

# Системно-динамическая модель информирования населения при аварии на химически-опасном объекте

Р.А. Дурнев, А.С. Котосонова, Р.Л. Галиуллина

**Аннотация.** Представлена модель действий населения при аварии на химически-опасном объекте с учетом уровня информированности людей. Модель позволяет определять рациональную частоту рассылки сообщений, реализуемых с помощью сервисов сотовой связи, и оценить вклад информирования в реализацию защитных мероприятий. Результаты моделирования будут положены в основу рекомендаций по информированию различных категорий населения в условиях чрезвычайных ситуаций.

**Ключевые слова:** системная динамика, авария, химически опасный объект, вероятность поражения, информирование населения, сообщение, защитные действия.

При угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций (далее - ЧС) одним из возможных путей оповещения населения является использование технологий рассылки сообщений на сотовые телефоны с помощью сервисов SMS, Live Screen, Cell Broadcast и др.

Основные проблемы реализации данного пути связаны не с организационно-техническими аспектами, а с психофизиологическим и психосемантическим характером мотивации населения к приему сообщений, их правильно-му восприятию, осмыслению и инициированию к последующим действиям по защите в ЧС [1].

В работе [2] сформулирована научная задача по обоснованию рациональных параметров текстовых сообщений сотовой связи для оповещения населения при ЧС и описан подход к её решению. Суть его заключается в том, что процесс информирования населения представляется в виде «черного ящика». В качестве его «входа» рассматриваются контролируемые факторы, определяемые параметрами ЧС и ха-

рактеристикой реципиента информации, неопределенные факторы, связанные со случайным характером ЧС и нечёткостью восприятия информации, и управляющие факторы, включающие параметры текстового сообщения, а в качестве «выхода» - риск поражения населения при реализации действий по защите после получения сообщения. Варьируя управляющими факторами при фиксировании контролируемых и учете неопределенных факторов, можно определить рациональные параметры сообщения для каждого типа ЧС и группы населения.

Для реализации данного подхода было проведено практическое исследование, в ходе которого выполнялся социологический опрос студентов МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского с разными уровнями подготовки в области безопасности жизнедеятельности [3]. В ходе опроса студентам раздавались анкеты, состоящие из двух частей - вводной информации о ЧС и перечнем защитных действий, из которого они, в соответствии с вводной информацией, должны

были выбрать правильные. После обработки результатов опроса были сформулированы рациональные текстовые сообщения для повышения безопасности действий людей в условиях ЧС (на примере аварии на химически опасном объекте (далее - ХОО)).

Разработанный в [1-3] подход позволяет обосновать рациональные параметры тестовых сообщений, но, к сожалению, с помощью него невозможно определить другие параметры информирования населения при ЧС. Так, например, неизвестна частота рассылки данных сообщений (количество в единицу времени) для различных категорий населения и видов чрезвычайных ситуаций. Очевидно, что недостаточная частота не позволит доводить до населения актуальную информацию о развитии опасности, изменениях обстановки, текущем характере и направлении действия поражающих факторов (далее - ПФ), мерах, предпринимаемых спасательными службами, и т.п. По этой же причине может быть не достигнута требуемая степень усвоения информации из-за малого количества её повторов.

В то же время избыточное количество сообщений будет отвлекать человека от правильных действий в условиях жесткого дефицита времени при угрозе или воздействии ПФ, осложнять понимание сообщений в случае даже незначительного изменения их содержания (особенно при слабом уровне подготовки), запутывать его поведение при неизбежных противоречиях в семантике этих сообщений и т.п.

В качестве примеров для конкретизации данной проблемы можно взять информирование населения при землетрясении и аварии на ХОО. Так, при землетрясении, поражающие факторы действуют практически мгновенно и приводят к массовым повреждениям и разрушениям зданий и сооружений, гибели людей, блокированию их в завалах, состоящих из обломков строительных конструкций. При отсутствии угрозы повторных сейсмических толчков обстановка в зоне землетрясения, как правило, изменяется незначительно и в основном в сторону ее улучшения (локализуются пожары и тления в завалах, деблокируются и извлекаются пострадавшие, разбираются завалы, укрепляются неустойчивые конструкции зданий). В

этом случае нет необходимости в плотном потоке предупреждающей информации, достаточно отдельных сообщений о правилах поведения при возможных повторных толчках, местах нахождения пунктов жизнеобеспечения, спасательных служб.

