

**Я. К. Еловичева**

УДК 551.79:561(476)

Кафедра физической географии мира и образовательных технологий, географический факультет, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

## КЛИМАТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И ПРОГНОЗ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В БУДУЩЕМ

В статье изложены материалы по изменению климата Земли в геологическом прошлом, а также территории Беларуси, в особенности за последние 800 тыс. лет: временного интервала неоднократной ритмичности оледенений и межледниковий, климате и компонентах природной среды региона, а также прогнозе изменения климатической обстановки в будущем.

**Ключевые слова:** палинология, гляциоплейстоцен, голоцен, растительность, климат, межледниковье, оледенение.

**Образец цитирования:** Еловичева Я. К. Климат геологического прошлого территории Беларуси и прогноз его изменения в будущем // София. 2017. № 1. С. 43–49.

**Y. Yelovicheva**

Department of Physical Geography of the World and Educational Technologies,  
Faculty of Geography, Belarusian State University, Minsk, Belarus

## CLIMATE OF THE GEOLOGICAL PAST OF THE TERRITORY OF BELARUS AND PROGNOSIS OF IT CHANGE IN THE FUTURE

The article presents the materials on the Earth's climate in the geological past, as well as in Belarus, especially in the last 800 thousand years: the time interval of the rhythm repeated of Glaciations and Interglaciations, the climate and the components of the natural environment of the region, as well as the forecast of changes in the climate conditions in the future.

**Keywords:** palynology, Glaciopleistocene, Holocene, vegetation, climate, interglaciation, glaciations.

**For citation:** Yelovicheva, Y. (2017). Climate of the geological past of the territory of Belarus and prognosis of it change in the future. *Sophia*, 1, 43–49 (in Russ.).

**А в т о р:**

**Ядвига Казимировна Еловичева** – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии мира и образовательных технологий географического факультета БГУ.  
yelovicheva@bsu.by

**Author:**

**Yadviga Yelovicheva** – Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Physical Geography of the World and Educational Technologies of the Faculty of Geography, BSU.

**Н**а протяжении всей истории развития Земли (ок. 4,5 млрд. лет назад) климат изменялся под воздействием многих факторов (смены элементов земной орбиты; перемещения полюсов и континентальный дрейф; географического положения территории; колебания количества и состава солнечной радиации; непостоянного состава атмосферы: облачности, величины углекислоты, наличия вулканического пепла;

циркуляции атмосферы; характера подстилающей поверхности Земли (распределение суши и моря) и рельефа: наличие и направление горных хребтов, абсолютная высота суши над уровнем моря; близость морей и океанов, его соленость, океанические течения; деятельность человека (в атмосфере – повышение температуры и углерода, антропогенное опустынивание, кислотные дожди; в литосфере – усиление эрозионных процессов, изменение осадконакопления, создание искусственных прудов и водохранилищ с характерным седиментогенезом; запруживание крупных рек, изменение залегания пород при строительных работах; в биосфере – появление гонимид, расцвет человека, увеличение популяции людей; в гидросфере – повышение уровня Мирового океана).

Климат определяет соотношение тепла и влаги на территории, а следовательно, и условия формирования почв, флоры и фауны, гидрологического режима рек, рельефа. Среди геологических индикаторов древнего климата выделяются литологические и палеонтологические (в особенности палинологические).

