

Практическая работа №5

«Имитационное моделирование задач здравоохранения»

Цель работы – формирование цифровых компетенций по обработке информации, овладение навыками работы с инструментарием обработки, анализу данных, принятия решений, преобразования файлов средствами компьютерных технологий.

Разработка имитационных моделей, позволяющих изучить распространение инфекционных заболеваний среди населения в настоящее время актуальная задача. Для решения данной задачи используют методы математической статистики и моделирования в области эпидемиологии, которые направлены на изучение распространения заболеваний в человеческой популяции и выработки управляющих воздействий для противоэпидемических мероприятий с помощью математических моделей.

Задание на практическую работу:

- 1. Разбиться на команды (не более 3 студентов).**
- 2. Разработать модель системной динамики в среде AnyLogic на примере задачи распространения эпидемии.**
- 3. Проанализировать результаты работы и сделать выводы.**
- 4. Решить тестовые задания по теме практического занятия.**

Задача №2

Условие задачи:

Численность населения = 10 000 человек, которую обозначим как «Parametr1». Вначале заражен только один человек, а все остальные лишь восприимчивы к болезни. Во время болезни один человек в среднем контактирует с другими с интенсивностью «Parametr3», равной 1,25 человека в день. Если заразившийся человек контактирует с восприимчивым к болезни, то вероятность передачи инфекции «Parametr2» равняется 0.6. После

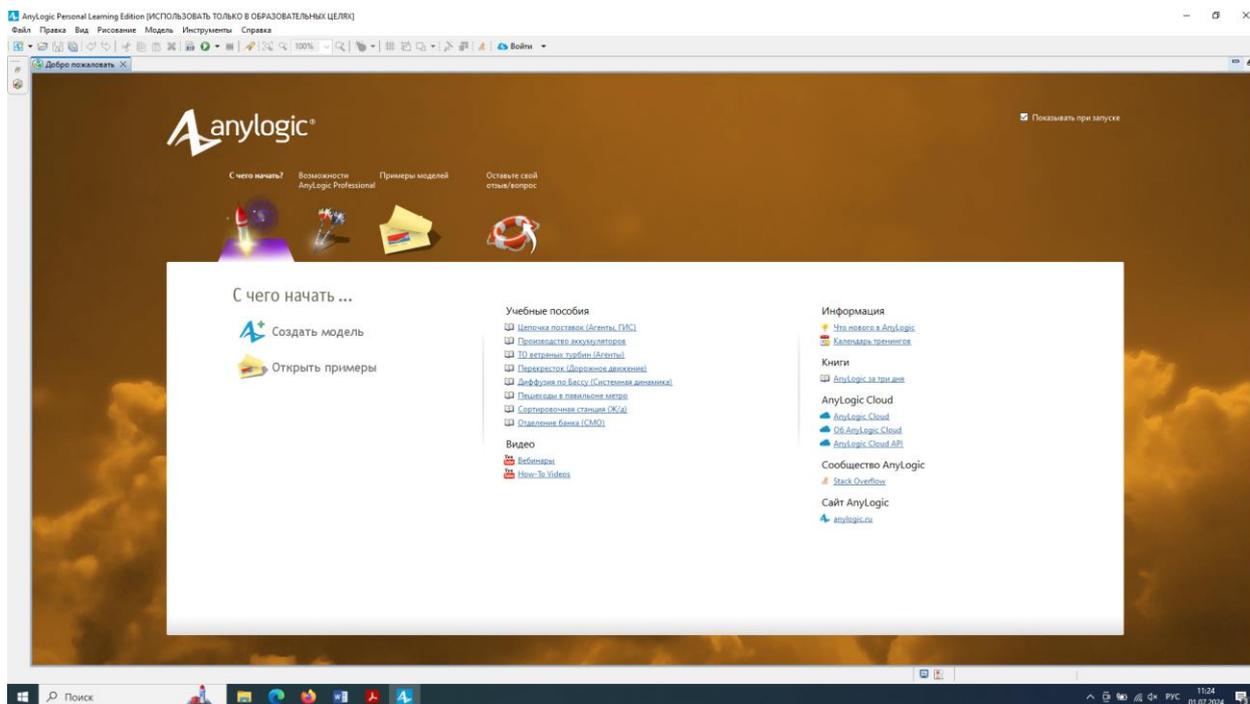
того, как человек заражается, инкубационный период «Parametr4» длится 10 дней. Средняя длительность периода, когда этот человек может заражать других «Parametr5» составляет 15 дней. Выздоровевшие люди получают иммунитет к болезни и не могут снова заболеть.

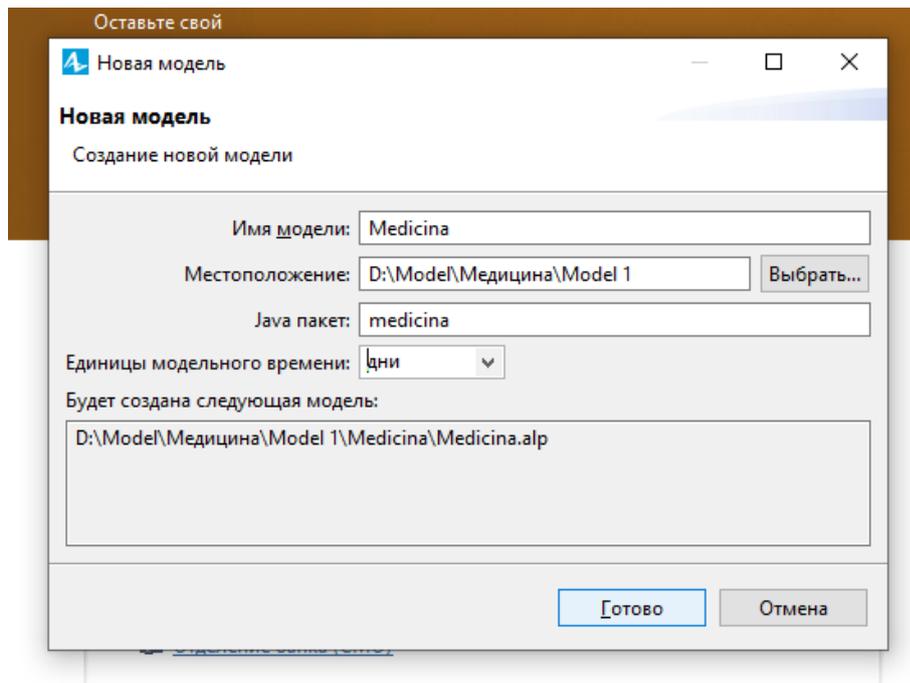
Рассмотрим выполнение данной задачи.

1 ЭТАП. Создание модели.

1. Открыть среду AnyLogic.

2. Создайте новую модель, выбрав пункт меню Файл > Создать > Модель. Назовите модель Medicina и выберите дни в качестве единиц модельного времени.

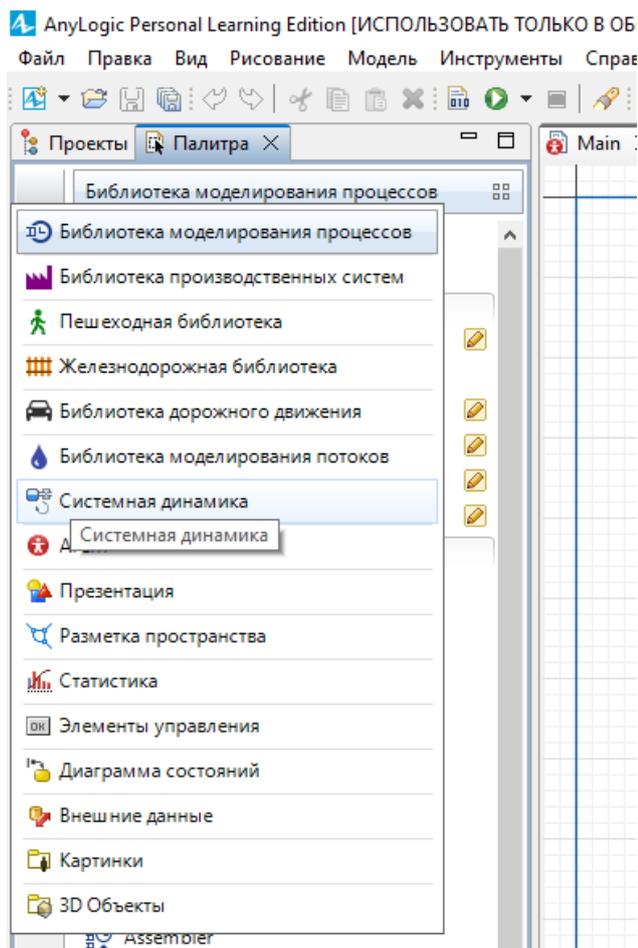




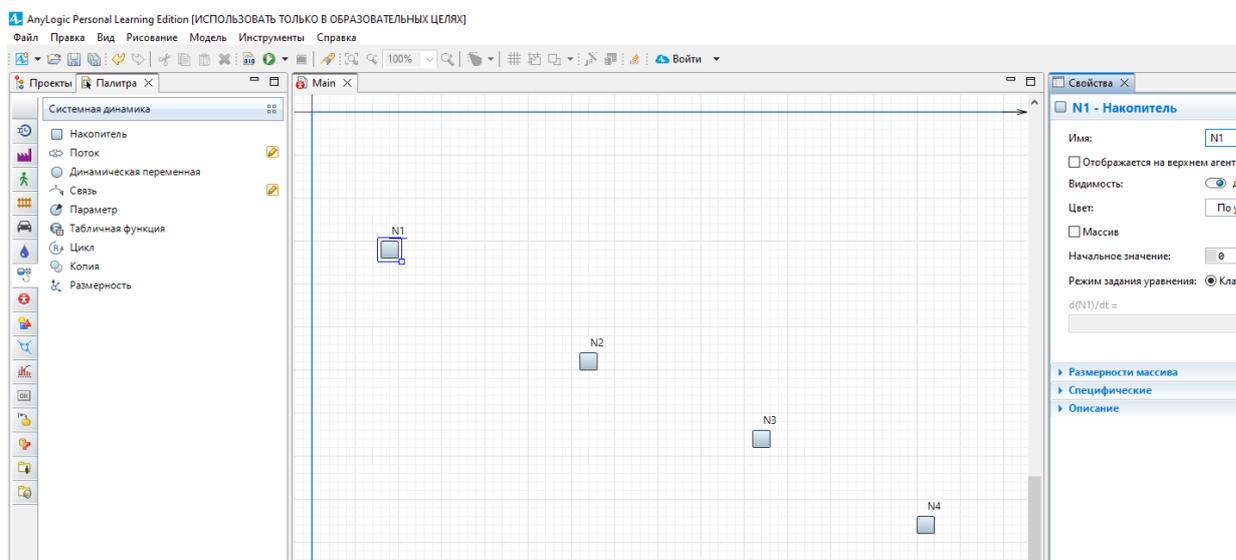
В модели будем учитывать четыре категории населения:

- «N1» – Восприимчивые к заражению люди, которые еще не были заражены вирусом.
- «N2» – Люди, находящиеся в латентной стадия заражения (они уже заражены, но еще не могут заражать других).
- «N3» – Люди в активной стадии заражения (они могут заражать других людей).
- «N4» – Выздоровевшие люди (они приобрели иммунитет к данному заболеванию).

3. Откройте палитру Системная Динамика.

