

*Е.В. Вайц*

(МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: vaitcev@yandex.ru)

## **СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*Предлагается классификация системно-динамических моделей информационных воздействий. Описаны базовые модели информационных воздействий, учитывающие различные варианты процессов информационного "заражения". Выполнена реализация моделей в программной среде Anylogic, используя возможности которой с моделями проведены некоторые имитационные эксперименты.*

*Ключевые слова: имитационное моделирование, информационная безопасность.*

*E.V. Vaitc*

## **SYSTEM-DYNAMIC APPROACH TO MODELING INFORMATION INFLUENCES**

*The classification of information influences system-dynamic models is offered. Basic models of informational influences that take into account various variants of information "infection" processes are described. Models are implemented in the Anylogic software environment, using the capabilities of which with the models some simulation experiments were carried out.*

*Key words: simulation modeling, information security.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 5 апреля 2017 г.

### **Введение**

Социальные сети оказывают все большее влияние на формирование информационного поля. Применительно к деятельности служб и подразделений МЧС "проведение эффективных информационных кампаний в социальных сетях способно значительно влиять на формирование общественного мнения, стать дополнительным современным мощным инструментом реализации информационной политики Министерства в целом" [1].

Определим *информационное воздействие (ИВ)* как способ влияния на отдельных индивидов и их группы с использованием различных методов, средств и форм распространения информации.

Исследования в указанном направлении начались достаточно давно, и на текущий момент накоплен достаточно большой теоретический и экспериментальный опыт [2-8]. Разработаны как базовые математические модели ИВ [2-5], так и их различные модификации [6-8].

В настоящей статье приведены результаты систематизации накопленного опыта по разработке математических моделей ИВ, уточнена их классификация и развитие методов имитационного моделирования в данной сфере.

Основными преимуществами имитационного моделирования являются:

- возможность оперативного моделирования значительно большего количества реальных сценариев путём изменения как исходных данных, так и структуры самих моделей;
- возможность выявления наиболее важных факторов, определяющих динамику моделируемых явлений;
- использование весьма сложных причинно-следственных связей между элементами имитационной модели;
- проведение в онлайн-режиме широкого спектра имитационных экспериментов с целью управления реальными процессами.

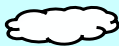
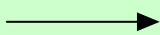
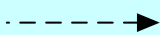



Для исследования ИВ выбран **метод системно-динамического моделирования** – направления в изучении сложных систем, исследующего их состояния во времени в зависимости от структуры элементов системы и взаимодействия между ними. С использованием подходов системной динамики построены модели бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемий [9].

Метод обоснован и впервые реализован Дж. Форрестером в 1950 годах. Основные переменные системно-динамических моделей – уровни и темпы. **Уровни** характеризуют накопления внутри системы (размер социума, материальные и финансовые средства и т.п.). **Темпы** показывают, с какой скоростью изменяются уровни.

Модели системной динамики используют особую технику графического описания структур исследуемых систем – системные потоковые диаграммы [9]. Табл. 1 содержит основные символы системных потоковых диаграмм, их обозначения и практическое использование.

Таблица 1

**Основные символы системных потоковых диаграмм**

Название	Условное графическое обозначение	Назначение и использование
Облако		Обозначает истоки и стоки потоковой сети, находящиеся за границами моделируемой системы – как начало входящего потока, так и конец исходящего потока
Потоковая связь		Соединяет уровни с уровнями, с истоками и стоками
Информационная связь		Отражает информационные связи диаграммы
Уровень		Характеризует накопления внутри системы, отражающие разности между входящими и исходящими потоками
Темп		Обозначает скорость потока, проходящего по соответствующей дуге потоковой сети
Вспомогательная переменная		Определяет некоторую реальную функцию, характеризующую изменения моделируемых факторов

## Классификация системно-динамических моделей информационных воздействий

Ниже приведён граф, отражающий классификацию системно-динамических моделей ИВ (рис. 1). Введённая классификация моделей ИВ включает 16 моделей: SY-модель, SYR-модель, SLY-модель, SLYR-модель, OSY-модель, SYS-модель, OSYS-модель, OSLY-модель, SLYS-модель, OSLYS-модель, OSYR-модель, SYRS-модель, OSYRS-модель, OSLYR-модель, SLYRS-модель, OSLYRS-модель.

