

**Машкова А.Л.**  
*Москва, ЦЭМИ РАН; Орел, ОГУ им. И.С. Тургенева*  
aleks.savina@gmail.com

## **СОЗДАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АНЕМИИ**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках  
научного проекта № 19-57-80003.*

В данной работе рассматриваются вопросы разработки инструментария для прогнозирования динамики распространения заболеваний среди населения России, в частности, железодефицитной анемии, обусловленной недостаточным качеством питания, недополучением основных макро- и микронутриентов. Для создания такого инструментария был выбран агент-ориентированный подход, который позволяет отразить динамику системы (в данном случае, состояния здоровья населения) как результата изменений и взаимодействий на уровне отдельных агентов-жителей.

Агент-ориентированная модель динамики распространения анемии отражает взаимодействие трех видов агентов: жителей, объединенных в домохозяйства, организаций – производителей продуктов питания и торговых агентов, обеспечивающих доступ жителей к ассортименту продуктов питания в различных регионах. Каждый из этих агентов влияет на доступность питания для жителей регионов, и, как следствие, на динамику распространения анемии среди населения.

Необходимым условием для обеспечения высокой точности прогноза является отражение текущей демографической ситуации и распространенности анемии среди населения на момент начала моделирования. В первую очередь необходимо создать регионы страны, которые далее будут заселяться агентами-жителями (рис.1). Всего в модели создается 82 региона, отражающих состав субъектов Российской Федерации без учета автономных округов, входящих в состав более крупных регионов.

Далее формируется популяция агентов, отражающая население России в соответствующей половозрастной структуре. Алгоритма создания первоначальной популяции агентов связан со структурой имеющейся исходной информации, в которой представлена численность и половозрастная структура населения в разрезе регионов [1].

