

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО»**

Отчёт

по лабораторной работе №5 «Расчет вероятностных сценариев»

по дисциплине «**Математические модели исторических процессов**»

Автор: Малаев Степан Геннадьевич

Факультет инфокоммуникационных технологий

Группа: K33422

Преподаватель: Екатерина Ивановна

Санкт-Петербург

2024

Тематика

В качестве тематики исследования выб выбран кейс глобального оледенения.

Описание сценария

Проанализируем сценарий глобального оледенения. В качестве узлов были выбраны следующие события:

Триггерные узлы:

1. Снижение солнечной активности или же наступление [минимума Маундера](#). Ряд моделей в открытом доступе показывают, что солнечная активность в 25-26 циклах (2020-2040 гг) может упасть до уровней минимума Маундера из-за [резонансных эффектов](#). Это теоретически может вызвать охлаждение климата. Кроме того, есть [свидетельства](#) того, что 400-летний цикл солнечной активности сейчас близок к минимуму. Это повышает шансы нового [гранд-минимума](#) в ближайшее время.
Вероятность нового гранд-минимума в 21 веке нельзя полностью исключить, но большинство современных исследований оценивает ее как относительно невысокую - порядка **10%**.
2. Ослабление Гольфстрима. Данное событие может привести к похолоданию в Северной Европе.
Большинство исследований и моделей показывают, что при продолжении текущих темпов глобального потепления, сила течения Гольфстрим будет уменьшаться. Оценки говорят о снижении на 45-65% к 2100 году.
Ослабление Гольфстрима уже [наблюдается](#) в последние десятилетия, достигнув рекордно низких значений. Это с высокой вероятностью связано с изменением климата.
Два ключевых фактора - таяние арктических льдов, снижающее соленость воды, и общее потепление океана - способствуют замедлению течения.
Конечная оценка вероятности данного события на следующий век была оценена в **50%**
3. Извержения вулканов, которые выбрасывают в атмосферу вулканический пепел и аэрозоли, снижающие прозрачность атмосферы. Извержения с магнитудой 6 и более по шкале VEI, способные вызвать глобальные климатические эффекты, происходят

в среднем раз в 50-100 лет. Но супервулканы с магнитудой 8 извергаются гораздо реже - раз в 50-100 тысяч лет.

В истории Земли известны супервулканические извержения, кардинально менявшие климат на годы и десятилетия, как [извержение Тобы 74 тыс. лет назад](#). Но сейчас ни один из известных супервулканов не проявляет признаков скорой активности.

Таким образом, шанс глобальной вулканической зимы в обозримом будущем невелик, по оценкам, менее **1%** на столетие.

Каскадные узлы:

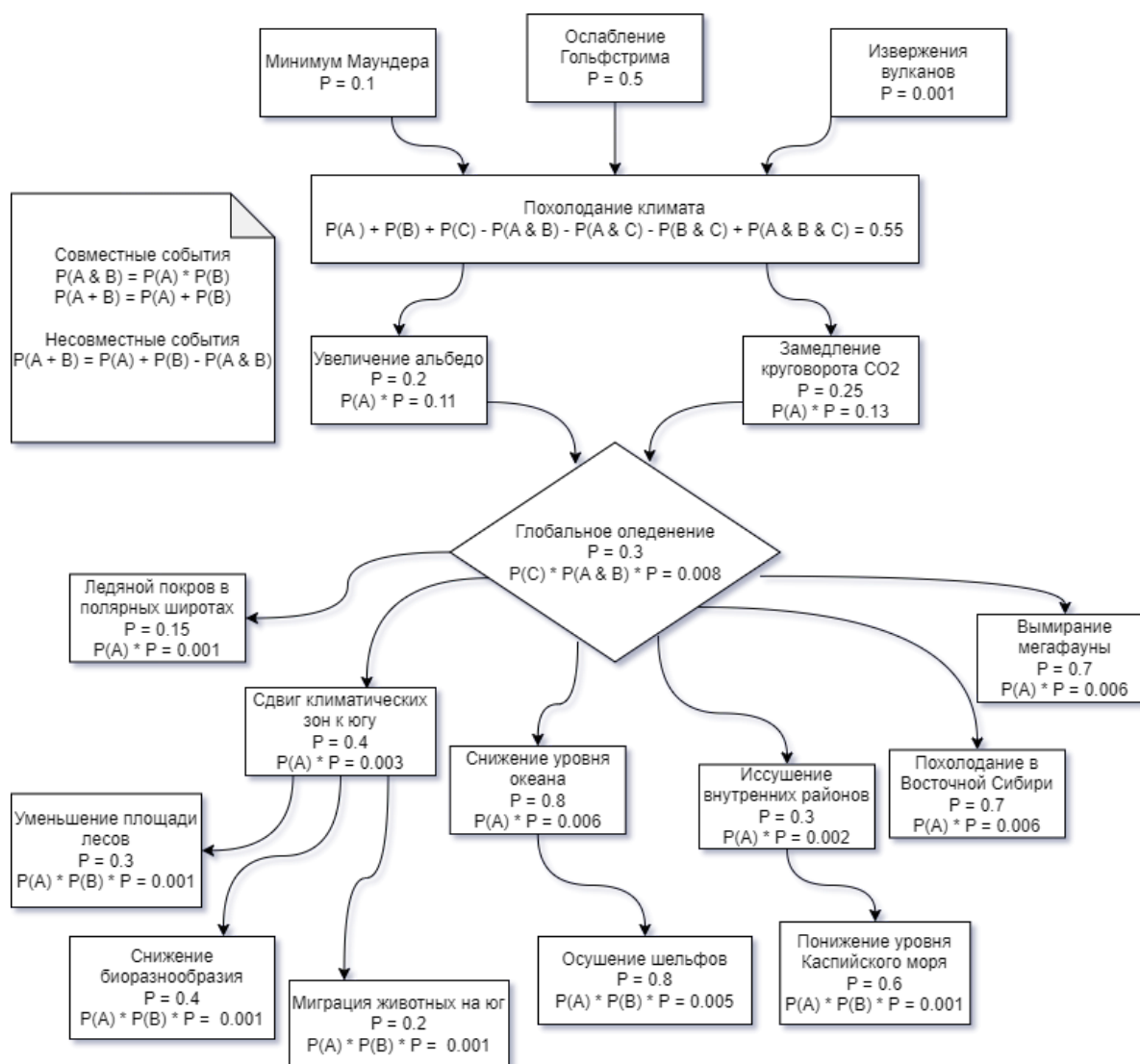
1. Увеличение альбедо Земли из-за роста ледников и снежного покрова. Вероятность **20%** при реализации каскадных узлов. Рост ледников усилит отражение солнечного света и дальнейшее охлаждение. Информация про альбедо была взята [тут](#)
2. Замедление круговорота CO₂ из-за ослабления растительности и фотосинтеза в холодном климате. По [оценкам экспертов](#), при значительном глобальном похолодании (на несколько градусов) первичная продуктивность биосферы может упасть на десятки процентов. Вероятность в **25%**.