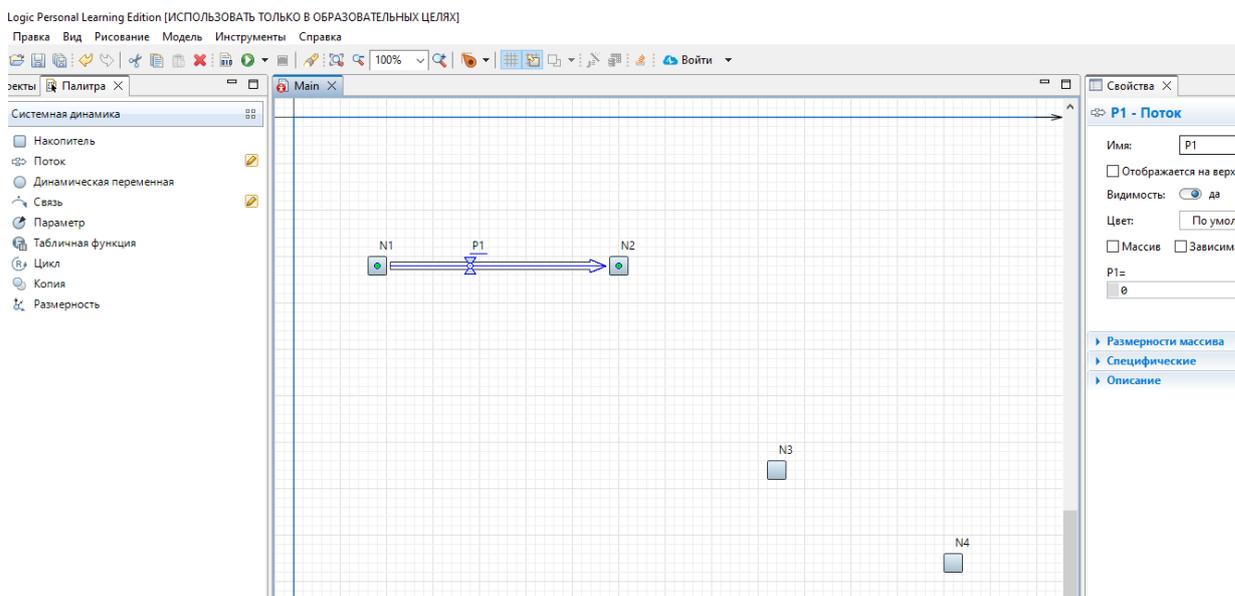


Перетащите элемент Накопитель из палитры Системная динамика на диаграмму Main. Назовите его «N1». Добавьте еще три накопителя. Расположите их, как показано на рисунке ниже, и назовите «N2», «N3» и «N4».



Основная логика разрабатываемой модели такова: восприимчивые к заболеванию люди подвергаются заражению вирусом, болеют и заражают других, а затем выздоравливают. Чтобы смоделировать перемещение людей между нашими четырьмя накопителями, необходимо добавить три потока.

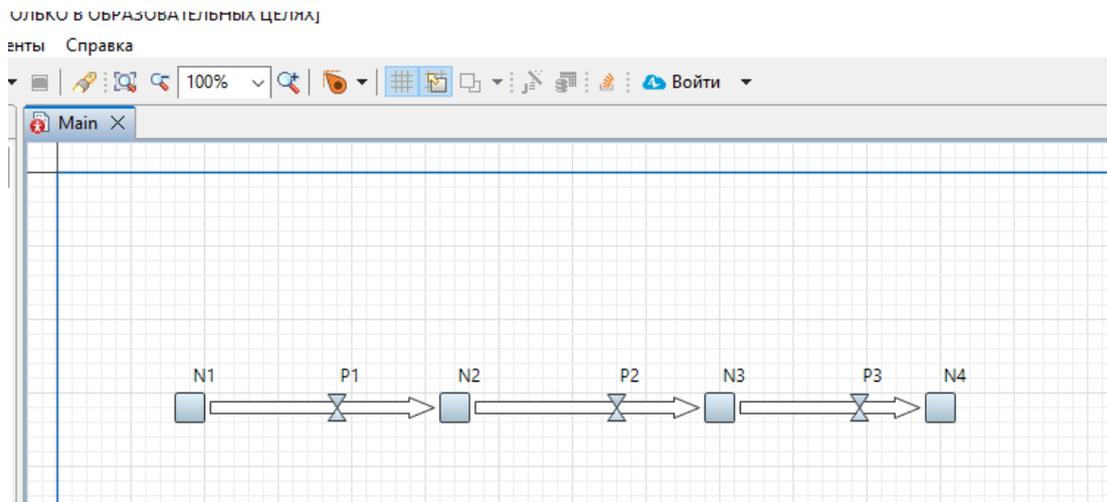
4. Добавьте первый поток, который ведет из накопителя «N1» в накопитель «N2». Сделайте двойной щелчок мышью по накопителю, из которого поток выходит («N1») и затем щелкните по накопителю, в который поток входит («N2»).



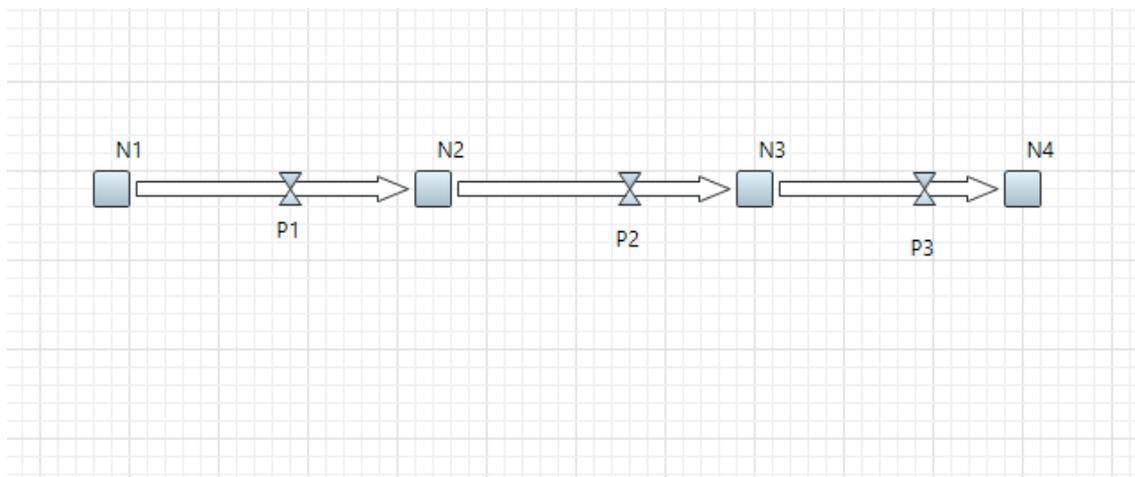
AnyLogic автоматически формирует формулу накопителя в соответствии с создаваемой пользователем диаграммой потоков и накопителей.

5. Добавьте поток, ведущий из накопителя N2 в накопитель N3, и назовите его P2.

6. Добавьте поток, ведущий из накопителя N3 в накопитель N4, и назовите его P3.

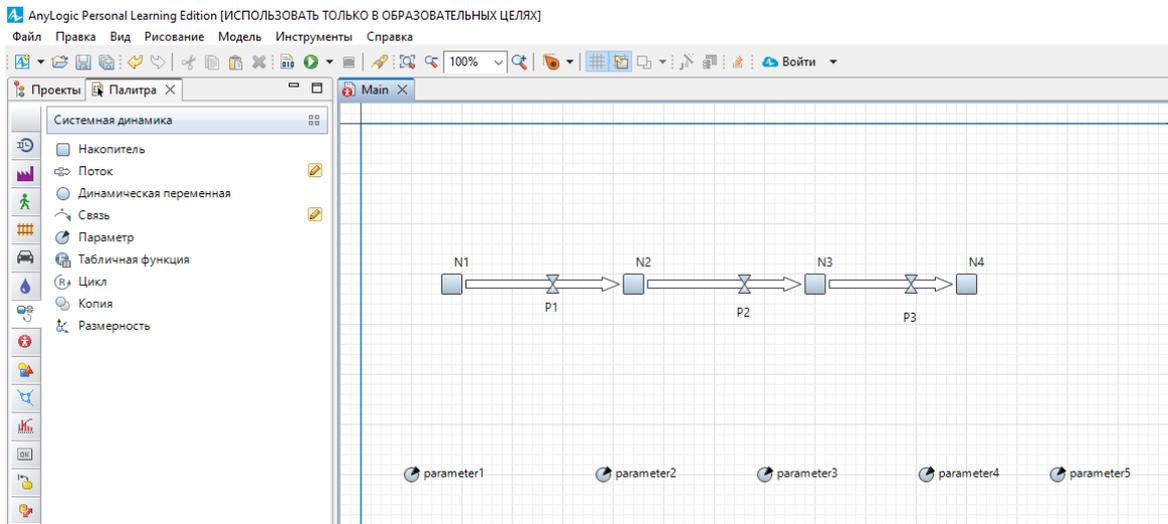
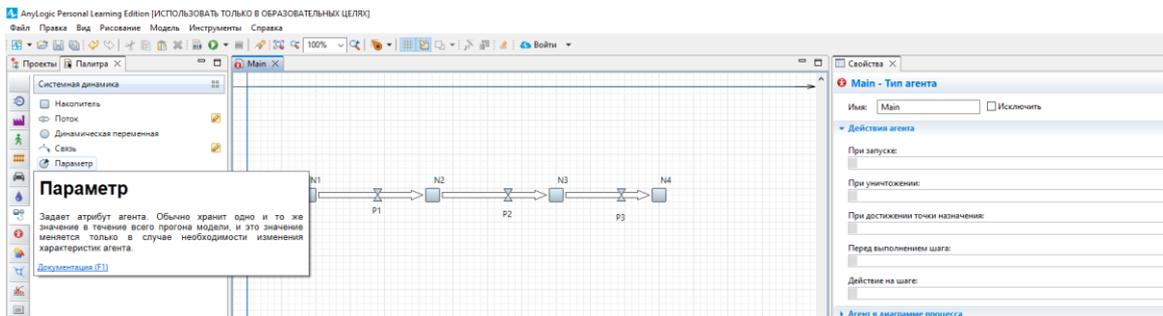


7. Расположите метки с именами потоков, как показано на рисунке ниже. Чтобы переместить метку, выделите поток в графическом редакторе и затем переместите его имя.



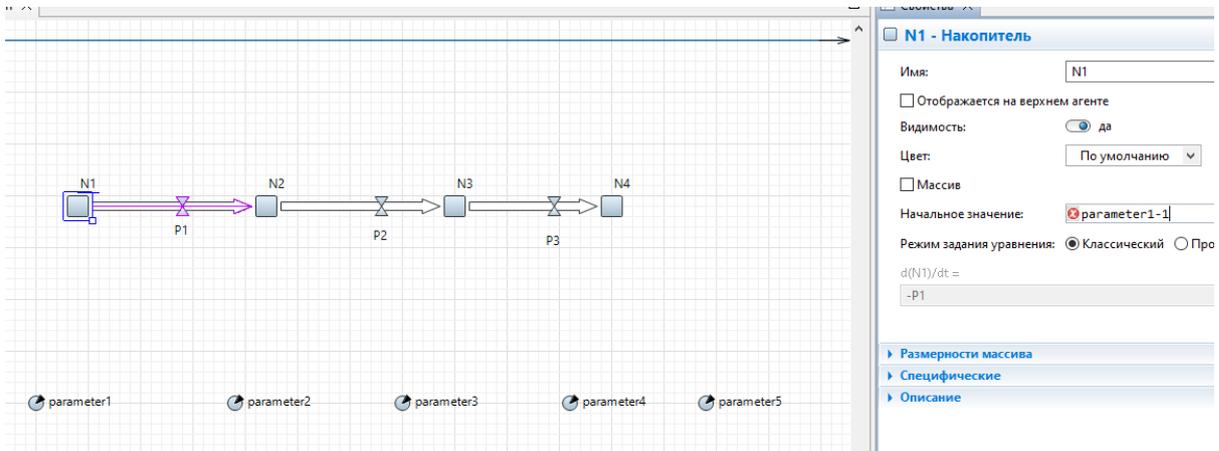
8. Установить параметры и зависимости. Добавьте пять элементов Параметр, задайте их имена и значения:

- Parameter1 = 10000.
- Parameter2 = 0.6.
- Parameter3 = 1.25.
- Parameter4 = 10.
- Parameter5 = 15.