При аварии на ХОО, связанной с проливом или выбросом аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ), образуются первичные и, в ряде случаев, вторичные облака зараженного воздуха. Параметры образования этих облаков случайны, что определяется видом и количеством вещества, условиями его хранения, состоянием атмосферы, подстилающей поверхностью, характером мер безопасности на объекте и многими другими факторами. Еще в большей степени случайны траектории движения этих облаков, зависящие, в том числе, от атмосферной устойчивости приземных слоев воздуха, направлений ветра на различных высотах, рельефа местности, характера застройки (геометрических форм, размеров, высот зданий и сооружений, плотности застройки), воздушных потоков в населенных пунктах и др. В связи с динамическим характером указанных случайных факторов обстановка в зоне заражения часто меняется (например, при изменении направления или скорости приземного ветра иными становятся траектория и характер движения облака АХОВ). В этом случае поток информирования должен быть более плотным – сообщения должны отражать основные изменения обстановки в зоне заражения, предписывать адекватные меры защиты, предупреждать панические настроения в условиях дефицита информации.

Кроме того, рассмотренный в [1-3] подход не позволяет оценить отдельные психофизиологические и психосемантические аспекты «обработки» человеком предупреждающей информации – закономерности её понимания, усвоения, реализации последующих действий, не понятен их общий вклад в реализацию защитных мер и многое другое.

При этом необходимо отметить наличие нелинейных связей (между числом сообщений, например, и правильностью действий по защите от ПФ), обратных связей (увеличение потока информации может привести к ухудшению

процесса ее понимания), а также различных задержек, опозданий в реализации защитных мероприятий из-за затрат времени на осмысление сообщений и т.п.

В связи с этим, для обоснования рациональной частоты рассылки сообщений с предупреждающей информацией, оценки влияния психофизиологических и психосемантических аспектов её восприятия и усвоения, представляется целесообразным использование метода системной динамики [4-7], позволяющего учитывать изменения в сложных системах, обусловленные обратными, нелинейными связями и связями с задержкой.

В соответствии с указанным методом, сложная система представляется в виде уровней какого-либо ресурса, потоков этого ресурса и темпа потока ресурсов (Рис.1).

Уровни характеризуют текущие значения ресурса внутри системы и представляют собой значения переменных, накопленные в результате разности между входящими и исходящими потоками. Для оценки влияния информирования населения на его безопасные действия в ЧС необходимо рассмотреть уровни населения в различных состояниях (не поражено, поражено, спасено и т.п.) и информированности об опасности и порядке действий.

Сами потоки характеризуют перемещение ресурса от одного уровня к другому (например, населения из состояния «поражено» в состояние «спасено»), а темпы потоков – скорости изменения уровней, перемещающие содержимое одного уровня к другому. Применительно к решаемой задаче темпы потоков измеряются в количестве человек и числе сообщений в единицу времени.

Регуляторы темпа потока (функции решений) имеют, как правило, форму уравнений, определяющих реакцию потока на состояние одного или нескольких уровней, и обеспечивают заданный темп потока. Например, темп «потока людей» из уровня «поражено» в уровень «спасено» зависит, в том числе, и от правильности действий населения.

В этой связи, в рассматриваемом методе динамику поведения сложной системы можно свести к изменению значений уровней, а сами изменения регулировать потоками, наполняю-



Рис. 1. Гидродинамическая аналогия метода системной динамики

щими или исчерпывающими уровни. Все изменения в системе обуславливаются «петлями обратной связи», соединенными в большинстве случаев нелинейно. Под данными петлями понимают замкнутые цепочки взаимодействий, которые связывают результаты с исходными действиями [5]. При этом, если изменение исходного действия вызывает не пропорциональное изменение результата, связь нелинейная. Аналогично, если увеличение исходного действия вызывает увеличение результата, то обратная связь положительная, в противном случае – отрицательная.

В соответствии с условными обозначениями, принятыми в методе системной динамики, потоки и уровни можно представить так, как показано на Рис.2.

