

Государственное бюджетное образовательное учреждение города Москвы

«Школа № 324 «Жар-Птица»»

Индивидуальный проект

по теме **«Исследования современных ученых об изменении климата на планете»**

учащегося 11 класса «Б»

Межевикиной Дарьи

Руководитель проекта: Иванова Е.Ю., заместитель директора

### **Цели и задачи проекта:**

1. Обосновать необходимость активной исследовательской работы современных ученых по изменению климата;
2. Уточнить направления исследовательской работы ученых;
3. Показать взаимосвязь современных исследований климата планеты с исследованиями прошлого;
4. Исследовать проблему сохранения исчезающих видов животных в современном мире.

### **Методы работы над проектом:**

1. Анализ источниковедческой базы,
2. Исследование публицистических материалов,
3. Адаптированное изучение современных публикаций по теме.

### **Оглавление.**

1. История науки об изменении климата.
2. Первые расчёты человеческого влияния на изменения климата.
3. Прогнозы потепления климата.
4. Животные и изменение климата.
5. Геоинженеры – новая специальность в управлении климатом.
6. Заключение.

## **1. История науки об изменении климата**

История научных исследований изменения климата имеет своей отправной точкой начало 19-го века, когда учёные впервые узнали о ледниковых периодах и других естественных изменениях климата Земли в прошлом и впервые обнаружили парниковый эффект. В конце 19-го века учёные впервые начали утверждать, что человеческие выбросы парниковых газов могут изменить климат. После этого было выдвинуто много других теорий изменения климата, например, под влиянием вулканической деятельности и вследствие изменения солнечной активности. В 1960-х годах теоретические построения о нагревающем воздействии диоксида углерода стали более убедительными, хотя некоторые учёные отмечали, что антропогенные атмосферные аэрозоли (в виде «загрязнений») могут давать охлаждающий эффект. В 1970-х годах научная мысль все больше склонялась в сторону признания потепления в результате действия парниковых газов. К началу 1990-х годов благодаря повышению надёжности компьютерных моделей и наблюдениям, подтвердившим теорию Миланковича о ледниковых периодах, подавляющее большинство ученых пришло к консенсусу, что парниковые газы сыграли значительную роль в большинстве климатических изменений, а человеческие выбросы углекислого газа уже запустили механизм значительного глобального потепления.

С 1990-х годов научные исследования по изменению климата включили в себя много новых дисциплин и расширились, значительно улучшив наше понимание причинно-следственных отношений, связей с историческими данными, и нашу способность численно моделировать климатические изменения. Последнюю по времени работу подытожила в своих оценочных докладах Межправительственная группа экспертов по изменению климата. Изменение климата — это существенные и длительные изменения в статистическом распределении погодных паттернов за периоды от десятилетий до миллионов лет. Это могут быть изменения в средних погодных условиях, или в распределении погоды вокруг этих средних условий (например, большее или меньшее число экстремальных погодных явлений). Изменения климата вызваны факторами, которые включают процессы в океане (например, океаническую циркуляцию), биотические процессы, изменения в интенсивности солнечного излучения, извержения вулканов, а также антропогенные изменения природного мира; именно эти антропогенные изменения сейчас вызывают глобальное потепление, и термин «изменение климата» часто используют, чтобы описать особую форму влияния человека на природу.

К началу 18-го века учёные и не подозревали, что климат доисторических эпох как-либо отличался от современного. К концу 18-го века геологи нашли доказательства смены геологических эпох, которым соответствовали определённые изменения климата. Были разные конкурирующие теории относительно этих изменений, и Джеймс Хаттон, чьи идеи циклического изменения в течение огромных периодов времени были позже названы униформизмом, был среди тех, кто нашёл признаки былой ледниковой деятельности в местах, которые в наше время стали слишком тёплыми для ледников.

В 1815 году Жан-Пьер Перрадин впервые написал, что ледники могут быть причиной появления гигантских валунов, которые можно видеть в альпийских долинах. Когда он обошел Валь-де-Бань, он увидел гигантские гранитные скалы, которые были разбросаны по всей этой узкой долине. Нужна была исключительная сила, чтобы переместить такие большие камни. Учёный заметил полосы на земле, которые ледники оставили после себя, и пришёл к выводу, что силой, которая несла камни вниз в долины, был лёд.

Научное сообщество сначала восприняло его идею с недоверием. Жан-де-Шарпентье писал: «Мне его гипотеза казалась столь необычной и даже экстравагантной, что я считал её недостойной исследования или даже внимания». Несмотря на первоначальный отказ Шарпентье, Перрадин в конце концов убедил Игнаца Венетца, что возможно на его догадку стоит обратить внимание. Венетц убедил Шарпентье, который, в свою очередь убедил влиятельного ученого Луи Агассиса, что ледниковая теория имеет смысл.

