

Имитационное объектно-ориентированное моделирование динамики
человечества.

Введение

Не смотря на технологический прогресс в области вычислительной техники, ученые всего мира используют старые методы моделирования человеческой динамики, имеющие большое количество изъянов. Другие подходы, хоть и существуют, но по-прежнему нереализуемы по причине нехватки вычислительной мощности ЭВМ. Это говорит о том, что сегодня существует необходимость в разработке нового метода, который позволит предсказывать будущее человечества с большей точностью.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней предлагается новый метод моделирования системной динамики человечества.

Целью научной работы является обоснование и разработка нового подхода к моделированию динамики человечества с последующим доказательством его (подхода) жизнеспособности на практике путем создания модели деятельности лесоруба в лесах Сибири, и проверить, сравнив ее прогнозы с реальной деятельностью лесорубов.

Задачами данного исследования являются:

1. Изучить существующие модели мировой динамики человечества.
2. Раскрыть недостатки этих моделей.
3. Разработать и предложить новый метод моделирования человеческой динамики.
4. Продемонстрировать жизнеспособность предложенного нового подхода путем создания предлагаемым методом модели деятельности лесоруба.
5. Проверить правильность прогнозов модели, сравнив ее прогнозы с реальной деятельностью лесорубов.

Сама модель, техническая документация и инструкция к ней, доступны для скачивания с Яндекс Диска по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/s345Azta2Uiyrq> .

Основная часть

Существующие модели человеческой динамики

Человечество на протяжении всего своего существования стремилось научиться предсказывать будущее. В древности предсказания делались различными мудрецами, гадалками, провидцами и шаманами на основе своей интуиции. [1] Нуждаясь в более надежных методах, человечество начало развивать прогнозирование на основе науки. Так в XVII веке появилась высшая математика с математическим анализом [2] и теория вероятности. Они позволили описывать существующие процессы при помощи формул, определять возможные варианты их развития и оценивать вероятности данных вариантов. Для проверки таких прогнозов в XVII веке была разработана статистика. [3] Мир пришел к созданию математических моделей.

В середине XX века прогнозирование стало проводиться при помощи компьютеров. Так в 1950-х и 1960-х годах произошел целый бум на создание математических моделей с последующим их просчетом на ЭВМ. К сожалению, они не были преданы гласности, в том числе Соединенными Штатами и Советским Союзом. Так СССР разрабатывал модель эволюции общей экологической ситуации на Земле. Абсолютно точное описание физических процессов планеты делало эту модель сложной, в том числе для просчета на ЭВМ. [4] Для создания модели динамики человечества, в то время, требовались более формальный подход и открытый для ученых всего мира проект.

В 1968 году группа энтузиастов-промышленников под руководством Аурелио Печчеи и Александром Кингом создала общественную организацию по исследованию и решению глобальных проблем, получившую название «Римский клуб». В 1970 году профессор MIT Джей Форрестер предложил данной организации создать математическую модель состояния планеты и человечества. [5] Сделав некоторые наброски своей модели на бумаге, Форрестер назвал ее «World». Позже он переделал свою модель для просчета на

ЭВМ, создав графический язык программирования DINAMO. Данная модель получила название «World2». Ее схема представлена на рисунке 1 приложения А. Сама по себе модель «World2» - совокупность индексов, влияющих друг на друга. Взаимосвязь между ними была установлена Форрестером эмпирично.

Модель предсказала нам постепенное снижение численности населения планеты, фиксацию уровня жизни и рост загрязнения планеты с 2020 года. Результат данного моделирования представлен на рисунке 1 приложения Б.

Форрестер считал, что ЭВМ не ошибается в расчетах, поэтому его модель точна, что не является истиной. Существует большое количество факторов, приводящих к ошибкам при выполнении программ, [6] что привело к ошибкам моделирования и в этой модели: во время процесса моделирования одного из сценариев развития человечества, модель показала скачок роста качества жизни после резкого скачка загрязнения планеты. Результаты данного моделирования представлены на рисунке 2 приложения Б.

Такие модели ошибочны изначально из-за формального подхода, и создают лишь «временные развертки» процессов, а не «предсказания». Надежность данных «предсказаний» весьма низка: данные процессы сильно зависят от войн, эпидемий, научно-технического прогресса, которые небыли включены в модель по причине невозможности предсказания их появления в виде формулы.

Некоторое время спустя Форрестер решил передать разработку модели другим. [4] Группа ученых из MIT с энтузиазмом взялась за создание такой модели. Не смотря на недостатки количественного подхода, ученые продолжили им пользоваться из-за отсутствия других методов. Создавая свою собственную модель, они исходили из того, что существует только 5 наиболее важных глобальных параметров: численность населения, промышленное производство, сельскохозяйственное производство, ресурсы и загрязнение планеты. Все эти 5 параметров были представлены в виде 5 переменных, значения которых отражают состояние всей планеты. Каждая из переменных имеет свою единицу

измерения, контуры уменьшения и увеличения. Данные контуры представлены в таблице 1.

Переменная	Контур увеличения	Контур уменьшения
Население	Рождаемость	Смертность
Производство	Инвестиции	Выход из строя промышленного капитала
Сельское хозяйство	Инвестиции	Сокращение и истощение пахотных земель
Невозобновляемые ресурсы	Открытие новых месторождений	Использование ресурсов
Загрязнение	Увеличение производства	Естественные природные механизмы разложения загрязняющих веществ

Таблица 1. 5 переменных и их контуры

Каждый из этих контуров влияет на вероятность увеличения и уменьшения переменных. Взаимосвязь между ними (переменными) была установлена аналитически (математическими формулами - функциями $f(x)$). Формулы были выведены при помощи анализа существующей на тот момент мировой статистики. Все переменные влияют друг на друга, чем и описывается взаимодействие всех процессов в рамках планеты. Такой вид прогнозирования, несомненно, является весьма грубым, однако он был единственно возможным для ЭВМ того времени. [7] Этот подход к созданию моделей называется «количественным», а сами модели – «количественными моделями». [4] Эта модель была названа «World3».

Прогноз модели, как и она сама, были описаны в 1972 году в книге Римского клуба «Пределы роста». Прогноз таков: для существования человечеству необходимы ресурсы, которые конечны. Ресурсы закончатся и человечество погибнет. Учитывая, что рост производства происходит линейно, а численность населения экспоненциально, произойдет «человеческий коллапс» (резкое падение всех параметров) к 2100 году, первая стадия которого идет уже сейчас, в наше время.

Книга «Пределы роста» быстро распространилась по всему миру и устроила много шума в прессе, за исключением СССР, так как советские ученые опровергли ее прогнозы. Так, например, кроме унаследованных изъянов моделей «World» и «World2», в модели «World3» предполагалось, что во всем мире капиталистическая система, [7] что на самом деле было совершенно не так, ибо в 70-х годах большая часть мира была социалистической (52 страны имели социалистическую направленность). [8] Были нарушения законов термодинамики: в книге «Пределы роста» рассказывалось о том, что работающие станки на заводе выделяют тепло, тем самым нагревают планету. [7] Эти, и многие другие ошибки, были подтверждены при сравнении результатов модели «World3» с результатами советских моделей экологии, основанных на основе физики и экологии (в частности «школы Василия Ивановича Вернадского»). [4] Немаловажной причиной критики было и советское мировоззрение – научный коммунизм не позволял советским ученым даже мыслить о «целенаправленном контроле рождаемости и численности населения планеты». [8] Еще больше изъянов модели было найдено в период с 2001 по 2003 год российской исследовательской группой «Конструирование будущего». [4]

Сами ученые МІТ призывали не учитывать значения переменных, а работать лишь с их поведением. Прогнозы признавали слишком грубыми и неточными, а на графиках не соблюдали масштаб (даже деления шкал отсутствовали). В саму же модель ученые МІТ постоянно вносили изменения, т.к. постоянно находили неточности взаимосвязей переменных. [7] Тем не менее, не смотря на все это, нашлись люди, которые восприняли результаты как точный прогноз: правительство США начало программу по сокращению численности населения планеты для защиты военной и продовольственной безопасности своей страны. [9][10]

Смоделировав «фактический» прогноз на модели «World3» до 2100 года и 2400 года, я столкнулся с их ошибочностью. Скриншоты результатов моделирования

представлены на рисунках 3 и 4 приложения Б. Как показало второе моделирование (до 2400 года), после «человеческого коллапса» произойдет стабилизация всех параметров. Загрязнение упадет до 0 в 2150 году и больше никогда не увеличится. Это вызвано тем, что человечество за 350 лет после коллапса не попытается возродить науку и производство. Будет нулевой рост человечества. Это однозначно ошибка – такой сценарий невозможен в реальной жизни, ведь экспоненциальный рост и возрождение производства с наукой – основа выживания человечества в таких условиях. [7]

Римский клуб на протяжении следующих 17 лет работал с учеными со всего света (в том числе и СССР), принимал критику и сообщения об ошибках моделирования для последующего улучшения своей модели. Было проведено множество сравнений модели «World3» с другими аналогичными моделями со всего мира с целью выявить недостатки и перенять какие-либо идеи. Результатом данной работы стала книга «За пределами роста» Эдуарда Пестеля, которая, фактически, является отчетом Римского клуба об изъянах и ошибках модели «World3». В своей книге, Эдуард Пестель, упомянул о безграничной вере неграмотных людей в результаты, выдаваемые ЭВМ, назвав это «компьютерной фетишизацией», а обо всей шумихе «зеленых», и правительственных программах «спасения человечества» разных стран выразился так: «те, кто думали, что мир уже достаточно созрел для того, чтобы его можно было перевернуть вверх дном, восприняли требование нулевого роста, высказанное уважаемыми джентльменами из Римского клуба, как конкретный сигнал к действиям против существующего промышленного, торгового и политического порядка». [11]

В 1991 году Римский клуб выпустил усовершенствованную модель «World3-91», реализованную на более современном графическом языке программирования STELLA. В результате экспериментов на данной модели, и ее дальнейшего улучшения, ученые уточнили зависимости переменных (стоимость технологий и влияние количества продукции на рождаемость).

