Тема исследования:

**«Математическое моделирование климата как инструмент изучения климатических изменений на Земле»**

Оглавление:

Введение

1.Исторический экскурс: откуда пришла математика в науки о Земле?

2.Математика в реальной жизни

3.Введение в математическое моделирование климата Земли

3.1.Влияние океанических потоков на изменение климата;

3.2.Динамика атмосферы: модели и взаимодействия Динамика океана: роль океанических потоков;

3.3.Влияние человеческой деятельности на климатические модели;

4.Результаты исследования

Выводы

Список литературы

**Введение**

Наша Земля полна тайн и удивительных открытий. Чтобы разобраться в процессах, происходящих вокруг нас, человеку необходимы специальные знания и умения. Одной из важнейших наук, помогающих понять устройство планеты, стала математика. Математическое моделирование климата Земли представляет собой одну из наиболее актуальных и значимых областей научных исследований в современном мире, позволяя не только понять текущие изменения, но и предсказать их последствия для экосистем, экономики и здоровья населения и разработать адаптационные стратегий и меры по смягчению последствий.

В данной работе мы сосредоточимся на динамике атмосферы, проанализируем, как различные модели описывают атмосферные процессы, понимание которых критически важно для точного прогнозирования климатических изменений, а также степень влияния человеческой деятельности на климат (выбросы парниковых газов и изменение землепользования) и на прогнозы будущих климатических сценариев.

В заключении мы обсудим, как результаты математического моделирования могут быть использованы для разработки стратегий адаптации к изменениям климата и какие перспективы открываются для дальнейших исследований в этой области.

**Цель** — изучение роли математики в познании Земли, демонстрация связи математических идей с природой и человеческим бытием.

**Задачи:**

1. Обобщить исторические факты о развитии математики в науках о Земле.
2. Изучить ключевые математические дисциплины, используемые в исследовании Земли.
3. Привести наглядные примеры применения математических методов в исследовании Земли.
4. Создать практические задания, показывающие полезность математики в повседневной жизни.

**Актуальность.** Сегодня перед человечеством стоят важные задачи сохранения природного равновесия, точной оценки запасов природных богатств, рационального использования земельных и водяных ресурсов, предупреждения стихийных бедствий. Решением этих проблем занимаются специалисты многих областей науки, включая математику.Поэтому работа направлена на популяризацию важности математики среди школьников и формирование их экологической культуры.

**Гипотеза.** Развитие математических методов способствует углублённому пониманию устройства Земли и даёт людям новые инструменты для устойчивого взаимодействия с окружающей средой.

**1. Исторический экскурс: откуда пришла математика в науки о Земле?**

Первые попытки применить математику к исследованию Земли относятся ещё ко временам Древней Греции. Греческий учёный Эратосфен Киренский смог довольно точно вычислить размеры Земли, используя простую геометрию. Позже были разработаны системы координат, появились первые глобусы и атласы. Современная география невозможна без математических знаний: спутники ежедневно собирают тысячи гигабайт данных, обрабатывать которые помогают компьютерные программы и специализированные математические модели. Ключевые области математики в исследованиях Земли:

* Картография и навигация. Топографические карты создаются с применением сферической геометрии и специальных математических преобразований.
* Климатология и экология. Модели циркуляции атмосферы, водного баланса, роста растений основаны на законах динамики жидкостей и газов, решаемых с помощью уравнений.
* Экономика природных ресурсов. Распределение запасов полезных ископаемых, строительство инфраструктурных объектов требуют точной пространственной привязки и учета множества факторов риска.

**2. Математика в реальной жизни**.

Решим задачу, иллюстрирующую ценность математики в наших отношениях с Землей.

*Задача.* Рассчитать площадь участка сложной формы разными методами:

**Аналитический метод** основан на разделении сложной фигуры на простые составляющие — треугольники, прямоугольники, трапеции. Площадь участка определяют как сумму площадей отдельных фигур, вычисляемых по линейным измерениям (высотам и основаниям) по известным формулам геометрии.

**Пример**: L-образный садовый участок разбивают на два прямоугольника: один — 10 м × 6 м, другой — 4 м × 8 м. Общая площадь: (10 × 6) + (4 × 8) = 60 + 32 = 92 м².

**Важно**: при суммировании площадей следует учитывать возможные погрешности измерений и округлений. Рекомендуется делать дополнительную проверку результатов через другой метод расчёта.

**Графический метод.** Участок разбивают на простейшие геометрические фигуры и измеряют их элементы по плану (карте). В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь. Сумма площадей фигур даёт площадь участка. Это поможет правильно планировать сельскохозяйственное производство или застройку территории.