Агассис разработал теорию о том, что он назвал «ледниковым периодом», когда ледники покрывали Европу и большую часть Северной Америки. В 1837 году Агассис первым научно предположил, что на Земле когда-то был ледниковый период. Британец Уильям Бакленд делал попытки приспособить геологическую теорию катастрофизма для объяснения наличия валунов и прочего «делювия» как остатков библейского потопа. Против этого решительно выступил Чарлз Лайель со своей версией хаттонского униформизма, затем и сам Бакленд и другие геологи-катастрофисты постепенно отказались от защиты этой идеи. Полевая поездка в Альпы вместе с Агассисом в октябре 1838 убедила Бакленда, что геологические особенности Великобритании были вызваны прошлым обледенением. Он и Лайелл тогда решительно поддержали теорию ледникового периода, которая к 1870 году стала общепризнанной.

В то же самое время, когда учёные впервые пришли к мыслям об изменениях климата и ледниковых периодах, Жозеф Фурье в 1824 году показал, что земная атмосфера делает планету теплее, чем если бы вместо неё был вакуум. Фурье понял, что атмосфера беспрепятственно пропускает к земной поверхности волны видимого света. Затем Земля поглощает видимый свет и испускает инфракрасное излучение. Но атмосфера не может пропустить инфракрасные волны беспрепятственно, а значит это приводит к повышению температуры у поверхности. Он также заподозрил, что деятельность человека может влиять на климат, хотя его интересовали главным образом изменения в землепользовании. В своей работе 1827 года Фурье отмечает: «Возникновение и прогресс человеческих обществ, действие природных сил, могут заметно изменить, причем в широких масштабах, состояние поверхности, распределение воды и движение больших масс воздуха. Такие эффекты могут привести к изменениям в течение многих веков уровня тепла; поскольку аналитические выражения содержат коэффициенты, связанные с состоянием поверхности и в значительной степени влияют на температуру».

В 1864 году Джон Тиндаль продвинул работу Фурье ещё на шаг вперёд, когда исследовал поглощение инфракрасного излучения различными газами. Он обнаружил, что водяной пар, углеводороды (например, метан  $\text{CH}_4$ ), а также диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) сильно задерживают излучение. Некоторые учёные предположили, что ледниковые периоды и другие крупные изменения климата были вызваны изменениями в количестве газов, выбрасываемых в результате вулканической деятельности. Но это было лишь одной из многих предполагаемых причин. Ещё одной причиной могло быть изменение солнечной активности. Изменениями в характере океанических течений также можно объяснить многое в изменении климата. Подъемы и опускания горных хребтов, которые заметны за миллионы лет, могли бы изменить структуру ветров и океанических течений. Или, возможно, климат континентов вообще ни при чём, но становилось теплее или холоднее из-за смещения полюсов (северный полюс смещался туда, где раньше был экватор, или ещё что-либо подобное). Были предложены десятки теорий.

В середине 19-го века Джеймс Кролл опубликовал расчёты, показывающие как притяжение Солнца, Луны и планет тонко влияет на движение и ориентацию Земли. Наклон земной оси и форма ее орбиты вокруг Солнца точно коррелируют с циклами, которые длятся десятки тысяч лет. В течение некоторых периодов северное полушарие зимой получало немного меньше солнечного света, чем в другие периоды. Снег накапливался, отражая

солнечный свет и приводя к самоподдержке ледникового периода. Однако большинство учёных нашли идеи Кролла, как и многие другие теории изменения климата, неубедительными.

## **2. Первые расчёты человеческого влияния на изменения климата**

В конце 1890-х годов американский учёный Сэмюэл Пирпонт Лэнгли пытался определить температуру поверхности Луны путем измерения инфракрасного излучения, приходящего к Земле от Луны[13]. Угол Луны в небе во время измерений определял, через какое количество CO<sub>2</sub> и водяного пара должно было пройти излучение Луны, чтобы достичь поверхности Земли. Чем ниже было расположение Луны над горизонтом, тем ниже получался результат. Это не стало новостью, поскольку учёные знали о поглощении инфракрасного излучения уже на протяжении десятилетий.

Шведский учёный Сванте Аррениус использовал наблюдения Лэнгли повышенного инфракрасного поглощения, когда лучи Луны проходят через атмосферу Земли под малым углом, встречая больше диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), чтобы оценить эффект охлаждения атмосферы при снижении содержания CO<sub>2</sub>. Он понял, что охлаждённая атмосфера будет удерживать меньше водяного пара (еще один парниковый газ), и рассчитал дополнительный охлаждающий эффект. Он также понял, что похолодание увеличит толщину снежного и ледяного покрова в высоких широтах, что заставит планету отражать больше солнечного света, и, таким образом, приведёт к дальнейшему охлаждению, как и предполагал Кролл. Аррениус подсчитал, что уменьшение количества CO<sub>2</sub> наполовину приведёт к наступлению нового ледникового периода. Кроме того, по его расчётам, удвоение количества CO<sub>2</sub> в атмосфере приведет к общему потеплению на 5-6 градусов Цельсия.

