

References:

1. Chemiluminescent definition of cyanide ions. Magazine of analytical chemistry. 2005, volume 60, No. 11. pp. 1157–1163.
2. Rakhmanina Yu.A., Kondratova V.K. Water – the space phenomenon. *Russian Academy of Natural Sciences*. Moscow, 2002. p. 427.
3. Dobrolyubskaya T.S. Luminescent methods of definition of uranium. Science. Moscow, 1968.
4. Nemodruk A.A., Vorotnitskaya I.E. An extraction and luminescent method of definition of uranium in soils, silts and tissues of animals. *Magazine of analytical chemistry*. 1962, Volume 17, Release 4. pp. 481–485.
5. Bakurov V.G., Lutsenko I.K., Shashnina N.N. Radioactive waste of the uranium plants. Atomizdat. Moscow, 1965.
6. Lukyanov V.F., Savin S.B., Nikolskaya I.V. Photometric determination of micro amounts of uranium with reagent arsenazo III. *Magazine of analytical chemistry*. 1960, Volume 15. Release 3. pp. 311–314.
7. Nuclear and geographical methods in geology: Collection of scientific works. *Science*. Novosibirsk, 1975.
8. Picer M., Stronal P. Determination of Thorium and Uranium in Biological Materials. *Analytical chin. Acta*. 1968, Volume 40, No. 1, pp. 131–136.
9. Carpenter B.S., Cheec C.H. Trace Determination of Uranium in Biological Material by fission track counting. *Analytical Chemical*. 1970. Volume 42, No. 1. pp. 121–123.
10. Alain A.O. Radiation chemistry of water and water solutions. *Gosatomizdat*. Moscow, 1963.
11. Pikaev A. K. Modern radiation chemistry: Radioliz of liquids and gases. *Science*. Moscow, 1986.
12. Iskra A.A., Bakhurov V.G. Natural radionuclides in the biosphere. *Energoatomizdat*. Moscow, 1981. 124 p.
13. Lo Sh., Li V. Nanostructures in very diluted water solutions. *Russian chemical magazine*. 1999, Volume 43, No. 5. pp. 40–48.
14. Katz J., Sibborg G., Morss M. Chemistry of actinoids. World. 1991, Volume 1. 525 p.
15. Ernestova L. S., Skurlatov Yu. I. Education and transformations of free radicals OH * and O2-(*) in natural waters. *Magazine of physical chemistry*. 1995, Volume 69, No. 7. pp. 1159–1166.
16. Kulinkovich A.V., Gumenyuk V.I. A research of a self-induction of oxygen's active forms in water solutions of compounds of uranium. Scientific and technical sheets St. Petersburg polytechnical university. 2013, No. 183-1. pp. 359–369.
17. Kulinkovich A.V., Gumenyuk V.I. Influence of natural electromagnetic fields on generation of active forms of oxygen in water solutions of uranyl. Scientific and technical sheets of St. Petersburg polytechnical university. 2012, No. 4. pp. 210–220.

Анализ опасности воздействия поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций на городской территории

Н.В. Сакова

к.т.н., доцент кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича; Санкт-Петербург

e-mail: nat.sakova@mail.ru

С.А. Панихидников

к.воен.н., заведующий кафедрой Экологии и безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича; Санкт-Петербург

Аннотация. В статье произведен анализ возможных техногенных чрезвычайных ситуаций на территории г. Рыбинска Ярославской области. Выполнено моделирование аварий на химически опасных и взрывопожароопасных объектах города с представлением зон химического заражения и разрушения.

Ключевые слова: качество городской среды, техногенная чрезвычайная ситуация, опасный объект, авария.

Современное развитие городских территорий, связанных со строительством и вводом в эксплуатацию объектов хозяйственного, жилого и социального назначения, требует создания качественной городской среды. Одним из условий, определяющих качество городской среды, является безопасность и защищенность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях (далее ЧС).



В Российской Федерации насчитывается около 45 тыс. потенциально опасных производственных объектов различного типа и ведомственной принадлежности. Согласно статистике, более половины населения России проживает в непосредственной близости от опасных производственных объектов, и при возникновении аварий на данных объектах около 80 млн человек попадает в зону поражения. В связи с этим условие обеспечения безопасности в ЧС является не только существенным показателем качества городской среды, но и необходимым условием сохранения жизни и здоровья людей.