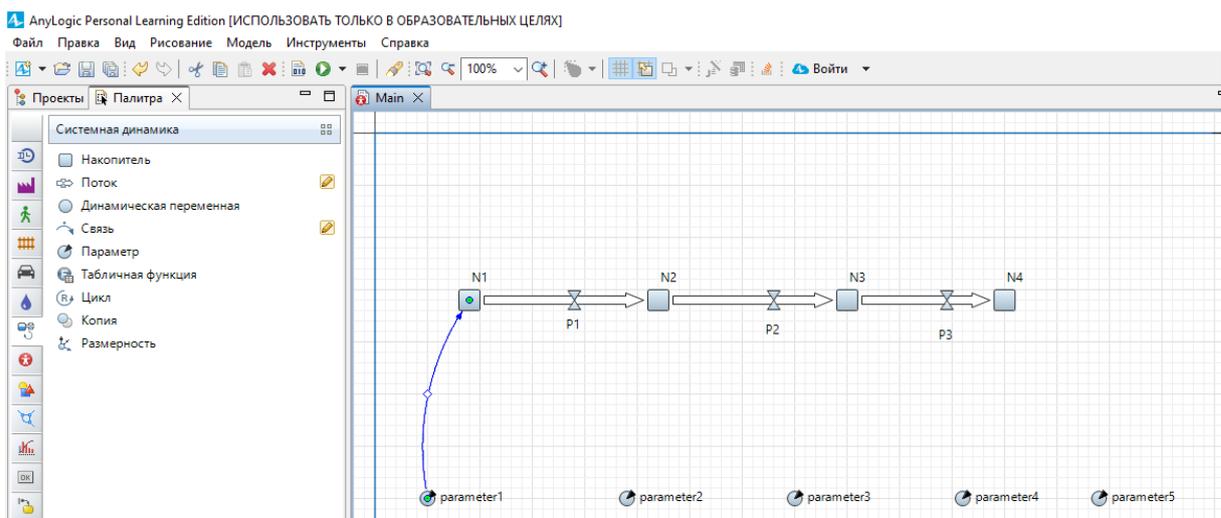
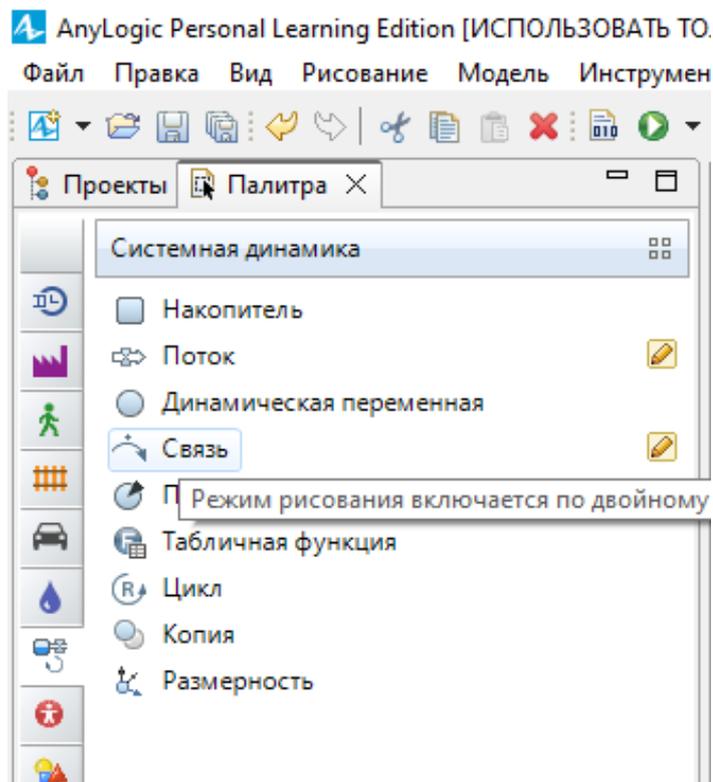


9. Задайте первоначальное количество инфицированных людей, указав значение **1** в качестве Начального значения накопителя «N3».

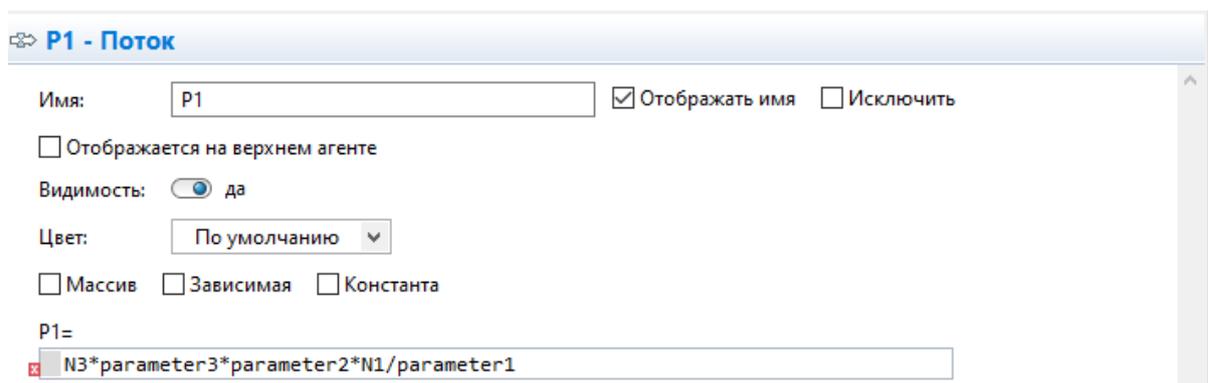
10. Задайте Начальное значение накопителя «N1» - **Parameter1-1**.



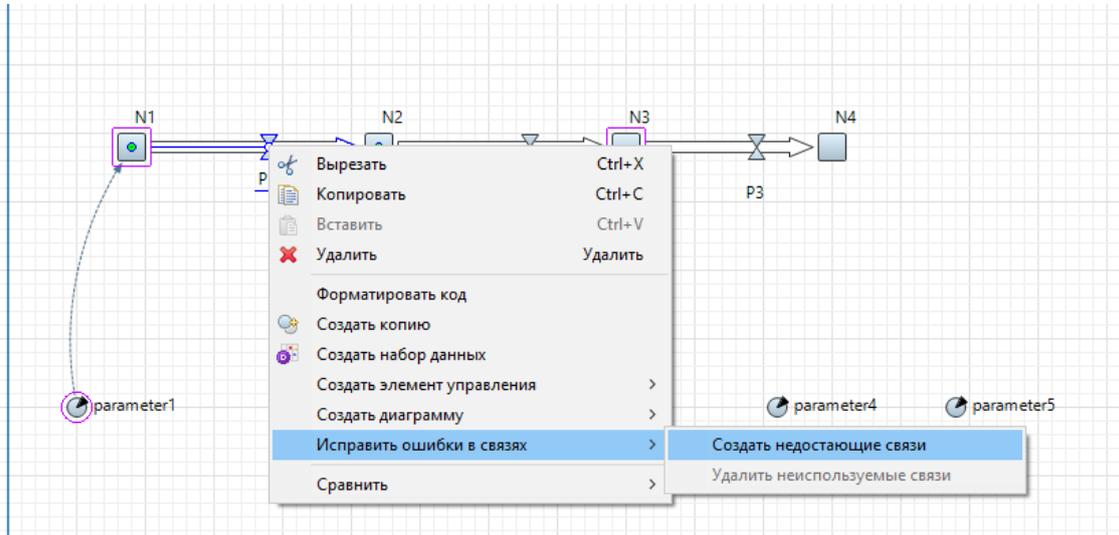
11. Создать связь, ведущую из параметра **Parameter1** в накопитель. Сделайте двойной щелчок мышью по элементу Связь палитры Системная динамика, щелкните по параметру **Parameter1** и затем щелкните по накопителю **N1**. Вы увидите связь с точками соединения на концах дуги.



12. Задать формулу потока **P1**. Для этого выделите поток щелчком мыши и введите следующую формулу: **$N3 * parameter3 * parameter2 * N1 / parameter1$**



13. Используя механизм автоматического создания связей необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по потоку **P1** в графическом редакторе и выбрать команду Исправить ошибки в связях > Создать недостающие связи. Появятся недостающие для этого потока связи зависимости.

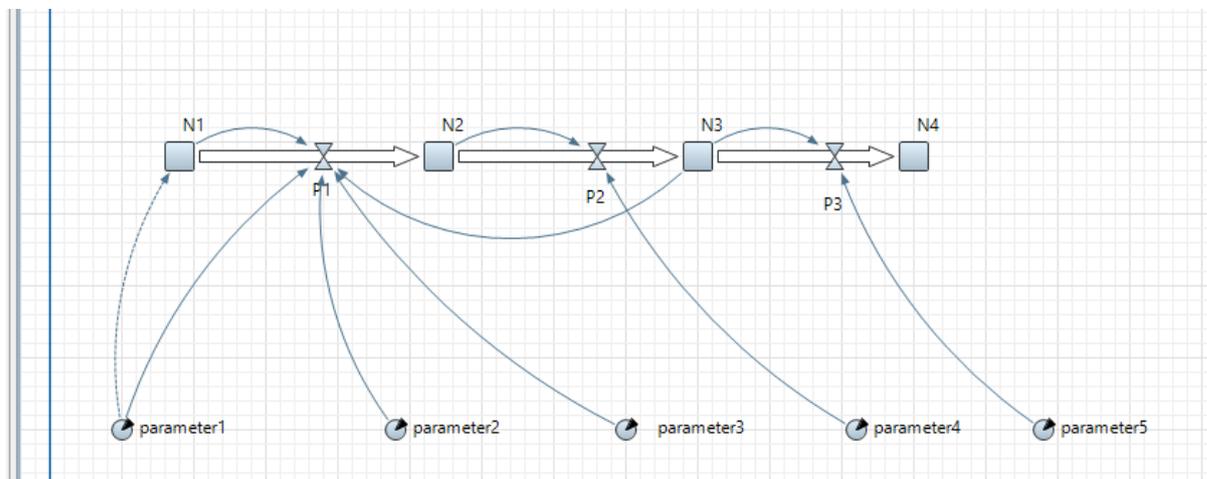


14. Задать следующие формулы для потоков **P2** и **P3**:

P2: $N2/parameter4$

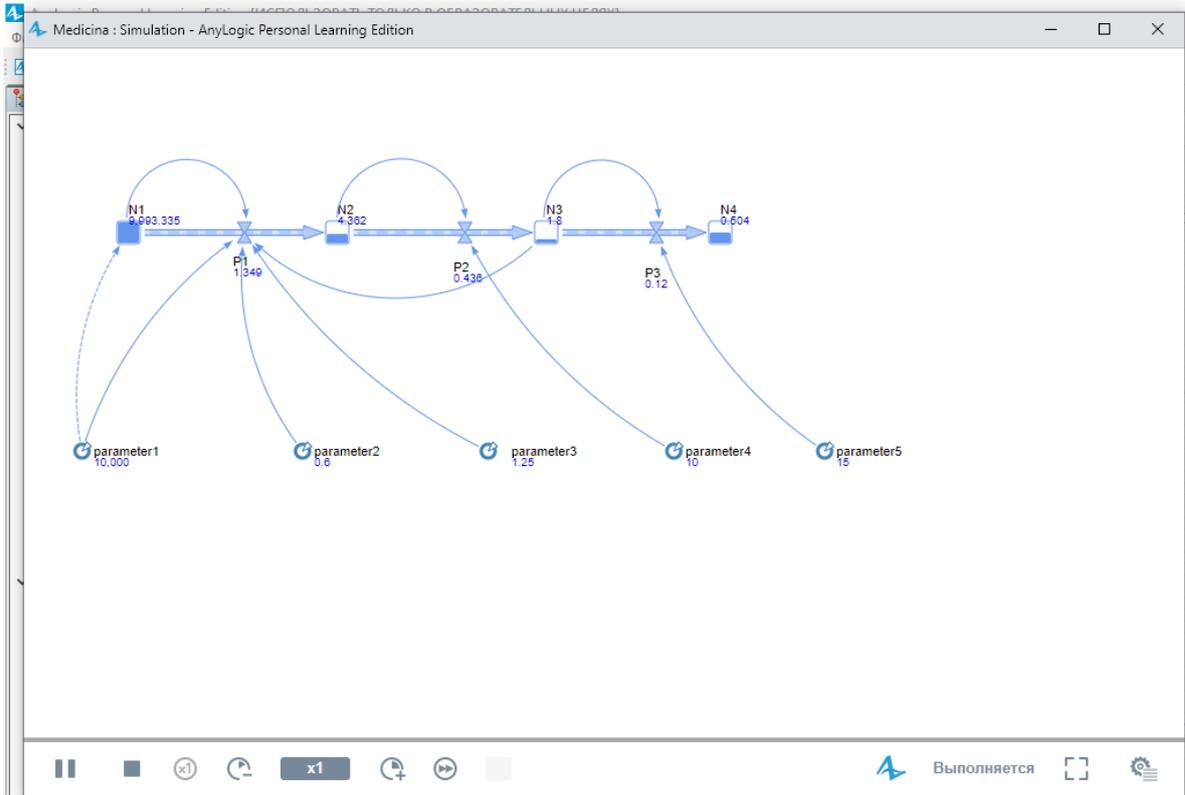
P3: $N3/parameter5$

15. Добавьте все недостающие связи зависимостей. В результате диаграмма потоков и накопителей должна будет выглядеть следующим образом. Подкорректируйте вид связей. Измените радиусы дуг связей, чтобы сделать диаграмму более красивой и читаемой, например, как на рисунке ниже. Чтобы изменить изгиб связи, выделите связь в редакторе и перетащите метку, расположенную посередине связи.