Климат *древнего архея* проявлялся в условиях более плотной атмосферы (много паров  $H_2O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_3$ ,  $CH_4$ , нет  $O_2$ , почти полное отсутствие суши) и не имел четких характеристик [1, с. 10; 3, с. 15]. С каждой последующей геологической эпохой атмосфера Земли изменяла свой состав (уменьшалось содержание паров  $H_2O$  и  $CO_2$ , повышалась роль  $O_2$ ), в связи с чем уменьшался ее «тепличный эффект», усиливались термические контрасты между полюсами и экватором, что способствовало развитию межширотной циркуляции атмосферы. Климат *раннего и среднего палеозоя* был изотермичным. Широтная зональность с тропическими и бореальными (южными и северными) областями наметилась лишь *во второй половине каменноугольного периода*. В *позднем палеозое, мезозое и палеогене* климат оставался слабо дифференцированным – разница зимних температур высоких и низких широт не превышала 12–14 °С. Изменения климата до *конца палеогена* были связаны главным образом с колебаниями влажности и проявлялись в чередовании *аридных* (ранний кембрий, поздний ордовик, конец силура – первая половина девона, поздняя пермь и значительная часть триаса, поздняя юра – ранний мел, конец мела – первая половина палеогена, средний миоцен) и *гумидных* (ранний силур, ранний карбон, ранняя юра, поздний олигоцен) *фаз*.

Со второй половины олигоцена наступило значительное похолодание в приполярных областях полушарий, где складывались вначале умеренный, а затем и арктический типы климатов. С течением времени усилились континентальность и сезонность климата, сократилось общее количество атмосферных осадков и все более пестрым стало их распространение. В плейстоцене похолодание усилилось и неоднократные колебания  $T^\circ$  и влажности привели к чередованию ледниковой и межледниковой в высоких широтах и плювиальных и ксеротермических климатов в низких.

В геологическом прошлом Земли помимо кайнозоя, также выделялись неоднократные оледенения: по три в рифее и венде (Африканская гляциоэра), ордовике, силуре, девоне, три в перми (Гондванская гляциоэра), отделенных в мезозое Сибирской термомозрой от кайнозойского оледенения (Лавразийская гляциоэра). Указанные периоды знаменовались существенно *низкими  $T^\circ$*  (до 10 °С), однако на их фоне плейстоцен характеризовался не самыми низкими  $T^\circ$  воздуха (не ниже 11–12 °С). Но, в сравнении с нынешней средней  $T^\circ$  воздуха планеты в 12–13 °С, новейшая глобальная температурная кривая проекта PALEOMAP-2008 (США) [2, с. 179; 3, с. 15] четко отразила

длительные отрезки времени с *максимумами  $T^{\circ}$  воздуха* до 25–27 °С (кембрий – первая половина ордовика, средний и поздний силур – ранний и средний девон, поздняя пермь – триас – средняя юра, средний и поздний мел – ранний палеоген или палеоцен). В то время *превышение  $T^{\circ}$  составляло 7–10 °С* на фоне плейстоценовых межледниковых эпох всего в 1,5–4 °С.

По данным палинологических исследований отложений гляциоплейстоцена и голоцена на территории Беларуси выявлено ритмичное чередование 9 межледниковых и 8 ледниковых эпох, которые отвечали 19 изотопно-кислородным ярусам (МИС) в соответствии с данными строения изотопно-кислородных, изотопно-углеродных, палеомагнитных, температурных, лессово-почвенных, биогенного кремнезема, ледовых, пылевых шкал Земли (Атлантическая, Индийская, Байкальская, Гренландская, Антарктическая, Китайская) [4, с. 22; 5, с. 455; 6, с. 39; 7, с. 449; 8, с. 216; 9, с. 3], указывая на развитие весьма сложного палеогеографического этапа последних 800 тыс. лет в истории региона.

Палеоклиматические реконструкции межледниковых и ледниковых эпох на основе палинологического (состав элементов ископаемой флоры и экзотов) с использованием ареалогического и информационно-статистического методов [10, с. 15] установили, что максимальные  $T^{\circ}$  воздуха межледниковий в регионе превышали современные на 1,5–4 °С (климат был теплый, умеренно-континентальный, с мягкой зимой и жарким летом), а минимальные в течение ледниковий снижались на 13–16 °С (климат отличался значительной суровостью с отрицательным балансом тепла). Развитие климатических процессов в межледниковья было однонаправлено и представляло собой восходящую кривую в предоптимальное время, пиком ее в термический максимум и нисходящую – в постоптимальное время. Эта климатическая кривая с колебанием большего порядка осложнялась меньшими колебаниями.