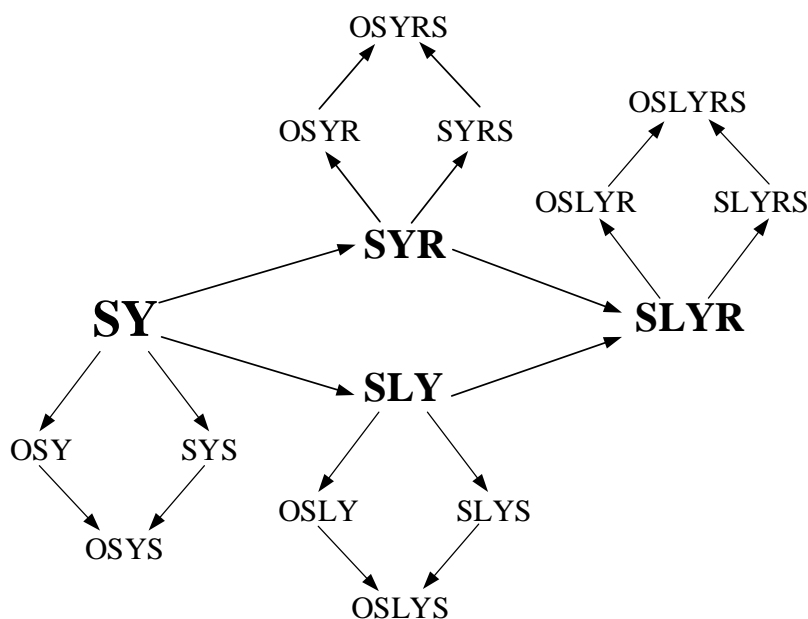


Рис. 1. Граф классификации моделей ИВ

Отправной точкой данной классификации является базовая системно-динамическая модель ИВ, которую назовём SY-моделью по заглавным буквам её основных состояний ( $S$  – количество лиц, подверженных ИВ,  $Y$  – количество лиц, принявших идею ИВ).

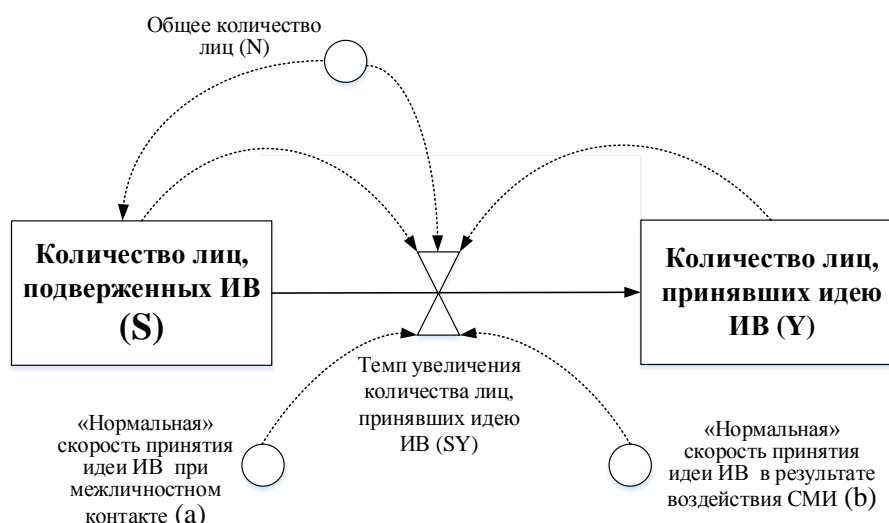
На основе SY-модели разрабатываются SYR-модель, SLY-модель и SLYR-модель, в которые добавляются новые состояния:  $R$  – количество лиц, отказавшихся от идеи ИВ навсегда,  $L$  – количество лиц, находящихся в латентной стадии ИВ (то есть данные лица приняли идею ИВ, но пока еще её не распространяют).

Далее можно трансформировать SY-модель, SYR-модель, SLY-модель и SLYR-модель путем отражения в них возможности изменения размера социума (добавляется первый символ "O" в название модели), и возможности забывания идеи ИВ и перехода лица, принявшего идею ИВ, обратно во множество лиц, подверженных ИВ (добавляется последний символ "S" в название модели).