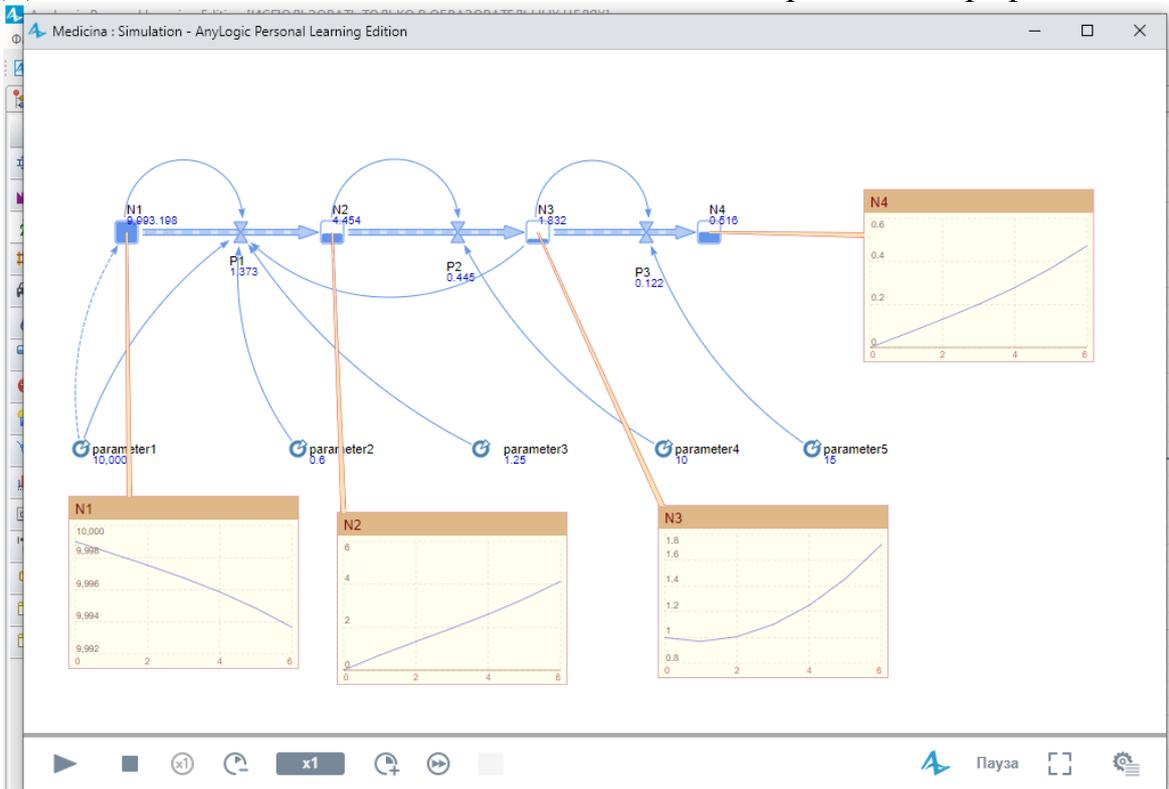


16. Запустите модель и исследуйте динамику процесса нажав клавишу F5 или

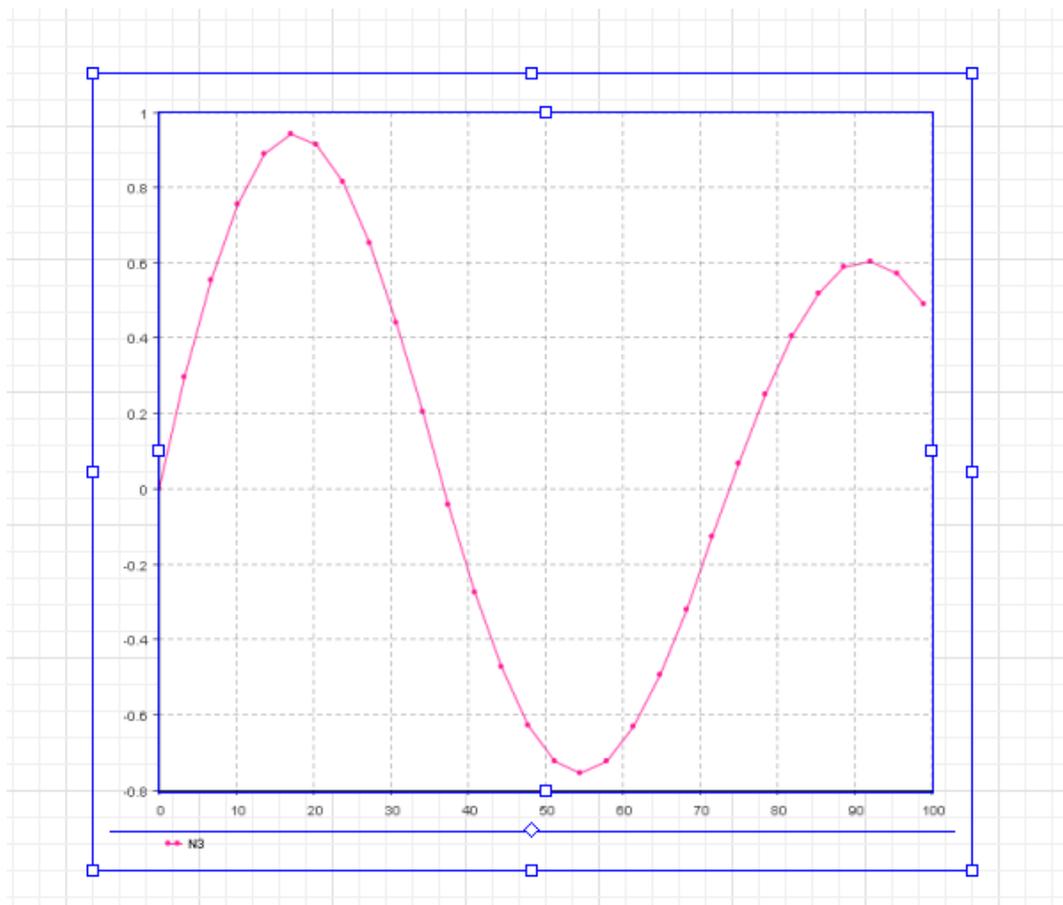
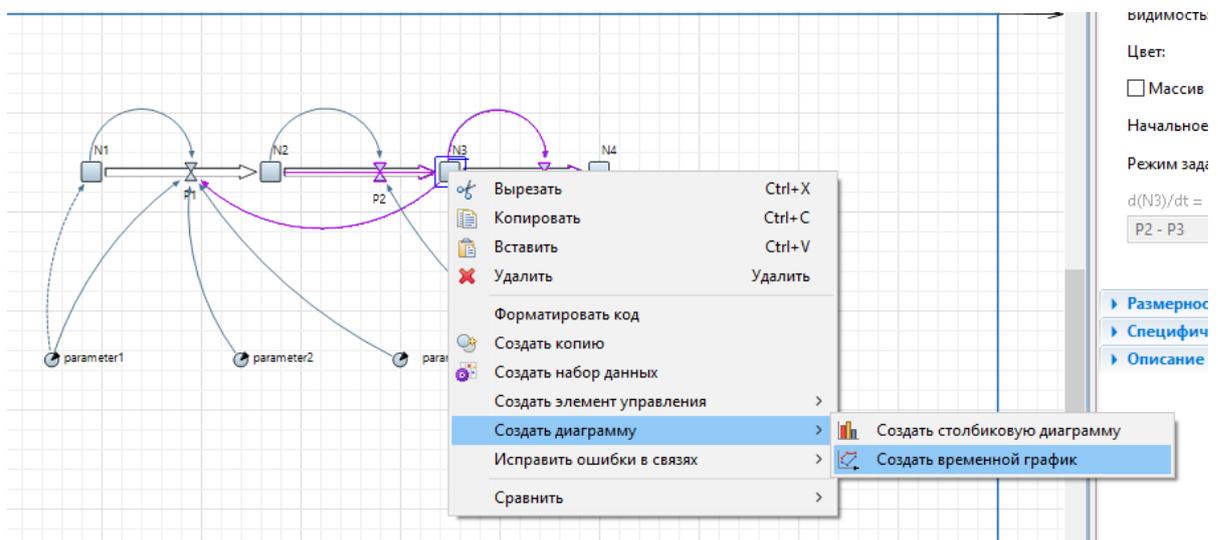
на панели инструментов кнопку



Для каждого накопителя также можно вывести временной график.



17. Чтобы переключить модель в режим графика, щелкните по элементу модели, например **N3**, дать команду Создать диаграмму > Создать временной график.



18. Увеличьте скорость выполнения модели, например, в 25 раз, чтобы моделирование проходило быстрее.

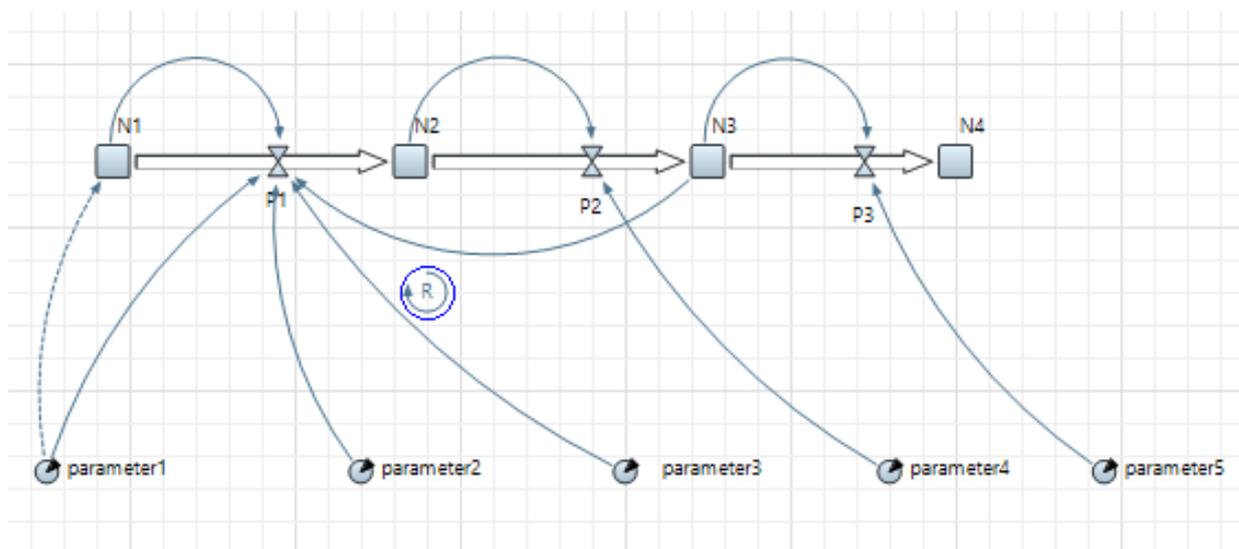


19. Проанализировать результаты работы модели и сделать выводы.

