскостях, то расстояние можно измерить как квадратный корень из суммы расстояния от объекта до железнодорожного полотна и разницы высот.

Особенности взаимного расположения пути и водного объекта. Здесь стоит учесть ландшафтные особенности, наличие строений и зданий вблизи объектов, а также любых других преград, которые как-то могут сказаться на расчётах и на выборе и построении защитных сооружений.

Количество ЧС и подтоплений. В архивах МЧС России, а также в архивах Гидро-

метцентра хранится информация о критических разливах рек и озёр. К этой информации целесообразно также добавить анализ железнодорожных аварий, вызванных воздействием воды на путь.

Наличие водоотводных сооружений и их состояние. Зачастую проблема пропуска воды связана либо с нехваткой водоотводных сооружений на участке, либо с недолжным уровнем их обслуживания. С водными массами могут передвигаться и ветки, листья, а также крупный мусор различного характера, который готов забить сточную трубу и образовать затор, что приведет к невозможности пропуска водных масс.

Особенности объекта в период паводка. Во время весеннего снеготаяния и половодья многие потенциально опасные водные объекты ведут себя непредсказуемо, но, исходя из архивных данных, можно спрогнозировать их возможное поведение, а во взаимосвязи с прогнозами погоды еще и определить примерную дату таяния снега. То есть заранее принять меры по недопущению критических случаев затопления или размыва.

Интенсивность движения поездов. Этот параметр можно охарактеризовать категорией железнодорожных путей, которая зависит от количества поездов, проходящих в сутки по пути с наивысшей категорией.

У всех названных параметров должна быть своя степень влияния по каждому отдельному объекту, которая может измеряться по шкале от 0 до 10, где 0 – это параметр, не влияющий на степень опасности, а 10 – параметр с максимальной степенью влияния. Итоговой оценкой является сумма всех параметров ($P_{\text{сум}}$)

Таблица 2

Классификация потенциально опасных водных объектов, представляющих угрозу для железнодорожного пути

Сумма баллов по всем критериям	Число ключевых критериев с балльностью 8 и выше	Степень опасности
До 20	0	Безопасный
До 20	1	Рисковый
21–40	0	Условно безопасный
21–40	1	Рисковый
21–40	2	Опасный
21–40	3	Опасный
21–40	4	Чрезвычайно опасный
41–60	0	Потенциально опасный
41–60	1	Потенциально опасный
41–60	2	Опасный
41–60	3	Опасный
41–60	4	Чрезвычайно опасный
61–70	4	Чрезвычайно опасный

в диапазоне от 0 до 70. Чем выше итоговая сумма, тем опаснее рассматриваемый объект. Причем его можно считать потенциально-опасным, если один из таких критериев, как особенности взаимного расположения пути и водного объекта, количество ЧС и особенности объекта в период паводка, набирает 8 баллов и выше.

Исходя из суммарной оценки, каждому водному объекту должна быть присвоена соответствующая степень опасности (таблица 2).

В качестве примеров использования предложенной классификации возьмем несколько объектов и распределим их по степени опасности (параметры будут обозначаться через P_i , а количество критических параметров, оценка которых равна 8 и более обозначим $N_{\text{крит}}$).

Объект № 1: $P_1 = 3, P_2 = 5, P_3 = 2, P_4 = 4, P_5 = 3, P_6 = 2, P_7 = 4$.

Итоговые параметры: $P_{\text{сум}} = 23, N_{\text{крит}} = 0$. Исходя из предложенной классификации (таблица 2), такой объект можно считать условно безопасным. Дополнительные меры обеспечения безопасности движения здесь не требуются. Объект не заносится в базу потенциально опасных объектов и не угрожает целостности железнодорожного пути.

Объект № 2: $P_1 = 1, P_2 = 8, P_3 = 2, P_4 = 2, P_5 = 3, P_6 = 2, P_7 = 1$.

Итоговые параметры: $P_{\text{сум}} = 19, N_{\text{крит}} = 1$. Такой объект относится к рисковому. Несмотря на довольно низкое суммарное значение критериев, один из критериев (расстояние до железнодорожного пути) принимает критическое значение, что говорит о том, что за объектом требуется периодическое наблюдение, а значит, он должен быть занесен в общую базу данных.