1. **Введение в математическое моделирование климата Земли**

Математическое моделирование климата Земли служит неотъемлемым инструментом для анализа и прогнозирования изменений климатической системы. В его основе лежит комплексный подход, который включает в себя взаимодействие различных компонентов, таких как атмосфера, океаны и биогеохимические процессы. Главным элементом, который позволяет описывать динамику этих компонентов, являются уравнения Навье-Стокса: **∂u/∂t + (u • ∇)u = -∇p/ρ + ν∇²u + f**, где:

* ∂u/∂t - изменение скорости жидкости во времени;
* (u • ∇)u – изменение скорости в зависимости от направления потока;
* -∇p/ρ отвечает за влияние изменения давления на движение жидкости;
* ν∇²u учитывает влияние вязкости на движение жидкости;
* F — внешние силы, например, сила тяжести.

Я прочитал, что данная модель даёт возможность прогнозировать экстремальные погодные условия, но точное решение этого уравнения для реальных задач почти всегда недостижимо из-за их высокой вычислительной сложности, причем оно не изучается в школе, поэтом применять в работе его не буду.

По данным из Википедии, с 1975 года средняя глобальная температура поверхности Земли увеличивалась примерно на 0,15–0,20 C  (Приложение 1).

По информации на текущий момент, годовое значение средней глобальной температуры составляет около 15 °C, но месячные температуры могут варьироваться почти на 2 °C выше или ниже этого показателя. В Ставропольском крае средняя температураянваря — −5°С (в горах до −10 °C), июля — от +22…+25 °C (в горах до +14 °C). (Приложение 2) Край находится в центральной части Северного Кавказа. Климат определяется как континентальный, особенно в равнинной части, причем степень континентальности увеличивается с запада на восток. Рельеф края многообразен и делится по абсолютным высотам условно на низменный (менее 200м), возвышенный (200-500м) и горный (более 500м н.у.м.). Осадки распределены неравномерно,уменьшаясь с юга на север и с запада на восток: в юго-восточных районах — 350–500 мм, на Ставропольской возвышенности — 600 мм, в предгорьях — 600–800 мм. Равнинная зона характеризуется более жесткими климатическими и лесорастительными условиями - дефицитом влаги, высокой амплитудой колебания положительных и отрицательных температур, большой скоростью ветров, в отдельных местах имеют распространение солонцеватые черноземы. Здесь произрастают многие теплолюбивые растения, вплоть до винограда. Степная зона края расположена в «зоне рискованного земледелия» и по статистике полноценное плодоношение получают в этой зоне 1 раз в 10 лет.

**3.1. Влияние океанических потоков на изменение климата**

Океанические течения представляют собой системы движения вод, значимым образом влияющие на климат Земли. Эти течения, разделенные на поверхностные и глубоководные, осуществляют перенос тепла, влаги и холода, меняя погодные условия в различных регионах планеты. Холодные течения понижают температуры воздуха над ними и способствуют образованию более засушливых климатических условий.

Территория Ставропольского края расположена между двумя морями и изрезана сравнительно густой сетью рек, речек, ручьев и водоемов. В общей сложности насчитывается около 3 тысяч водотоков, из них 220 рек, 38 озер и 58 водохранилищ (Приложение 3). В предгорной части грунтовые воды весьма обильны и обычно залегают неглубоко в трещинах горных пород и в районах мощных осыпей. В равнинной части края, особенно в степной засушливой зоне, в большинстве районов они залегают глубоко и насыщены различными солями. Леса смягчают тепловой режим, защищая от холодных северных ветров, закачивают влагу с океана за счет высокой скорости испарения и конденсации водяного пара, тем самым поддерживая круговорот воды.

Территория края относится к крайне малолесным районам страны с общей лесистостью лесного фонда 1,6% (Приложение 4):

-леса, расположенные в водоохранных зонах, выполняют функции предотвращения загрязнения, заиления водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира;

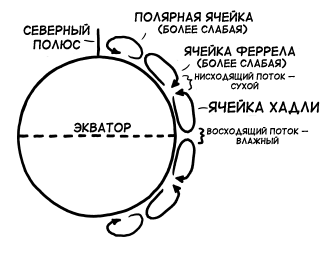
-защитные полосы лесов защищают дороги от снежных заносов и эрозионных воздействий воды и ветра, выполняют санитарно- гигиенические функции и создают оптимальные условия для отдыха населения;

-ценные леса соответствует целям почвозащиты, препятствуя размыву, смыву и развеванию почвы в малолесных или горных районах.