Были найдены и введены в модель закономерности научно-технического прогресса (хоть и очень грубо). Добавление переменных «благополучие человека» и «экологическая нагрузка» позволили упростить анализ результатов моделирования и установления причинно-следственных связей. Этот вариант модели был выпущен в 2003 году под названием «World3-03». Общая схема этой модели представлена на рисунке 2 приложения А. Данная модель оказалась намного лучше своих предшественниц, но так же не учитывает социальный фактор (поведение людей), войны и эпидемии. [12]

Заметное ухудшение экологии, ситуация с озоновой дырой, [4] конференции «Саммит Земли» [13] и «Конференция Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию» [14] привели не только к открытию государственных программ по влиянию на климат [15] и управлению погодой [16], но и возобновили интерес к Римскому клубу и «Пределам роста». Это сподвигло создателей модели «World3» выпустить новую книгу: «Пределы роста. 30 лет спустя» в 2004 году. Она не только описала современное (на тот момент) положение дел, но и представила новые, более корректные временные развертки динамики человечества. Сами создатели модели, признают, что их модель, как и прошлые модели «World», некорректна и «не может дать прогноз на 30 или 50 лет вперед с какой-либо точностью». [12]

Стоит отметить, что анализ «прогнозов» модели «World3» (1972 года), проведенный компанией KPMG (одна из самых крупных аудиторских компаний в мире) в 2020 году, показал совпадение значений параметров некоторых глобальных процессов с фактическими значениями этих параметров на момент проверки. [18] Такое совпадение произошло потому, что данные процессы являются стабильными и развиваются по довольно простым законам, которые можно описать аналитически. Примером такого процесса является рост численности населения по экспоненте. Такое же совпадение следует ожидать и от модели «World3-03».

В 2012 году Йорген Рандерс (один из создателей моделей «World3»), и большое количество международных специалистов, опубликовали книгу «2052 год – Глобальный прогноз на ближайшие 40 лет», в которой описано, как изменится жизнь человечества к 2052 году. Для прогнозирования они использовали две модели мировой динамики, в том числе несколько измененную «World3-03» и C-ROADS (модель накопления парниковых газов). Обновленная версия модели «World3-03» имеет более подробные блоки экологии и экономики, а так же учитывает социальную напряженность (в весьма общем и грубом виде). [19] Эта модель, как и ее предшественницы, так же не в состоянии предсказывать такие важные явления, как эпидемии, войны и катаклизмы.

Количественная модель «C-ROADS» создана таким же методом, как и модели семейства «World», но моделирует не динамику человечества, а накопление парниковых газов. В данной модели установлена зависимость увеличения средней температуры на планете от выбросов производства. Итог моделирования зависит от значения 6 переменных: «год пика выбросов», «год начала сокращения выбросов», «годовой коэффициент снижения выбросов», «снижение уничтожения лесов» и «озеленение». [20]

Количественная модель «EN-ROADS», родственница «C-ROADS», является аналогичной, но более углубленной моделью. В ней установлены зависимости увеличения средней температуры не от выбросов, а от различной деятельности человека, например энергоснабжения, транспорта и работы по удалению углерода. [21]

Скриншот результата моделирования фактического накопления CO₂ на модели C-ROADS представлен на рисунке 5 приложения Б. Второе моделирование оказалось менее реалистичным: я ввел политику нулевого роста выбросов с 2022 года, в результате рост выбросов не только остановился, но и начал снижаться, что невозможно в реальной жизни. Скриншот результата данного моделирования представлен на рисунке 6 приложения Б.

Скриншот результата моделирования фактического накопления CO₂ на модели «EN-ROADS» представлен на рисунке 7 приложения Б. Во втором моделировании я увеличил уровень электрификации, а электростанции начал переводить на уголь, нефть и природный газ в ущерб возобновляемым источникам и атомной энергетике. Это должно привести к увеличению электростанций на «грязном топливе» и к росту загрязнения, но вместо этого, модель показала, что количество выбрасываемого CO₂ достаточно сильно сократилось. Скриншот результатов данного моделирования представлен на рисунке 8 приложения Б.

Модели «C-ROADS» и «EN-ROADS» являются слишком общими моделями и не учитывают большое количество других способов по борьбе с парниковыми газами, поэтому их прогнозы очень приблизительны. Как и модели «World», они не способны предсказывать такие события, как, например, повреждения газопроводов. Именно поэтому их создатели, как и создатели моделей «World», говорят, что данные модели можно использовать в качестве лишь общих проверок экологической политики или в качестве обучающего симулятора. Но, не смотря на большую погрешность результатов этих моделей, ими пользуются для принятия решений политики Европейского союза, большое количество крупных компаний и даже ООН. [20] [21]

18 октября 2019 года прошло мероприятие под названием «Evil-201» - публичное моделирование распространения коронавируса незадолго до начала его пандемии. Данное моделирование проводил Центр безопасности здоровья Джона Хопкинса при поддержке Всемирного экономического форума и Фонда Билла и Мелинды Гейтс. Из всех возможных штаммов семейства коронавирусов, в моделировании участвовал штамм nCoV-2019 – именно тот штамм, который вызвал мировую пандемию. [22]

Для проведения данного мероприятия университет Джона Хопкинса создал количественную модель эпидемии коронавируса состоящую из 6 переменных: «восприимчивость», «время инкубации», «количество больных с легким

течением болезни», «количество больных с тяжелым течением болезни» и «количество умерших». Связь между данными переменными установлена аналитически (простыми математическими функциями). Схема данной модели представлена на рисунке 3 приложения А. Моделирование было применено к большинству городов США, [23] в результате чего был спрогнозирован общий прогноз пандемии для Соединенных Штатов – смерть 65 миллионов американцев. Данный прогноз оказался ошибочным: фактическое количество смертей в США на 17.10.2022. – 1035865 человек (в $\approx 62,75$ раза меньше чем в прогнозе). [24] Эта модель не отражает реальных процессов распространения вируса, заменяя их вероятностями, поэтому результаты ее моделирования не могут рассматриваться в качестве прогноза. Об этом заявил и сам университет Джона Хопкинса 24 января 2020 года. [25] Тем не менее, это не помешало СМИ всего мира устроить «мировую истерику» по этому поводу, убедив правительства всех стран применить ограничительные меры, нарушающие законы, права человека и общечеловеческие ценности в принципе. Этот вопрос был поднят даже Организацией Объединенных Наций. [26]

Существует масса других, более продвинутых моделей (например, CovidSIM [27] и «COVID-19 in Universities» [28]), но все они являются аналогами модели «Evil-201» и не могут быть использованы для прогнозирования хода пандемии. Схема модели «COVID-19 in Universities» представлена на рисунке 4 приложения А.

В качестве эксперимента я воспользовался моделью «CovidSIM» и смоделировал течение пандемии «COVID-19» для России. Скриншот результата моделирования представлен на рисунке 9 приложения Б. Моделирование предсказало, что пик пандемии в России придется на 142 день пандемии, а количество заболевших будет составлять 22316740 человек. В реальной жизни пик пандемии в России пришелся на 470 день (12 февраля 2022 года), а число больных составило всего 203494 человека (в $\approx 109,67$ раз меньше прогноза). [29]

Все выше описанные в данной работе модели не могут использоваться в тех целях, для которых были созданы. Причиной тому является ряд одних и тех же проблем, которые есть у каждой количественной модели:

1. **Очень большие и сложные системы представляются в виде простой переменной.** Такие системы как «производство», «электрификация», «строительство» являются сложными и очень крупными системами. Из-за сложности воссоздания в математических моделях приходится их мыслить не как системы со своей структурой, а как простую переменную.

2. **Значение переменных не отражают действительное состояние сложной системы.** Состояние сложной структуры, например «экономика», «производство», «загрязнение», невозможно адекватно оценить по одной переменной. Так, чтобы увеличить значение ВВП экономики, достаточно увеличить стоимость выпускаемой продукции, и не улучшать предприятия. Данная величина не отображает реальное состояние экономики.

3. **Зависимость переменных описывается простыми математическими формулами.** Между такими крупными системами как «численность человечества», «загрязнение», «ресурсы» существует огромное количество взаимосвязей. Кроме того, существует взаимное влияние взаимосвязей друг на друга. Естественно, внести их все в математическую модель не представляется возможным, поэтому ученым приходится обобщать их все до одной общей усредненной связи. Такая связь является весьма грубой и несет в себе риск неадекватного поведения модели. Так, одна небольшая и незначительная связь может изменить состояние всей системы (при помощи цепной реакции), но при моделировании из-за грубости этого не произойдет. Отсутствие хлеба может сильно сказаться на жизни людей, однако в рамках модели это не будет заметно, если благосостояние людей определяется значением ВВП страны.

4. **Не могут предсказывать события в будущем.** Подобные модели совершенно не подходят по своей природе для прогнозирования ряда событий, таких как начало войн или эпидемий, по причине невозможности предсказания

их появления в виде формулы, а ведь такие события обладают очень сильным влиянием на динамику человечества.

Все 4 вышеперечисленных проблемы являются следствием технологии создания моделей при помощи количественного метода. [4] Эти модели не способны вести себя в точности как объект, который они моделируют. [30] СССР изначально не использовал такую технологию моделирования, а развивал свою собственную, которая заключалась в том, что биосфера мыслилась как «совокупность взаимодействующих биогеоценозов с собственными временными характеристиками». Сложность получаемых моделей получалась куда выше, чем модели созданные по технологии формализации и упрощения, что привело к невозможности их реализовать на ЭВМ как того времени, так и тех, что существуют сейчас. [4] [31]

Создание моделей мировой динамики продолжается и сегодня по количественной технологии за неимением другого рабочего подхода. Примером этого является создаваемая сегодня модель «World4», которая будет иметь не 5, а около 50 основных переменных и более точные формулы их взаимозависимости. [32] С уверенностью можно сказать, что данная модель, как и все ее предшественницы «World», будет обладать теми же 4-мя проблемами, а ее результаты нельзя считать прогнозами (лишь временными развертками существующих процессов). Схема данной модели представлена на рисунке 5 приложения А. То же самое можно сказать и об относительно недавно созданной модели «Earth4All» [33].