Кроме того, коллега Аррениуса профессор Арвид Гогбом, которого Аррениус пространно цитировал в своем исследовании 1896 года О влиянии углекислого газа в воздухе на температуру Земли пытался количественно оценить природные источники выбросов CO<sub>2</sub>, чтобы лучше понять глобальный углеродный цикл. Гогбом обнаружил, что оцениваемый объём производства газа из промышленных источников в 1890-х годах (в основном сжигание угля) был на одном уровне с природными источниками. Аррениус

увидел, что эти искусственные выбросы углерода в конечном итоге приведут к потеплению. В то же время, из-за относительно низкой скорости производства CO<sub>2</sub> по состоянию на 1896 год Аррениус предполагал, что процесс потепления займет тысячи лет. Он также ожидал, что это принесет пользу для человечества.

Представители научного сообщества подвергли сомнению расчёты Аррениуса и сделали их частью более широких дебатов относительно того, могут ли изменения в атмосфере действительно вызвать ледниковые периоды. Экспериментальные попытки измерить инфракрасное поглощение в лаборатории, как казалось, показывали маленькие различия результатов при увеличении уровня CO<sub>2</sub>, а также обнаружили значительные совпадения спектров поглощения CO<sub>2</sub> и водяного пара. Все эти результаты показывали, что увеличение выбросов диоксида углерода не даст значительного климатического эффекта. Позже было выявлено, что эти ранние эксперименты были недостаточно точными из-за несовершенства тогдашних приборов. Многие учёные также считали, что любой избыток углекислого газа быстро поглотят океаны. Другим теориям о причинах изменения климата также не повезло. Значительное продвижение было достигнуто лишь в области палеоклиматологии, поскольку учёные в различных сферах геологии разработали методы оценки климата в древности. Уилмот Г. Брэдли обнаружил, что ежегодные донные отложения на дне озёр позволяют различить климатические циклы. Астроном из Аризоны Эндрю Элликот Дуглас видел явные признаки изменения климата в годовых кольцах. Отметив, что кольца были тонкими в засушливые годы, он сообщил о влиянии на климат изменений в солнечном излучении, в частности в связи с нехваткой в 17-м веке солнечных пятен (минимум Маундера), ранее замеченной Уильямом Гершелем и другими. Другие учёные, однако, нашли достаточно оснований сомневаться, что годовые кольца могут свидетельствовать о чем-либо кроме случайных региональных колебаний. Значение годовых колец для исследований климата не имело под собой прочной опоры вплоть до 1960-х годов.

В течение 1930-х годов стойким сторонником связи между солнечной активностью и климатом был астрофизик Чарльз Грили Аббот. К началу 1920-х годов он пришел к выводу, что солнечная «постоянная» не является на самом деле неизменной: его наблюдения показали большие изменения, которые он связывал с пятнами на поверхности Солнца. Он и несколько других учёных настаивали на этой точке зрения до 1960-х годов, убеждая, что вариации солнечных пятен были основной причиной изменения климата.

Другие учёные были настроены скептически. Однако попытки связать циклы солнечной активности с климатическими циклами были популярны в 1920-х и 1930-х годах. Известные учёные объявили, что корреляция между этими двумя явлениями достаточно надёжна, чтобы делать прогнозы. Но впоследствии их предсказания не исполнились, и эта теория заслужила себе дурную славу.

Между тем сербский инженер Милутин Миланкович, опираясь на теорию Джеймса Кролла, улучшил громоздкие расчеты различных расстояний и углов излучения Солнца, когда Солнце и Луна оказывают возмущающее действие на орбиту Земли. Некоторые наблюдения донных отложений (слоев грязи, покрывающий дно озёр) соответствовали предсказаниям циклов Миланковича с длительностью около 21000 лет. Несмотря на это, большинство геологов отклонили эту астрономическую теорию, поскольку период этого цикла Миланковича противоречил принятой последовательности, которая должна была составлять всего четыре ледниковые эры, и все они гораздо длиннее, чем 21000 лет.

В 1938 году британский инженер Гай Стюарт Каллендар пытался возродить теорию парникового эффекта Аррениуса. Каллендар представил доказательства того, что одновременно и температура и уровень CO<sub>2</sub> в атмосфере росли на протяжении последней половины века, и утверждал, что новые спектроскопические измерения показали эффективность поглощения инфракрасного излучения в атмосфере. Однако большинство научного сообщества продолжало ставить под сомнение или игнорировать эту теорию.

В 1950 году усовершенствованная спектрография показала, что линии поглощения CO<sub>2</sub> и водяного пара полностью не перекрываются. Климатологи также поняли, что верхние слои атмосферы содержат совсем немного воды. Оба эти открытия указывали на то, что водяной пар не перекрывает парниковый эффект CO<sub>2</sub>. В 1955 году Ганс Зюсс, проанализировав содержание в атмосфере углерода-14, показал, что CO<sub>2</sub> из ископаемого топлива не сразу поглощается океаном. В 1957 году изучение химии океана привело Роджера Ревелла к пониманию того, что верхний слой океана имеет ограниченную способность поглощать углекислый газ. К концу 1950-х годов всё больше учёных настаивали, что выбросы углекислого газа могут быть проблемой. Согласно некоторым прогнозам, уровень CO<sub>2</sub> с 1959 года к 2000 году должен был подняться на 25%, что должно повлиять на климат «радикальным» образом. В 1960 году Чарльз Дэвид Килинг показал, что уровень CO<sub>2</sub> в атмосфере действительно растёт, как и предсказывал



Ревелл. Тревога росла год от года вместе с ростом атмосферного CO<sub>2</sub> на «графике Килинга».