Опишем подробно следующие две модели: SY-модель и SLY-модель. Описание остальных 14 моделей строится подобным образом.

## Описание системно-динамической SY-модели информационных воздействий

Представим схематически SY-модель ИВ (рис. 2).



**Рис. 2.** Системно-динамическая SY-модель ИВ

Приведём расшифровку условных обозначений, используемых в модели (табл. 2).

Таблица 2

**Условные обозначения, используемые в SY-модели**

Условное обозначение элемента	Название элемента
Y	Количество лиц, принявших идею ИВ
S	Количество лиц, подверженных ИВ
N	Общее количество лиц
SY	Темп увеличения количества лиц, принявших идею ИВ
a	"Нормальная" скорость принятия идеи ИВ при межличностном контакте
b	"Нормальная" скорость принятия идеи ИВ в результате воздействия средств массовой информации

Понятие "нормальной" скорости введено Дж. Форрестером [9] и в данном случае представляет собой отношение числа лиц в день, принявших идею ИВ при межличностном контакте или в результате воздействия СМИ, к общему количеству лиц в социуме.

Как показано на рис. 2, на темп распространения идеи ИВ влияют два фактора [8]:

- "Нормальная" скорость принятия идеи ИВ при межличностном контакте;
- "Нормальная" скорость принятия идеи ИВ в результате воздействия СМИ.

Системно-динамическая SY-модель описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -SY(t); \\ \frac{dY}{dt} = SY(t); \\ SY(t) = SY1(t) + SY2(t); \\ SY1(t) = b \cdot S(t); \\ SY2(t) = \frac{a \cdot S(t) \cdot Y(t)}{N}. \end{cases}$$

Первое уравнение определяет скорость изменения количества лиц, подверженных ИВ, второе уравнение – скорость изменения количества лиц, принявших идею ИВ, третье уравнение – темп увеличения количества лиц, принявших идею ИВ (SY), и складывается из темпа увеличения количества лиц, принявших идею ИВ в результате воздействия СМИ (SY1) и темпа увеличения количества лиц, принявших идею ИВ после межличностного контакта (SY2).

В качестве программной платформы для реализации построенной модели выбрано решение AnyLogic, являющееся лидером среди технологий имитационного моделирования. Приведем общий вид интерфейса модели (рис. 3).