Имитационное объектно-ориентированное моделирование

Человечеству пора отойти от создания глобальных моделей на основе количественного подхода в пользу методов, позволяющих создать более надежные модели. Причем эти методы должны быть не модификацией количественного подхода и не возрождением старого советского метода (он станет возможен после изобретения квантового суперкомпьютера) – это должен быть совершенно новый подход.

В качестве такого подхода я предлагаю метод, который я называю «Имитационным объектно-ориентированным моделированием» (ИООМ).

Концепция ИООМ заключается в том, что весь мир мыслится как совокупность взаимодействующих полигонов и объектов, расположенных на одной плоскости. Полигонами эмитируются полезные ископаемые, территории стран и здания. Объектами моделируются люди, машины и любые другие движимые объекты. Во время моделирования объекты взаимодействуют как с полигонами, так и с другими объектами, в результате чего их параметры изменяются. Так, например, объект «человек» зашел на полигон «работа», в результате чего изменились его параметры: увеличилась усталость и количество денег. Изменение параметров объектов является источником принятия ими решений: низкий уровень сытости – иди ешь, нет еды – иди в магазин, нет денег на еду – иди работать.

Создать модель, которая будет моделировать все человечество таким образом возможно уже сегодня. Достаточная вычислительная мощь для такой модели может быть достигнута благодаря технологиям облачного вычисления. Поверхность земли с полигонами так же создавать не придется – такие картографические сервисы как Google Maps, [34] Яндекс Карты [35] и 2GIS [36] уже сами по себе являются подобными моделями, реализованными при помощи полигонов. Создавать такие модели наиболее целесообразно при помощи объектно-ориентированного программирования. [37]

Модели, построенные по такому подходу, в результате многократных симуляций, позволят человечеству увидеть большинство возможных вариантов развития человечества, а так же вероятности их наступления! [3] Человечество впервые получит инструмент, позволяющий строить настоящие прогнозы с некоторым «запасом надежности», и возможность увидеть, как наши действия влияют на наше будущее.

Кроме прогнозов будущего, данная модель может быть использована при изучении прошлого: сравнение уже свершившихся событий с результатами моделирования подскажет исследователю что он не учел, анализируя историю. Возможно, откроет новые социальные процессы, которые трудноуловимы в цифрах статистики.

Данный метод имеет и перспективы развития: если сегодня объекты принимают решения при помощи алгоритма, на основе значений его (объекта) параметров, то в будущем, такие объекты будут управляться своим отдельным искусственным интеллектом.

Практическая часть

«Стало традицией критиковать количественные модели социальных систем за их недостаточное совершенство. Вместо этой критики мы нуждаемся в предложении альтернатив».

Джей Форрестер

Для доказательства пригодности ИООМ к моделированию социальных процессов, была создана ИООМ модель дровосека в Сибири на языке программирования Blitz BASIC [38]. Ее внешний вид представлен на рисунке 6 приложения А.

Частью модели являются полигон гористой местности картографического сервиса Google Maps. [34]

Данная модель имитирует деятельность дровосека, который должен рубить деревья. Во время своей деятельности он устает, как физически, так и психически. В качестве процесса накопления усталости и процесса отдыха используется двухпараметрическая модель «критической мощности», используемая на всех международных спортивных соревнованиях, только в доработанном для ИООМ модели виде. [39]

Результат моделирования, как и в реальной жизни, складывается из совокупного течения процессов, поэтому невозможно предсказать, каким образом они повлияют друг на друга и к чему приведут. Чтобы узнать конечный результат, ее нужно «проиграть» полностью. Данные результатов моделирования автоматически записывается в CSV файл «oth.csv», позволяющий отрить данные в любой аналитической программе или СУБД для последующего анализа и построения графиков. [40] Подробно данная модель описана в технической документации [41] и инструкции пользователя [42].

Корректность работы модели была доказана при помощи сравнения ее прогнозов с практической деятельностью по рубке деревьев (заготовки дров). Погрешность прогноза составила 22-25%. При многократном проигрывании модели, и взятия среднего результата, погрешность составила: 10-12%. Сравнив среднее прогнозов со средним результатом нескольких подходов вырубке погрешность составила 2-3%.

Графики процессов моделирования ИООМ модели представлены на рисунках 10, 11 и 12 приложения Б.

Заключение

1. Модели, построенные по количественному методу, являются ошибочными изначально, так как используемый в них подход не годится для прогнозирования будущих социальных систем по 4 причинам: сложные системы представляются в виде одной простой переменной, значения переменных не отражают действительное состояние сложной системы, зависимость между переменными описывается простой математической формулой и не могут предсказывать некоторые типы событий будущего (войны, эпидемии, катастрофы).
2. Несмотря на свои недостатки, количественный подход по-прежнему используется в создании крупных моделей за неимением других методов.
3. Будущее моделирование человеческой динамики за имитационным объектно-ориентированным моделированием (ИООМ), как более надежной альтернативой, реализация которой возможна уже сегодня.
4. Фактическая пригодность ИООМ моделей для прогнозирования социальных систем и, как следствие, будущего всего человечества, доказана на практике путем создания модели деятельности дровосека в Сибири.
5. Модели, созданные по ИООМ позволят нам предвидеть все возможные варианты будущего и принимать соответствующие решения, чтобы увеличить вероятность наступления того будущего, которого мы хотим.
6. Модели ИООМ могут быть использованы для изучения прошлого.
7. Данный метод имеет перспективы развития в виде дополнения искусственным интеллектом (ИИ).

Список используемых источников

1. Черное воскресенье, ядерный сюрприз и книга откровения: что говорят пророки и астрологи от Нострадамуса до Глобы об окончании 2022 года. // Комсомольская правда URL: <https://www.kp.ru/daily/27451/4654976/> (дата обращения: 30.09.2022).
2. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа (Курс высшей математики и математической физики). - 7-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика. - 10-е изд. - М.: Высшая школа, 2004. - 479 с.
4. Форрестер Д. Мировая динамика (с комментариями Н. Моисеева, Н. Ютанова, С. Переслегина). - М.: Terra Fantastica, 2003. - 379 с.
5. History. // The Club of Rome. URL: <https://www.clubofrome.org> (дата обращения: 30.09.2022).
6. Kernighan B.W., Ritchie D.M. The C programming language. - Second Edition. New Jersey.: AT&T Bell Laboratories, 1988.
7. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens 3 W.W. The limits to growth. A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind. - New York: Universe Books, 1972
8. Ануфриев Е.А. и др. Научный коммунизм: Учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Издательство политической литературы (Политиздат), 1988. - 463 с.
9. National Security Study Memorandum. "Implications of Worldwide Population Growth. For U.S. Security and Overseas Interests (THE KISSINGER REPORT)" № NSSM 200 - 10.12.1974 // USAID from the American people. - 31.12.1980.
10. Foreign Relations of the United States, 1969–1976, Volume E–14, Part 1, Documents on the United Nations, 1973–1976. // Department of state: Office of the Historian. URL: <https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1969-76ve14p1/media/pdf/d121.pdf> (дата обращения: 30.09.2022.).
11. Pestel E. Beyond the Limits to Growth: A Report to the Club of Rome. - Universe Pub, 1989. - 191 с.

12. Meadows D., Randers J., Meadows D. Limits to Growth. The 30-Year Update. - Vermont: Chelsea Green Publishing Company, 2004
13. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, Бразилия, 3–14 июня 1992 года. // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/rio1992> (дата обращения: 02.10.2022).
14. Рио+20. Конференция Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию. // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/events/pastevents/rio20.shtml> (дата обращения: 02.10.2022).
15. Overview of the U.S. Climate Change Science Program. // U.S. Climate Change Science Program. URL: <https://web.archive.org/web/20070207092833/http://www.climatescience.gov/info sheets/factsheet1/default.htm> (дата обращения: 02.10.2022).
16. Приказ Росгидромета от 02.03.2000 N 31 (ред. от 28.02.2007) "Об утверждении Инструкции о порядке организации и проведения государственного надзора за работами по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы" // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosgidrometa-ot-02032000-n-31-ob/?ysclid=l8qi57unac18624151> (дата обращения: 02.10.2022).
17. Branderhorst, Gaya. 2020. Update to Limits to Growth: Comparing the World3 Model With Empirical Data. Master's thesis, Harvard Extension School.
18. Limits to Growth. What is the balance of the pursuit of economic growth and its effects on environmental and social factors? // KPMG. URL: <https://advisory.kpmg.us/articles/2021/limits-to-growth.html> (дата обращения: 03.10.2022).
19. Randers J. 2052 – A Global Forecast for the next 40 years. A report of the Club of Rome commemorating the 40th anniversary of The Limits to Growth. - Vermont: Chelsea Green Publishing, 2012

20. The C-ROADS Climate Change Policy Simulator. // Climate interactivetools for a thriving future. URL: <https://www.climateinteractive.org/c-roads> (дата обращения: 05.10.2022.).
21. The En-ROADS Climate Solutions Simulator. // Climate interactivetools for a thriving future. URL: <https://www.climateinteractive.org/en-roads/> (дата обращения: 05.10.2022.).
22. Event 201. // Event 201. A Global pandemic exercise. URL: <https://www.centerforhealthsecurity.org/our-work/exercises/event201/> (дата обращения: 06.10.2022.).
23. EVENT 201 MODEL. // Event 201. URL: <https://www.centerforhealthsecurity.org/our-work/exercises/event201/event201-resources/event201-model-desc.pdf> (дата обращения: 09.10.2022.).
24. Статистика развития пандемии коронавируса Covid-19 в США. // Коронавирус. URL: <https://coronavirus-monitor.info/country/usa> (дата обращения: 17.10.2022.).
25. Statement about nCoV and our pandemic exercise. // Johns Hopkins. URL: <https://www.centerforhealthsecurity.org/news/center-news/2020/2020-01-24-Statement-of-Clarification-Event201.html> (дата обращения: 09.10.2022.).
26. Защита прав человека в условиях пандемии COVID-19 // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.un.org/ru/coronavirus/protecting-human-rights-amid-covid-19-crisis> (дата обращения: 28.11.2022.).
27. Pandemic Preparedness Planning for Covid-19. // covidsim.eu URL: <http://covidsim.eu> (дата обращения: 09.10.2022.).
28. Simulate your university's covid-19 cases. // COVID-19 in Universities. URL: <https://forio.com/app/navidg/covid-19-v2/index.html#dashboard~cmbo.html> (дата обращения: 09.10.2022.).
29. Развитие событий // Яндекс. Коронавирус: статистика. URL: <https://yandex.ru/covid19/stat> (дата обращения: 13.10.2022.).
30. Law A. M., Kelton W. D. Simulation modeling and analysis. - 5th edition. - McGraw Hill, 2014. - 800 с.