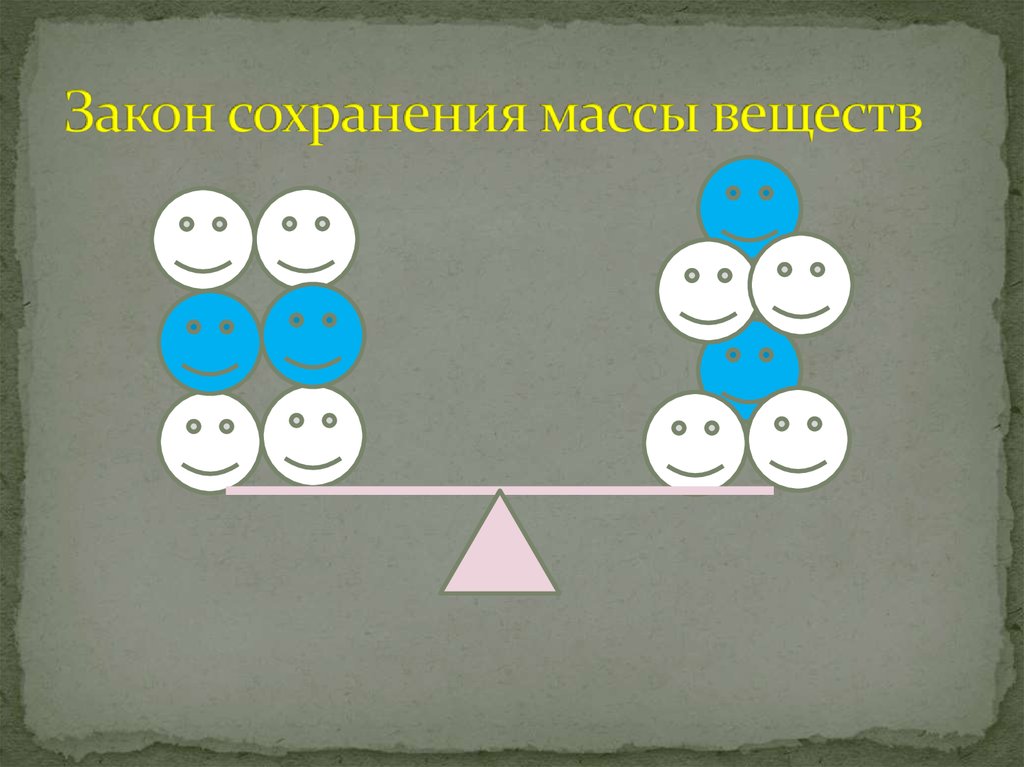
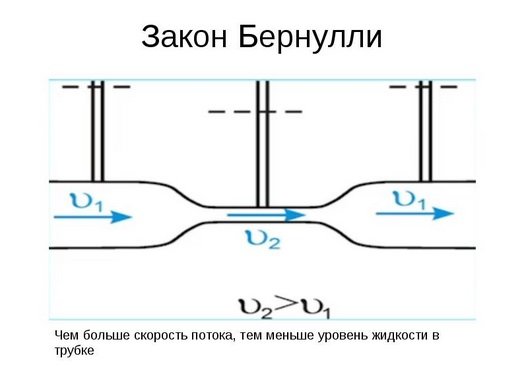
Таким образом, разнообразие и контрастность условий отдельных частей территории обуславливают необходимость раздельного подхода к решению лесохозяйственных вопросов и определению методов ведения хозяйства. Наибольшую площадь лесного фонда занимают лесные насаждения с преобладанием твердолиственных пород – 78,7%, площадь мягколиственных и хвойных древесных пород составляет 6,5% и 3,4%. Насаждения Ставропольского края состоят, в основном, из таких древесных пород как ясень, дуб, граб, вяз, клен, бук, тополь, сосна и др. В качестве примеси, встречаются береза, осина, ольха, липа и др. (Приложение 5) Основными причинами, негативно влияющими на состояние насаждений, являются погодные условия и почвенно-климатические факторы. В Ставропольском крае накоплен большой опыт проведения работ по лесовосстановлению и лесоразведению. По специально разработанным программам и методикам, проверяется пригодность таблиц хода роста растений, сортиментных таблиц, таблиц запасов и пр. Искусственные леса в крае занимают 44,7% общей площади покрытых лесной растительностью земель. Картографической основой для составления карт масштаба 1:10000 и 1:25000 являются геоданные землеустройства.