В межоптимальные похолодания межледниковий средняя  $T^{\circ}$  января была ниже современной на 3–7 °С, июля – 1–2 °С, осадков выпадало меньше на 50–150 мм, климат был более континентальным, с теплым летом и прохладной зимой. Показатели климата разных оптимумов и межоптимальных похолоданий межледниковий различались (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Климатические показатели оптимумов и межоптимальных похолоданий, межледниковий и оледенений гляциоплейстоцена территории Беларуси**

Межледниковые эпохи (оптимумы, похолодания) и оледенения / изотопные ярусы МИС		$T^{\circ}$ января, °С	$T^{\circ}$ июля, °С	К-во осадков, мм
Будущее новейшее оледенение		–	–	–
Голоценовая (МИС-1: 0–10,3 тыс. л. н.)	Современное «глобальное потепление климата»	–0,7	> 0,5	–
	Атлантический оптимум	> 1–2	> 1–2	> 50
Поозерское оледенение (МИС 2–4: 10,3–70 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Муравинская (МИС-5: 70–110 тыс. л. н.)	Третий оптимум	> 1–1,5	> 1–1,5	> 50
	Похолодание	< 2,5–5	< 1,5	< 50–100
	Комотовский оптимум	> 3–6	> 1–2	> 50
	Борховское похолодание	< 3–7	< 2	< 50–150
	Чериковский оптимум	> 3–6	> 2	> 350

Межледниковые эпохи (оптимумы, похолодания) и оледенения / изотопные ярусы МИС		Т° января, °С	Т° июля, °С	К-во осадков, мм
Сожское оледенение (МИС-6: 110–125 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Шкловская (МИС-7: 125–180 тыс. л. н.)	Черницкий оптимум	> 3–6	> 2–3	> 250
	Ржавецкое похолодание	< 7	< 1–2	< 100–150
	Лысогорский оптимум	> 3–6	> 2–3	> 250
	Угловское похолодание	< 7	< 1–2	< 100–150
	Любанский оптимум	> 2–5	> 3	> 50–150
Днепровское оледенение (МИС-8: 180–240 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Смоленская (МИС-9: 240–280 тыс. л. н.)	Потепление	> 1–1,5	> 1–1,5	> 50
	Похолодание	< 2,5–5	< 1,5	< 50–100
	Основной оптимум	> 2–4	> 1–2	> 350–450
Яхнинское оледенение (МИС-10: 280–340 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Александрйская (МИС-11: 340–380 тыс. л. н.)	Третий оптимум	> 3–8	> 1–2	> 450–1350
	Похолодание	< 3–7	< 2	< 50–150
	Принеманский оптимум	> 3–8	> 1–2	> 450–1350
	Копыское похолодание	< 3–7	< 2	< 50–150
	Малоалександрийский оптимум	> 3–8	> 1–2	> 450–1350
Еселевское оледенение (МИС-12: 380–390 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Ишкольдская (МИС-13: 390–466 тыс. л. н.)	Третий оптимум	> 3–8	> 1	> 450–850
	Похолодание	< 3–7	< 2	< 50–150
	Второй оптимум	> 2–5	> 2–3	> 450–480
	Похолодание	< 3–7	< 2	< 50–150
	Первый оптимум	> 2–4	> 1–2	> 150
Березинское оледенение (МИС-14: 466–480 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Беловежская (МИС-15: 480–550 тыс. л. н.)	Краснодубровский оптимум	> 2–5	> 2–3	> 450–850
	Яглевичское похолодание	< 4–7	< 1	< 50–150
	Борковский оптимум	> 1–4	> 3	> 150
Сервечское оледенение (МИС-16: 550–610 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Корчевская (МИС-17: 610–670 тыс. л. н.)	Оптимум	> 2–5	> 2–3	> 450–850
Наревское оледенение (МИС-18: 670–700 тыс. л. н.)		< 12–16	< 15–17	< 500–600
Брестский интервал (МИС-19: 700–800 тыс. л. н.)	Чередование потеплений и похолоданий	> 1–1,5 < 2,5–5	> 1–1,5 < 1,5	> 50 < 50–100