31. Проект «Научное наследие России». Моисеев Никита Николаевич. - М.: Российская академия наук, 2009. - 32 с.
32. мир4 2. // YouTube. URL: <https://youtu.be/19MiM-GtN4E> (дата обращения: 09.10.2022.).
33. Gaya Herrington. The limits to Growth model: still prescient 50 years later. - The Club of Rome, 2022
34. Google Maps. // GoogleMaps. URL: <https://www.google.ru/maps> (дата обращения: 06.10.2022.).
35. Яндекс Карты. // Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 06.10.2022.).
36. 2ГИС. URL: <https://2gis.ru> (дата обращения: 17.10.2022).
37. Sedgewick R., Wayne K. Computer Science. An Interdisciplinary Approach. - Princeton: Princeton University, 2018.
38. Sethi M. Game programming. - Second edition. - THOMSON course technology, 2003
39. Sreedhara V.S.M. Gregory M.M., Hutchison R.E. A survey of mathematical models of human performance using power and energy. // Sports medicine - Open. - 2019. - №54. URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0230-z> (дата обращения: 24.11.2022).
40. Clive H., Chambers M., Keast A. CSV-1203. CSV File Format Specification. - First Edition. - Published in the United Kingdom: mastpoint.com, 2013. - 31 с. URL: https://arquivo.pt/wayback/20160305185525mp_/http://mastpoint.curzonnassau.com/csv-1203/csv-1203.pdf (дата обращения: 24.11.2022).
41. Чайко В.И. Имитационная объектно-ориентированная модель: Техническая документация к программному продукту. - 1-е. изд. - г. Новокузнецк: 2022. - 34 с. URL: <https://disk.yandex.ru/i/aB942SK1snb7Ug> (дата обращения: 28.11.2022).
42. Чайко В.И. Инструкция к имитационной объектно-ориентированной модели.. - 1-е. изд. - г. Новокузнецк: 2022. - 21 с. URL: <https://disk.yandex.ru/i/IuZzZnQ35NZEIA> (дата обращения: 28.11.2022).

Приложение А

Схема моделей

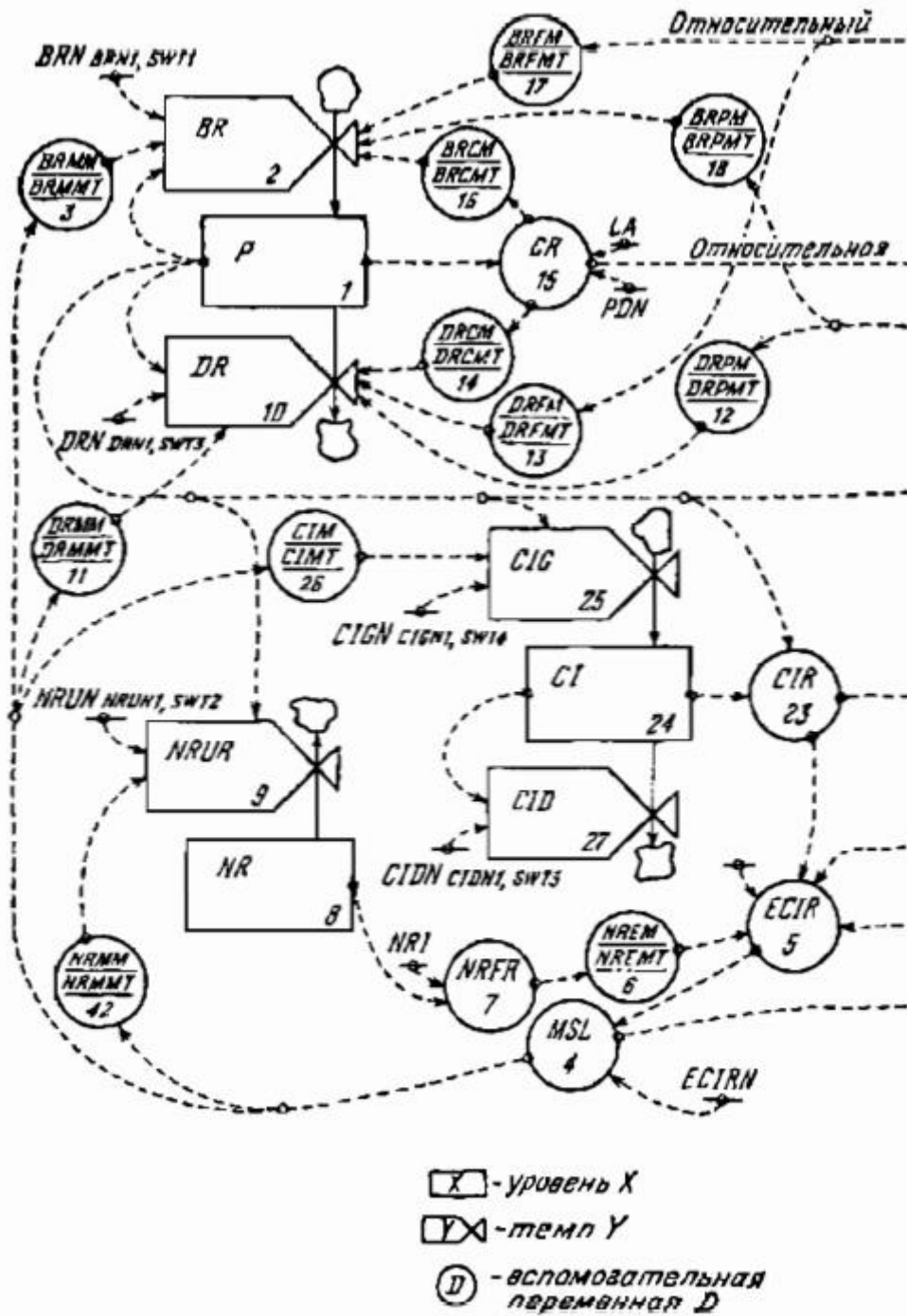
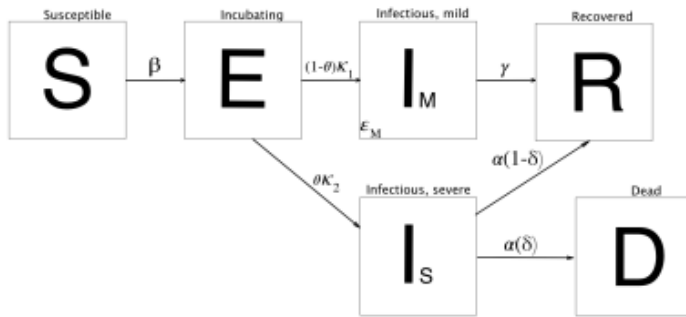


Рисунок 1. Схема модели «World2» [4]



Рисунок 2. Схема модели «World3-03» в обобщенном виде [12]



β	transmission rate	variable	ϵ_M	reduced infectiousness	none
κ_1	incubation period, mild	5 days	θ	fraction severe	50%
κ_2	incubation period, severe	5 days	α	days to outcome in hospitalized	10 days
γ	days to recovery	7 days	δ	case fatality risk in hospitalized	variable - 14% on average

Рисунок 3. Схема модели «Evil-201» [23]

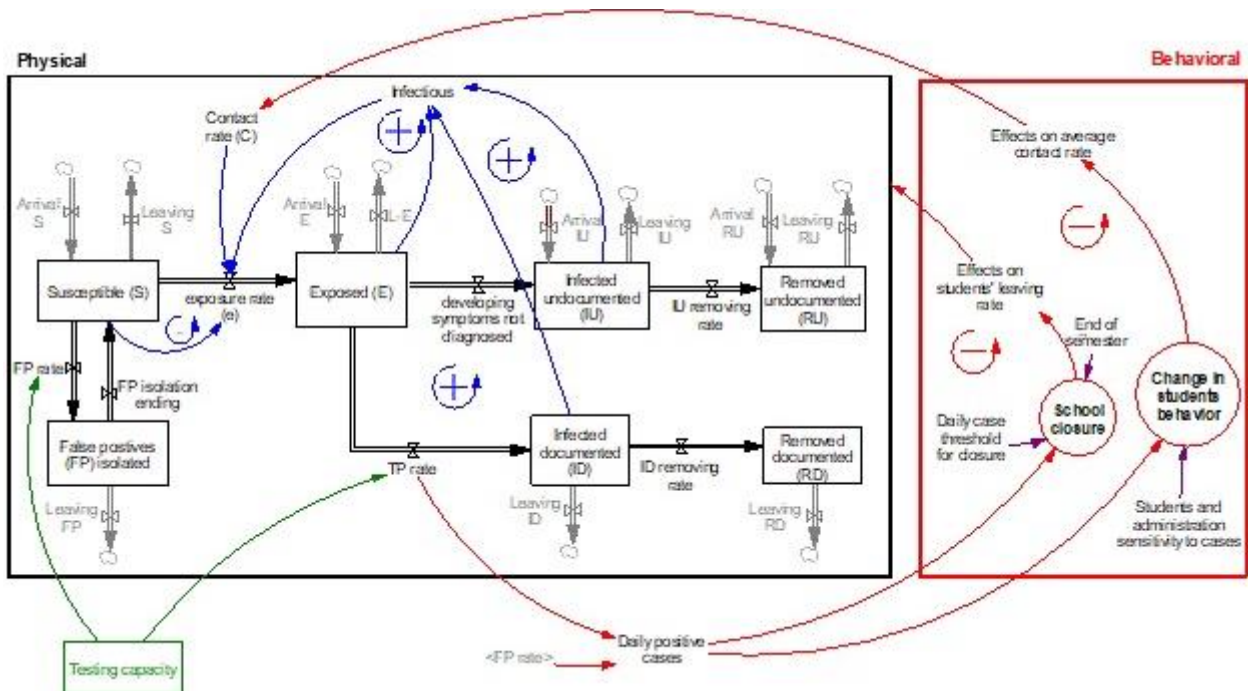


Рисунок 4. Схема модели «COVID-19 in Universities» [28]