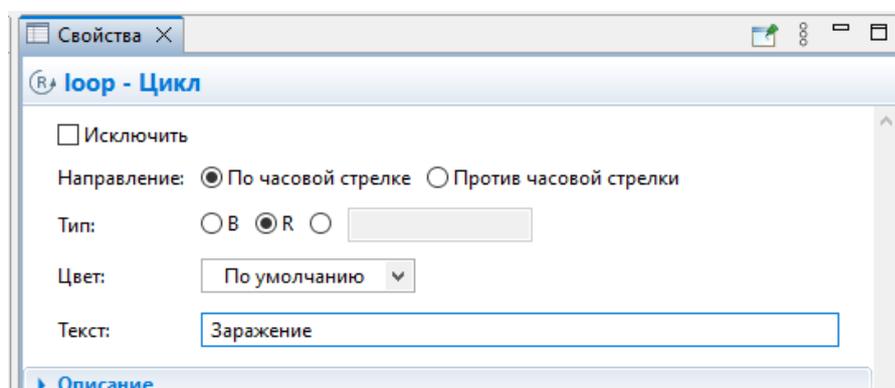
2 ЭТАП. Визуализация данных.

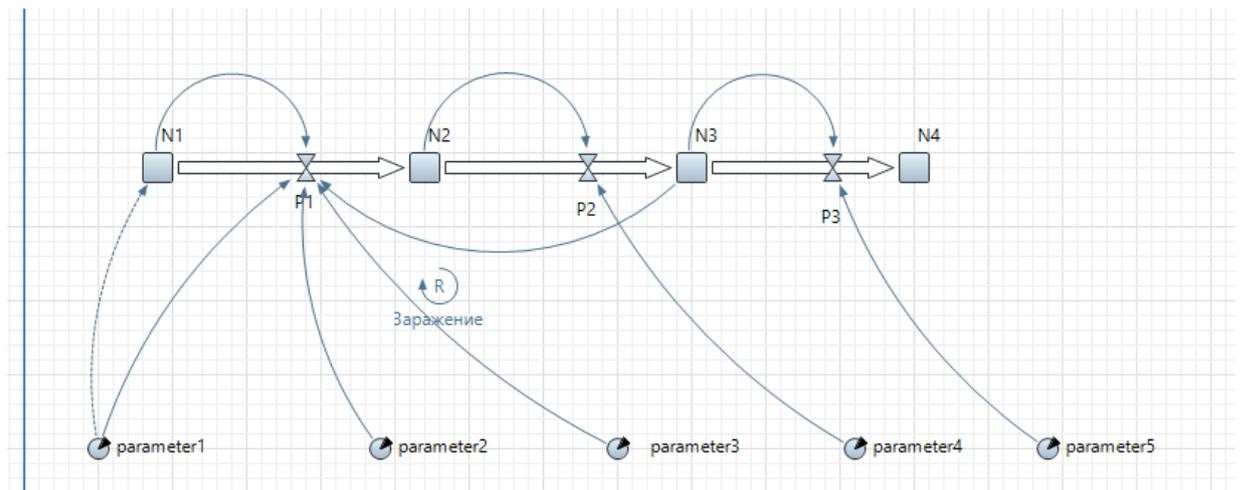
Системная динамика изучает системы с обратными связями, то есть системы, образованные (возможно, зависящими друг от друга) циклами обратной связи. Добавим на диаграмму метку для образовавшегося в нашей системе цикла зависимостей.

1. Переместите элемент Цикл из палитры Системная динамика на диаграмму и расположите его так, как показано рисунке:



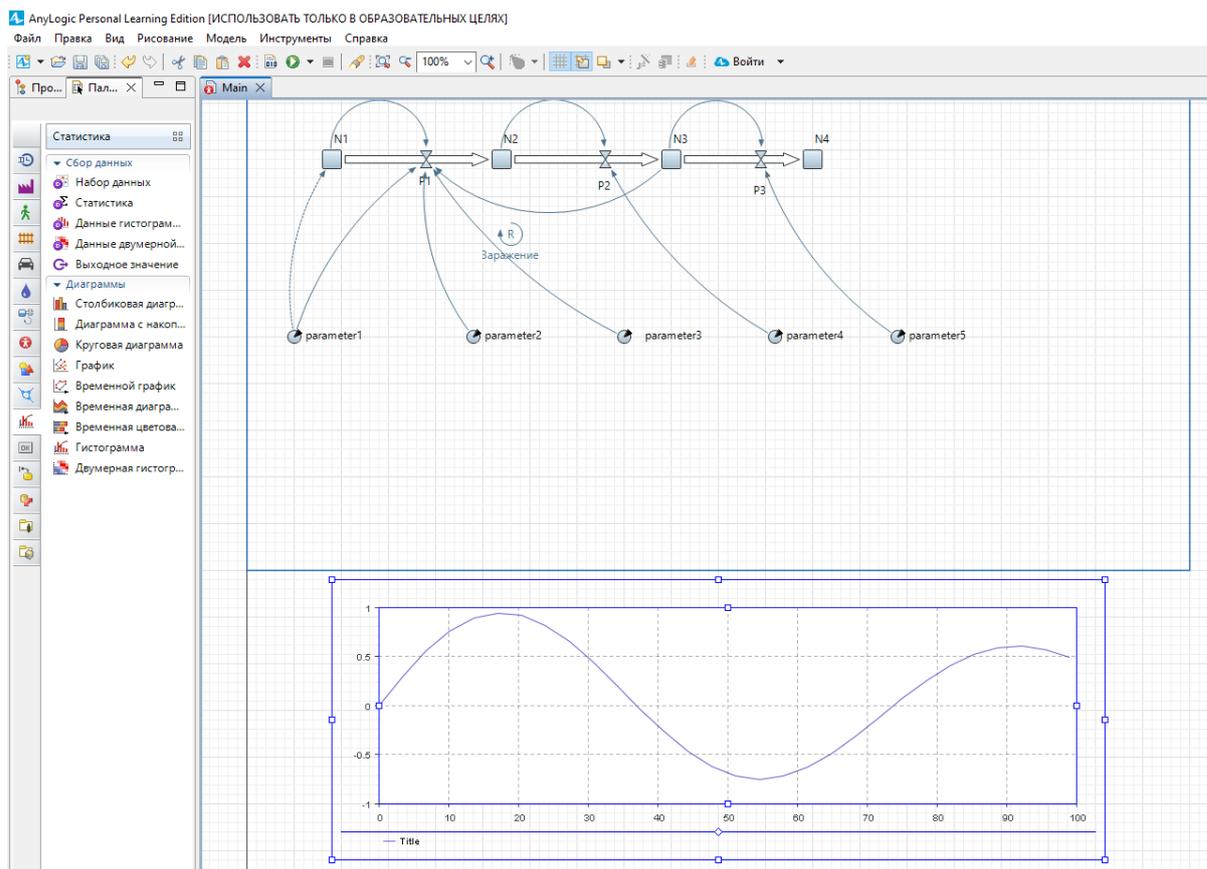
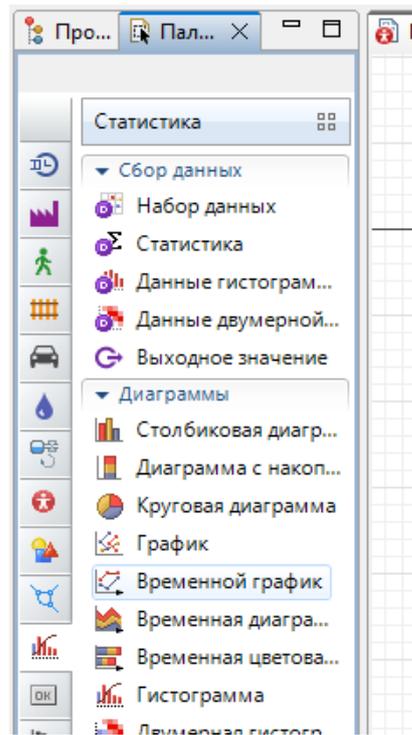
2. Перейдите в панель Свойства и измените Тип цикла на **R** (что означает «усиливающий»). Оставьте заданное по умолчанию Направление: по часовой стрелке и укажите текст, который будет отображаться около значка цикла «заражение».





Элемент «Цикл». Элемент AnyLogic Цикл представляет собой графический значок, состоящий из метки с описанием смысла цикла и стрелки, показывающей направление этого цикла. Элемент не задает саму логику зависимостей в моделируемой системе, а только показывает информацию об образовавшемся цикле влияния переменных друг на друга. Добавляя на диаграмму значки циклов, вы можете облегчить понимание существующих в этой диаграмме циклов обратной связи будущим пользователям этой модели. Определим тип нашего цикла «Заражение». Увеличение значения накопителя N3 ведет к увеличению значения потока P1, что в свою очередь увеличивает значение накопителя N2. Следовательно, цикл «Заражение» является усиливающим. Все связи в этом цикле положительные.

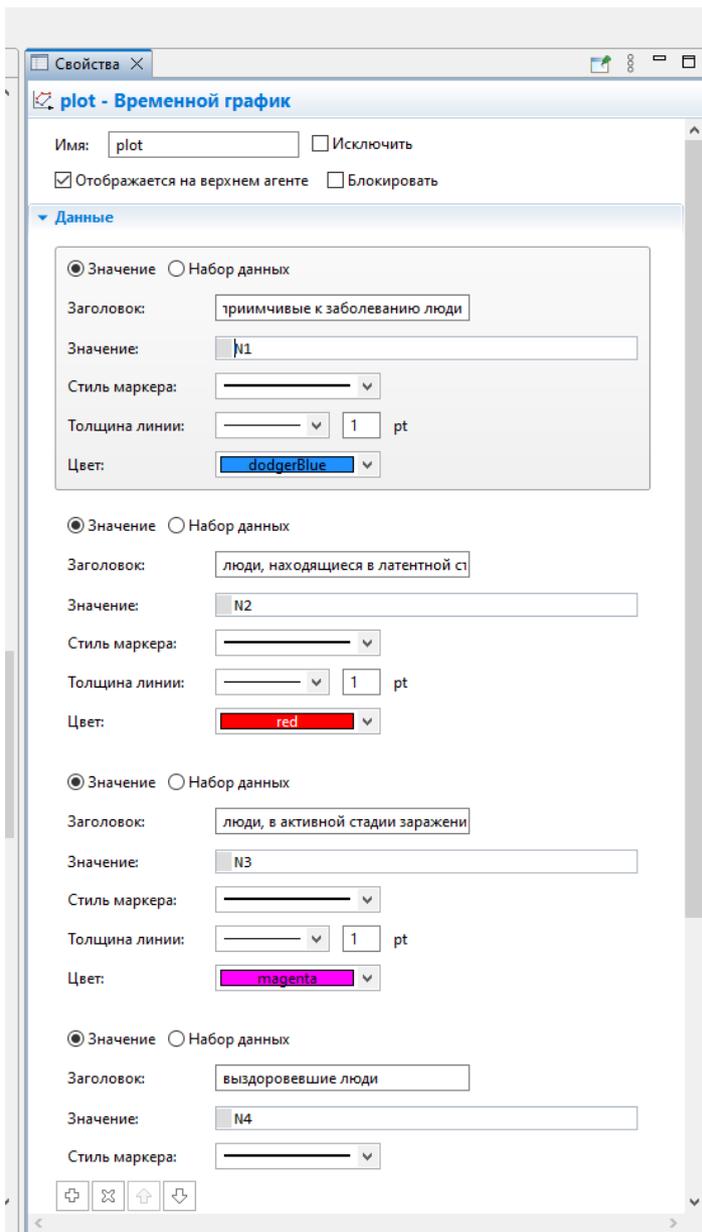
3. Для добавления временного графика для просмотра динамики изменения численности каждой категории людей в нашей модели необходимо переместить элемент Временной график из палитры Статистика на диаграмму и увеличьте размер графика, как показано на рисунке.