Объект № 3. $P_1 = 1, P_2 = 8, P_3 = 8, P_4 = 8, P_5 = 3, P_6 = 8, P_7 = 1$.

Итоговые параметры: $P_{\text{сум}} = 37, N_{\text{крит}} = 4$. Рассматриваемый объект – чрезвычайно опасный, так как четыре параметра принимают критическое значение. Необходимо вести наблюдение за данным объектом, велика вероятность чрезвычайной ситуации (затопления, подмыва пути).

Для поддержания актуальности классификатора каждый потенциально опасный объект должен периодически проходить переоценку (как правило, ежегодно). Кро-

ме того, нужен и учет новых водных объектов, которые появились недавно в результате природных или техногенных изменений, а также по другим причинам.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Динамическую оценку целесообразно осуществлять в двух вариантах – оперативном и долгосрочном. Оперативный целесообразно использовать для экспресс-оценки безопасности железнодорожного пути от водной опасности при наличии двух измерений. Такая характеристика важна для тех объектов, наблюдение за которыми ранее не велось, либо за объектами, которые недавно сформировались в связи с природными или технологическими изменениями.

Для такой оценки предлагается ввести коэффициент опасности водного объекта:

$$K = \frac{L_0 - L_1}{L_0},$$

где L_0 – исходное расстояние от железнодорожного пути до потенциально опасного водного объекта (рис. 3); L_1 – расстояние от железнодорожного пути до потенциально опасного водного объекта, полученное при текущем измерении.

Нужно отметить, что показатели L_0 и L_1 измеряются как наикратчайшее расстояние



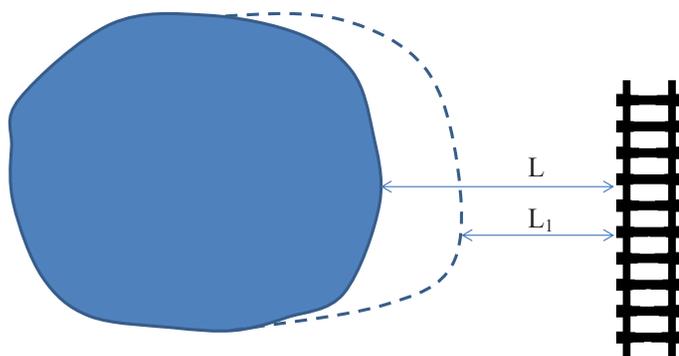


Рис. 3. Схема условных обозначений для расчёта коэффициента опасности.

Таблица 3

**Присвоение степени опасности при наличии двух измерений
(оперативная динамическая оценка)**

Значение коэффициента К	Информация об объекте, полученная исходя из значения коэффициента	Степень опасности
$K < 0$	Объект не представляет собой никакой угрозы для безопасности движения, а расстояние от объекта до железнодорожного пути от момента предыдущего измерения до текущего увеличилось.	Безопасный
$K = 0$	Границы исследуемого объекта не изменились.	Условно безопасный
$0 < K < 0,3$	Объект незначительно приблизился к железнодорожному пути, рекомендуется вести за ним наблюдение.	Рисковый
$0,3 \leq K < 0,7$	Водный объект представляет угрозу для железнодорожного пути, рекомендуется вести усиленное наблюдение.	Потенциально опасный
$0,7 \leq K < 1$	Крайне опасное состояние. Путь близок к затоплению. Требуется построить временные защитные или водоотводные сооружения.	Опасный
$K \geq 1$	Недопустимое состояние. Значения коэффициента говорят о том, что путь уже затоплен. Нужны меры по его восстановлению.	Чрезвычайно опасный

от железнодорожного полотна (самой крайней его точки) до самой ближайшей точки потенциально опасного объекта. Количество измерений зависит от степени опасности исследуемого объекта и при необходимости может быть увеличено.

Получив значение коэффициента, следует определить, к какому классу опасности относится объект (таблица 3).