С учетом Рис.2 функциональное уравнение уровня можно представить следующим образом [8]:

$$S(t) = S(t_0) + \int_{t_0}^t (X(t) - Y(t)) dt, \quad (1)$$

где  $S(t)$  – уровень ресурса в момент времени  $t$  (количество человек или число сообщений, чел. или ед.);

$S(t_0)$  – уровень ресурса в момент времени  $t_0$  (чел. или ед.);

$X(t)$  – темп входящего потока (чел./ед.времени или ед./ед.времени);

$Y(t)$  – темп выходящего потока (чел./ед.времени или ед./ед.времени), или в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{dS(t)}{dt} = X - Y. \quad (2)$$



Рис. 2. Схема представления потоков и уровня в методе системной динамики (потоко-уровневая модель)

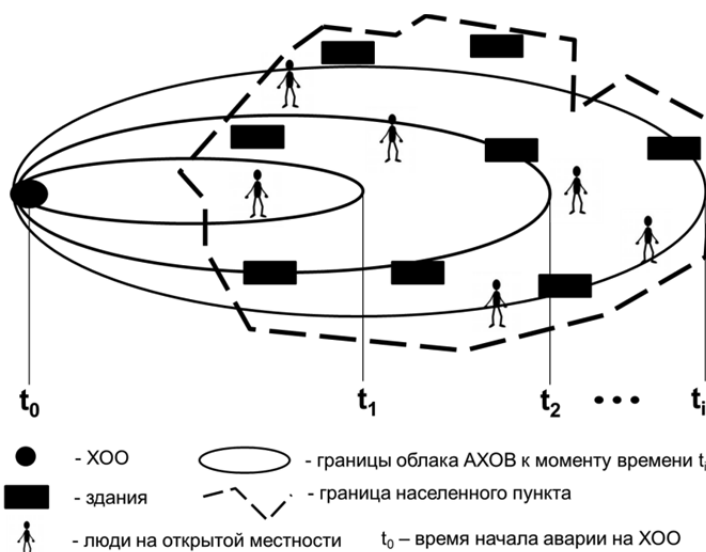


Рис. 3. Схема распространения облака АХОВ по территории населенного пункта

Метод системной динамики включает ещё такие понятия, как задержки (предназначенные для имитации задержки потоков и характеризующиеся средним временем запаздывания), каналы информации (соединяющие функции решений с уровнями), вспомогательные переменные (располагаемые в каналах информации между уровнями и функциями решений, определяющие некоторую функцию и имеющие размерность уровней либо темпов) и др. [7].

Построение потоко-уровневой модели в рамках метода системной динамики осуществлялось для случая информирования населения (путем рассылки сообщений) при аварии на ХОО, динамика изменений которой условно представлена на Рис. 3.

В соответствии со схемой на Рис.3 при построении потоко-уровневой модели приняты следующие исходные положения, предпосылки и допущения:

- при аварии на ХОО происходит пролив на подстилающую поверхность и последующее длительное испарение АХОВ ингаляционного действия с образованием облаков зараженного воздуха;

- с учетом направления ветра облако зараженного воздуха передвигается в сторону населенного пункта с постоянной скоростью;

- количество людей в населенном пункте постоянно, люди находятся как в зданиях, так и на открытой местности;

- концентрация АХОВ в воздухе зоны заражения практически не меняется в рамках времени моделирования и соответствует выходящей из строя дозе ( $ICt_{100}$ ), т.е. количеству вещества ингаляционного действия, вызывающему при попадании в организм выход из строя 100% пораженных как временно, так и со смертельным исходом [9];

- в случае, если пострадавшему предоставляются необходимые защитные меры в рамках само- и взаимопомощи, то он считается спасенным, в противном случае наступает летальный исход;

- мероприятия по защите населения, выполняемые силами РСЧС или ГО, не рассматриваются;

- в сообщениях, рассылаемых населению на сотовые телефоны, доводится информация об опасности и мерах по защите от неё.

С учетом этого потоко-уровневая модель действий населения схематично может быть представлена в виде, показанном на Рис. 4.