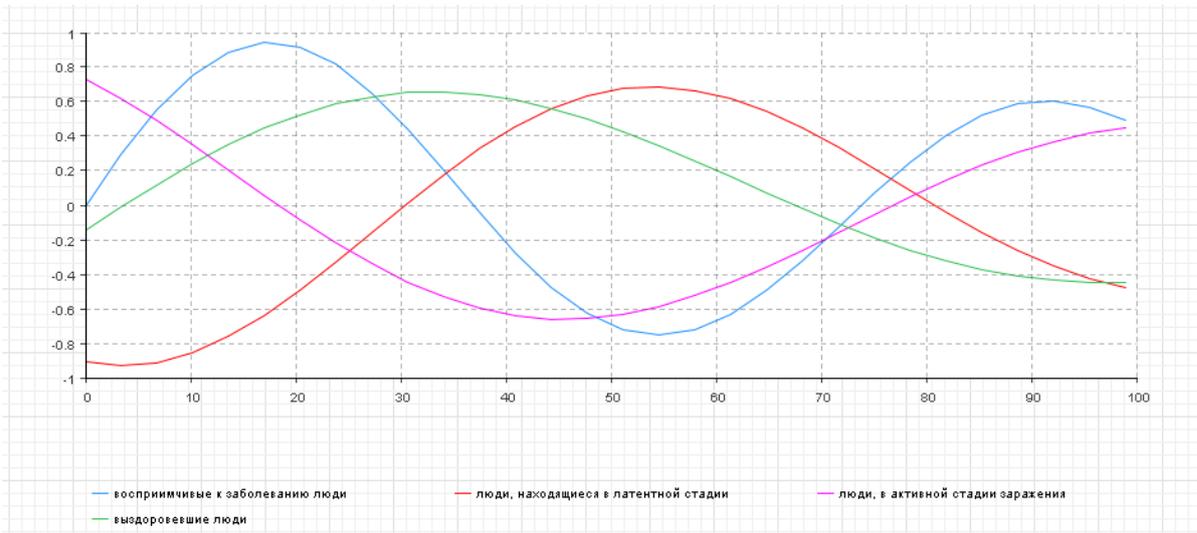
4. Добавьте элемент данных, который будет отображаться на графике. В панели Свойства перейдите в раздел Данные и щелкните по кнопке Добавить. Измените свойства созданного элемента данных графика:

- Заголовок: **восприимчивые к заболеванию люди**

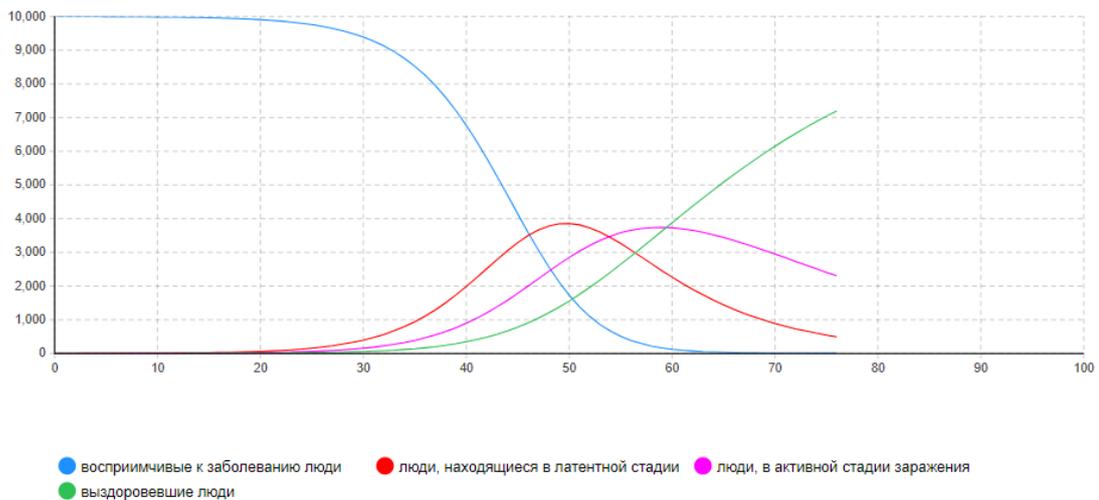
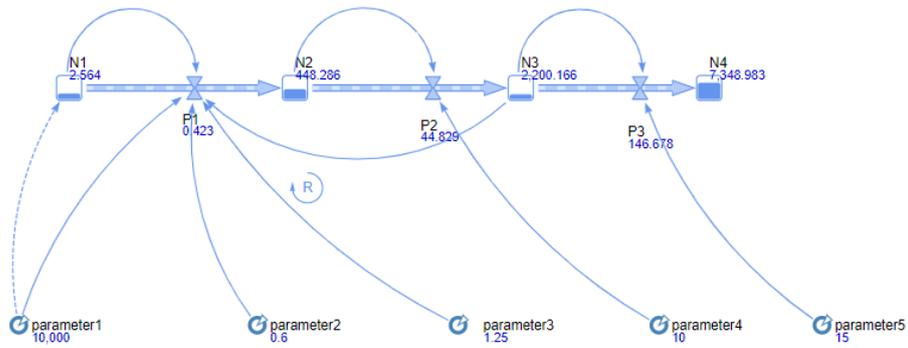
- Значение: **N1**



Добавьте еще три элемента данных, которые будут отображать значения накопителей N2, N3, N4 соответственно, укажите каждому соответствующий Заголовок.



5. Запустить модель и проанализировать динамику распространения болезни с помощью созданного временного графика.

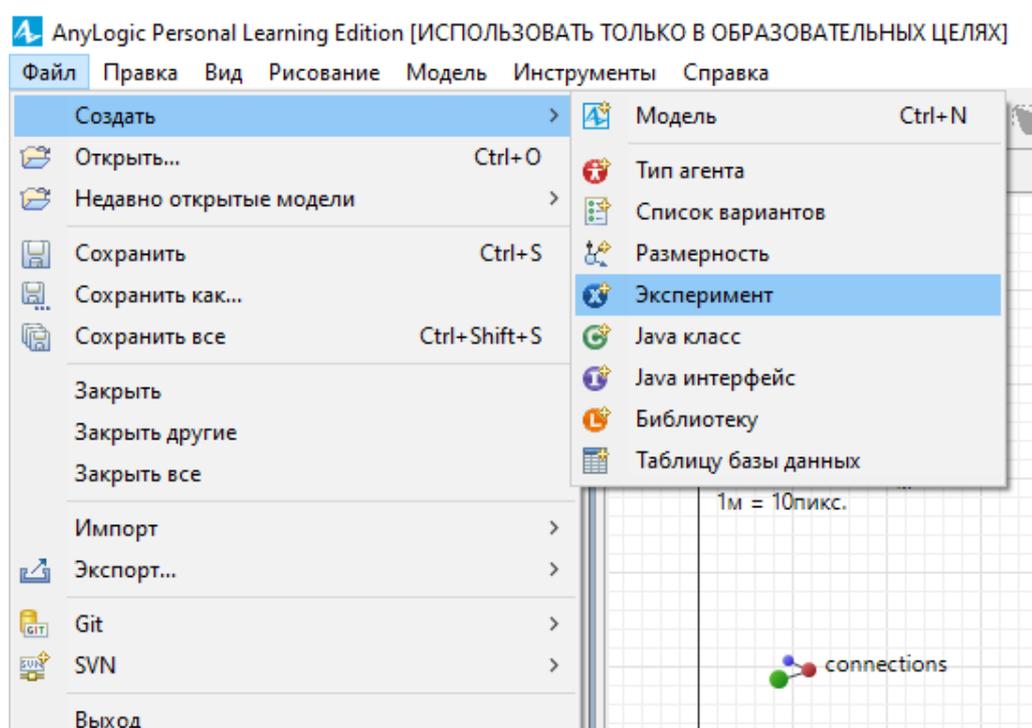


6. Проанализировать результаты работы модели и сделать выводы.

3 ЭТАП. Динамика распространения эпидемии

В среде AnyLogic возможно проведение эксперимента, в том числе с вариацией параметров. Задавая диапазон возможных значений для каждого варьируемого параметра: минимум, максимум, а также величину шага (инкремента), определяющего допустимые значения данного параметра внутри диапазона. Модель будет запускаться столько раз, сколько нужно для того, чтобы перебрать все возможные комбинации значений варьируемых параметров. AnyLogic предоставляет возможность отображения результатов всех прогонов модели на одном графике, облегчая тем самым сравнение результатов модели, полученных при различных значениях ее параметров.

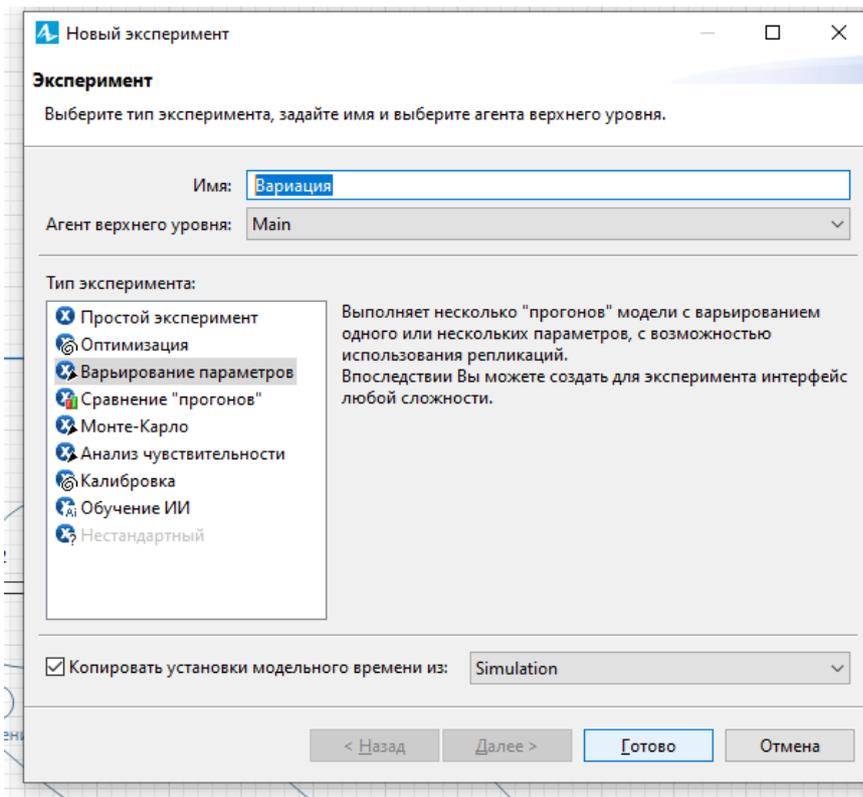
1. Чтобы создать эксперимент, необходимо дать команду **Файл > Создать > Эксперимент**



Откроется диалоговое окно **Новый эксперимент**.

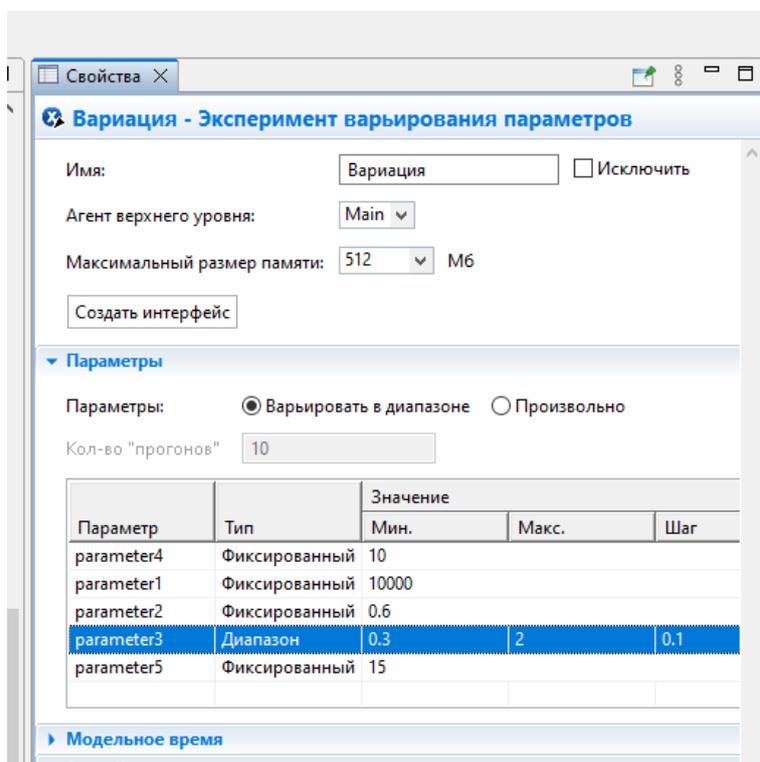
2. Введите «**Вариация**» в поле **Имя**. Тип агента **Main** будет по умолчанию выбран как Агент верхнего уровня.