Климатическая обстановка чередующихся ледниковых и межледниковых эпох гляциоплейстоцена способствовала развитию макросукцессий растительности, миграции природных зон (арктическая → тундра → лесотундра → тайга → смешанные леса → широколиственные леса → смешанные леса → тайга → лесотундра → тундра → арктическая), смене типов флор (пранеморальная → протонеморальная → неморальная → бореальная) и ценоэлементов (аркто-бореальные → бореальные → кверцетальные → неморальные), вымиранию экзотических элементов флоры региона от неогена к голоцену.

В пределах Восточно-Европейской равнины выявлена общая тенденция развития природной среды – от максимального днепровского оледенения (180–240 тыс. л. н.) к современному этапу постепенно уменьшалась площадь распространения материкового льда и его минимум отмечен в поозерское оледенение (10,3–70 тыс. л. н.) наряду с последовательным нарастанием теплообеспеченности в межледниковые эпохи – максимум был достигнут в *муравинское межледниковье* (70–110 тыс. л. н.). Результатом такого глобального по масштабу и длительного потепления климата (превышение  $T^{\circ}$  января на 3–6  $^{\circ}\text{C}$ , июля – на 2  $^{\circ}\text{C}$ , осадков – на 350 мм) были значительно крупные изменения в природной среде: в составе растительности мезофильные и термофильные древесные породы имели доминирующее значение с участием экзотов, широколиственные леса были распространены на огромной площади Восточно-Европейской равнины (северная их граница доходила до Санкт-Петербурга); границы природных зон продвигались еще дальше к северу; исчезли арктическая и тундровая зоны, на их месте на севере Европы располагалась тайга; уровень Мирового океана поднимался до отметок +100 м.

Для современной цивилизации наибольший интерес представляет самое молодое однооптимальное межледниковье в кайнозое – *голоценовое*, в котором атлантический оптимум длительностью в 3000 лет проявился в интервале от 5 до 8 тыс. л. н., а зона многоярусных широколиственных лесов с подлеском из орешника и обильными ольшаниками в условиях умеренно континентального, теплого и влажного климата с умеренно-мягкой зимой покрывала всю территорию Беларуси, но северная ее граница лишь немного превышала нынешнюю. Это было связано с увеличением суммарной солнечной радиации и преобладанием более интенсивного западного переноса воздушных масс из Атлантики, что сказалось уже не только на характере отдельных компонентов атмо-, гидро- и криосферы (исчезновение ледниковых покровов в Евразии и Северной Америке, снижение ледовитости Арктики и гор юга России) и рельефе (исчезли ледниковые покровы и ледовая нагрузка, началось гляциоизостатическое поднятие районов, покрытых ранее ледовыми щитами, уменьшились абсолютные высоты), но и вызвало трансгрессию Мирового океана (уровень воды повысился на +10 м, затопив часть шельфа на севере Сибири, образовав Берингов пролив и разобщив Евразию с Северной Америкой), что способствовало формированию теплого Северо-Атлантического течения, проникновению его ветвей в Арктический бассейн и отоплению европейского и части азиатского секторов Арктики, сокращению площади вечной мерзлоты на севере Евразии, полному исчезновению арктической пустыни с Евразийского материка); произошел сдвиг природных зон к северу (тундра сохранялась лишь узкой полосой вдоль побережий, расширилась площадь лесных ландшафтов из хвойных и широколиственных лесов, достигших наибольшего разнообразия флоры, однако без участия экзотов в ее составе).