На Рис.4 показаны некоторые обратные связи (положительные, обозначенные знаком «+», и отрицательные, знаком «-»), смысл которых заключается в следующем:

А - чем больше населения поражено, чем выше темп его гибели;

Б - чем больше населения не поражено, чем выше темп его спасения;

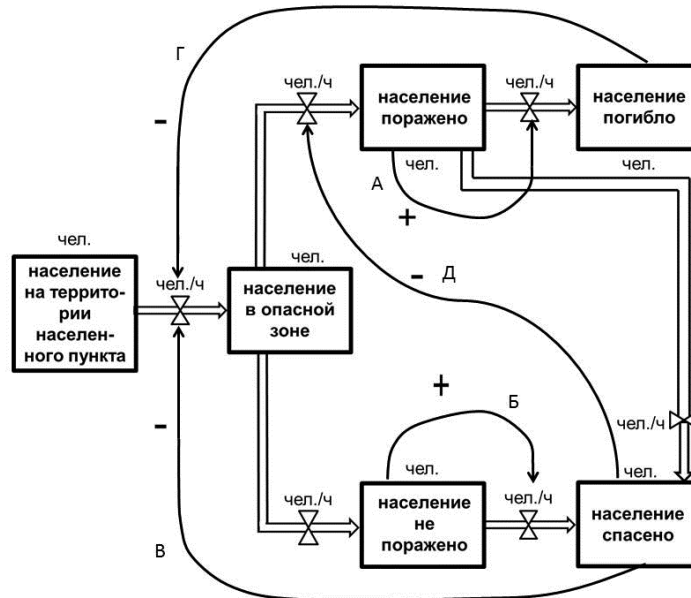


Рис. 4. Схема потоков и уровней процесса действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО

В, Г – чем больше населения погибло или спасено, тем меньше темп его попадания в опасную зону;

Д – чем больше населения спасено, тем меньше темп его поражения и др.

Схема потоко-уровневой модели информирования показана на Рис. 5.

«Облачка» слева и справа схемы на Рис. 5 символизируют внешний, неограниченный в рамках модели, источник ресурса (в гидродинамической аналогии, например, водоем, море и т.п.).

Рассматривая поток из уровня «население на территории н/п» в уровень «население в опасной зоне» (Рис. 4) следует отметить, что на темп этого потока влияет, прежде всего, скорость распространения зараженного облака по территории населенного пункта и плотность населения. Т.е. чем быстрее будет распространяться облако и выше плотность населения, тем больше будет соответствующий темп опасности для людей. Данная величина должна иметь ту же размерность, что и регулятор потока для рассматриваемых уровней – человек в час. Для этого вспомогательную переменную «темп опасности», влияющую на регулятор потока из уровня «население на территории н/п» в уровень «население в опасной зоне» можно найти, как

$$\tau_{on} = \rho_n \cdot V_{axov}, \quad (3)$$



Рис. 5. Схема потоков и уровней процесса информирования населения

где  $\tau_{on}$  - темп опасности, чел./ч;

$\rho_n$  - плотность населения, чел./км<sup>2</sup>;

$V_{axov}$  - площадная скорость распространения АХОВ, км<sup>2</sup>/ч.

Указанные положения отражены на Рис. 6.

Знаком « $\Rightarrow$ » на рисунке показана учитываемая в модели временная задержка от момента аварии на ХОО до прихода облака АХОВ в населенный пункт.

Очевидно, что в соответствии с Рис. 4 население в опасной зоне может быть поражено путем токсического воздействия зараженного облака или остаться непораженным. Это будет зависеть как от параметров облака зараженного воздуха (концентрации АХОВ в облаке, время его действия и т.п.), так и от успешности действий населения по защите от ПФ. С учетом этого взаимосвязь вспомогательных переменных, влияющих на регуляторы темпов потоков из уровня «население в опасной зоне» в уровни

«население поражено» и «население не поражено», показана на Рис.7.

Вероятность поражения АХОВ может быть найдена с учетом пробит-функции, например, следующего вида [10]:

$$P_{пор} = A + B \ln(C_{ppm}^n \cdot t_{эксн.}); \quad (4)$$

при этом

$$C_{ppm} = \frac{C \cdot M_{возд}}{1,2M_{вещц}},$$

где  $P_{пор}$  – вероятность поражения АХОВ;

$A, B$  – константы для вычисления пробит-функции общих потерь вследствие воздействия АХОВ;

$C_{ppm}^n$  – концентрация АХОВ в *parts per million*;

$n$  – показатель степени, характеризующий механизм воздействия и природу АХОВ;

$t_{эксн.}$  – время действия (экспозиции) АХОВ, мин. (ч);

$C$  – концентрация АХОВ, мг/м<sup>3</sup>;

$M_{возд}$  – молекулярная масса воздуха (принимается равной 29);

$M_{вещц}$  – молекулярная масса вещества.