Ещё один ключ к пониманию природы изменения климата появился в середине 1960-х в результате анализа глубоководных морских отложений, который сделал Чезаре Эмилиани, и анализа древних кораллов, автором которого был Уоллес Броекер с сотрудниками. Согласно их исследованиям было не четыре длинных ледниковых периода, а большое количество коротких, которые регулярно чередовались. Оказалось, что время ледниковых периодов согласуется с малыми орбитальными сдвигами циклов Миланковича. Несмотря на то, что вопрос оставался спорным, некоторые учёные начали предполагать, что климатическая система чувствительна к малым изменениям, и может легко перейти из стабильного состояния в какое-то другое.

Учёные тем временем начали использовать компьютеры для разработки более сложных версий расчётов Аррениуса. В 1967 году, воспользовавшись способностью компьютеров численно интегрировать кривые поглощения, Сюкуро Манабе и Ричард Ветералд сделали первый подробный расчёт парникового эффекта, включая конвекцию («одномерная излучающе-конвективная модель Манабе-Ветералда»). Они обнаружили, что без учёта малоизученных обратных связей, таких как изменения в облаках, удвоение двуокиси углерода от текущего уровня приведёт к увеличению глобальной температуры примерно на 2 °C.

Физическое описание отклика температуры на различные факторы было представлено в конце 1960-х годов 20 века академиком Будыко и Пирсом Селлерсом, опубликовавшими свои работы независимо друг от друга. Они предложили простую модель, которую учёные позднее использовали для анализа климатических изменений в 1970-х годах, когда был обнаружен рост приземной температуры воздуха, их работы были опубликованы в ведущих научных журналах.

К началу 1960-х годов аэрозольное загрязнение («смог») стало серьёзной локальной проблемой во многих городах, и некоторые учёные стали задаваться вопросом, может ли охлаждение из-за загрязнения атмосферы твёрдыми частицами повлиять на глобальные температуры. Учёные не были уверены какой из двух эффектов будет преобладать: охлаждающий от загрязняющих частиц, или нагревающий от выбросов парниковых газов. Несмотря на эту неуверенность, начали подозревать, что антропогенные выбросы могут стать разрушительными для климата в 21-м

веке, если не раньше. В своей книге Популяционная бомба, изданной в 1968 году, Пол Эрлих писал: «парниковый эффект сейчас усиливается из-за значительного повышения уровня углекислого газа ... [этому] сейчас противостоят низкие облака, порождённые инверсионными следами самолётов, пылью, и другими загрязняющими веществами ... Сейчас невозможно предсказать, каким будет итоговый результат для климата от нашей практики использования атмосферы в качестве свалки».

### **3. Прогнозы потепления климата**

Среднее температурные аномалии 1965 – 1975 годов относительно средней температуры между 1937 и 1946 годами. Этот набор данных не был доступен в то время.

В начале 1970-х свидетельства того, что количество аэрозолей увеличивается по всему миру заставляли Рида Брайсона и других исследователей предупреждать о возможности серьёзного похолодания. Между тем новые доказательства корреляции между временными рамками ледниковых периодов и предполагаемых орбитальных циклов позволили предположить, что климат будет постепенно охлаждаться в течение более тысячи следующих лет. Впрочем, если речь идёт о прогнозах на столетия вперед, обзор научной литературы с 1965 по 1979 показывает, что 7 статей прогнозировали похолодание и 44 потепление (много других статей о климате воздерживались от прогнозов). В последующей научной литературе статьи, предсказывающие потепление, цитировались гораздо чаще. Несколько научных организаций, работавших в те годы, пришли к выводу о необходимости дополнительных исследований, указывая, что авторы научной литературы еще не пришли к консенсусу.

В 1972 году Джон Соьер опубликовал исследование Техногенный диоксид углерода и «парниковый» эффект. Он обобщил тогдашние знания в этой области, доказательства антропогенного происхождения диоксида углерода, его распределение и экспоненциальный рост (многие его выводы актуальны и сегодня). Кроме того, он точно предсказал скорость глобального потепления на период с 1972 до 2000 года.

« Увеличение на 25% CO<sub>2</sub> ожидается к концу века, ему будет соответствовать увеличение глобальной температуры на 0,6 ° С - это несколько больше, чем климатические изменения последних веков.

- Джон Сойер, 1972 г. »

Основные тогдашние средства массовой информации преувеличивали предупреждения меньшинства учёных, ожидавших неизбежного похолодания. Например, в 1975 году журнал Newsweek опубликовал статью, в которой приводил «зловещие признаки того, что погодные условия на Земле начали меняться. Далее автор статьи утверждал, что свидетельства глобального похолодания настолько изобильны, что метеорологи «едва успевают уследить за ними». 23 октября 2006 Newsweek вернулся к теме, заявив о том, что та статья была «удивительно ошибочной в прогнозе столь близкого будущего».