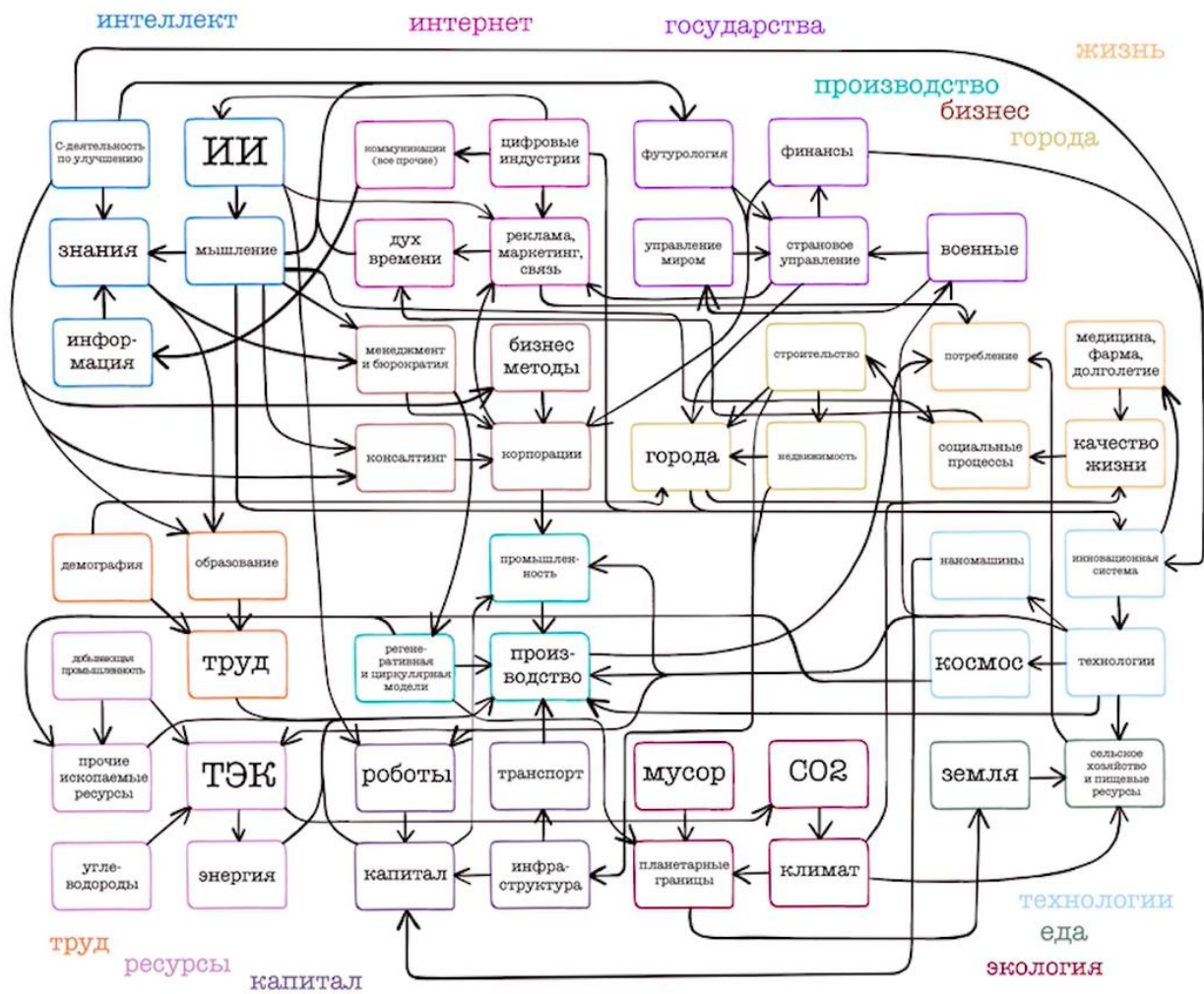


Рисунок 5. Схема модели «World4» [32]



Рисунок 6. Внешний вид IOOM модели

Приложение Б

Результаты симуляции

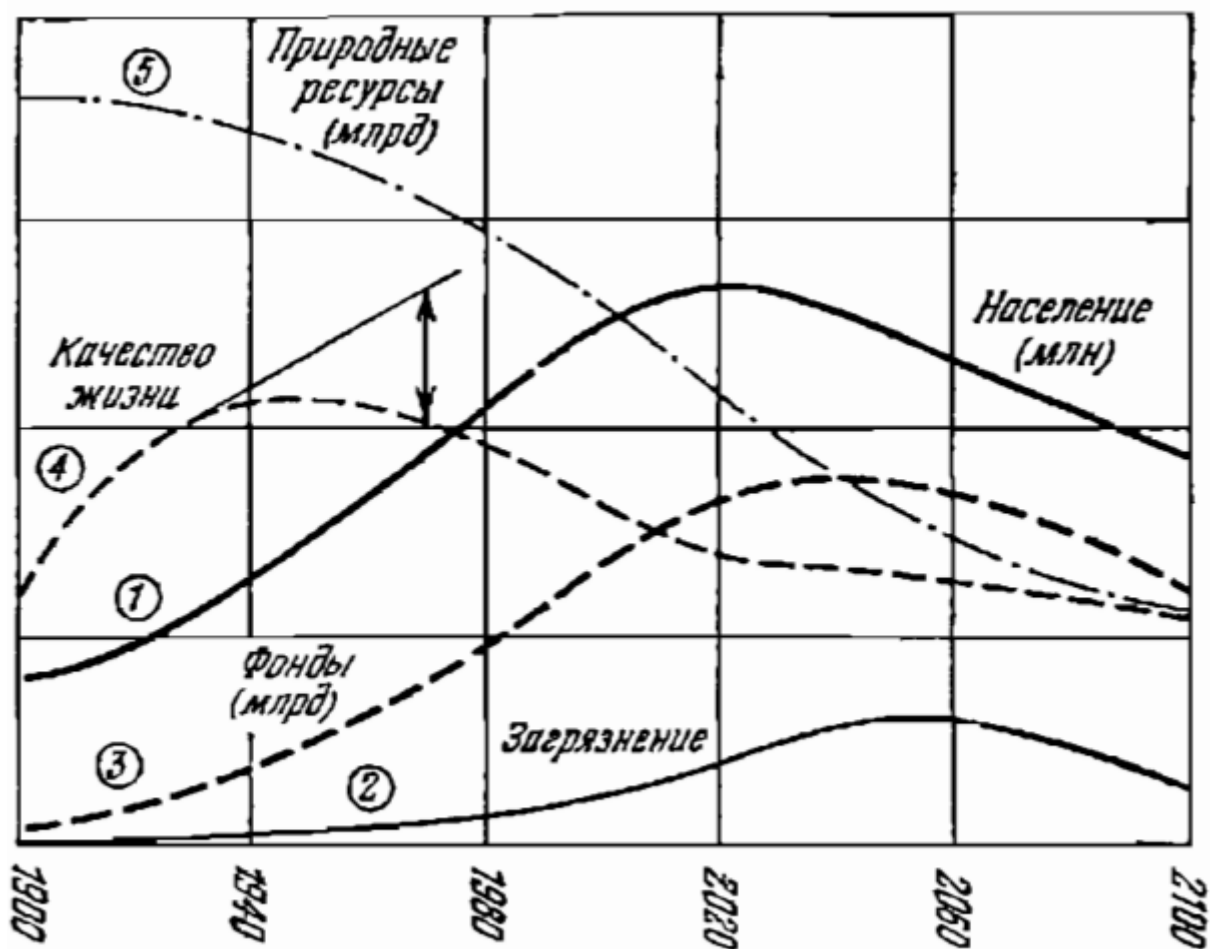


Рисунок 1. «World2» – Результат моделирования модели «World2». [4]