Вероятный темп поражения АХОВ ( $\tau_{вер}$ ) будет находиться по следующей зависимости:

$$\tau_{вер} = \tau_{он} \cdot P_{пор}. \quad (5)$$

В свою очередь интегральный темп поражения определяется, как

$$T_{пор} = \tau_{вер} (1 - P_{дейст}), \quad (6)$$

где  $T_{пор}$  – интегральный темп поражения населения, чел./ч;

$P_{дейст}$  – вероятность правильных действий населения по защите от ПФ.

Из Рис. 7 видно, что вспомогательная переменная «интегральный темп поражения» соединена положительной обратной связью с регулятором темпа потока из уровня «население в опасной зоне» в уровень «население поражено» (чем больше значение переменной, тем выше темп потока) и отрицательной обратной связью с регулятором темпа потока из уровня «население в опасной зоне» в уровень «население не поражено» (чем больше значение переменной, тем ниже темп потока).

Рассматривая вспомогательную переменную «вероятность правильных действий», следует



Рис. 7. Схема влияния на регуляторы темпа потоков из уровня «население в опасной зоне» в уровни «население поражено» и «население не поражено»

отметить, что на её величину влияет, прежде всего, уровень информированности населения по характеру опасности и защитным мероприятиям. В этой связи в общую модель процесса действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО следует включить в качестве элемента потоко-уровневую модель информирования, уровень в которой измеряется в количестве сообщений, а темп потока – количестве сообщений в единицу времени. Для того, чтобы модель процесса действий населения непротиворечиво сочеталась с моделью информирования, необходимо, чтобы все вспомогательные переменные, влияющие на «вероятность безопасных действий», учитывали бы количество сообщений.

При этом очевидно, что как избыточное, так и недостаточное количество сообщений негативно влияет на безопасность действий населения при аварии на ХОО. Так, чрезмерное количество информации для населения, сложной в семантическом плане, уменьшает степень её понимания. Для учета этого в модели возможно использование следующей ориентировочной зависимости вероятности правильного понимания информации [11]:

$$P_{пон} = e^{-\frac{k}{t_{сооб}}}, \quad (7)$$

где  $P_{пон}$  – вероятность правильного понимания информации;

$k$  – количество сообщений, ед;

$t_{сооб}$  – среднее время между сообщениями, ч.

Аналогично, высокая частота информирования населения также негативно влияет на правильность его действий. Это связано с тем, что при приеме сообщения возникают отвращения (потери времени) людей на понимание и усвоение информации. В условиях высокой динамики распространения ПФ аварии на ХОО это может послужить причиной возможного дефицита времени на реализацию действий по защите от них. Учет этого положения в первом приближении возможен с применением следующей формулы:

$$P_{отвл} = k^{-\alpha}, \quad (8)$$

где  $P_{отвл}$  – вероятность отвращения на понимание и усвоение информации;

$k$  – количество сообщений, ед;

$\alpha$  – коэффициент скорости изменения значений вероятности в зависимости от количества сообщений ( $\alpha \leq 1$ ).

В качестве другой вспомогательной переменной, влияющей на «вероятность правильных действий», возможно применение степени (вероятности) усвоения информации ( $P_{усв}$ ). В работах отмечается, что для относительно простой информации степень её усвоения зависит от количества повторов («повторение – мать учения») [12, 13]. И если для предыдущих двух вспомогательных переменных увеличение количества сообщений негативно влияет на действия населения, то рассматриваемая переменная вносит положительный вклад в «вероятность правильных действий». Значения данной переменной удобно определять по формуле [11]:

$$P_{усв} = \frac{1}{1 + e^{-\frac{k}{t_{сооб}}}}. \quad (9)$$

И, наконец, человек может правильно понять и усвоить информацию, но не сумеет реализовать свои знания в конкретных условиях обстановки, т.е. не сможет перейти от знаний к умениям, тем более, к навыкам. Причиной этого может быть слабая практическая направленность его знаний или необходимость других, более глубоких «пластов» знаний. Например, при получении информации о том, что необходимо смочить ватно-марлевую повязку двухпроцентным раствором соды, возможно возникновение затруднений в понимании, что должна представлять собой данная повязка. В