**3.2. Динамика атмосферы: модели и взаимодействия. Динамика океана: роль океанических потоков**

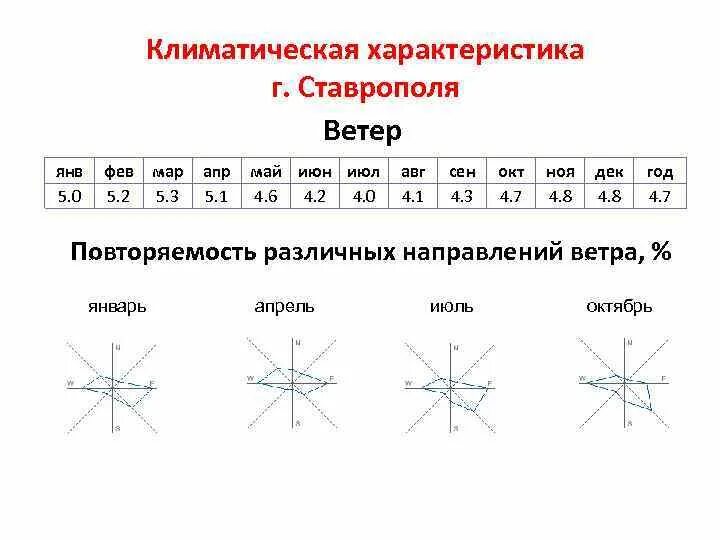
На рельеф края оказывают влияние просадочные и оползневые процессы, воздействие сильного ветра и осадков, причем чем выше местность, тем сильнее ветер.

**Ветер.** Чтобы возник ветер, необходим перепад давления. Это известно со школы: ветер дует от места, где давление больше, туда, где давление меньше. Если посмотреть глобально, то ветер - циркуляция воздушных масс планетарного масштаба. Так как поверхность Земли прогрета неоднородно, то теплый воздух от экватора поднимается вверх и движется на высотах в сторону полюса. Так создается крупномасштабная циркуляция, при которой приземный воздух дует с севера на экватор.  
То есть, движение воздуха начинается сверху, а не снизу. Такая циркуляция называется «Ячейка Хэдли». Эта циркуляция простирается от экватора начиная с 30 до 60 градусов широты, где возникает другая циркуляция воздуха («Ячейка Ферреля») в противоположную сторону с юга на север. На это накладывается вращение Земли (с запада на восток), из-за чего движение воздуха отклоняется вправо. Поэтому «западные ветры» в Ставропольском крае – это нормальное явление, которое объясняется местоположением края. Сильные же ветры или ураганы, происходят тогда, когда на установившийся западный ветер влияют местные физико-географической особенности региона.

Кроме того, у движущихся воздушных масс с юга на пути стоят Кавказские горы. Не все воздушные массы «переваливают» через их хребты, Кавказские горы не пропускают на территорию тёплый воздух, холодные воздушные массы, приходящие с севера, задерживаются и растекаются по равнинам Ставрополья. Те же, которые «переваливают», влажные, выходят на Ставропольскую возвышенность, а после чего спускаются вниз. Эти ветры еще называются горно-долинные. Кроме того, согласно закону сохранения массы, в ущельях ветер всегда сильнее, чем над равниной (Закон Бернулли). Таким образом, сильные ветры обусловлены особенностями местного рельефа. Хребты западного Кавказа изолируют край от воздушных потоков, идущих с Чёрного моря. С востока к краю примыкают жаркие летом и холодные зимой пустыни, влияние которых не может смягчить мелкое Каспийское море.

**Рельеф.** Как было сказано выше, в физике есть «Закон Бернулли». Он сводится к тому, что чем место уже, тем скорость больше. В обычной жизни мы это наблюдаем, когда поливаем сад или огород при помощи шланга с водой. Чтобы струя била дальше, надо конец шланга зажимать. Поэтому, когда ветер дует в ущельях, то он сильнее. То же самое может происходить в городе, если при застройке домов не учитывать «розу ветров», из-за чего ветер может образовывать локальные усиленные «коридоры». Например, когда мы хотим пройти между домами, то ветер ощущается сильнее. В сельском хозяйстве для его сдерживания, например, создают лесополосы. И все же, сильные ветры всегда связаны с прохождением атмосферных фронтов (циклонов).