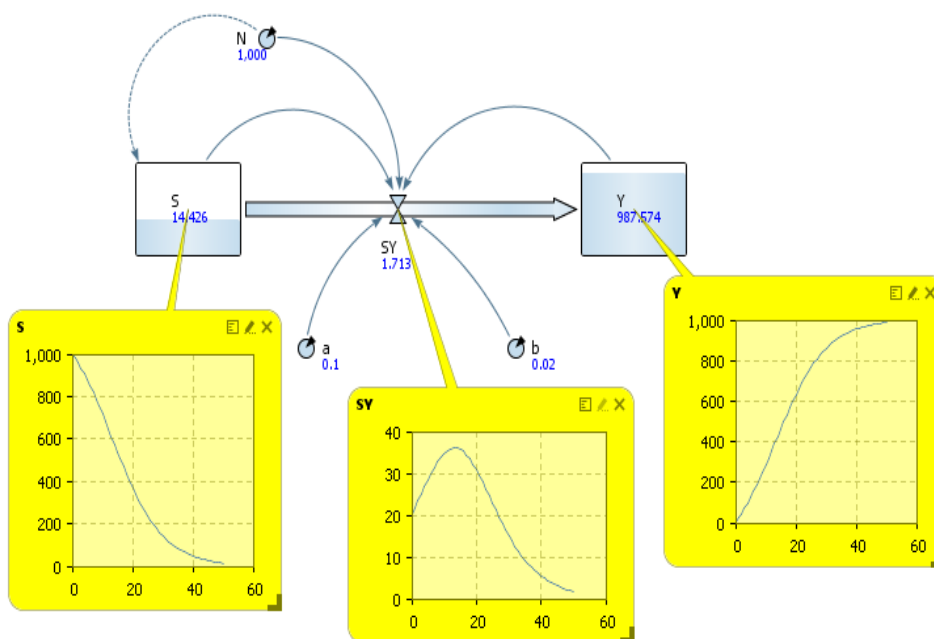
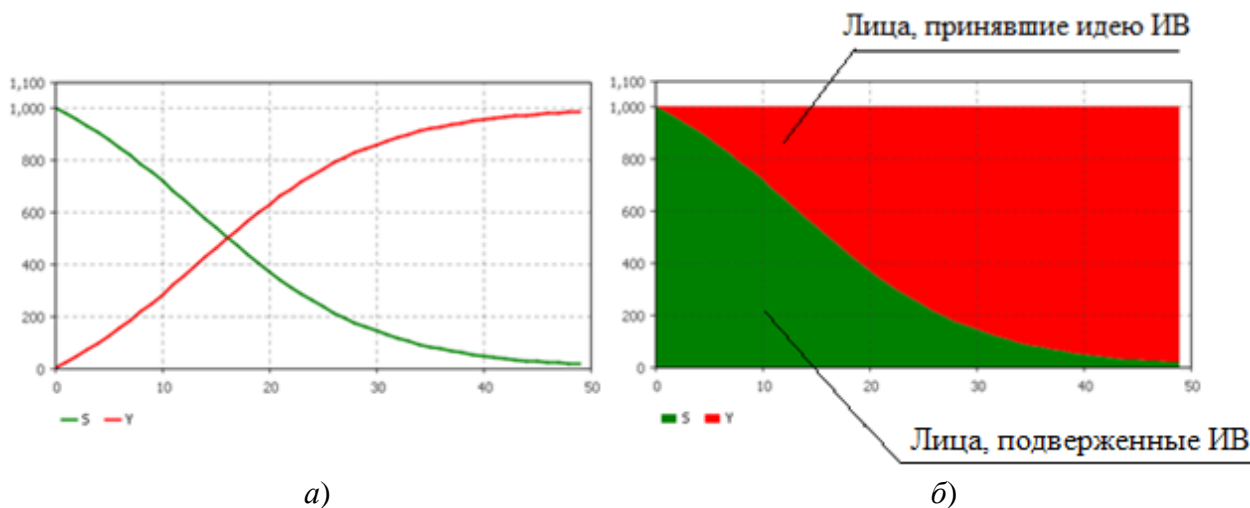


Рис. 3. Общий вид интерфейса системно-динамической SY-модели ИВ

Приведём временные графики (рис. 4а) и временную диаграмму с накоплением (рис. 4б), отражающие динамику количества лиц, подверженных ИВ ( $S$ ) и принявших идею ИВ ( $Y$ ) при следующих начальных условиях:  $S(0) = N = 1000$ ;  $Y(0) = 2$ ;  $a = 0,1$ ;  $b = 0,02$ .



**Рис. 4.** Динамика количества лиц, подверженных ИВ ( $S$ ) и принявших идею ИВ ( $Y$ )

Рис. 4а демонстрирует, что динамика лиц, принявших идею ИВ, представляется в виде  $S$ -образной кривой. Э. Роджерс, описывая поведение  $S$ -образной кривой, отражающей динамику "заражения", характеризует её следующим образом: "Сначала всего несколько индивидов принимают новую идею, затем инновация принимается большим количеством индивидов, и, наконец, темпы принятия замедляются" [10]. Таким образом, динамика количества лиц, принявших идею ИВ, состоит из трех фаз:

- сравнительно медленное нарастание до порогового уровня;
- взрывная фаза;
- насыщение.

На последней фазе лица, принявшие идею ИВ, контактируют преимущественно друг с другом, поэтому сравнительно малое количество новых лиц, способных принять идею ИВ, может сохраняться достаточно долго.

Рис. 5 демонстрирует динамику темпа увеличения количества лиц, принявших идею ИВ (темпа принятия ИВ). На начальном этапе процесса ИВ преобладает эффект воздействия СМИ ( $SY1$ ), так как почти никто не знает об идее ИВ. По мере роста количества лиц, принявших идею ИВ, эффективность воздействия СМИ снижается, но возрастает эффект межличностного общения ( $SY2$ ).