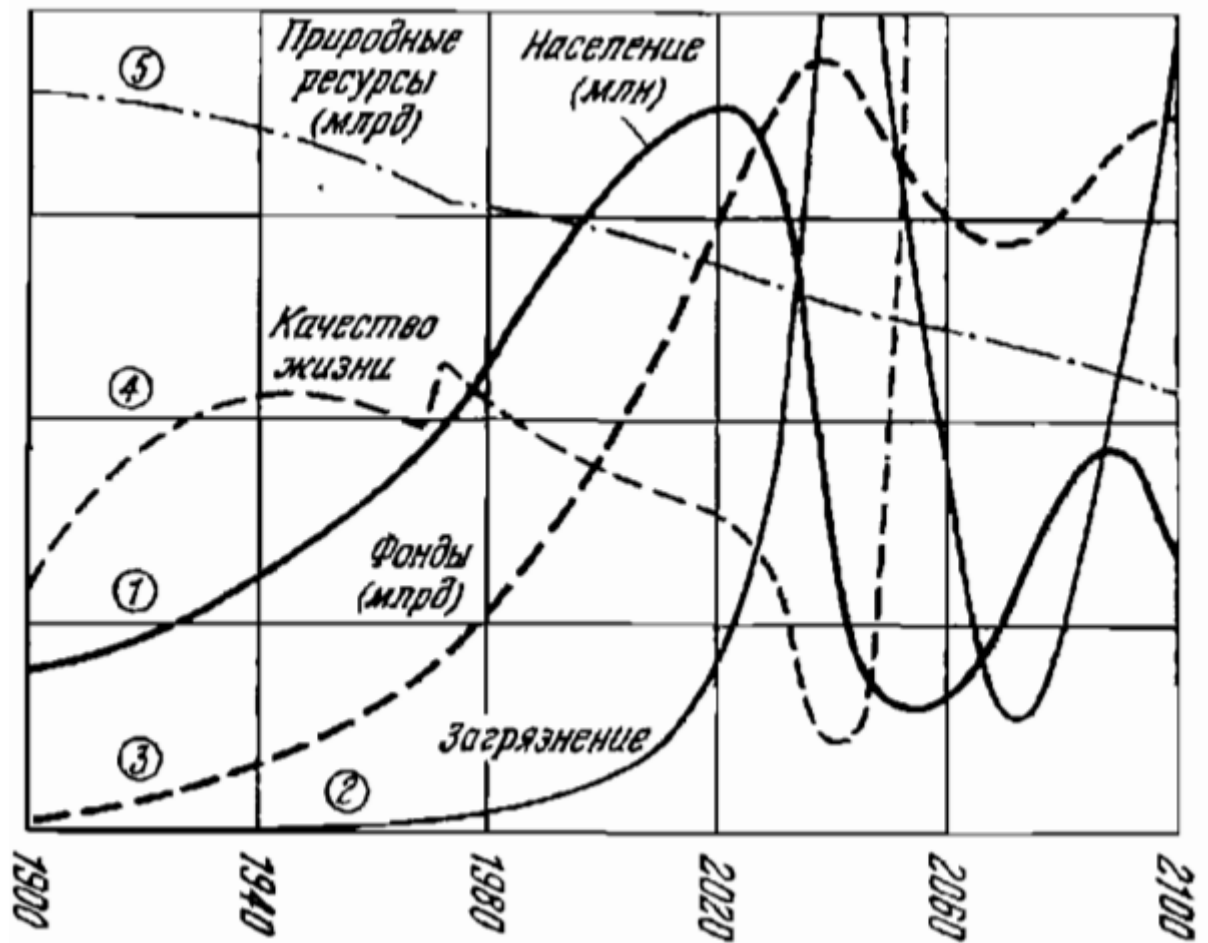


Рисунок 2. «World2» – ошибка моделирования «World2». [4]

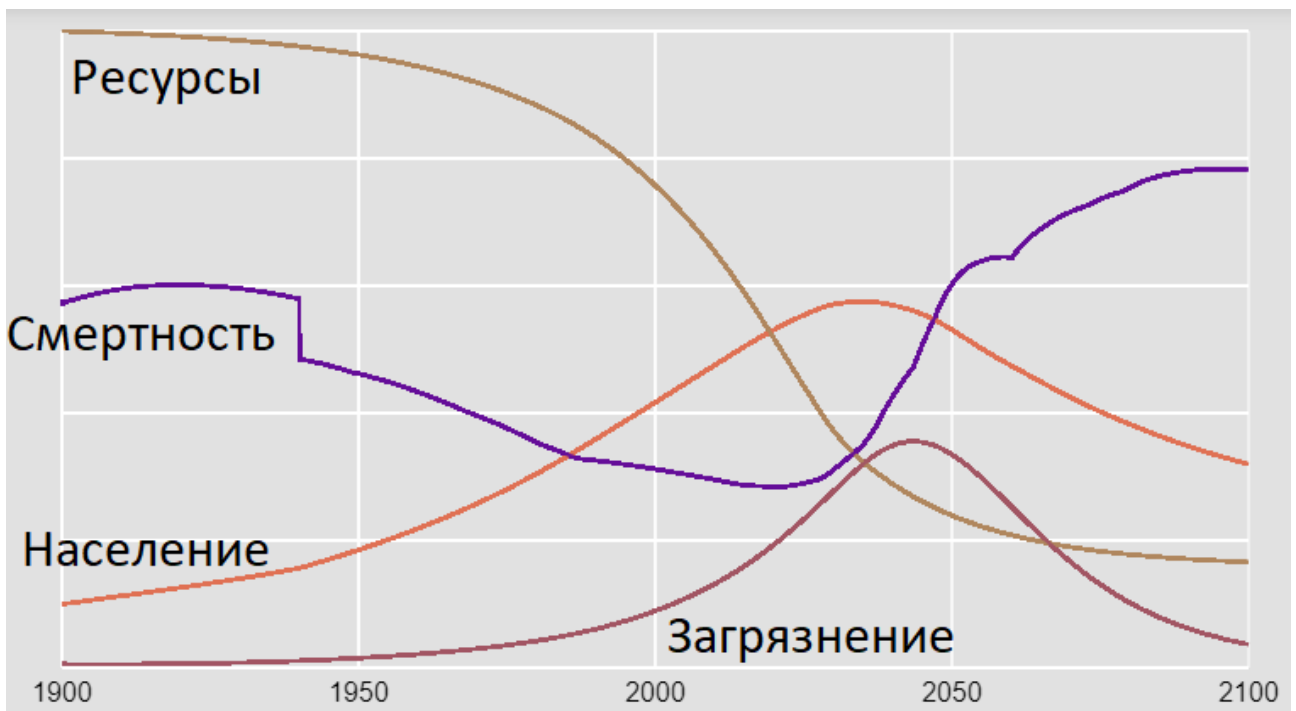


Рисунок 3. «World3» – скриншот "фактического" прогноза до 2100 года.

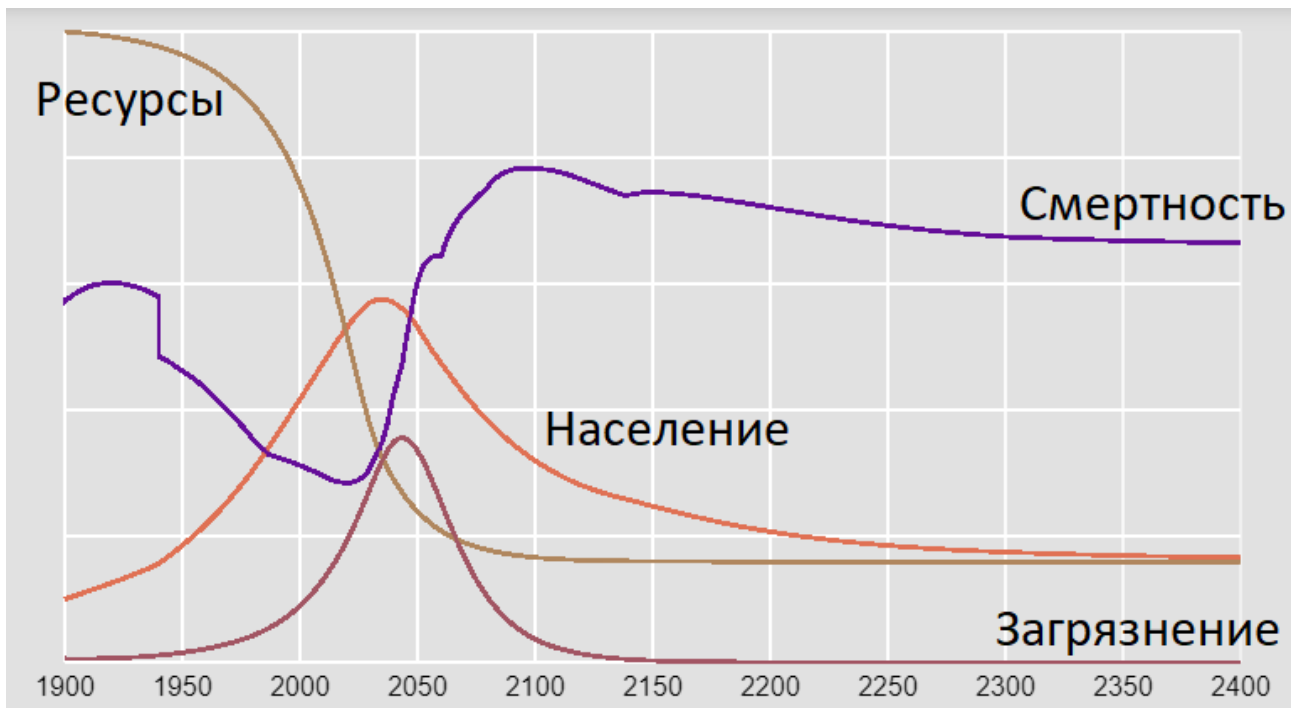


Рисунок 4. «World3» – скриншот «фактического» прогноза до 2400 года.