Местоположение нынешнего этапа развития человечества по аналогии с древнейшими межледниковыми эпохами определяется как постоптимальный временной интервал с выраженной тенденцией к похолоданию климата (суббореальный и субатлантический периоды): начался распад широколиственных лесов, становление и расцвет светло- и темно-хвойных пород, сформировавших зону смешанных и таежных лесов с участием мезо- и термофильных пород. С позиции естественной эволюции природной среды тренд климатической кривой голоценового межледниковья после оптимума представляет нисходящую кривую (осложненную пиками малых потеплений



и похолоданий) к последующему новейшему похолоданию климата в ранге оледенения и до этого события следует еще ожидать миграцию в регион бетулярного ценозолема (финальная фаза березы в макросукцессии голоцена). Таким образом, голоцен – еще пока незавершенное межледниковье.

Характерно, что последние 2500 лет (субатлантический период) ознаменовались некоторым снижением лесистости территории региона, увеличением площадей открытых местообитаний с наземной травяной растительностью, сокращением ареалов и исчезновением холодостойких и умеренно-влаголюбивых видов, южной миграцией экзотов из числа ксероморфных теплолюбивых видов, развитием синантропической растительности, как отражения влияния антропогенного фактора на компоненты природной среды.

Тем не менее, с 70-х гг. XX в. отмечено не падение, а нарастание среднегодовых температур Земли всего на 0,7 °С (т.е. пока менее величины любого оптимума древних межледниковий) и увеличение сухости климата как явление «глобального потепления климата». Его ранг оценен как проявление 1000-летнего ритма потеплений. Если это событие в будущем достигнет больших температурных показателей до ранга настоящих оптимумов межледниковий, то и голоцен может быть оценен как межледниковая эпоха с несколькими (двумя? тремя?) оптимумами, разделенными межоптимальными похолоданиями.

Таким образом, при решении задач долгосрочного географического прогноза в первую очередь учитывается анализ изменений климата, так как из всех элементов природной среды он меняется быстрее всего, а остальные элементы ландшафтов (растительность, почвы, рельеф, осадки водоемов и др.) являются более устойчивыми и реагируют только на длительные климатические изменения. К колебаниям последних особенно чувствительны растительные сообщества, для которых большое значение имеют летние температуры. Так, в короткое *потепление 1930–1950-х гг.* изменение климата за 30 лет затронуло лишь отдельные компоненты гидросферы (речной сток, ледовитость Арктики) и атмосферы (рост солнечной постоянной, уменьшение замутнения), а на естественном растительном покрове оно отразилось слабо и сдвига зон не произошло. Прогноз изменения климата во время «глобального потепления климата», вызвавшего выделение на юге Беларуси еще одной агроклиматической зоны, обосновывает надежность ведения ныне в регионе в условиях существующего умеренно-теплого и сухого климата лесовосстановительных работ с широким использованием светлохвойных (сосны на древесину, как исторического доминанта лесного ландшафта территории) и термофильных светолюбивых пород (дуб, вяз, липа и др.), как экологически отвечающими современным природным условиям и ближайшего будущего, с учетом усиления ими процесса фотосинтеза; возможности расширения площади южных агрокультур на север Беларуси; ограниченности посадки темнохвойных пород (пик их естественного развития приходился на 1000–1500 л. н. и состояние их ценозов ныне весьма неустойчиво).

Скорость увеличения минимальной  $T^{\circ}$  в зимний период на 2–2,5 °С уже за последние 40 лет, уменьшение континентальности климата за счет естественных и антропогенных факторов позволяют сделать прогноз потепления климата к 2025 г. с превышением среднеглобальной  $T^{\circ}$  до 1,5–2 °С [11, с. 19], что сравнимо с природной обстановкой в оптимум голоцена для территории Беларуси. Тогда наибольшее потепление ожидается преимущественно в высоких широтах наряду с увеличением количества осадков

[12, с. 5], при этом северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 300–400 км к северу, исчезнет зона тундры, а широколиственные леса, занимая всю территорию региона, также будут иметь тенденцию к смещению на север [13, с. 18]. С другой точки зрения, прогнозируемое глобальное потепление к 2025–2030 гг. на 2,2–2,5 °С [13, с. 19] сравнимо климату муравинского межледниковья, когда северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 500–600 км к северу, а зона широколиственных лесов достигнет максимума своего распространения.