Целью данной работы является анализ опасности воздействия поражающих факторов техногенных ЧС на территории жилой застройки, нахождения культурных, образовательных учреждений в различных районах города Рыбинска Ярославской области.

Город Рыбинск является промышленным центром, а также транспортным узлом с численностью населения на 01.01.2012 года 198,1 человек. В городе имеется 53 крупных и средних предприятия.

Ведущими отраслями промышленности являются: машиностроительная, электротехническая, судостроительная, деревообрабатывающая и легкая. Производятся авиационные двигатели, дорожные машины, газовые турбины, суда класса «река-море», электротехническая и кабельная продукция, мебель, хлебобулочные изделия, продукция мясной переработки. На территории города расположены элеваторы для хранения зерна, а также базы для хранения и отпуска нефтепродуктов. На территории города находятся 12 потенциально опасных объекта экономики.

Рассмотрим возможные техногенные ЧС на территории города, приводящие к наиболее тяжелым последствиям.

Химические аварии

В настоящее время на территории города имеется пять химически опасных объектов, из которых один располагается на территории промышленной площадки крупнейшего предприятия города, остальные – на территории городской застройки.

Таблица 1.

Перечень потенциально опасных объектов г. Рыбинска

№№ п/п	Адрес	Наименование организации	Примечание
1	г. Рыбинск, Ярославский тракт, д. 69	МУП «Водоканал», очистные сооружения канализации	хлор, до 42 т, очистка канализационных стоков
2	г. Рыбинск, пр. Ленина, д. 163	Аммиачная станция цеха № 4	аммиак, до 11,4 т
3	г. Рыбинск, Волжская наб., д. 10	МУП «Водоканал», очистные сооружения водопровода № 1	хлор, до 12 т, очистка воды
4	г. Рыбинск, пр. Ленина, д. 168	МУП «Водоканал», очистные сооружения водопровода № 2	хлор, до 19 т, очистка воды
5	г. Рыбинск, Шекснинское ш., д. 11	МУП «Водоканал», очистные сооружения канализации	хлор, до 2 т, очистка воды
6	г. Рыбинск, ул. Серова, д. 89	ОАО «Рыбинский завод приборостроения», мазутохранилище	мазут
7	г. Рыбинск, ул. Чебышева, д. 2	ОАО «Газпромнефть-Ярославль», Рыбинская перевалочная нефтебаза	нефтепродукты, нефть
8	г. Рыбинск, Ярославский тракт	ФГУ комбинат «Темп», ЦОУ Российского агентства по государственным резервам	светлые нефтепродукты, дизельное топливо
9	г. Рыбинск, пр. 50 лет Октября, д. 60	Открытое акционерное общество «Рыбинсккабель»	ГСМ
10	г. Рыбинск, Черемховская гавань, д. 1	Открытое акционерное общество «Рыбинский комбинат хлебопродуктов»	природный газ, пыль зерновая, мучная,
11	г. Рыбинск, ул. Чебышева, д. 1	Открытое акционерное общество «Рыбинский мукомольный завод»	пыль зерновая, мучная
12	г. Рыбинск, ул. Вяземского, д. 31	ОАО «РусГидро», «Каскад Верхневолжских ГЭС» Рыбинская ГЭС	4550 км ² ; 16,67 км ³

На химически опасных объектах города хранятся десятки тонн хлора и аммиака. Разрушение емкостей или технологических линий с АХОВ повлечет за собой образование очагов химического заражения. Господствующий ветер в приземном слое – юго-западный, азимут 220 градусов. Наибольшая опасность для населения города возникает в случае аварий на предприятиях, имеющих АХОВ, при ветре северного и юго-восточного направлений. Ориентировочные максимальные размеры зоны химического заражения АХОВ в опасных для жизни людей пределах в городе составит при аварии одновременно на всех химически опасных объектах:

- площадь заражения г. Рыбинска – 72,4 км²;
- глубина распространения облака – от 0,4 до 4,8 км;
- население в зоне возможного заражения – 122,7 тыс. чел.;
- нарушены условия жизнедеятельности – до 25000 чел.

Ориентировочные потери населения:

- безвозвратные – 1,2 тыс. чел.;
- санитарные – 2,1 тыс. чел.

в том числе:

- тяжелой и средней тяжести – 700 чел.;
- легкие – 1,4 тыс. чел.