В первых двух докладах Римскому клубу, 1972 и 1974 года, было упомянуто об антропогенных изменениях климата, повышении уровня CO<sub>2</sub>, а также об увеличении количества тепловых отходов. Об этих последних Джон Голдрен написал в исследовании, которое процитировано в первом докладе, «..., что глобальное тепловое загрязнение вряд ли самая неотложная угроза окружающей среде. Однако оно может оказаться наиболее неумолимым, если мы сможем избежать всего другого». Простые по методике глобальные оценки, недавно обновлённые[41], подтверждённые детальными расчётами, показывают ощутимый вклад тепловых отходов в глобальное потепление после 2100, если темпы их роста не будут резко уменьшены (ниже планки усреднённых 2 % годовых, которую они превышают с 1973 года).

Доказательства потепления накапливались. К 1975 году Манабе и Ветералд разработали трехмерную глобальную модель климата, которая давала достаточно точное представление о нынешней ситуации. Удвоение уровня углекислого газа в смоделированной атмосфере дало рост глобальной температуры примерно на 2 ° С. Несколько других видов компьютерных моделей дали сходные результаты: было невозможно предложить модель, которая бы давала что-то похожее на реальный климат и не демонстрировала бы при этом повышения температуры с увеличением концентрации CO<sub>2</sub>.

Независимо от них в 1976 году Николас Шеклтон и его коллеги опубликовали анализ морских глубоководных отложений, в котором показали, что преобладающее влияние на время ледниковых периодов

обнаруживает орбитальный цикл Миланковича протяженностью около 100 тысяч лет. Это было неожиданно, так как изменение солнечного излучения во время этого цикла было небольшим. Результат подчеркнул, что климатической системой управляют обратные связи, и, таким образом, при определенных условиях она сильно восприимчива к небольшим изменениям.

В июле 1979 года Национальный исследовательский совет США опубликовал отчет, в котором говорилось: «Если предположить, что содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере повысится вдвое и установится статистическое тепловое равновесие, то наиболее реалистичные модели прогнозируют глобальное потепление поверхности между 2 ° C и 3,5 ° C, с большим повышением в высоких широтах ... Мы пытались, но не смогли найти какие-либо неучтенные или заниженные физические эффекты, которые могли бы уменьшить нынешнюю оценку глобального потепления при удвоении атмосферного CO<sub>2</sub> до незначительных величин или привести к противоположному результату...»

В 1979 году Всемирная климатическая конференция, проведенная Всемирной метеорологической организацией, пришла к такому выводу: «кажется вероятным, что повышенное количество углекислого газа в атмосфере может способствовать постепенному нагреву нижней атмосферы, особенно в высоких широтах ... Возможно, что некоторые эффекты в региональном и глобальном масштабах можно будет обнаружить до конца этого века, а к середине следующего столетия они станут значимыми»

#### **4. Животные и изменения климата**

Изменение климата на планете сказывается на жизни не только людей, но и животных. Всем живым существам приходится адаптироваться к непривычным погодным условиям. Ученые бьют тревогу по поводу глобального потепления, таяния ледников и повышения уровня воды в морях. За последние 150 лет эти изменения происходят все быстрее и быстрее. Представители земной фауны не всегда успевают к ним приспособиться.

Собрав последние научные данные, накануне акции Час Земли, WWF опубликовал список десяти видов животных, которые в наибольшей степени пострадают от изменения климата на нашей планете.

По оценкам ученых, если выбросы парниковых газов останутся на прежнем уровне, к 2050 году исчезнет четверть известных нам сегодня видов животных и растений. Еще тридцать лет назад никто не мог представить себе, что может появиться глобальная угроза, способная поставить под риск жизнь на Земле такой, какой мы ее знаем. Мы не можем представить мир без пингвинов, коралловых рифов, морских черепах и белых медведей, и с таким будущим мы не хотим мириться. WWF призывает каждого, кому небезразлично будущее нашей планеты, отдать свой голос за Живую планету и принять участие в акции Час Земли.

28 марта, более 1 миллиарда человек по всему миру выключают свет на один час в 20:30 по местному времени, чтобы потребовать от мировых лидеров принять срочные меры по борьбе с изменением климата. Если не предпринять немедленных мер по энергосбережению, повышение глобальной температуры превысит 2°C. Многие виды окажутся под угрозой вымирания.

***10 самых известных видов, многие из которых могут исчезнуть в результате глобального изменения климата и страдают из-за него уже сегодня:***

**Белый медведь** - король Арктики - является сегодня главным символом угрозы изменения климата. Одно из главных последствий изменения климата в арктическом регионе - сокращение площади льдов и их утончение. Для белого медведя лед критически важен: это его место обитания и летняя «резиденция». Согласно исследованиям, при современном темпе роста глобальной температуры к середине 21 века, 42% летнего льда будет потеряно, а через 75 лет белый медведь может исчезнуть как вид. Резкое сокращение площади льдов, их местообитания, также влияет на потерю веса самок, которые из-за этого становятся не способны к размножению.