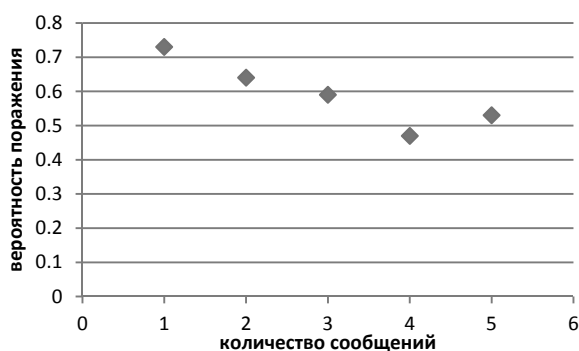


Рис. 8. Вероятность поражения в зависимости от количества сообщений

этой связи необходимо принимать во внимание и такую вспомогательную переменную, как «успешность само- и взаимопомощи после информирования». Величина её может определяться путем:

$$P_{спас} = 1 - P_{пор}, \quad (10)$$

где  $P_{спас}$  – вероятность успешного само- или взаимопомощи после информирования;

$P_{пор}$  – вероятность поражения.

Значения вероятности поражения приведены на Рис. 8 [3].

С учетом сказанного фрагмент модели процесса действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО с учетом уровня информированности показан на Рис. 9.

Следует отметить, что представленные зависимости (7)-(10) носят достаточно общий характер и применимы только для простейших сообщений и условного реципиента информации. Это обусловлено, в свою очередь, общим характером потоко-уровневой модели, не содержащей деталей, связанных с содержанием доводимой информации, формой ее представления, конкретным текстом и т.п., а также предварительными задачами настоящего исследования, направленными на выявление тенденций в процессе информирования. В дальнейшем при получении и интерпретировании результатов моделирования возможно уточнение указанных зависимостей.

Обратные связи от рассмотренных вспомогательных переменных показаны на Рис. 9. С учетом этого значение вероятности правильных действий может находиться из соотношения:

$$P_{дейст} = P_{пон} \cdot P_{отвл} \cdot P_{усв} \cdot P_{спас}. \quad (11)$$



Рис. 9. Фрагмент модели процесса действий населения с учетом уровня его информированности

Строго говоря, сомножители в (11) в определенной степени зависимые события, однако на данном этапе, при отсутствии результатов исследований по закономерностям влияния предупреждающей информации на человека, возможно использование формулы произведения вероятностей независимых событий.

Все указанные выше положения нашли свое отражение на Рис. 10.

Из Рис. 10 видно, что темпы потоков населения различных уровней зависят от следующих вспомогательных переменных:

- от уровня «население на территории н/п» к уровню «население в опасной зоне» - от «темпа опасности»;
- от уровня «население в опасной зоне» к уровням «население поражено» и «население не поражено» - от «интегрального темпа поражения»;
- от уровня «население поражено» к уровню «население спасено» - от «вероятности правых действий».

Таким образом, разработана потоко-уровневая модель процесса действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО с учетом уровня информированности. Её применение в программных средах AnyLogic [6, 7] или других [14] позволит определить рациональную частоту рассылки сообщений, реализуемых с помощью различных сервисов сотовой связи, оценить отдельные психофизиологические и психосемантические аспекты «обработки» человеком предупреждающей информации – закономерности её понимания, усвоения, реализации последующих действий, определить общий вклад в реализацию