3. Выберите **Варьирование параметров** в списке Тип эксперимента и щелкните по кнопке **Готово**.

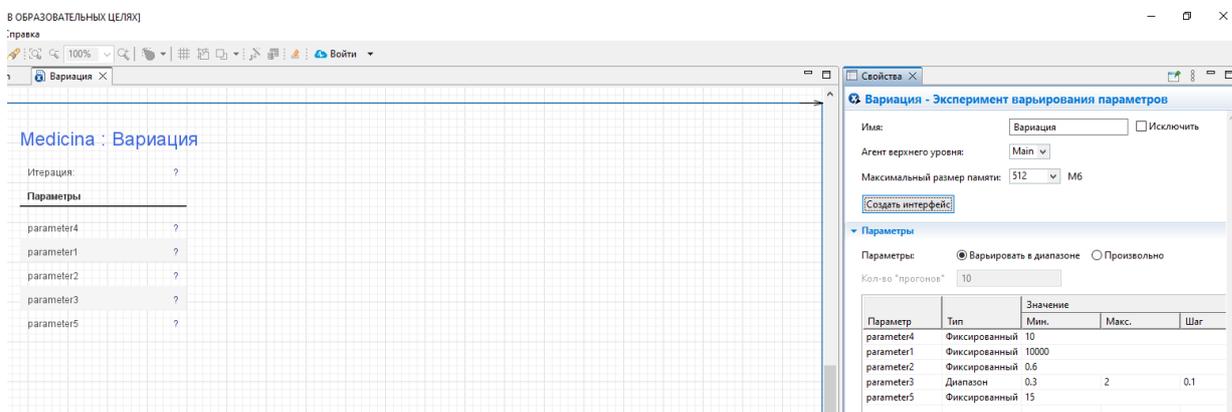


4. Перейдите в секцию свойств эксперимента **Параметры**. В ней отображаются параметры агента верхнего уровня данного эксперимента. По умолчанию все параметры имеют Фиксированный тип. Значения фиксированных параметров не будут меняться экспериментом.

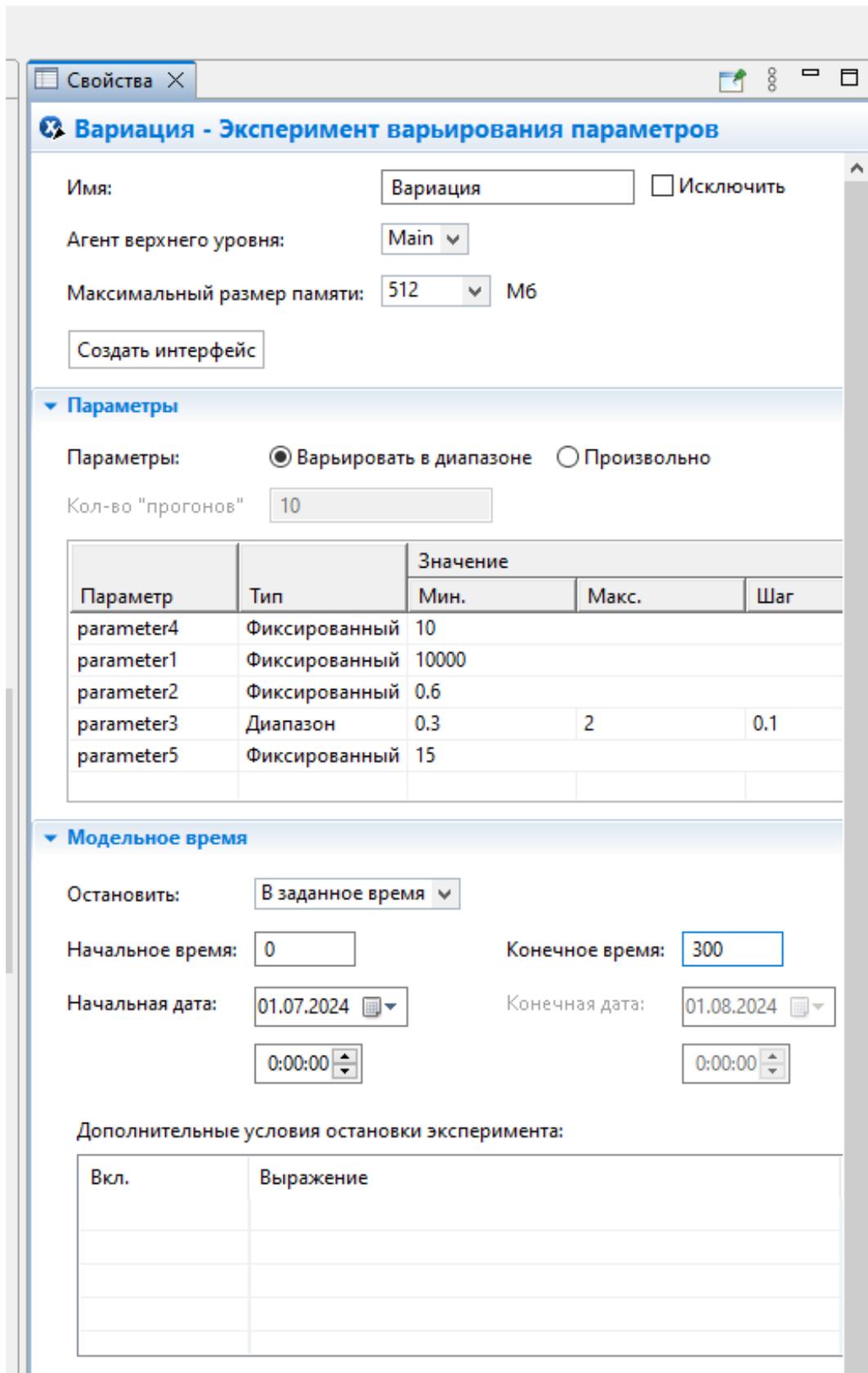
5. Чтобы наш эксперимент варьировал интенсивность контактов зараженных людей, найдите в списке **parameter3** и измените его Тип на **Диапазон**. Задайте минимальное и максимальное значения параметра в диапазоне от Мин. значения 0.3 до Макс. 2 с Шагом 0.1.



6. В свойствах эксперимента, щелкните по кнопке **Создать интерфейс**. В графическом редакторе появится стандартный интерфейс, создаваемый по умолчанию для данного типа эксперимента: текстовые метки, отображающие имена и текущие значения параметров модели.

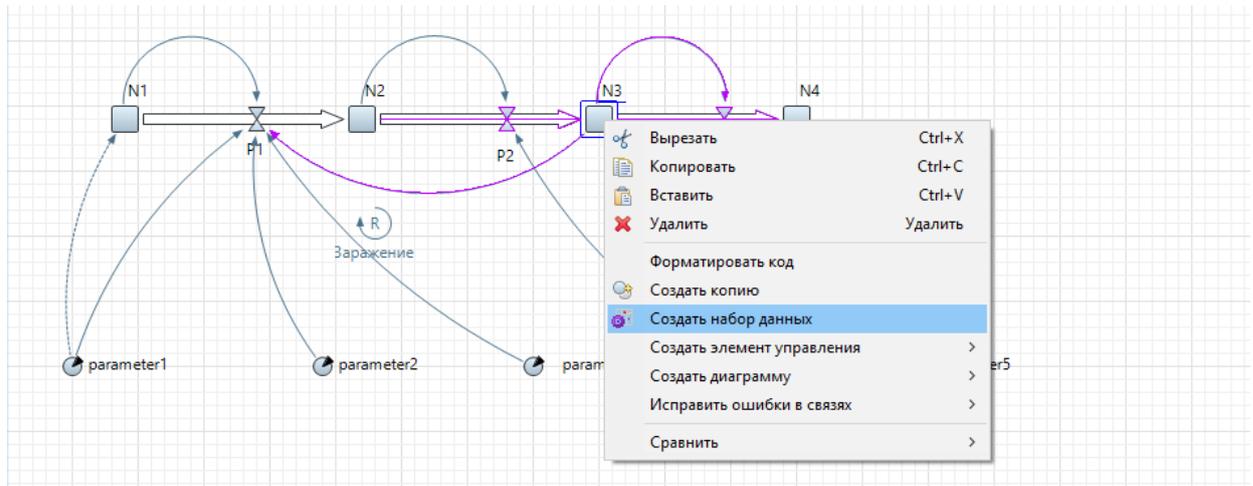


7. Чтобы каждый прогон моделировал только 300 дней модельного времени, нам нужно ограничить период моделирования. Щелкните по эксперименту «Вариация» в панели Проекты, чтобы открыть его свойства. В свойствах эксперимента раскройте секцию Модельное время. По умолчанию, в выпадающем списке Остановить уже выбрана опция В заданное время, поэтому нам нужно только задать **300** в поле Конечное время.



8. Добавим временной график для отображения результатов эксперимента. Откройте диаграмму Main, затем щелкните правой кнопкой мыши по

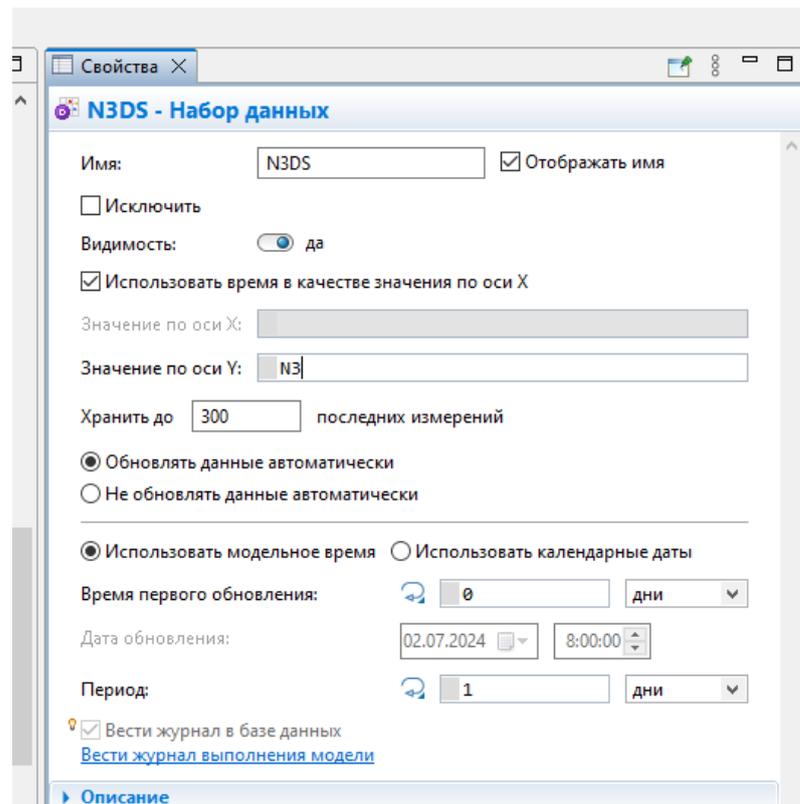
накопителю **N3** и выберите из контекстного меню опцию **Создать набор данных**.