**Бенгальские тигры.** Расположенный на границе между Бангладеш и Индией массив мангровых лесов Сандарбан является последним прибежищем бенгальских тигров - здесь их осталось всего около 400 особей. Бенгальские тигры, некоторые из которых живут в мангровых болотах, рискуют потерять свое местообитание из-за ежегодного увеличения уровня моря на 4 мм. Согласно исследованиям, в течение 50 лет около 70% местообитания тигров могут быть потеряны, сегодня исчезла уже почти треть. Из-за того, что их территории будут сокращаться, тигры будут вынуждены переселяться и входить в контакт с людьми намного чаще, чем

раньше, что может спровоцировать конфликты между человеком и тигром - с печальными последствиями как для тех, так и для других.

**Коралловые рифы.** Через несколько десятков лет, согласно прогнозам ученых, более 80% кораллов могут исчезнуть навсегда. Уже в 1998 году из-за обесцвечивания кораллов, вызванного изменением климатических условий, погибло 16% мировых запасов коралловых рифов. Рекордно жаркие температуры воздуха в 1998, а затем в 2005 годах лишили рифы питательных веществ и полностью их обесцветили. В то же время, двуокись углерода, поглощаемая океаном, повысила уровень его подкисления. По мнению ученых, рифам стало гораздо труднее восстанавливаться после ущерба, причиняемого штормами и другими катаклизмами, и приспособливаться к повышению уровня моря в таких условиях. Кораллы являются важным элементом пищевой цепочки - без них под угрозой вымирания находятся и другие виды.

**Кенгуру валлаби, коаловые, древесные и другие виды австралийских кенгуру.** Изменение климата в Австралии из-за сокращения осадков и увеличения температуры ставят многие виды австралийских животных на грань вымирания, в том числе кенгуру валлаби, коаловые, древесные и другие виды австралийских кенгуру. Эти виды уже страдают от лесных пожаров и сокращения ареалов. Повышение глобальной температуры всего на 0,5°C сделает непригодным местообитание многих кенгуру, а повышение температуры на 2°C может привести к вымиранию некоторых видов.

**Киты- нарвалы, белухи и полярный кит.** Увеличение температуры воды в океане приводит к тому, что многие представители отряда китообразных пытаются найти более подходящее место обитания. Численность видов, которые адаптировались к проживанию в полярных условиях, может сократиться и для многих перемещение на новое место обитания будет невозможно. Сокращение площадей льдов может особенно сильно сказаться на особях, обитающих в Арктике, такие как киты- нарвалы, белухи и полярный кит. Также изменения в структуре льда вызывают так называемые феномены «ловушек» - проруби во льду, жизненно важные для дыхания китов, меняют привычное для них местонахождение или вовсе затягиваются. Так, из-за этого в Канаде недавно погибло 500 нарвалов. Теплеющие воды также содержат меньше планктона, которым питаются киты, что также приводит к росту смертности.

**Пингвины.** Численность четырех популяций пингвинов сильно уменьшилась за последние годы - из-за повышения температур сокращаются антарктические льды и морские биоресурсы, от которых зависит выживание пингвинов. Некоторые колонии императорского пингвина, самого большого и красивого пингвина в мире, сократились в два раза за последние 50 лет. При более высокой температуре и сильном ветре пингвинам труднее выращивать своих птенцов - лед ломается раньше обычного срока, а ветер чаще сдувает яйца и маленьких птенцов. На северо-западном побережье Антарктики температуры особенно сильно поднялись, и пингвинов Адели стало меньше на 65% за последние 25 лет. Повышение температуры приводит к увеличению снежного покрова, а пингвины Адели могут растить птенцов только на свободной от снега земле.

**Морские черепахи** уже более 100 миллионов лет не раз справлялись с адаптацией к климатическим изменениям, однако не тех масштабов и не той скорости, которые они приобрели сейчас. Изменение климата опасно для потомства морских черепах, так как температура гнезда четко определяет пол потомков: холод производит мужское потомство, тогда как тепло способствует появлению женского. Потепление мест гнездования уменьшает количество мужского потомства и, таким образом, серьезно угрожает жизнеспособности популяций черепах. Помимо этого происходит сокращение мест обитания и кормежки.

**Орангутаны.** На двух островах Индонезии, где живут орангутаны, из-за изменения климата увеличится количество осадков в сезон дождей и количество пожаров в сухой период. В результате еда становится менее доступной. С ускорением глобального изменения климата в лесах Индонезии увеличится длительность и частота засух, будут чаще возникать лесные пожары, еще более фрагментируя жизненное пространство орангутанов. Также из-за своей медлительности многие орангутаны погибают при пожарах. За последние десять лет, численность орангутанов сократилась на 30-50%. Если так и будет продолжаться, единственный вид этой обезьяны в Азии исчезнет в течение нескольких десятилетий.