Учитывая палеоклиматические показатели и изменение природы под их влиянием, Республика Беларусь намерена взять на себя обязательства по удержанию прироста глобальной средней  $T^{\circ}$  воздуха намного ниже 2 °С сверх индустриальных уровней и приложить усилия в целях ограничения роста  $T^{\circ}$  до 1,5 °С в соответствии с принятым Парижским соглашением (12.12.2015 г.; COP-21, г. Париж, Франция) на конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата и подписанием его в будущем всеми развитыми странами.

### Литература

1. *Benton, M. J.* Introduction to paleobiology and the fossil record / Michael. J. Benton, David A. T. Harper. – Hong Kong : [S. l.], 2009. – 605 p.
2. *Махнач, В. В.* Глобальные изменения климата Земли за геологическую историю ее развития – от архея до наших дней / В. В. Махнач, Я. К. Еловичева // Региональная физическая география в новом столетии. – Минск, 2010. – Вып. 4. – С. 179–208. – Деп. в БелИСА 10.12.2010 г., № Д-201032.
3. *Фентон, К. Л.* Каменная книга : летопись доистор. жизни / перераб. и доп.: П. В. Рич [и др.] ; пер. и перераб.: А. Ю. Розанов (отв. ред.) [и др.]. – Москва : Наука, 1997. – 623 с.
4. *Никифорова, К. В.* Хроностратиграфическая шкала четвертичной системы (антропогена) / К. В. Никифорова, Н. В. Кинд, И. И. Краснов // Доклады XXVII Междунар. геол. конгр. Секция С.03. – Москва, 1984. – Т. 3 : Четвертичная геология и геоморфология. – С. 22–32.
5. *Prell, W. L.* Oxygen and carbon isotope stratigraphy for the Quaternary of hole 502B: evidence for two modes of isotopic variability / W. L. Prell // Repts DSDP. – 1982. – Vol. 68. – P. 455–464.
6. *Schakleton, N. J.* Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28–238: Oxygen isotope temperature and ice volume on a 105 year and 106 year scale / N. J. Schakleton, N. D. Opdyke // Quatern. Res. – 1973. – Vol. 3 (1). – P. 39–55.
7. *Schakleton, N. J.* Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28–238: Late Pliocene to Latest Pleistocene / N. J. Schakleton, N. D. Opdyke // Bull. Geol. Soc. Amer. – 1976. – № 145. – P. 449–464.
8. *Schakleton, N. J.* Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciation / N. J. Schakleton, N. D. Opdyke // Nature. – 1977. – Vol. 270. – P. 216–219.
9. *Зыкина, В. С.* Структура лессово-почвенной последовательности и эволюция педогенеза плейстоцена западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.01 / В. С. Зыкина. – Новосибирск, 2006. – 15 с.
10. *Еловичева, Я. К.* Эволюция природной среды антропогена Беларуси / Я. К. Еловичева. – Минск : БелСЭНС, 2001. – 292 с.
11. *Логинов, В. Ф.* Причины и следствия климатических изменений / В. Ф. Логинов // Европа наш общий дом : экологические аспекты : тез. докл. Междунар. науч. конф. – Минск, 1999. – С. 19.
12. *Величко, А. А.* Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки / А. А. Величко // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1991. – № 5. – С. 5–22.
13. *Вронский, В. А.* Основы палеогеографии : учеб. пособие для геогр. специальностей вузов / В. А. Вронский, Г. В. Войткевич. – Ростов-на-Дону : Феникс ; Москва : Зевс, 1997. – 570 с.