При аварии на одном химически опасном объекте площадь очага химического заражения составит до 23,4 км² в городе. Глубина распространения составит от 0,4 до 4,8 км. В зону заражения попадет до 40 тыс. чел.

Ориентировочные потери населения:

- безвозвратные – от 50 до 450 чел.;
- санитарные – 917 чел.

в том числе:

- тяжелой и средней тяжести – от 0,15 до 0,45 тыс. чел.;
- легкие – от 0,3 до 0,47 тыс. чел.

Рассмотрим более подробно химически опасные объекты города, располагающиеся рядом с жилыми районами. Анализ расположения зон химического заражения проводится в соответствии с Методикой РД 52.04.253-90 [1]. Исходные данные для прогнозирования масштабов заражения АХОВ: общее количество химически опасного вещества на объекте и характер их разлива («свободно», «в поддон», «в обваловку»). Метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м, степень вертикальной устойчивости воздуха.

Для анализа выбираем наиболее неблагоприятное направление ветра, при котором ядовитые облака будут двигаться на жилые микрорайоны. Расчетное время приближения ядовитых облаков к жилым микрорайонам города составляет от 5 до 12 мин. для различных химических объектов. Рас-

чет глубины и площади зоны химического заражения производился по истечении одного часа после аварии. Для расчета брались средние годовые значения скорости ветра в городе – 3 м/с, средние значения температуры в городе 3,8 °С, степень вертикальной устойчивости атмосферы – инверсия. С изменением скорости ветра, температуры и времени, прошедшего после аварии, глубина и зона химического заражения будут изменяться, достигая указанных выше величин. Моделирование зон возможного химического заражения при аварии на химически опасных объектах города для различных метеорологических условий производилось в соответствии с [2].

На рис. 1 представлено расположение зон химического заражения при авариях на объекте № 2 (табл. 1), расположенном на территории крупного промышленного предприятия. На рис. 2 представлены зоны химического заражения для объекта № 3, расположенного в центральной, исторической части города. Зоны химического заражения, соглас-



Рис. 1. Расположение зон химического заражения местности при аварии на объекте № 2



Рис. 2. Расположение зон химического заражения местности при аварии на объекте № 3

но модели, изображены в виде сектора, растянутого по направлению ветра. Модели созданы с учетом различного направления ветра. Для графического представления результатов моделирования использовалась среда *Yandex*-карты.

Моделирование аварий на химических объектах города позволяет сделать вывод, что практически все жилые районы города, в зависимости от направления ветра, попадают в зону химического заражения. Исключение составляют только отдаленные районы города при условии возникновения аварии только на одном объекте. При самой неблагоприятной ситуации с одновременным возникновением аварий на всех объектах и малых скоростях ветра вся городская территория попадает в зону заражения.

Аварии на гидротехнических сооружениях

Город Рыбинск расположен на правом и левом берегу Волги. Отметки поверхности земли от 85 до 103 м. Катастрофическое затопление возможно при прорыве в земляной плотине Волжского створа.

Аварии при взрывах и пожарах

В городе функционирует несколько предприятий с повышенной пожароопасностью. При разрушении емкостей с пожароопасными веществами возможно образование зон взрыво-опасных кон-

Внезапное разрушение напорного фронта гидросооружений сопровождается интенсивным изливом воды из верхнего бьефа, уровень воды в Волге в черте города может достигнуть отметки 95,0 м. Время от момента образования прорыва до подъема уровня воды в городе составит один час. Максимальный подъем воды ожидается через 24 часа до 94,7 м. В последующие сутки уровень воды в ЗВКЗ достигнет отметки 95,0 м (48 час.). Левобережная часть территории города будет затоплена на 1...2%, правобережная на 1...1,5%.

Полный спад воды ожидается через 30 суток.

Ущерб промышленного производства при катастрофическом затоплении из-за остановки производства составит до 30 млн рублей, из-за разрушения технологических линий, зданий, сооружений, жилых домов ущерб составит более 125 млн рублей. В зону затопления может попасть шесть организаций с общим числом работающих более 2700 человек.

В зону затопления могут попасть до 6 тыс. человек населения, затраты на эвакуацию которых и восполнение ущерба составят около 4 млн 753 тыс. рублей. Социальный ущерб – до 30 человек погибших, около 345 человек, которым будет причинен вред здоровью. Общая площадь затопления составит 3,7 км².