Узлы последствий:

1. Появление ледяного покрова в полярных широтах океана. Вероятность **15%** при похолодании. Сейчас площадь арктических льдов сокращается [исходя из исследований](#).
2. Сдвиг климатических зон к югу, расширение зоны вечной мерзлоты. Вероятность **40%** при предыдущих условиях. Сейчас границы климатических зон смещаются к северу из-за потепления. Источник данных – [Второй оценочный доклад Росгидромета, 2014 года](#).
 - 2.1. Уменьшение площади лесов, замена их тундрой на севере. Вероятность **30%**. При оледенении леса будут отступать, а тундра расширяться. Источник: [Биогеография, Петров К. М., 2006](#).
 - 2.2. Снижение видового разнообразия флоры и фауны из-за сокращения площади лесов и изменения среды обитания. Вероятность **40%**. Источник: [Биогеография, Петров К. М., 2006](#).

- 2.3. Миграция популяций крупных животных на юг. Вероятность **20%**. Мамонты и шерстистые носороги перемещались на юг во время оледенений. Источник: [Биогеография, Второе издание. П. П. Второв, Н. Н. Дроздов, 2001.](#)
3. Снижение уровня моря из-за связывания воды в ледниках. Вероятность высокая в **80%** при глобальном оледенении. Во время [прошлых оледенений](#) уровень океана понижался на 100+ метров.
 - 3.1. Осушение шельфовых зон, расширение площади континентов. Вероятность **80%** как следствие предыдущего узла. Берингов пролив может стать сушей, соединяя Евразию и Северную Америку. [Источник тот же.](#)
4. Иссущение внутренних районов континентов, снижение стока рек и высыхание озер. Вероятность **30%** при значительном похолодании. Во время последнего ледникового максимума обмеление происходило даже в бассейне Амазонки. Источник: [Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to AR5 of the IPCC](#)
 - 4.1. Понижение уровня Каспийского моря. Вероятность **60%** как следствие предыдущего узла. Во время последнего оледенения уровень Каспия падал на практически на 100 м, Арал пересыхал. Информация взята из учебника Свиточ А.А. Палеогеография плейстоцена. М.: Наука, 1987. Скачать можно [тут.](#)
5. Рост континентальности климата Восточной Сибири, вымерзание лесов и расширение зоны тундростепей. Вероятность **70%**. Во время оледенений Восточная Сибирь представляла смесь тундровых и степных сообществ.
6. Вымирание теплолюбивой мегафауны — например слонов, носорогов, бегемотов в Евразии и Северной Америке. Вероятность **70%** при сильном похолодании. В прошлую ледниковую эпоху такая мегафауна сохранилась только в Африке.

Расчет вероятности



Исходя из построенной диаграммы, если хотя бы несколько ключевых факторов, запустят процесс глобального похолодания, то дальше положительные обратные связи в климатической системе (рост альбедо, ослабление углеродного цикла) с высокой вероятностью приведут развитие оледенения до глобального масштаба со всеми вытекающими последствиями.

Начальный толчок может иметь естественные причины, но нельзя исключать и такой фактор, как например, ядерную зиму в результате глобальной войны. Что в нынешнем столетии имеет большую вероятность.

Наиболее перспективная ветвь

Наиболее реалистичная ветвь - это средне-слабое оледенение, сопоставимое с событиями [позднего дриаса](#) или [малого ледникового периода](#), а не экстремальные варианты типа покровного оледенения. При таком сценарии нам придется сильно адаптировать сельское хозяйство и инфраструктуру к холодным условиям, сдвигать сельхоз зоны к югу, выводить морозостойкие сорта культур и, в целом, перестраивать систему расселения.

Вывод

В ходе лабораторной работы был проведен анализ и расчет вероятностного сценария глобального оледенения.

При заданных начальных условиях и оценках вероятностей, вероятность развития глобального оледенения в ближайшие 100 лет очень мала - около 0.8%. Соответственно, вероятности всех негативных последствий оледенения, рассмотренных в сценарии, также не превышают долей процента.

Вероятностный анализ сценариев - полезный инструмент оценки климатических рисков, которые дополняются научными работами и результатами климатических моделей.