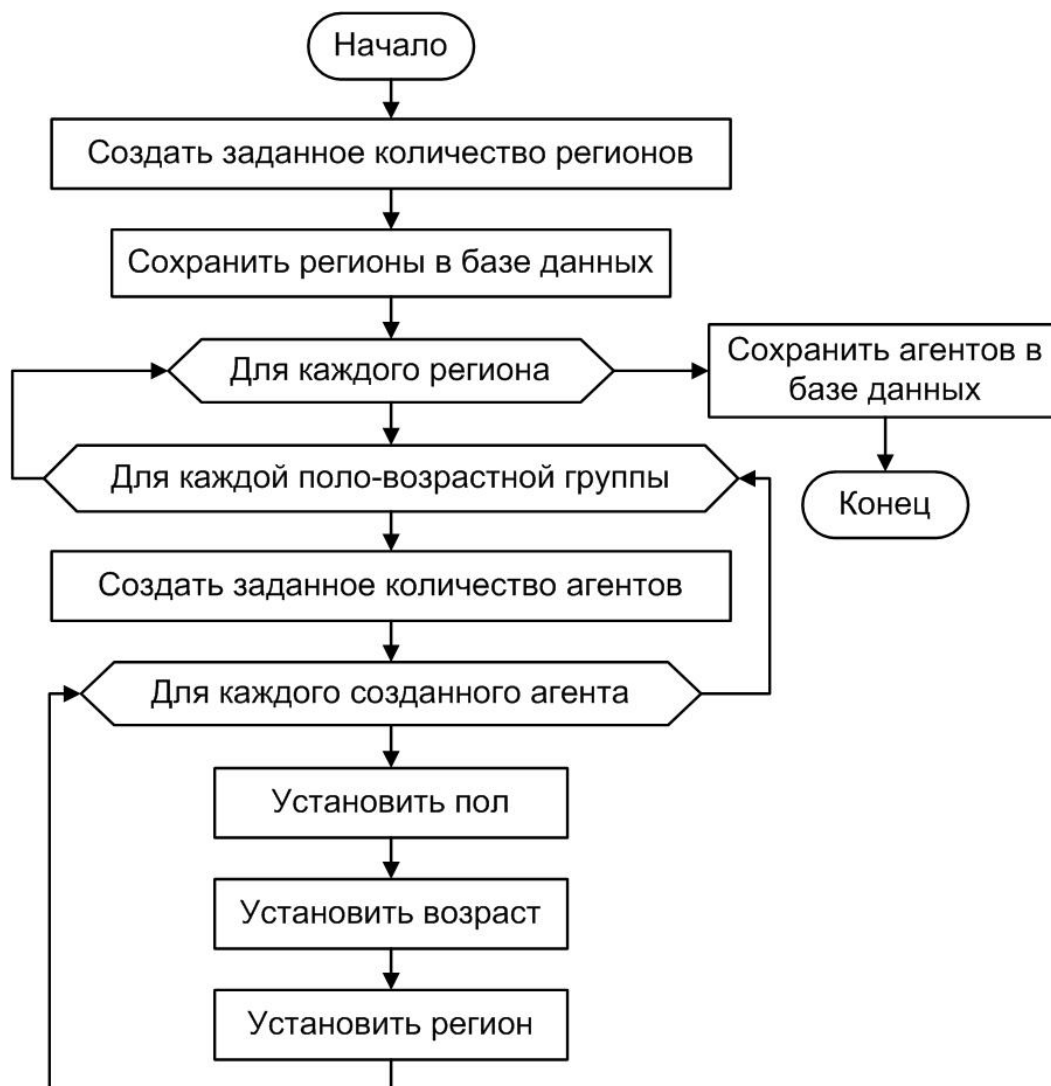


Рис.1. Алгоритм создания первоначальной популяции агентов

Алгоритм организован как набор вложенных циклов, в которых для каждой половозрастной группы создается необходимое количество агентов, им присваиваются характеристики пола, возраста и указание региона их проживания. Для масштабирования модели каждому агенту ставится в соответствие 100 агентов той же половозрастной группы, что позволяет ограничить число агентов в модели до 1,45 миллиона вместо 145 миллионов жителей России в 2020 году.

Созданные регионы и агенты сохраняются в базе данных модели, фрагмент которой представлен на рисунке 2. Для агентов устанавливается состояние в браке на основе статистических данных [1], после чего агенты группируются в домохозяйства трех типов: частные, коллективные и бездомные.

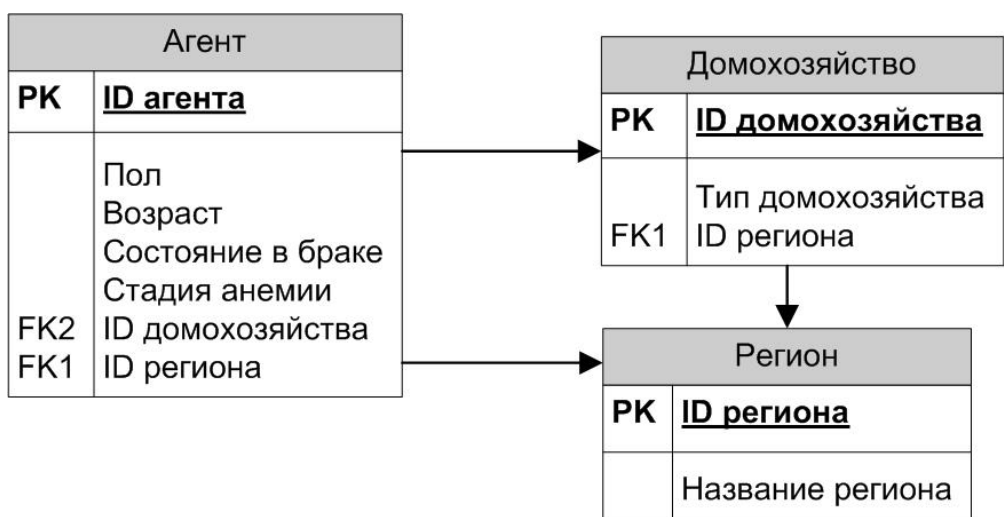


Рис.2. Фрагмент базы данных модели

Численность частных, коллективных и бездомных домохозяйств в регионах определяется на основе данных Всероссийской переписи населения 2010 года [2]. Поскольку в 2020 году в связи с пандемией COVID-19 не была проведена плановая перепись населения, для актуализации данных переписи 2010 года данные о численности населения домохозяйств различных типов приводятся к формату долей от общей численности, на основе которых определяется приблизительная численность домохозяйств каждого типа в 2020 году. В таблице 1 представлен фрагмент таблицы, содержащий расчетные данные о численности домохозяйств в Белгородской области.

Таблица 1

Численность домохозяйств в Белгородской области (исходные данные и результаты расчета)

	Все население	в том числе население		
		частных домохозяйств	коллективных домохозяйств	домохозяйств бездомных
1	2	3	4	5
Численность населения, проживающего в домохозяйствах (по данным Переписи 2010 года)				
Городские населенные пункты	1012932	1002677	10137	118
Сельские населенные пункты	519594	517986	1591	17

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Доля населения, проживающего в домохозяйствах (по данным Переписи 2010 года, расчетное значение)				
Городские населенные пункты	100	98,9876	1,0008	0,0116
Сельские населенные пункты	100	99,6905	0,3062	0,0033
Численность населения, проживающего в домохозяйствах (на 1 января 2020 года, расчетное значение)				
Городские населенные пункты	1045518	1034933	10464	121
Сельские населенные пункты	503633	502074	1542	17

Численность зарегистрированных случаев анемии в регионах РФ определяется на основе данных сборника «Здравоохранение в России» Федеральной службы государственной статистики [3]. Фрагмент таблицы численности зарегистрированных случаев анемии для ряда регионов представлена в таблице 2. Численность больных в модели рассчитывается пропорционально численности агентов (при масштабировании 1:100), то есть в модели создается 16496 агентов, больных анемией, что соответствует 1,65 миллиона больных анемией в России (по данным 2019 года).