**Циклоны и антициклоны** – это своеобразные волны давления. С гребнем связан антициклон, а с впадинкой – циклон. Вот, когда такая волна надвигается на данную местность, то погода портится, в частности, возникают ветры. «Неприятности» погоды связаны с глубиной таких волн. С циклоном связана область низкого давления, которая приведет к возникновению восходящих потоков, которые сопровождаются образованием облаков и осадков. С антициклоном связана область повышенного давления, которая сопровождается нисходящим движением воздуха, при этом бывает, как правило, тепло.Территория края — место столкновения различных систем атмосферной циркуляции.Учёт влияния атмосферного давления на создание конвективных потоков важен для прогнозирования погоды в Ставропольском крае. Например, в научных работах исследуют, как рельеф местности влияет на развитие конвекции, и разрабатывают математические модели, учитывающие это влияние. Это позволяет прогнозировать явления, сопровождающиеся интенсивными конвективными процессами. Воздушные массы, перемещаясь из одних областей в другие, изменяют температуру и влажность, влияя на климат

Еще на формирование ставропольского климата может повлиять наличие влажности. Рядом со Ставрополем находятся Сенгилеевское и другие водохранилища, реки и водоемы.

**3.3.Влияние человеческой деятельности на климатические модели**

Параллельно с этим исследования показали, что с помощью моделей, объединяющих данные о климатической системе, можно более уверенно связывать изменения климата с воздействием человечества. Человеческая деятельность оказывает масштабное воздействие на климат, начиная с древних времен, когда влияние вырубки лесов и осушения болот стало очевидным. С тех пор нарастающее воздействие человека становилось все более заметным, и современные исследования показывают, что такие факторы, как выбросы парниковых газов (углекислого газа, метана и оксидов азота) способствовали повышению температуры атмосферы, океанов и поверхности Земли. Особенно четко влияние человека на климат проявилось в XX веке, например, в 1930-х годах, когда интенсивное сельское хозяйство в США привело к экологической эрозии и потере почвы. В нашем крае в период 1990–2010-х был значительный прирост населения на 350 тыс. человек, увеличилось количество крупных городов, при этом также увеличилось количество заброшенных деревень; продолжается вырубке лесов, расширение сельскохозяйственных угодий, выбросы в атмосферу от промышленных предприятий и транспорта.

1. **Результаты исследования и их обсуждение**

Недавно группа ученых из разных стран сравнила эти прогнозы с тем, что реально происходило за последние 15 лет. Выяснилось, что хорошо были предсказаны изменения содержания в атмосфере углекислого газа и приемлемо — ход температуры. Оба эти показателя возрастали в соответствии с ранее выявленными трендами. А вот средний уровень Мирового океана рос быстрее, чем ожидалось. С 1990-го по 2005 год он увеличился примерно на 4 см, а предсказывалось прибавление только на 2 см. А в 2024 году учёные из Центра экологических наук Университета Мэриленда разработали климатическую карту, которая показывает метеорологические изменения в разных частях мира на следующие 60 лет. Ожидается, что к 2080 году в Ставрополе и его окрестностях летом столбик термометра поднимется в среднем на 7,4 градуса, климат станет более сухим — влажность уменьшится на 19,1%.

**Выводы:** Прогнозирование климатических сценариев (Приложение 8) становится важным инструментом в борьбе с последствиями изменения климата. Ученые предупреждают, что существуют климатические точки невозврата, которые могут привести к необратимым последствиям. Прогнозы учитывают несколько ключевых факторов: рост населения, экономическую активность и новые технологии, которые прямо влияют на климатические модели и последствия. Разработка эффективных планов класса «умных» городов, внедрение зеленых технологий и переход к устойчивым экономическим моделям становятся неотъемлемой частью стратегии на уровне государств. исследование показало, что математика оказывает огромное влияние на понимание процессов, протекающих на Земле. Она необходима как инструмент прогнозирования природных катаклизмов, эффективного управления территориями и экологически осознанного подхода к ресурсам планеты:

-строительство устойчивых сооружений и систем предупреждения, где используются современные технологии и инженерные решения.

-разработка планов управления рисками и катастрофическими событиями, связанными с климатом (наводнения, засухи и другие);

-развитие сельского хозяйства и пищевой безопасности, устойчивых к изменениям климата;

-образование и обучение, направленные на повышение осведомлённости и готовности к изменениям климата;

-сбор дождевой воды для хозяйственных нужд, что позволяет создать запас воды в условиях засушливого климата:

-утепление фасадов домов, что позволяет сократить потери тепла и энергии и снизить счета за отопление.

Развивая интерес к математике, школьники смогут принять активное участие в формировании гармоничного будущего человечества и сохранить природу для будущих поколений.