Общий материальный ущерб может составить 509 500 000 рублей.

В зону затопления в правобережной части города попадают районы города, расположенные по берегу Волги и вдоль русла малых рек – Черемухи, Коровки. В левобережной части в зону затопления попадают прибрежная территория вдоль Волги и устья Шексны.

центраций паров газа в воздухе с эффектом объемного взрыва, который может привести к поражению людей и большому материальному ущербу. Также возможно возникновение массового пожара на площади в несколько сотен кв. км, с населением до нескольких тысяч человек.

При возникновении крупных очагов пожаров в городе (на пожаро-, взрывоопасных предприятиях) ущерб промышленного производства может составить от 15 млн до 1 млрд рублей.

Аварии на опасных объектах №№ 6, 7, 8, 9 (табл. 1) с хранящимися горючими и легковоспламеняющимися жидкостями относятся к классу объемных взрывов с наличием двух зон действия: детонационной волны и ударной волны. Зона действия детонационной волны представляет собой полусферу с границами испарившегося горючего вещества. В этой зоне имеют место полные разрушения зданий, сооружений, оборудования. За границами детонационной зоны идет распространение ударной волны. Величина избыточного давления во фронте ударной волны определяет возможные разрушения объектов и поражение людей.

Для анализа рассмотрим возможную ЧС на объекте № 8 с наибольшим запасом жидких горючих веществ в городе. Для расчета принимаем массу горючих веществ на объекте 100 т. Расчет величин избыточного давления при взрыве ΔP_{ϕ} кПа для точек, расположенных на различном расстоянии R от объекта проводился по следующим эмпирическим зависимостям.

$$\Delta P_{\phi} = 233,3 / (\sqrt{1+29,8 k^3} - 1), \text{ кПа при } k < 2,$$

и

$$\Delta P_{\phi} = 22 / (k \sqrt{\lg k + 0,158}), \text{ кПа при } k > 2,$$

где $k = 0,014 R/Q^{1/3}$,

где Q – масса жидких горючих веществ, т.

Расчет выполнялся для самого неблагоприятного сценария ЧС, при котором все количество вещества будет выброшено в окружающую среду. На рис. 3 представлена территория, прилегающая к объекту № 8, при аварии на котором величина расчетного избыточного давления равна либо больше 20 кПа. Избыточное давление более 20 кПа вызывает поражение людей и является границей зоны слабых и средних разрушений объектов на территории. При этом в зону полных разрушений и крайне тяжелых поражений людей попадает жилой микрорайон Копяево с частной застройкой и многоквартирными домами.

Аварии на всех видах транспорта

Город Рыбинск является крупным узлом транспортного сообщения Ярославской области, име-

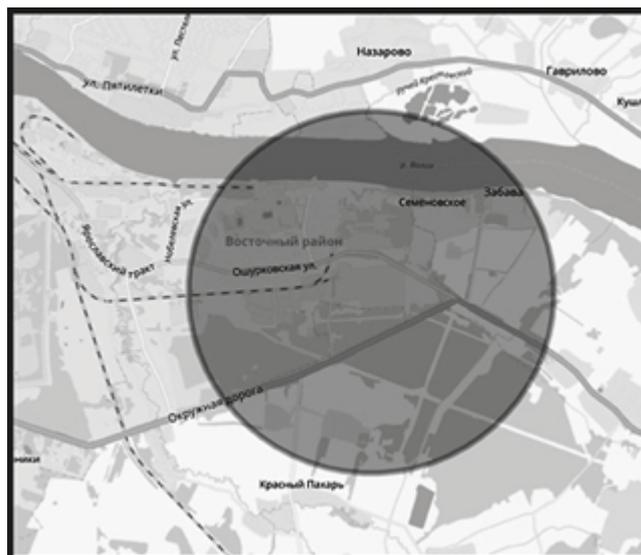


Рис. 3. Расположение зоны разрушения при взрыве на объекте № 8

ющим местное и региональное значение. На территории города имеется три станции, на которых выгружаются, загружаются и следуют транзитом вагоны с АХОВ или другими опасными грузами.

Общая протяженность железнодорожных путей составляет 78,5 км, в том числе: Рыбинск-товарная – 44,2 км; Рыбинск-пассажирская – 34,3 км; магистральных путей – 9 км.

Все станции железнодорожного узла расположены в городской черте Рыбинска, удалены от жилых массивов на расстояние 200...500 метров.