Для более подробной и долгосрочной динамической оценки рекомендуется расчёт коэффициентов при количестве измерений $n+1$:

- Среднего коэффициента опасности

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{L_0 - L_i}{L_0} \right)}{n},$$

где L_0 – исходное расстояние от железнодорожного пути до потенциально опасного водного объекта, полученное при i -м измерении ($i = 1, \dots, n$).

- Максимального коэффициента опасности

$$K_{max} = \frac{L_0 - L_{max}}{L_0},$$

где L_{max} – максимальное расстояние от железнодорожного пути до потенциально опасного водного объекта из n измерений.

Определение класса опасности объекта для долгосрочной динамической оценки должно выполняться на основе таблицы 4.

Выводы

Комплексное использование динамической и статической оценки степени

**Присвоение степени опасности при наличии $n+1$ измерений
(долгосрочная динамическая оценка)**

K_{max} \ \bar{K}	$\bar{K} < 0$	$\bar{K} = 0$	$0 < \bar{K} < 0,3$	$0,3 \leq \bar{K} < 0,7$	$0,7 \leq \bar{K} < 1$
$K_{max} < 0$	Абсолютно безопасно				
$K_{max} = 0$	Абсолютно безопасно	Стабильно безопасно			
$0 < K_{max} < 0,3$	Стабильно безопасно	Условно без-опасно	Условно без-опасно		
$0,3 \leq K_{max} < 0,7$	Условно без-опасно	Условно без-опасно	Относительно безопасно	Относительно безопасно	
$0,7 \leq K_{max} < 1$	Условно без-опасно	Относительно безопасно	Относительно безопасно	Опасно	Опасно
$K_{max} \geq 1$	Относительно безопасно	Относительно безопасно	Опасно	Опасно	Чрезвычайно опасно

опасности позволит формировать подробную и объективную информацию обо всех потенциально опасных водных объектах, представляющих угрозу для железнодорожного пути. Создание информационной базы должно проводиться в сотрудничестве с такими организациями, как МЧС, Гидрометцентр, а также теми, что наряду с ними занимаются исследованиями и мониторингом в области природных катаклизмов и метеорологических ситуаций.

Информационная база на основе предложенной оценки поможет изучать изменения водных объектов в течение достаточно долгого времени, на основании чего можно строить и дальнейшие прогнозы. Целесообразно хранить все данные на сервере, чтобы они были доступны работникам соответствующих ведомств, в том числе центру ИССО и другим железнодорожным службам, которые обеспечивают безопасность железнодорожного движения, занимаются искусственными сооружениями и водоборьбой [5].

В особом порядке следует оценивать вероятные чрезвычайные ситуации, которые довольно сложно спрогнозировать. В этом случае стоит опираться на архивные

данные и прогнозы профильных министерств и ведомств, результаты мониторинга потенциально опасных объектов, интенсивность которого должна возрастать в наиболее рискованные периоды (как правило, это весна и начало лета).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев П. Д., Горбунов А. О., Плеханов Ф. А., Зарочинцев В. С. Результаты экспериментов в зоне размыва автомагистрали // Мир транспорта. – 2014. – № 1. – С. 140–145.
2. Чрезвычайные ситуации (статистика с 2003 по 2015 гг.). [Электронный ресурс]: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/CHrezvichajnie_situacii. Доступ 07.12.2015.
3. Железнов М. М., Завьялов С. Ю. Оперативный мониторинг потенциально опасного взаимодействия железной дороги с окружающей средой // Железнодорожный транспорт на современном этапе развития: Сб. трудов молодых ученых / Под ред. М. М. Железнова, Г. В. Гогричиани. – М.: Интекст, 2013. – С. 214–218.
4. Завьялов С. Ю. Конкретизация критериев оценки степени опасности водных объектов для железнодорожного транспорта // Безопасность движения поездов: Труды 16-й научно-практической конференции. – М.: МИИТ, 2015.
5. Завьялов С. Ю. Технологии мониторинга и защиты железнодорожного пути от внешних воздействий при взаимодействии с окружающей средой // Геодезия, геоинформатика и навигация—XXI век: Тезисы международной конференции. – М.: МИИТ, 2012. – С. 120–122.

Координаты автора: **Завьялов С. Ю.** – zevus1987@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 07.12.2015, принята к публикации 13.01.2016.