Модель в явном виде показывает эффект реализации положительной обратной связи (количество лиц, принявших идею ИВ, увеличивает поток новых лиц, также принимающих идею ИВ за счёт эффекта межличностной коммуникации).

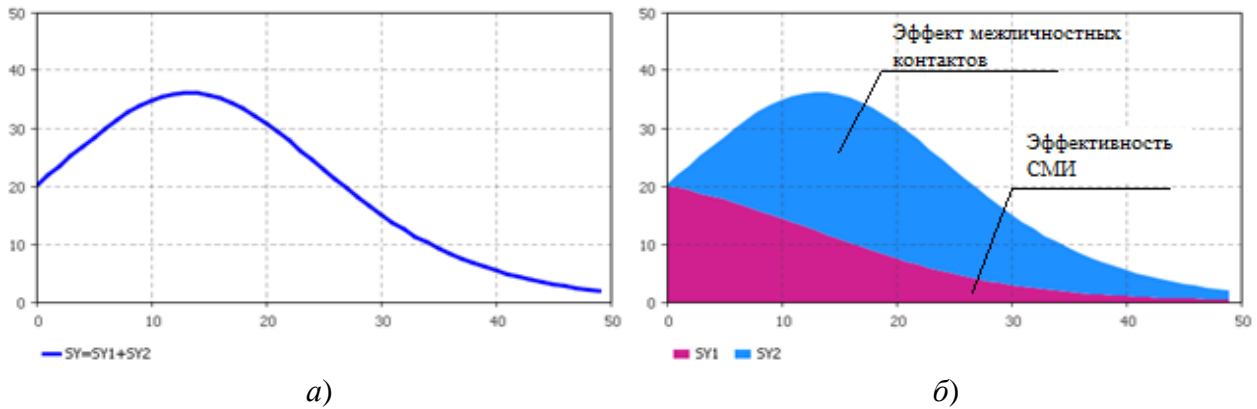


Рис. 5. Темп принятия идеи ИВ (SY)

Построенная системно-динамическая SY-модель ИВ в программе Anylogic позволяет проводить целый ряд имитационных экспериментов и исследовать влияние различных значений параметров модели друг на друга.

### Описание системно-динамической SLY-модели информационных воздействий

Введём новое состояние  $L$  – количество лиц, находящихся в латентной стадии ИВ (принявших идею ИВ, но пока ещё не распространяющих её). Системно-динамическая SLY-модель ИВ показана на рис. 6.

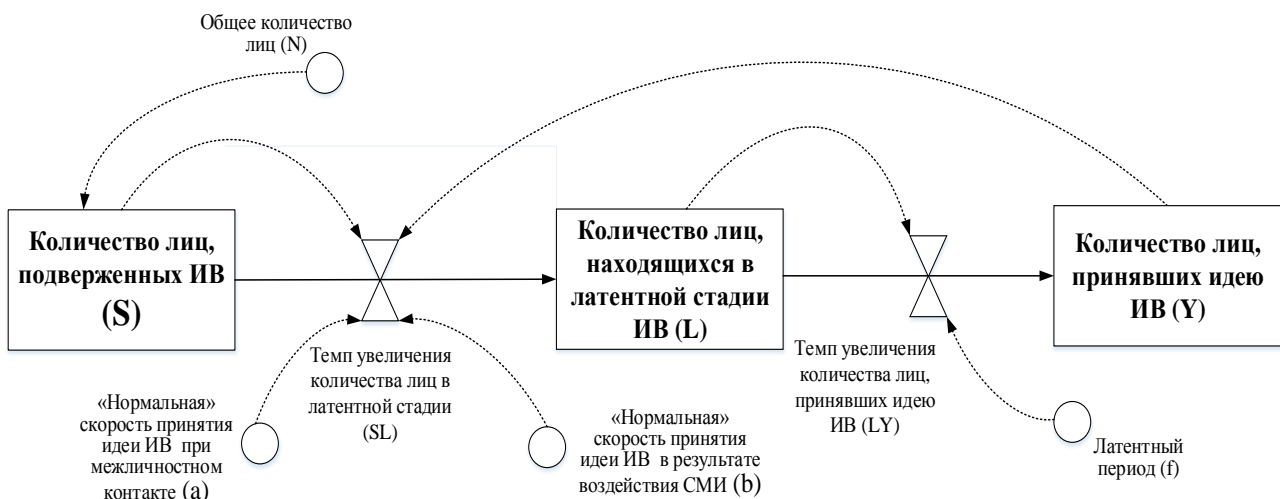


Рис. 6. Системно-динамическая SLY-модель ИВ

Приведём расшифровку условных обозначений, используемых в модели (табл. 3).