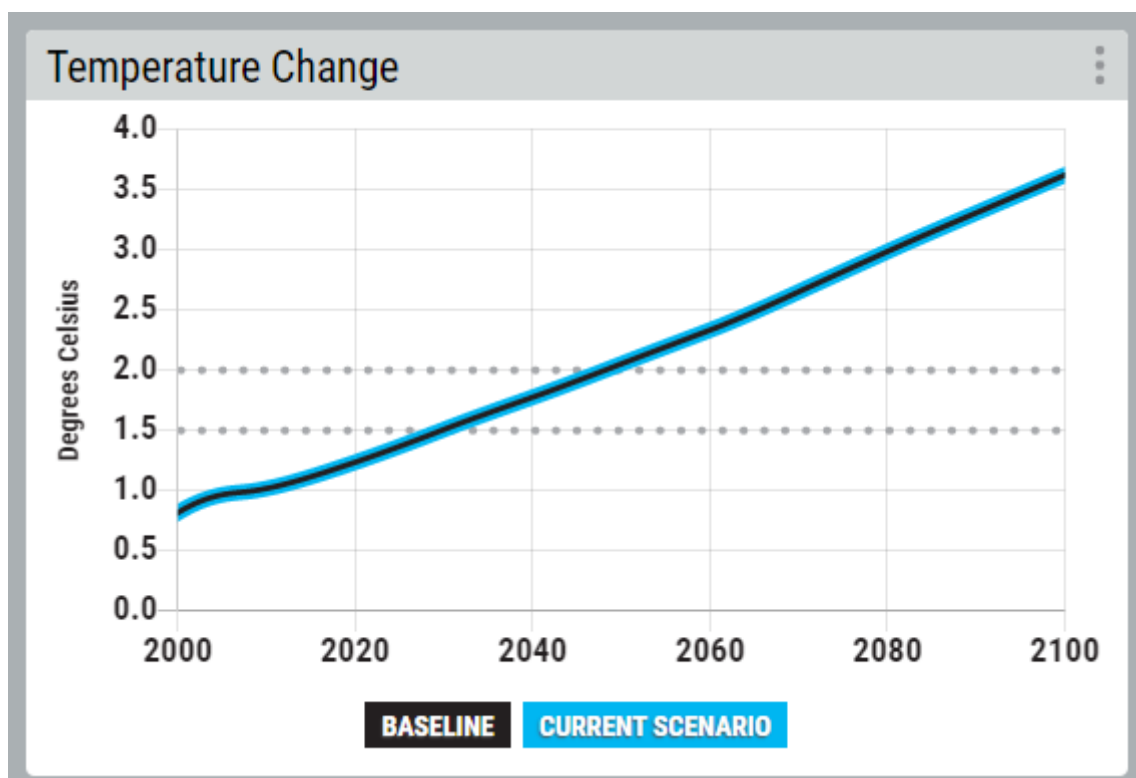


Рисунок 5. «C-ROADS» – скриншот моделирования фактического накопления CO_2

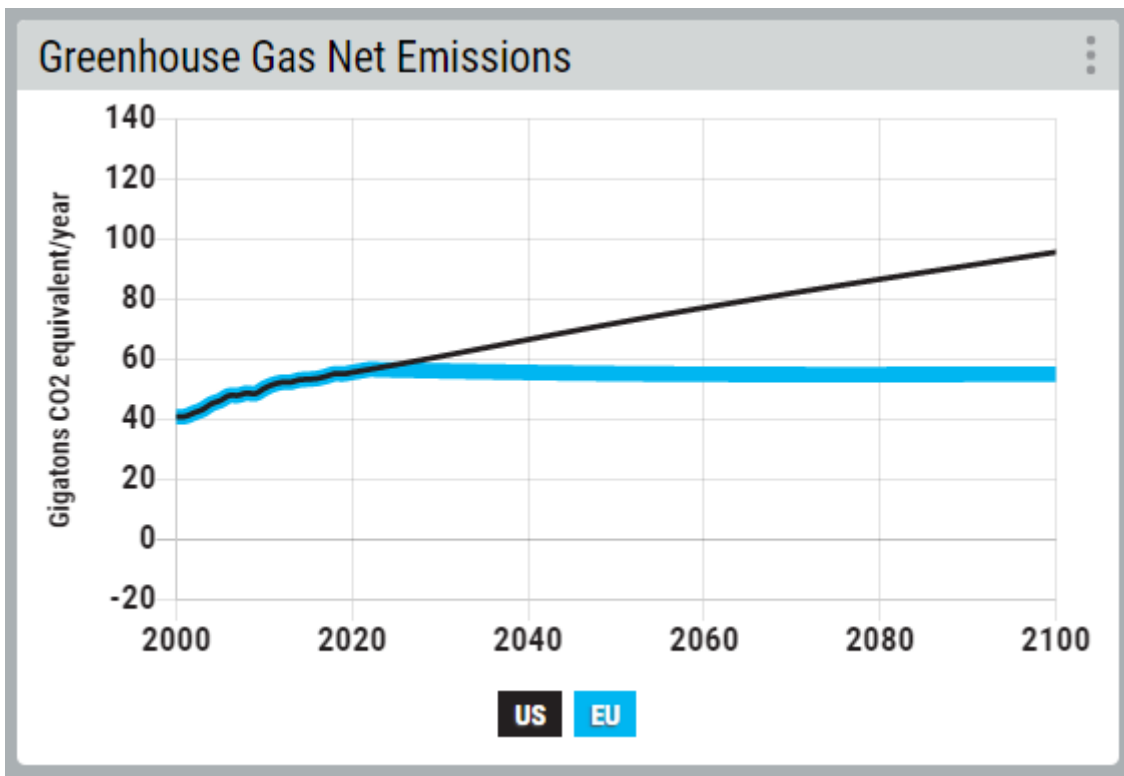


Рисунок 6. «C-ROADS» – скриншот моделирования с «нулевым ростом».

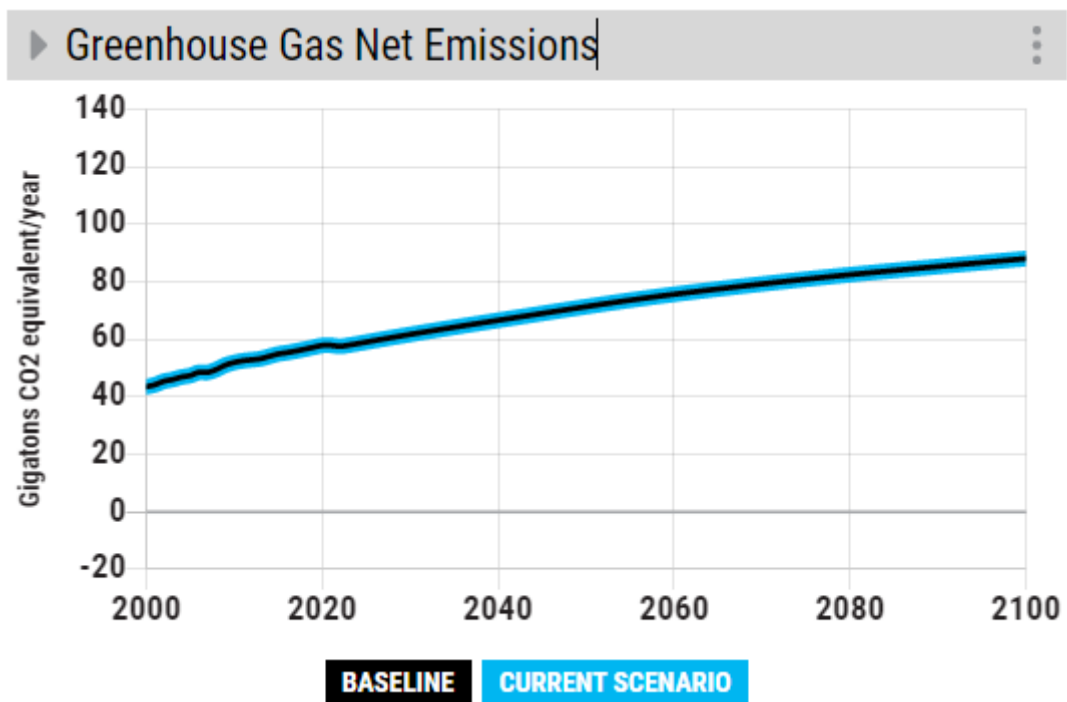


Рисунок 7. «EN-ROADS» – скриншот моделирования фактического накопления CO₂

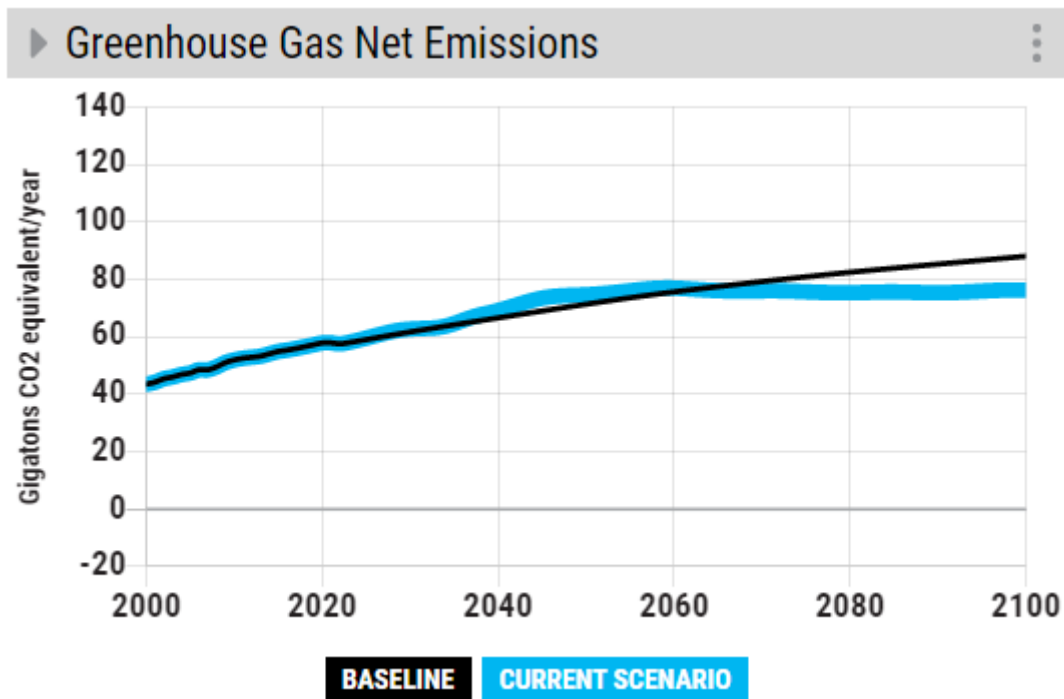


Рисунок 8. «EN-ROADS» – скриншот сценария с увеличением «грязных» электростанций.

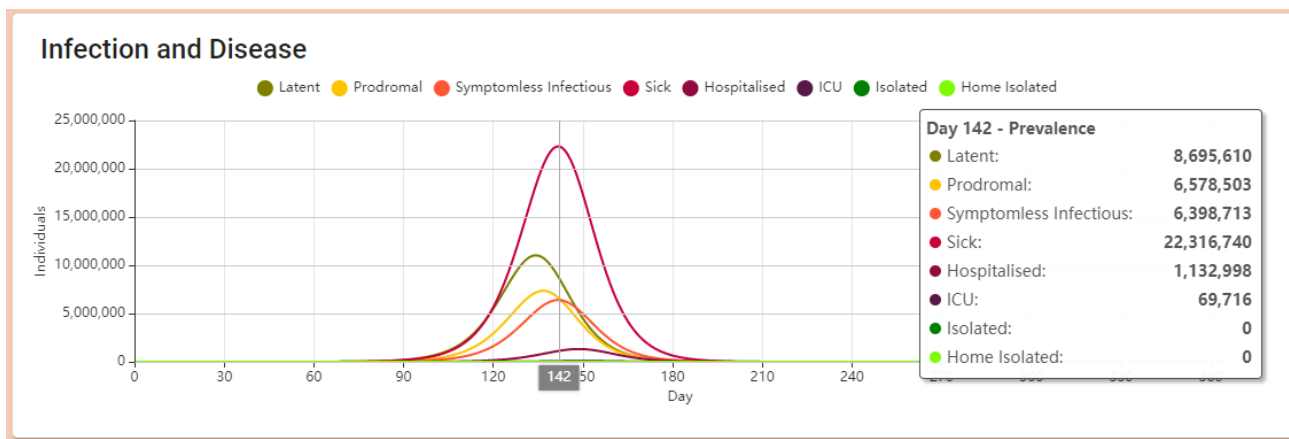


Рисунок 9. «CovidSIM» – скриншот результата моделирования для России.