**Список литературы:**

* 1. Влияние океанических течений на климат [Электронный ресурс] // edu.tsu.ru
  2. Влияние тёплых и холодных океанических течений на климат... [Электронный ресурс] // [www.yaklass.ru](http://www.yaklass.ru)
  3. Влияние человека на изменение климата исследования... [Электронный ресурс] // geo.god-tigra.ru

Вычислить будущее: учёные создали математическую модель... [Электронный ресурс] // russian.rt.com

* 1. Изменчивость экосистем и остров тепла: как работают новые... [Электронный ресурс] // scientificrussia.ru
  2. Как математическое моделирование помогает в изучении... [Электронный ресурс] // ya.ru
  3. Климатические модели: эксперименты ученых и прогнозы... [Электронный ресурс] // climate-change.moscow
  4. Козина Ольга Васильевна, Дугин Владислав Сергеевич Климатообразующая роль океанических течений // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2013. №3. URL
  5. Математическая модель климата — дело грандиозное – ИВМ РАН [Электронный ресурс] // [www.inm.ras.ru](http://www.inm.ras.ru)
  6. Математические модели [Электронный ресурс] // nonlinearwaves.ipfran.ru
  7. Математическое [Электронный ресурс] // seakc.meteoinfo.ru
  8. Математическое моделирование климата [Электронный ресурс] // www.scert.ru
  9. Моделирование и анализ климата с помощью моделей... [Электронный ресурс] // icmmg.nsc.ru
  10. НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ [Электронный ресурс] // naukamirowozreniya.ru
  11. Новый подход к анализу климата подтверждает антропогенное... [Электронный ресурс] // elementy.ru
  12. Океанические течения: виды, причины возникновения, схемы на... [Электронный ресурс] // externat.foxford.ru
  13. Океанское течение - Ocean current - Википедия [Электронный ресурс] // tr-page.yandex.ru
  14. Остановить нельзя изменить: как связаны климат и человек | Дзен [Электронный ресурс] // dzen.ru
  15. Прорыв в изучении климата Земли: что придумали математики [Электронный ресурс] // hi-tech.mail
  16. Сценарий изменения климата - Википедия [Электронный ресурс] // tr-page.yandex.ru
  17. Уравнения Навье — Стокса — Википедия [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org
  18. Учёный Кислов предупредили о риске необратимых изменений... [Электронный ресурс] // aif.ru
  19. Что будет с планетой через 30 лет: прогноз климатолога [Электронный ресурс] // ria.ru

Приложение 1



Приложение2

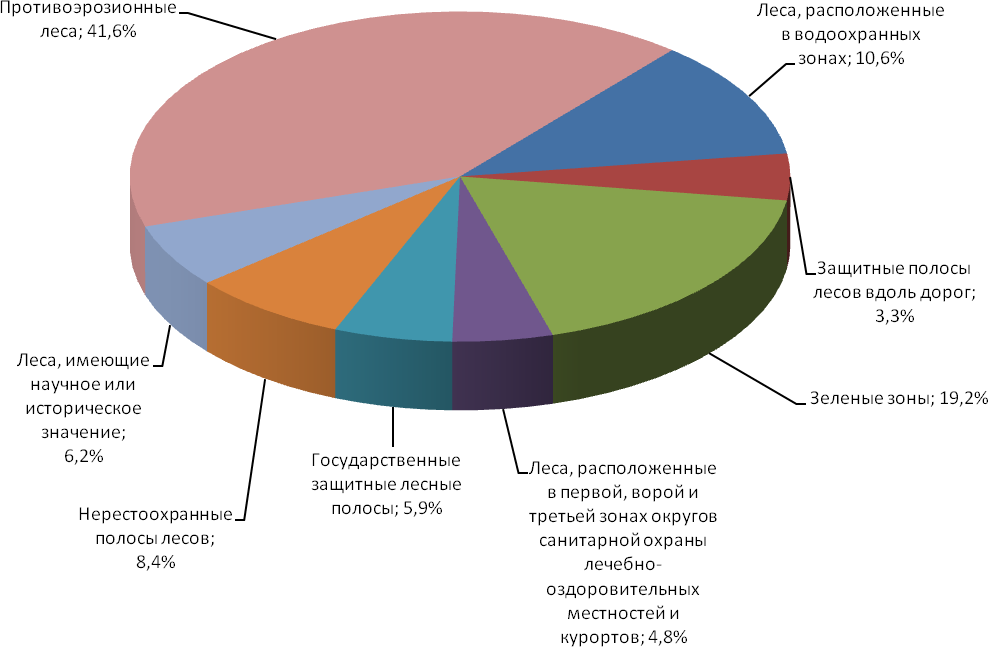


Приложение 3 

Приложение 4

Распределение площади лесов, расположенных на землях лесного фонда по целевому назначению