Таблица 3

**Условные обозначения, используемые в модели**

Условное обозначение элемента	Название элемента
$Y$	Количество лиц, принявших идею ИВ
$S$	Количество лиц, подверженных ИВ
$L$	Количество лиц, находящихся в латентной стадии ИВ
$N$	Общее количество лиц
$SL$	Темп увеличения количества лиц в латентной стадии ИВ
$LY$	Темп увеличения количества лиц, принявших идею ИВ
$a$	"Нормальная" скорость принятия идеи ИВ при межличностном контакте
$b$	"Нормальная" скорость принятия идеи ИВ в результате воздействия СМИ
$f$	Латентный период (дни)

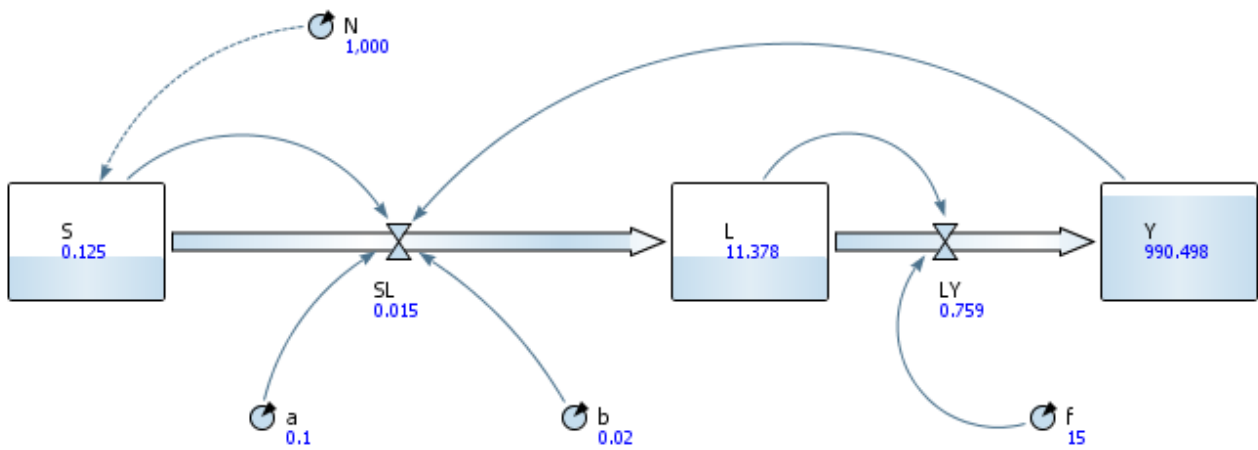
Системно-динамическая  $SLY$ -модель описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS}{dt} = -SL(t); \\ \frac{dY}{dt} = LY(t); \\ \frac{dL}{dt} = SL(t) - LY(t); \\ SL(t) = b \cdot S(t) + \frac{a \cdot S(t) \cdot Y(t)}{Y(t) + S(t)}; \\ LY(t) = \frac{L(t)}{f}. \end{array} \right.$$

Первое уравнение системы определяет скорость изменения количества лиц, подверженных ИВ, второе – скорость изменения количества лиц, принявших идею ИВ, третье – скорость изменения количества лиц, находящихся в латентной стадии ИВ, четвертое – темп увеличения количества лиц, находящихся в латентной стадии ИВ, пятое – темп увеличения количества лиц, принявших идею ИВ.