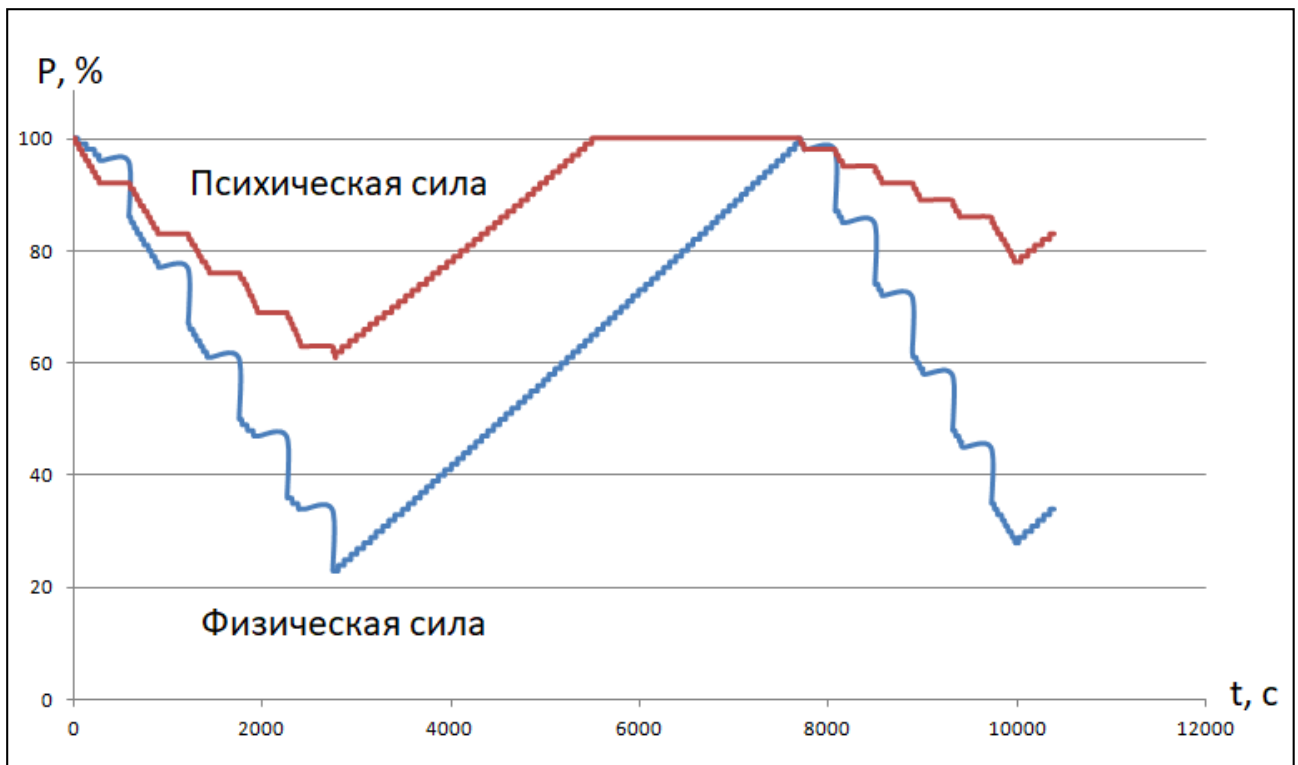


Рисунок 10. «ИООМ» - график расхода сил человека.

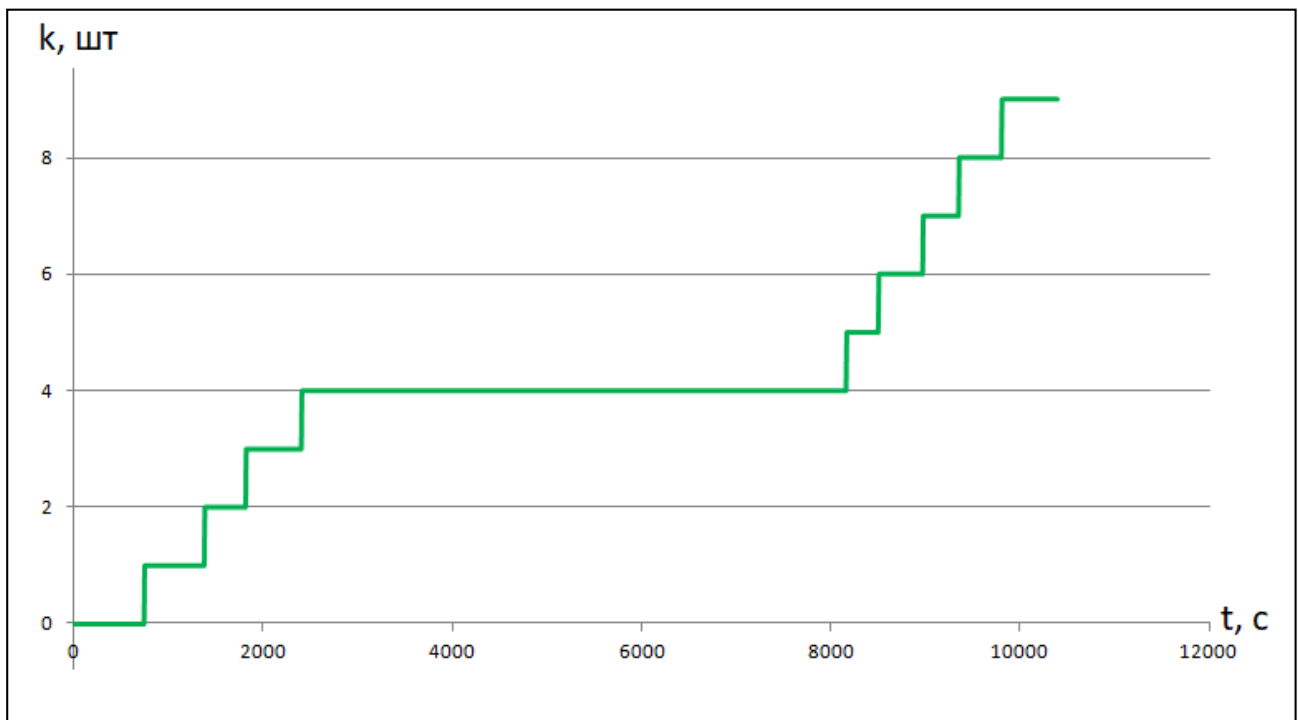


Рисунок 11. «ИООМ» - график количества срубленных деревьев.

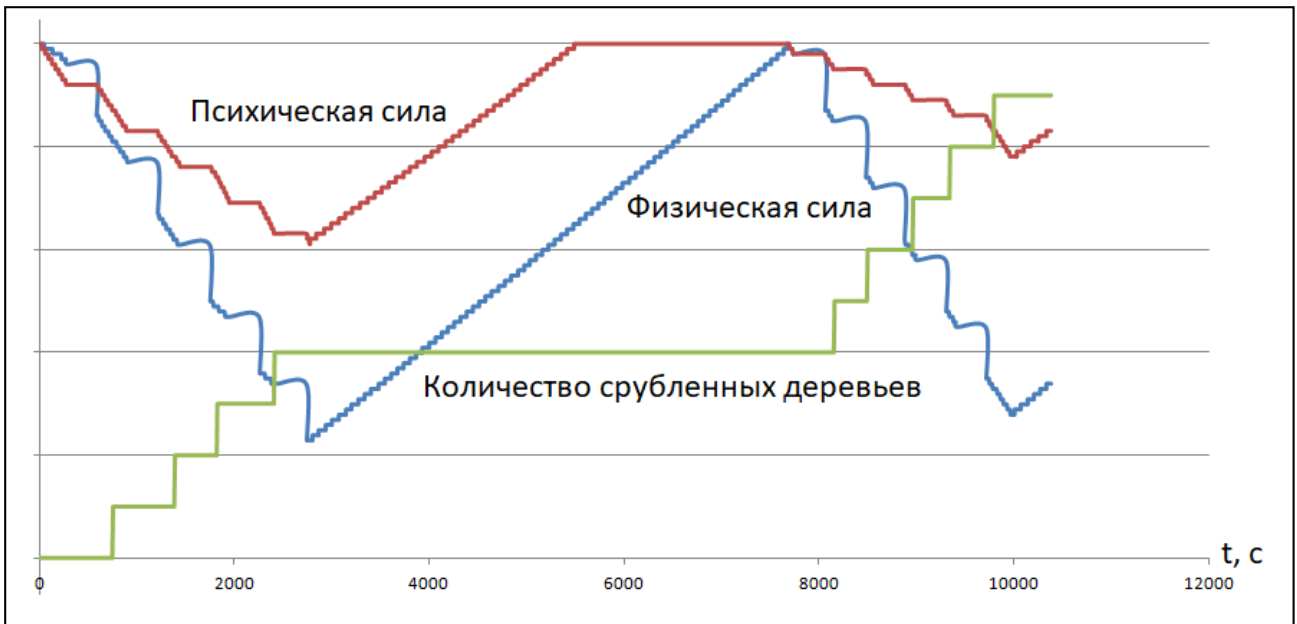


Рисунок 12. «ИООМ» - бесмасштабное наложение графиков