**Слоны.** Из-за более сухого и менее предсказуемого климата в Африке южнее Сахары, будет сокращаться количество пригодного для слонов мест обитания. Участвовавшие пожары могут отразиться на местообитании слонов, поскольку пожары уничтожают их пищу. К 2080 году их может больше не оказаться в тех местах, где они живут сегодня. Сельское хозяйство, а также поселения человека мешают слонам свободно перемещаться и менять

местообитание. Также из-за засух высока вероятность того, что детеныши слонов не выживут. По докладам ИРСС, Африка станет одним из наиболее уязвимых мест для изменения климата, что отразится на биоразнообразии, в том числе, и на африканских слонах.

**Альбатрос.** На сегодняшний день из всех птиц альбатрос находится под наибольшей угрозой. Шесть из семи видов австралийского альбатроса наиболее уязвимы из-за того, что они привязаны к одному месту для размножения. Так, в том, что касается гнездовья, они очень зависимы от субантарктических островов, на которые, в свою очередь, сильно повлияет изменение климата. Также они зависят от температуры воды: теплая вода менее богата едой и из-за недостатка пищи многие птицы погибают.

Из-за изменения климата на Земле человечество рискует потерять до 30 процентов видов животных и растений. Как выяснили ученые, живые организмы не успевают приспособиться к погодным изменениям. В то же время, по мнению исследователей, в результате могут появиться новые экосистемы. Повышение температуры, опустынивание земель, потери воды, вызванные глобальным изменением климата на планете, – главные причины сокращения биоразнообразия. Последние исследования показывают, что у побережья Северной Америки, где температурные скачки особенно заметны, количество лососевых за последние годы сократилось в десятки раз. В ближайшие годы навсегда могут исчезнуть коралловые рифы. Высокие температуры воздуха лишают их питательных веществ, что приводит их к обесцвечиванию и гибели. Сокращение осадков и увеличение жарких периодов в Австралии ставит на грань вымирания многие виды сумчатых животных, в том числе кенгуру. Более сухой и менее предсказуемый климат в Африке южнее Сахары существенно сократил места обитания слонов. Из-за изменения климата навсегда могут исчезнуть и некоторые элементы ландшафтов. Так, начала разрушаться экосистема альпийских лугов, которые стремительно замещаются лесами. Альпийская астра, черная осока, другие луговые травы не могут выжить в тени деревьев. Из-за этого существующие веками луговые растения могут сохраниться лишь на небольших участках. Ученые отметили, что некоторые более устойчивые виды мигрировали на полюса, чтобы поддержать необходимую им среду обитания, говорит преподаватель Московской сельхозакадемии имени Тимирязева, биолог Сергей Кручина: «В Московском регионе появились южные виды насекомых, в том числе и вредители. Стало больше заболеваний растений, которые характерны для южных регионов. Можно говорить о том, что южные теплолюбивые животные и растения потихоньку продвигаются на



Север. Любой дачник в Центральном регионе знает, что уже спокойно растет виноград, хорошо произрастают южные плодовые культуры». Последние исследования показывают, что сильнее всего изменение климата ощущается в высоких широтах. Так, заметно сократились морские льды, а также площади распространения сезонного снежного покрова. Все это оказывает негативное влияние на северных обитателей, рассказывает координатор проектов по сохранению биоразнообразия Арктики Всемирного фонда дикой природы WWF России Михаил Стишов: «Страдают в первую очередь моржи и белые медведи. Например, белый медведь привык охотиться на льдах, сейчас со льдами плохо, и в летнее время для него наступает критический период. То мелких грызунов выковыривает, то на птичьи колонии пытается охотиться и все чаще приходит в поселки. Это увеличивает частоту встреч с человеком и возможных конфликтных ситуаций, что часто приводит к гибели и людей, и медведей. Примерно та же ситуация с моржами. Им становится все тяжелее. Это тоже ледовый вид, и на берег они выходят крайне неохотно».

Повышение температуры способно влиять не только на размеры ледникового покрова Арктики. Согласно последнему исследованию, потепление на Земле приведет к тому, что даже крупные хищники со временем значительно уменьшатся в своих размерах. Один раз это уже случилось, примерно 55 миллионов лет назад. Это был период с самым сильным и резким потеплением со времен вымирания динозавров. Ученые предполагают, что животные уменьшались из-за недостатка питания: при высоком уровне углекислого газа растения менее питательны. Современные исследования показывают, что нынешние климатические изменения будут происходить в два-три раза быстрее. А это означает, что животным и растениям придется быстро меняться, чтобы выжить в новых условиях. Возможно возникновение новых комбинаций видов и сообществ, которые создадут неизвестные ранее экосистемы.

## **5. Геоинженеры – новая специальность в управлении климатом.**

Изменение погоды на планете, которое становится все более ощутимым, заставляет многих задуматься, не может ли человек взять климат под контроль. Геоинженеры предлагают различные методы, с помощью которых управлять погодой на Земле было бы так же легко, как, например, регулировать кондиционером температуру в помещении. Экологи опасаются, что такое вмешательство человека повлечет за собой катастрофические

последствия. Новый термин «геоинженерия» предполагает радикальное вмешательство человека в природные процессы. Сторонники сравнительно новой науки предлагают запускать на орбиту зеркала, отражающие солнечные лучи; засадить Сахару эвкалиптами, чтобы они притягивали влагу; закачивать углекислый газ в подземные хранилища, а также с помощью специальных кораблей испарять морскую воду и создавать белые облака.