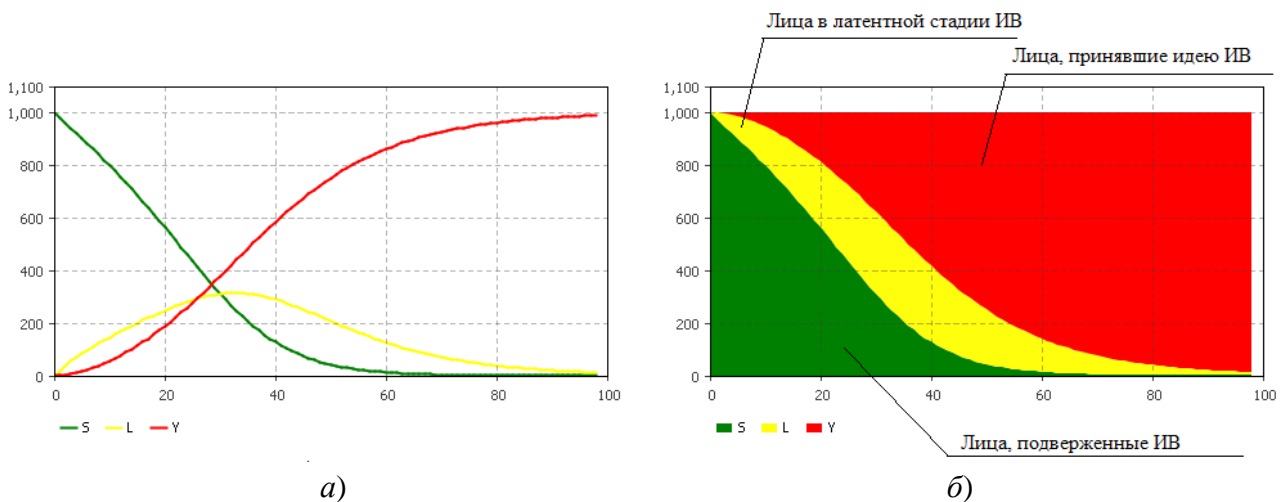
Общий вид интерфейса модели в программной среде Anylogic представлен на рис. 7.





**Рис. 7.** Общий вид интерфейса системно-динамической SLY-модели ИВ

Приведём временные графики (рис. 8а) и временную диаграмму с накоплением (рис. 8б), отражающие динамику количества лиц, подверженных ИВ ( $S$ ), находящихся в латентной стадии ИВ ( $L$ ) и принявших идею ИВ ( $Y$ ) при следующих начальных условиях:  $S(0) = N = 1000$ ;  $Y(0) = 2$ ;  $a = 0,1$ ;  $b = 0,02$ ;  $f = 15$ .



**Рис. 8.** Динамика количества лиц, подверженных ИВ ( $S$ ), находящихся в латентной стадии ИВ ( $L$ ) и принявших идею ИВ ( $Y$ )

Рис. 8 демонстрирует, что существование латентного периода замедляет процесс распространения идеи ИВ.

Построенная системно-динамическая SLY-модель ИВ в программе Anylogic позволяет проводить комплекс имитационных экспериментов и исследовать влияние различных значений параметров модели на динамику ИВ.

## Выводы

1. К настоящему времени появилось достаточно много научных работ по моделированию ИВ, что позволяет провести систематизацию проводимых исследований и предложить детальную классификацию моделей, а также продвинутся в построении имитационных моделей, дающих возможность воспроизвести сложный спектр факторов ИВ. В качестве эффективного метода для описания ИВ используется метод системной динамики, позволяющий делать более обоснованные оценки и прогнозы феномена ИВ в зависимости от взаимодействий различных факторов.

2. Системно-динамические модели ИВ, описанные в работе, являются базовыми, с точки зрения развития их модификаций, учитывающих новые факторы, такие как возможность изменений масштабов социума, в котором происходят процессы "заражения" ИВ, забывания информации, в том числе, в результате информационного противодействия ИВ и др.

Реализация построенных системно-динамических моделей в программной среде Anylogic позволяет сделать вывод о том, что она является одной из самых перспективных платформ для имитационного моделирования ИВ. Графический интерфейс позволяет исследователям не только явно наблюдать динамику моделируемых процессов, отражающих основные характеристики процессов информационного "заражения", но также даёт возможность легко изменять исходные значения параметров моделей и их структуры для проведения различных имитационных экспериментов, в том числе, учитывающих специфику деятельности подразделений и служб МЧС.