Противоэрозионные леса – 41,0%



Леса, расположенные в во- доохранных зонах – 11,7%

Леса, расположенные в во- доохранных зонах – 11,7%

Леса, имеющие научное или исто- рическое значение ***–*** 6,2%

Государственные защитные лесные полосы – 5,8%

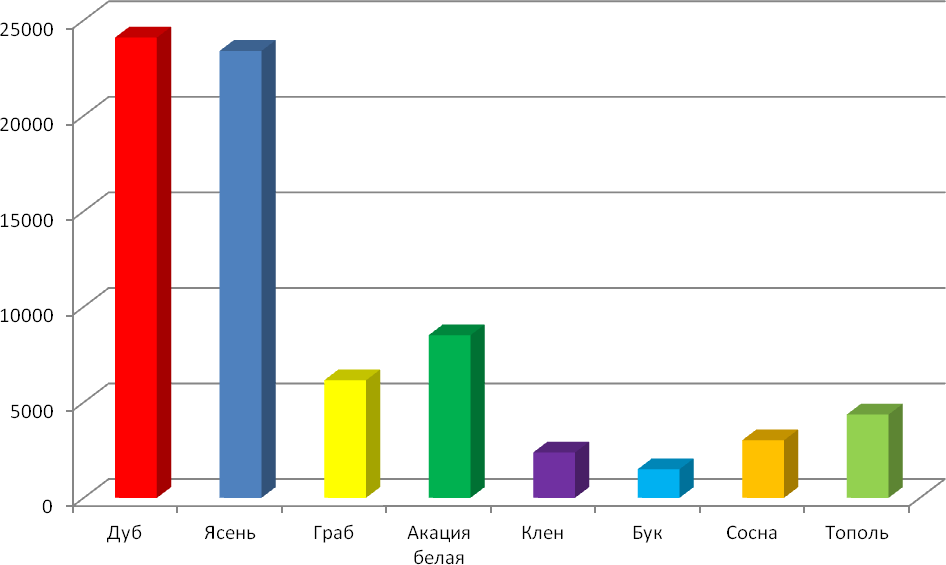
Леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитар- ной (горно-санитарной) охраны лечебно- оздоровительных мест- ностей и курортов – 4,9%

Защитные полосы лесов, рас- положенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог

общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации – 4,6%

Лесопарковые зоны – 18,1%

Приложение 5

Распределение лесной площади по преобладающим породам

площадь, га

Приложение 6

Площадь погибших лесов по причинам гибели за предыдущие 10 лет (в га).

**250**

199,2

192,9

178,9

156,9

132

137,3

62

71,3

78,4

57

0

6

7

0

0

0 0

0

20

0

51,5

7,4

0

1

0

0 1,9

0

0

**200**

**150**

**Площадь, га**

**100**

**50**

**0**

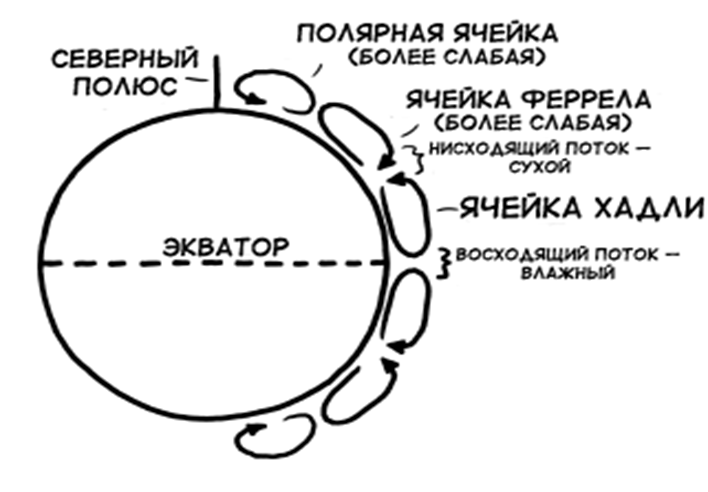
**2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013**