В среднем в сутки на станции железнодорожного узла поступает (отправляется) 343 вагона.

Через Рыбинский железнодорожный узел осуществляются перевозки 220 видов АХОВ и ЯТЖ. В целях ликвидации последствий разгерметизации цистерн с ядовитыми техническими жидкостями и АХОВ оборудовано две площадки отстоя вдали от жилых массивов. Выгрузка опасных грузов производится на подъездных путях, примыкающих к станциям назначения.

Основной станцией является ст. Рыбинск-пассажирская, на базе которой созданы все аварийные службы, обслуживающие все железнодорожные станции города.

ЧС на железнодорожном транспорте может возникнуть в результате:

- крушения и аварий товарных поездов;
- крушения и аварий пассажирских поездов;
- аварий с выбросом АХОВ, с разливом ЛВЖ;
- пожаров и взрывов.

Особую опасность вызывают аварии при крушении пассажирских поездов и разливе АХОВ при повреждении цистерн. При повреждении цистерн с АХОВ образуются очаги химического заражения, которые представляют наибольшую опасность для



населения города. Зона возможного химического заражения может достигнуть 30 км² с населением до 71 тыс. чел.

При химической аварии на железной дороге в зоне заражения оказываются расположенные рядом жилые районы Скоморохова гора и Веретье с самой большой плотностью населения города.

На реке Волга в средней части города расположен Речной порт. Аварии в порту могут привести к сильным взрывам с интенсивным горением с высокой температурой. Кроме того, возможен вылив нефтепродуктов с загрязнением водной акватории.

АХОВ и взрывоопасные грузы речным транспортом в черте города не перевозятся.

Наличие в г. Рыбинске развитой сети железных, автомобильных дорог и водных путей сообщения, по которым перевозится большое количество химических, взрывоопасных грузов, создает угрозу для возможных аварий и катастроф, но в то же время позволяет оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации, возникающие в городе.

Проведенный анализ воздействия поражающих факторов техногенных ЧС в городе Рыбинске показывает, что в настоящее время расположение селитебных территорий города по отношению к опасным производственным объектам не позволяет обеспечивать безопасность населения в ЧС. Данный показатель, к сожалению, существенно ухудшает качество городской среды. Решение проблемы повышения безопасности и качества городских территорий может идти в двух направлениях. Первое направление связано с повышением безопасности технологических процессов и оборудования опасных объектов, совершенствованием систем аварийной защиты, подготовкой персонала объектов к действиям в условиях ЧС. Второе направление определяется коренным пересмотром планировки городских территорий: выносом опасных объектов за пределы города и сооружением новых объектов вне городской черты. Указанные меры позволили бы не только повысить безопасность в ЧС, но и существенно улучшить экологическую ситуацию в городе, повышая качество городской среды.

Литература

1. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М.: Госгидромет СССР, 1991. 24 с.

2. Сакова Н.В. Моделирование химической аварии на предприятии г. Рыбинска / Н.В. Сакова, А.А. Скрынник // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева. – 2015. – № 2(33). – С. 145–149.

The Analysis of Danger of Striking Factor's Influence of Technogenic Emergency Situations on the Urban Area

N.V. Sakova, candidate of technical sciences, associate professor of the department of ecology and life safety of the St. Petersburg State university of telecommunications named after professor M.A. Bonch-Bruевич; St. Petersburg

e-mail: nat.sakova@mail.ru

S.A. Panikhidnikov, candidate of militarys, head of the department of ecology and life safety of the St. Petersburg State university of telecommunications named after professor M.A. Bonch-Bruевич; St. Petersburg

Summary. The article analyzes possible technogenic emergency situations in the territory of Rybinsk, Yaroslavl Region. The simulation of accidents at chemically dangerous and explosive and fire hazardous objects of the city with the presentation of zones of chemical contamination and destruction was performed.

Keywords: quality of urban environment, technogenic emergency situation, dangerous object, accident.

References:

1. RD 52.04.253-90. A technique for predicting the extent of contamination with potent poisonous substances in case of accidents (destruction) at chemically hazardous objects and transport. *Gosgidromet of the USSR*. Moscow, 1991. 24 p.

2. Sakova N.V., Skrynnik A.A. Modeling of a chemical accident at the Rybinsk plant. *Bulletin of the Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov*. 2015, No. 2(33). pp. 145–149.