Отчасти эти методы подсказаны самой природой. Так, ученые давно заметили, что после извержения вулкана, когда в атмосферу выбрасывается огромное количество мелких веществ, образуется своеобразная завеса. Она мешает проникновению солнечных лучей на Землю. В результате температура снижается. Директор Института глобального климата и экологии академик Юрий Израэль уверяет, что если с помощью самолетов в стратосфере распылить около 600 тысяч тонн аэрозольных частиц, содержащих диоксид серы, можно понизить температуру на 1-2 градуса. С точки зрения основ физики влиять на климат действительно возможно. Но опасность такого вмешательства в природу заключается в том, что последствия могут быть катастрофическими, говорит руководитель программы «Климат и энергетика» Всемирного фонда дикой природы WWF России Алексей Кокорин: «Если мы сделаем что-то, что будет отражать солнечную радиацию, например экран из мельчайших частичек воды – так называемый сульфатный экран, либо зеркала, защищающие нас от Солнца, то перераспределение солнечной радиации между полюсами и экватором может измениться, а этот процесс запустит новый ледниковый период. Поэтому вывод ученых – крупномасштабные эксперименты в природе проводиться не должны». Тем не менее все чаще слышны голоса в поддержку геоинженерных проектов. Главное, что в них привлекает, — это простота решения проблемы. Причем многие экономисты оценивают эти технологии как наиболее эффективные. Ведь ощутимого результата можно будет добиться не через десятки и сотни лет, как предполагает тот же Киотский протокол, а всего за два-три года. Профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Сергей Авакян считает, что если уж вмешиваться в жизнь Земли, то более безобидными средствами. Например, сажать леса: «Надо сажать леса, лучше всего работают на аккумуляцию углекислого газа через фотосинтез бореальные, таежные леса. Они есть только в северном полушарии в России и в Канаде. Посадка этих лесов, а не их вырубка действительно может сыграть заметную роль. И расчеты такие имеются». Критики геоинженерных методов указывают еще на

одно обстоятельство. Человечество пока не готово к радикальному вмешательству в климатические процессы. Сегодня не существует никаких международных договоров, которые бы регулировали такие проекты. Между тем как научная тема геоинженерия имеет право на жизнь. Запрещать исследования в этой области было бы наихудшей политикой, считают эксперты. Открытое обсуждение как раз позволит оценить плюсы и минусы.

## **Заключение.**

Серьезность, масштабы и необычность новой глобальной проблемы антропогенного изменения климата делают необходимым предпринять срочные образовательные меры, особенно в развивающихся странах. Несомненно, что наблюдающееся изменение климата требует многих лет глубоких научных исследований, а прогнозы на XXI столетие содержат большую долю неопределенности, образовательную деятельность нельзя откладывать до выяснения всех деталей и нюансов проблемы. Требуется очень точно изложить природу явлений и уровень знаний, который можно считать доказанным и определенным, а затем изложить сценарные прогнозы, которые иногда далеки от полного понимания причинно-следственных связей.

Климат Земли постоянно изменяется. Однако в последние десятилетия влияние изменений климата на естественные и социально-экономические системы ощущается все заметнее. Это усиливает внимание к проблеме изменения климата не только со стороны специалистов, но и самой широкой общественности, включая и круги, принимающие политические решения. Значимыми примерами такого внимания могут служить рассмотрение вопросов о сокращении энергопотребления и выброса парниковых газов в атмосферу на саммитах «большой восьмерки» и Азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества, а также присуждение Нобелевской премии мира 2007 г. группе международных экспертов (МГЭИК) за исследования в области антропогенного воздействия на климат. Мы не можем останавливаться на достигнутом, так как именно сейчас необходимо сосредоточить все усилия современной науки, техники и общества на решении экологических проблем.

#### Источники:

1. Глобальное потепление или ледниковый период? // АиФ Томск, № 34 (33), 22 августа 2007 г.
2. Ледниковый период // Вокруг света, № 4 (2751), Апрель 2003.
3. Моргунов, В. К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений : учебник / В. К. Моргунов. - Ростов н/Д. : Феникс. -Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005.
4. Глобальная экологическая перспектива 2000: Доклад ЮНЕП о состоянии окружающей среды в конце тысячелетия. – ЮНЕП, 1999.
5. Фундаментальная и прикладная климатология. Том 4. Москва, 2019.
6. <https://nlo-mir.ru/palnetazemla/26173-izmenenie-klimata-sozdast-na-zemle-novyh-zhivotnyh.html>
7. <http://industrial-wood.ru/osnovy-kormoproizvodstva-i-zhivotnovodstva/10066-klimat-i-ego-vliyanie-na-zhivotnyh.html>.
8. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.