



УДК 561.581 (476)

Я. К. ЕЛОВИЧЕВА, Е. Н. ДРОЗД

## ПРИРОДНАЯ СРЕДА БЕЛАРУСИ В СВЕТЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

The date of the palynological analysis of the Pleistocene and Holocene old-lake sediments of Belarus allow objective to evaluate the climatic situation of the past geological epochs, to compare it to a modern phase and to find probable clones of its change in the future.

Палинологические исследования древнеозерных отложений плейстоцена и голоцена на территории Беларуси позволяют восстановить характер растительности и климатические условия на протяжении последнего миллиона лет [1], для которого характерны неоднократные чередования ледниковых и межледниковых эпох. Положение современного этапа обусловлено завершением голоценового межледниковья, продолжением которого по аналогии с предыдущими межледниковьями должен быть переход к последующему оледенению. Вместе с тем в последнее время отмечается повсеместное повышение среднегодовой температуры преимущественно за счет высоких зимних показателей и даже превышение ее величины на  $0,5-0,7^{\circ}$  в 1999 г., а к концу 2000 г. уже на  $1^{\circ}$  на фоне увеличения сухости [2] по сравнению с доиндустриальным периодом (конец XIX в.). Такой характер направленности климата может свидетельствовать как о предстоящем небольшом потеплении климата (уже восьмом в постоптимальное суббореал-субатлантическое время на фоне перехода к новому оледенению), так и о возможном втором оптимуме голоцена.

Характер растительного покрова и климатические показатели нынешнего этапа существенно отличаются от таковых для оптимумов голоцена (атлантический период), муравинского межледниковья, а также промежуточного похолодания в межледниковую эпоху, максимума похолодания поозерского оледенения. Изменение климатических условий во время этих основных палеогеографических событий показывает, что в развитии природы существует система ритмов, различающихся по генезису, продолжительности и сложности. Выделяются *мелкие климатические ритмы* (кратковременные потепления и похолодания) длительностью не более нескольких десятков лет, которые в настоящее время инструментально наиболее детально изучены, и *крупные климатические ритмы* (длительные теплые и холодные интервалы) продолжительностью не менее нескольких тысяч или десятков тысяч лет [1].

Примером развития кратковременных потеплений и похолоданий за последние 100 лет служит довольно выразительная и последовательная смена похолодания 1910-1920-х гг. потеплением 1930-1950-х, нового похолодания 1960-1970-х потеплением 1980-2000-х гг. В целом за последнее столетие проявились четыре природных события, из которых два похолодания продолжительностью примерно по 20 лет характеризовались снижением температуры на  $0,2-1^{\circ}$  и два потепления продолжительностью около 30 лет - превышением температуры на

0,5-0,7°. Если эта кратковременная ритмичность сохраняется в каждом столетии, начинаясь похолоданием и завершаясь потеплением на фоне усиления квазидвухлетней цикличности, то на рубеже XX-XXI вв. (к концу 2000 г.), как и ожидалось, последовало экстремальное потепление климата [3], а затем должно следовать похолодание в 2010-2020-е гг., последующее потепление в 2030-2050-е гг. с амплитудами сходного ранга не более 1°.

На протяжении постоптимального голоценового времени все температурные показатели изменялись практически синхронно соответствующим интервалам, несколько отличаясь только по амплитуде: температуры января в холодные интервалы понижались сильнее, чем июльские. Эта закономерность сохранялась и в ледниковые эпохи, когда развитие материкового ледника происходило за счет низких зимних температур. По нашим данным, в суббореале и субатлантике проявились похолодания 4600-5000 л. н. (SB-1-a), 4000-4400 (SB-1-c), 3700-4000 (SB-2-a), 3000-3500 (SB-2-c), 2100-2500 (SA-1-a), 1400-1600 (SA-2-a), 1200-1300 (SA-2-c), 600-750 (SA-3-a - малый ледниковый период), 200-300 (SA-3-c) и потепления 4400-4600 (SB-1-b), 3500-3700 (SB-2-b), 2500-3000 (SB-2-d), 1600-2100 (SA-1-b), 1300-1400 (SA-2-b), 750-1200 (SA-2-d - малый климатический оптимум), 300-600 (SA-3-b), около 100 л. н. (SA-3-d) с примерно равной амплитудой на территории Беларуси. Для более северных районов европейской части России [4], где контрастность климатических показателей проявилась в большей мере, основными потеплениями являются 1700-1900, 1000 л. н. и похолодания 1500, 600-700 л. н. Разность между этими пиками потеплений и похолоданий составила примерно 800-900 лет. Если подобная ритмика климатических изменений является закономерной и потепление 1930-1950-х гг. (SA-3-d) соотносится с выделенными ранее, то в естественном ходе климатических изменений новый пик кратковременного похолодания реально можно ожидать к 2100-2300 гг. с амплитудой колебания температуры 1°, как и в малом ледниковом периоде, а новое кратковременное потепление - к 2020-м гг. с превышением температуры на 1°.

Вполне возможно, что некоторые закономерности, выделенные для этих кратковременных ритмов, можно с определенной долей правомерности перенести и на эпохи похолоданий и потеплений в позднем плейстоцене - голоцене. По имеющимся данным [5, 6], и в современном годовом колебании от января к июлю изменения общей циркуляции атмосферы подобны и климатическим ритмам с большей амплитудой (кратковременным похолоданиям и потеплениям порядка первых десятилетий), и колебаниям климата длительных ритмов от оледенения к межледниковью (не менее 10 тыс. лет). Следовательно, все колебания климата, как кратковременные, так и продолжительные, характеризуются одной и той же схемой изменений, отличаясь только *длительностью и амплитудой*.