**Год**

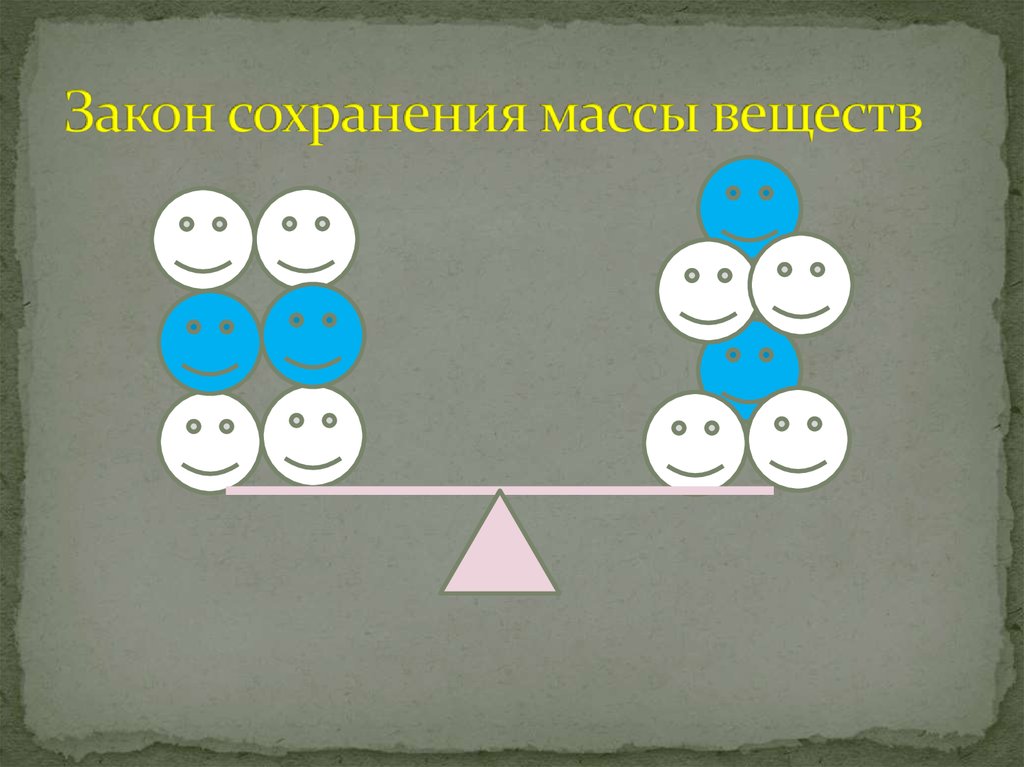
**Лесные пожары Погодные и климатические факторы Болезни**

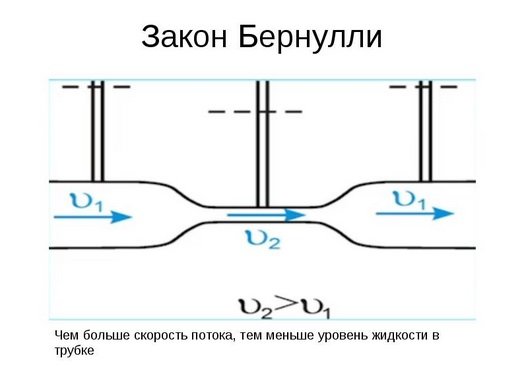
Рис. 11

Приложение 7

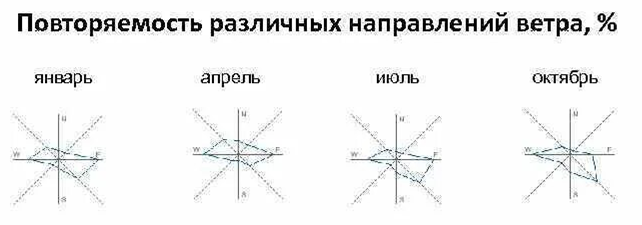


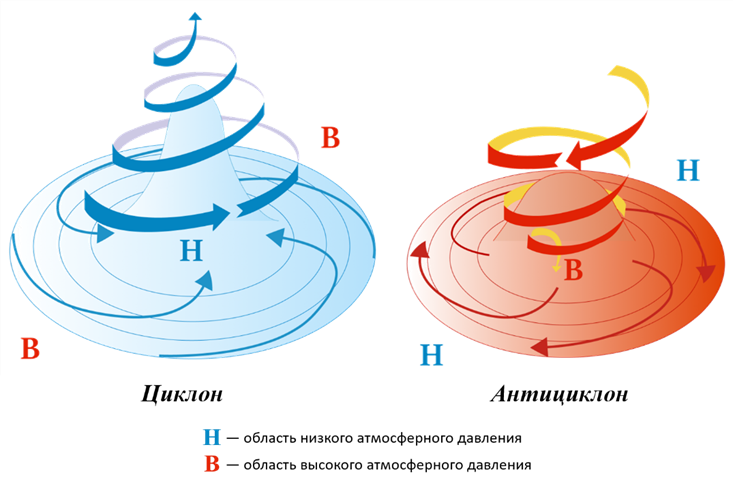
Для горно-долинного ветра:





**Роза ветров**

****



Приложение 8

Модели прогнозирования климатических сценариев