Таблица 2

## Зарегистрированные случаи анемии, по регионам РФ

Субъекты Федерации	Зарегистрировано больных анемией среди населения	Численность агентов, больных анемией, в модели
Белгородская область	11091	111
Брянская область	7960	80
Владимирская область	14327	143
...	...	
Российская Федерация: всего	1649560	16496

Отражение текущей заболеваемости населения анемией также осуществляется в разрезе региональной структуры Российской Федерации и с учетом возраста заболевших, при этом в статистических данных [3] выделяются две возрастные группы: дети до 14 лет (включительно), подростки и взрослые старше 14 лет. Состояние здоровья агента задается через его стадию заболевания, где 0 соответствует здоровому человеку, 1 – легкой, 2 – средней и 3 – тяжелой степени тяжести анемии. В рамках алгоритма (рисунок 3) для каждой возрастной группы в регионе рассчитывается численность здоровых и больных агентов, и для них устанавливается соответствующая стадия заболевания. Внесенные изменения в сущности «Агент» сохраняются в базе данных модели.

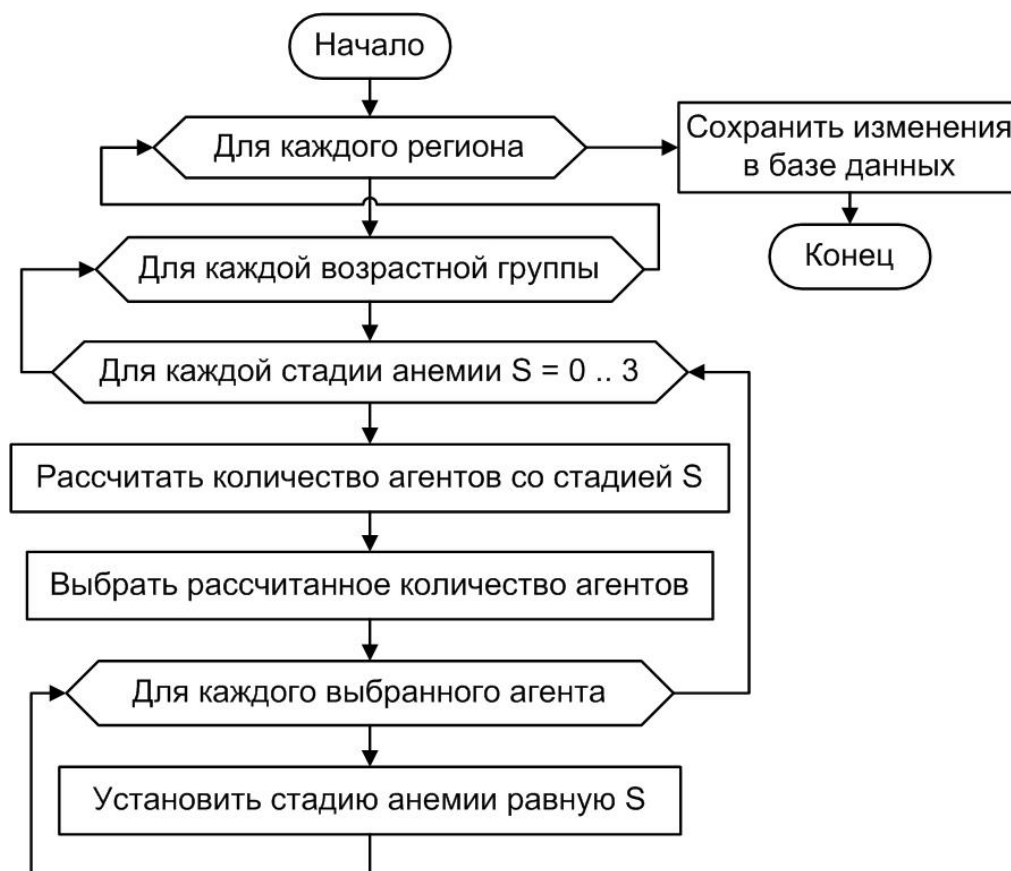


Рис. 3. Отражение текущей заболеваемости анемией среди населения

Полученная в результате работы алгоритмов база данных используется при проведении сценарных расчетов на агент-ориентированной модели динамики распространения анемии. Алгоритмы реализации демографических процессов, изменяющих состав населения, представлены в [4]. Динамика анемии рассматривается во взаимосвязи качества доступного питания и текущего состояния здоровья жителей. Как показано в [5].

**Список использованной литературы:**

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL:<http://www.gks.ru/>. Дата обращения 26.06.2021.
2. Всероссийская перепись населения 2010 (официальный сайт) URL:[http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/perepis\\_itogi1612.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm). Дата обращения 20.08.2021.
3. Здоровоохранение в России. 2019: Стат.сб./Росстат. - М., 2019. – 170 с.
4. Новикова Е.В., Савина О.А., Машкова А.Л., Маматов А.В. Воспроизведение динамики населения регионов России методом агентного моделирования. Информационные системы и технологии. 2019. №2. С. 48-55.
5. Дрифта Р., Машкова А. Л., Неволин И. В., Ришемжит К. Агент-ориентированная модель взаимосвязи доступности продуктов питания и динамики распространения анемии // Искусственные общества. – 2021. – Т. 16. – Выпуск 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800013573-9-1/> Дата обращения дата обращения: 12.08.2021.