9. Перейдите в его свойства. Необходимо наблюдать за динамикой развития болезни во времени, поэтому оставьте выбранной опцию **Использовать время в качестве значения по оси X**.

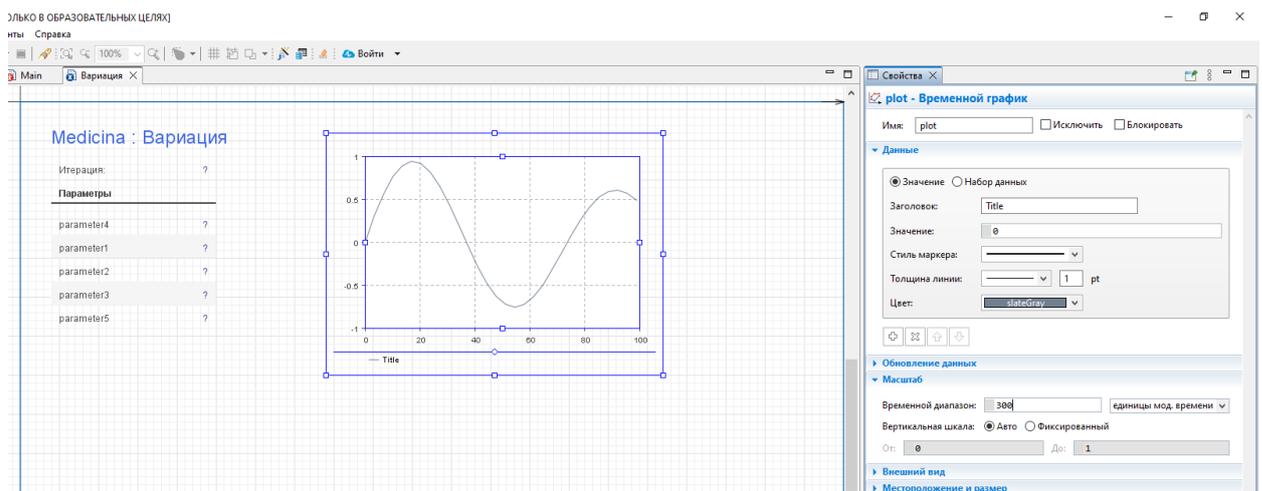
10. Выберите опцию **Обновлять данные автоматически** и оставьте **Период** равным 1, чтобы в набор данных добавлялись новые измерения для каждого моделируемого дня.

11. Чтобы увидеть на графике все собранные значения, задайте в свойствах набора данных: **Хранить до 300 последних измерений**.

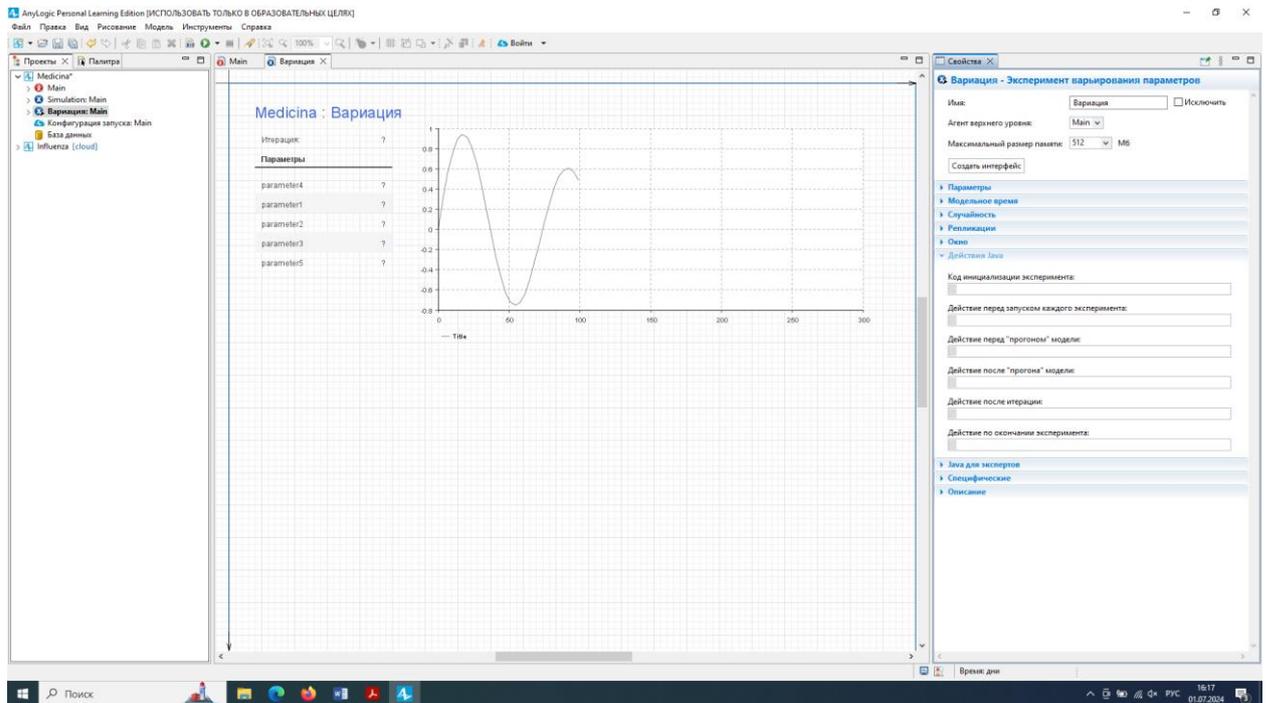


12. Можно добавить график, который будет отображать результаты этого эксперимента. Для этого, откройте диаграмму эксперимента «**Вариация**» и переместите элемент **Временной график** из палитры **Статистика**.

13. Перейдите в свойства временного графика. В секции **Масштаб** нам нужно задать **Временной диапазон: 300 единиц модельного времени.**

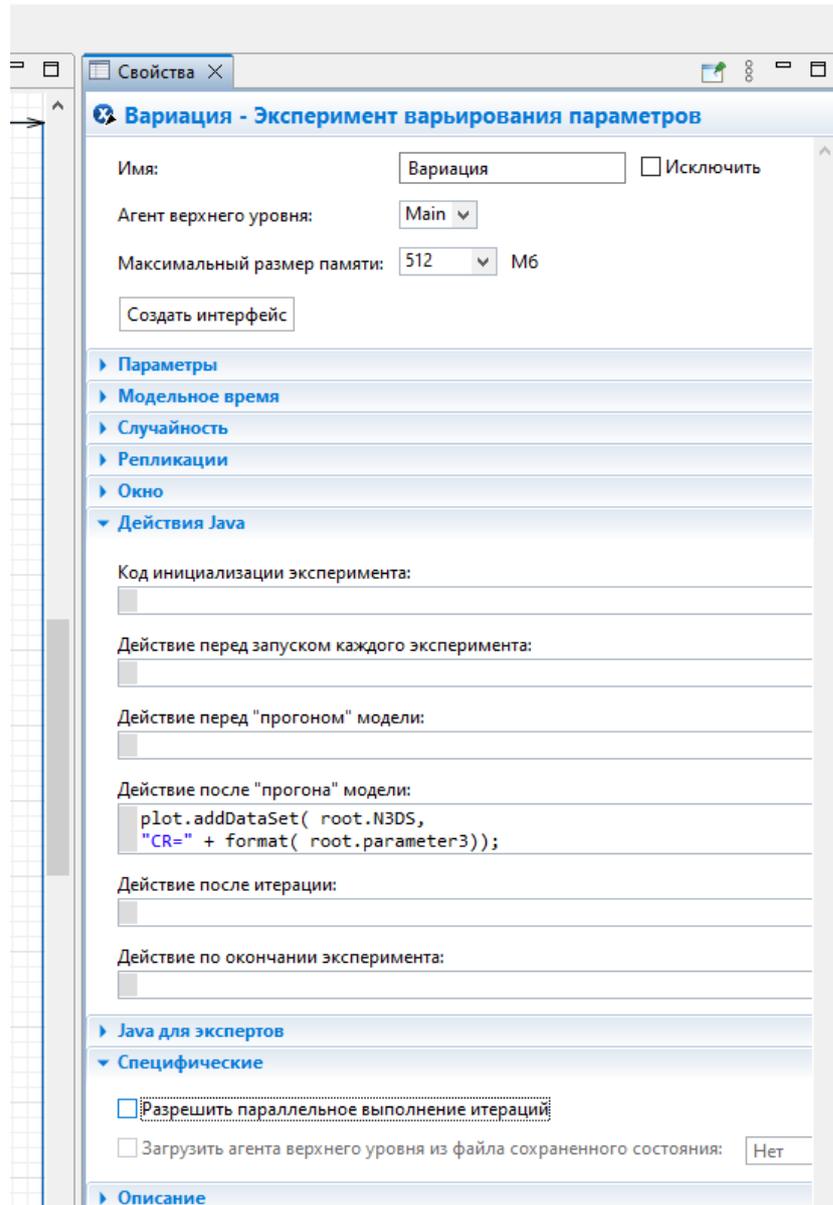


14. Выделите эксперимент «**Вариация**» в панели **Проекты** и перейдите в его свойства. Мы добавим данные на график с помощью кода, который нужно ввести в секции свойства эксперимента **Действия Java**



15. Действие после «прогона» модели: `plot.addDataSet(root.N3DS, "CR=" + format(root.parameter3));`

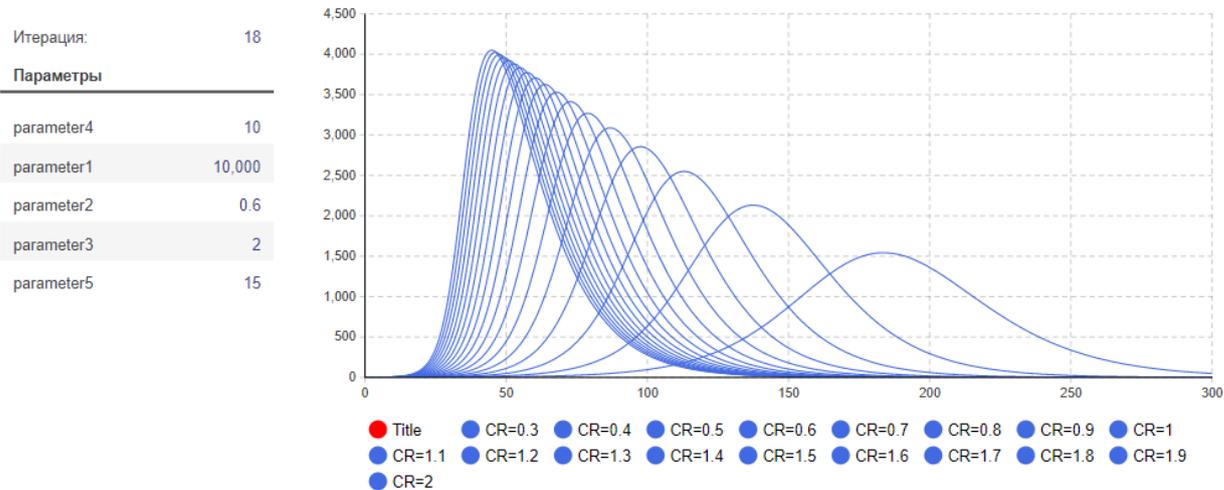
16. Откройте секцию свойств эксперимента Специфические и снимите флажок с опции Разрешить параллельное выполнение итераций.



17. Выберите «Вариация» из списка вариантов нажать кнопку **Запустить**. AnyLogic выполнит серию прогонов модели с разными значениями параметра «Зараженные» и добавит результаты каждого прогона на график. Результаты эксперимента варьирования параметров говорят о том, что при более высокой интенсивности контактов между людьми инфекция распространяется быстрее. В ходе эксперимента было выполнено 18 итераций для различных значений параметра в диапазоне от 0.3 до 2, и график, соответственно, отображает 18

различных сценариев распространения инфекции. Вы можете выделить определенную кривую, щелкнув мышью по ее легенде.

Medicina : Вариация



18. Проанализировать результаты работы модели и сделать выводы.