## Литература

1. Концепция развития Интернет-ресурсов МЧС России до 2018 года. [http://volga.mchs.ru/upload/site8/document\\_file/sAsGujDpTE.pdf](http://volga.mchs.ru/upload/site8/document_file/sAsGujDpTE.pdf).
2. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 2006. 320 с.
3. Михайлов А. П., Ключев Н. В. О свойствах простейшей математической модели распространения информационной угрозы // Математическое моделирование социальных процессов. Вып. 4. М.: МАКС Пресс, 2002. С. 115-123.
4. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Физматлит, 2010. 228 с.
5. Как управлять массовым сознанием: современные модели / Минаев В. А., Овчинский А. С., Скрыль С. В., Тростянский С. Н. М.: изд. РосНОУ, 2013. 200 с.
6. Развитие модели распространения информации в социуме / Михайлов А. П., Петров А. П., Маревцева Н. А., Третьякова И. В. // Математическое моделирование. 2014. Т. 26. № 3. С. 65-74.
7. Минаев В. А., Дворянкин С. В. Моделирование динамики информационно-психологических воздействий на массовое сознание // Вопросы кибербезопасности. 2016. № 5. С. 56-64.
8. Минаев В. А. Исследование модели динамики деструктивных информационно-психологических воздействий на массовое сознание // Безопасность информационных технологий. 2016. № 4. С. 52-58.
9. Форрестер Д. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. 340 с.
10. Bass F. M. A New Product Growth Model For Consumer Durables // Management Science. 1969. № 15. Pp. 215-227.

## References

1. koncepcija razvitija Internet-resursov MChS Rossii do 2018 goda. [http://volga.mchs.ru/upload/site8/document\\_file/sAsGujDpTE.pdf](http://volga.mchs.ru/upload/site8/document_file/sAsGujDpTE.pdf).
2. Samarskij A. A., Mihajlov A. P. Matematicheskoe modelirovanie (Mathematical modeling). M.: Fizmatlit, 2006. 320 p.
3. Mihajlov A. P., Kljusov N. V. O svojstvah prostejshej matematicheskoj modeli rasprostraneniya informacionnoj ugrozy (About the properties of a simple mathematical model of propagation of information threats) // Matematicheskoe modelirovanie social'nyh processov. Vyp. 4. M.: MAKS Press, 2002. Pp. 115-123.
4. Gubanov D. A., Novikov D. A., Chhartishvili A. G. Social'nye seti: modeli informacionnogo vlijaniya, upravleniya i protivoborstva (Social networks: models of informational influence, control and confrontation). M.: Fizmatlit, 2010. 228 p.
5. Kak upravljat' massovym soznaniem: sovremennye modeli (How to manage the mass consciousness: current models) / Minaev V. A., Ovchinskij A. S., Skryl' S. V., Trostjanskij S. N. M.: izd. RosNOU, 2013. 200 p.
6. Razvitie modeli rasprostraneniya informacii v sociume (Development of the model of information dissemination in society) / Mihajlov A. P., Petrov A. P., Marevceva N. A., Tret'jakova I. V. // Matematicheskoe modelirovanie. 2014. T. 26. No 3. Pp. 65-74.
7. Minaev V. A., Dvorjankin S. V. Modelirovanie dinamiki informacionno-psihologicheskikh vozdeystvij na massovoe soznanie (Modeling the dynamics of informational-psychological influence on mass consciousness) // Voprosy kiberbezopasnosti. 2016. No 5. Pp. 56-64.
8. Minaev V. A. Issledovanie modeli dinamiki destruktivnykh informacionno-psihologicheskikh vozdeystvij na massovoe soznanie (The research model for the dynamics of destructive information-psychological influence on mass consciousness) // Bezopasnost' informacionnykh tehnologij. 2016. No 4. Pp. 52-58.
9. Forrester D. Osnovy kibernetiki predpriyatija (industrial'naja dinamika) (Fundamentals of Cybernetics of the enterprise/ Industrial dynamics). M.: Progress, 1971. 340 p.
10. Bass F. M. A New Product Growth Model For Consumer Durables // Management Science. 1969. No 15. Pp. 215-227.