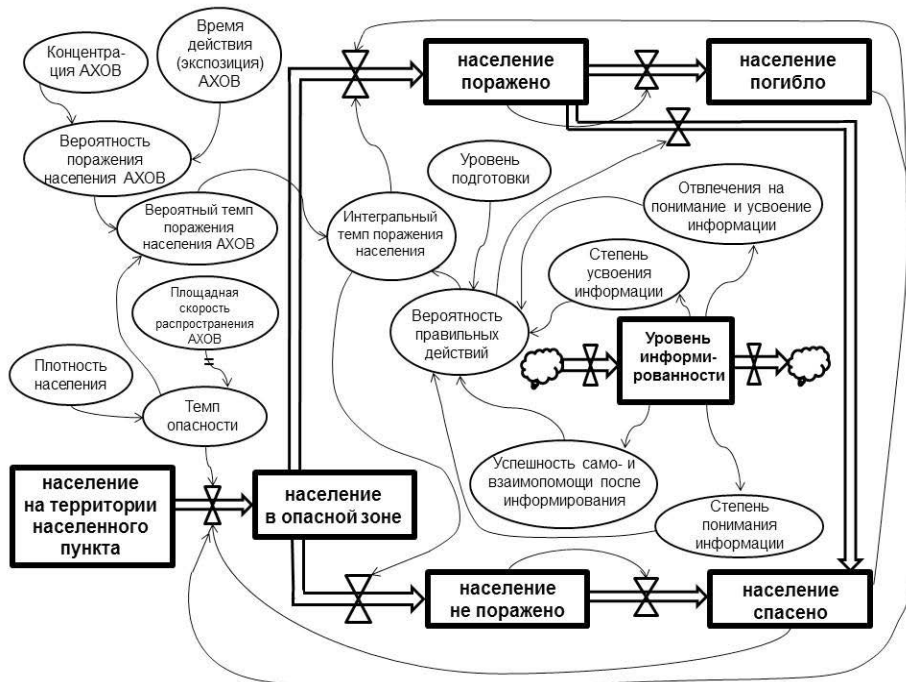


Рис. 10. Схема потоко-уровневой модели процесса действий населения в зоне заражения АХОВ при аварии на ХОО с учетом уровня информированности



правильных защитных мер. Данные результаты будут положены в основу методических рекомендаций по информированию различных категорий населения в условиях чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера.

В следующей статье этой серии будут приведены результаты применения разработанной модели.

## Литература

1. Дурнев Р.А., Котоснова А.С., Лукьянович А.В. Оповещение населения с использованием текстовых сообщений: анализ состояния вопроса. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», вып.3, 2013.
2. Дурнев Р.А., Котоснова А.С., Лукьянович А.В. Оповещение населения с использованием текстовых сообщений: методический подход к обоснованию рациональных параметров. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», вып.4, 2014.
3. Дурнев Р.А., Котоснова А.С., Лукьянович А.В. Оповещение населения с использованием текстовых сообщений: некоторые практические результаты. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», вып.6, 2014.
4. Дж. Форрестер. Основы кибернетики предприятий. М.: Прогресс, 1971.
5. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. Мурманск, НИЦ «Пазори», 2002.
6. Маликов Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6: учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. Уфа: Изд-во БГПУ, 2013.
7. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic. С-Пб.:БХВ-Петербург, 2005.
8. Дурнев Р.А., Мещеряков Е.М. Методические рекомендации по подготовке диссертационных работ. Комиксы для соискателей. Под ред. Акимова В.А. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014.
9. Саноцкий И.В. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия). М.: Медицина, 1970.
10. Pietersen С.М. Consequences of accidental releases of hazardous material. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 1990. Vol. 3, №1. P. 136-141.
11. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности. Под общей редакцией Попова П.А. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), ООО «ИПП Куна», 2009.
12. Психология рекламного влияния. Как эффективно воздействовать на потребителя / Эрик дю Плесси. Пер. с англ. СПб.: Питер, 2007.
13. Кутлалиев, А. Эффективность рекламы / А. Кутлалиев, А. Попов – М.: «Экспо», 2005.
14. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM: Справочник по интерфейсу и функциям. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2001. – 159 с.

**Дурнев Роман Александрович.** Заместитель начальника института Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)). Окончил Московское высшее командное училище дорожных и инженерных войск в 1990 году. Доктор технических наук, доцент. Автор 318 печатных работ, из них 19 монографий. Область научных интересов: поддержка принятия решений в области безопасности жизнедеятельности. E-mail: rdurnev@rambler.ru

**Котоснова Алёна Сергеевна.** Младший научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Окончила МАТИ-РГТУ «Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского» в 2013 году. Автор 24 печатных работ. Область научных интересов: поддержка принятия решений в области безопасности жизнедеятельности. E-mail: kot\_alenka@mail.ru

**Галиуллина Рената Линаровна.** Младший научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Окончила МАТИ-РГТУ «Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского» в 2015 году. Автор 12 печатных работ. Область научных интересов: анализ рисков. E-mail: galiullinarenata@mail.ru