Данные астрономических расчетов и абсолютной геохронологии [7, 8] показали, что в плейстоцене длительность ледниковых эпох была меньше, чем межледниковых. Об этом же свидетельствуют и соотношения длительности меридиональных холодных и зональных теплых эпох (1:2 - 1:1,6) за последние 100 лет [5]. Сравнение теплых эпох разной длительности (муравинской, голоценовой, потепления 1930-1950-х гг.) также показывает аналогичность климатических изменений. Основные различия в облике ландшафтов в эти эпохи в значительной степени были обусловлены их различной длительностью: соответственно 15-20 тыс. лет для каждого однооптимального межледниковья, около 3 тыс. лет для оптимума голоцена (АТ-период), примерно 20 лет для кратковременных похолоданий и около 30 лет для кратковременных потеплений. Не менее значимым фактором при этом оказалась и амплитуда (превышение) температурных показателей. Так, в межледниковые эпохи плейстоцена во время термических максимумов температура июля превышала нынешнюю на 2-3°, в оптимум голоцена - всего на 1-2°, а в потепления 1930-1950-х и 1980-2000-х гг. - только на 1°. Это привело к тому, что в потепление 1930-1950-х гг. изменение климата затронуло лишь отдельные компоненты гидросферы (речной сток, ледовитость Арктического бассейна) и атмосферы (уменьшение замутнения,

рост солнечной постоянной), а на естественном растительном покрове столь короткое потепление - всего 30 лет - отразилось весьма слабо и сдвига зон не произошло.

Существенное потепление длительностью в 3 тыс. лет в атлантический оптимум голоцена, связанное с увеличением суммарной солнечной радиации и преобладанием более интенсивного, чем в настоящее время, западного переноса воздушных масс из Атлантики, сказалось уже не только на характере отдельных компонентов атмосферы, гидро-, криосферы (исчезли ледниковые покровы в Евразии и Северной Америке, снизилась ледовитость Арктики и гор юга России) и рельефе (исчезли ледниковые покровы и ледовая нагрузка, уменьшились абсолютные высоты и началось гляциоизостатическое поднятие районов, покрытых ледовыми щитами), но и вызвало трансгрессию Мирового океана. Его уровень повысился на несколько метров, что способствовало формированию ветви Гольфстрима в виде Северо-Атлантического течения, проникновению в Полярный бассейн теплых атлантических вод и отеплению европейского и части азиатского секторов Арктики, затоплению части шельфа на севере Сибири, образованию Берингова пролива, отделившего Евразию от Северной Америки. Этого времени хватило и для изменений в растительном покрове (сократилась площадь вечной мерзлоты на севере Евразии, арктическая пустыня полностью исчезла с Евразийского материка, тундра сохранилась лишь узкой полосой вдоль побережий, расширилась площадь хвойных и широколиственных лесов, проявилась сукцессия *Ulmus*->*Tilia*->*Quercus* внутри зоны широколиственных лесов), и для сдвига природных зон к северу - смещение границ между лесной и тундровой зонами достигало 400-600 км [5]. Широкое распространение получили лесные ландшафты (хвойно-широколиственные и широколиственные леса), достигшие наибольшего разнообразия флоры, однако без участия экзотических растений.

Результатом глобального и длительного потепления на протяжении муравинского межледниковья (два климатических оптимума и промежуточное похолодание между ними охватывали временной интервал около 30-40 тыс. лет) были значительные крупные изменения в природной среде: в составе растительности преобладали мезофильные и термофильные древесные породы, широколиственные леса распространились на огромной площади Восточно-Европейской равнины и в Западной Сибири. В составе флоры присутствовали специфические для этого времени экзотические растения, не встречавшиеся уже позднее в оптимуме голоцена; границы зон продвигались еще дальше к северу; исчезли арктическая и тундровая зоны, уровень Мирового океана поднимался до отметок +10 м.

Таким образом, представленные в плейстоцене потепления различного ранга существенно отличались. Ритмические изменения растительности и климата за счет весьма длительного времени (не менее 15-20 тыс. лет в однооптимальную межледниковую эпоху, около 40 тыс. лет - в двухоптимальную и до 60 тыс. лет - в трехоптимальную) приводили к преобразованиям типов природных ландшафтов. В пределах территории Беларуси, как и всей Восточно-Европейской равнины, сукцессии растительности от финальных фаз предшествовавшего оледенения на протяжении всего сменявшего его межледниковья и до начала последующего оледенения представляли последовательную смену зон: арктическая->тундровая->лесотундровая->таежная->смешанных лесов->широколиственных лесов->смешанных лесов->таежная->лесотундровая->тундровая->арктическая. При этом в многооптимальные межледниковые эпохи миграции природных зон происходили неоднократно и смещение их границ составляло около 2500 км к югу и северу. Характерно, что первая половина оптимумов, как правило, отличалась термоксеротической фазой развития растительности, а вторая - термогидротической. Отмечалось, что в межледниковом многооптимальном ритме ранние оптимумы, как правило, были более теплыми, чем последующие.

Сравнение кратковременных похолоданий и продолжительных ледниковых эпох показало, что фактор длительности и здесь имел не меньшее значение,

так как даже значительное, но не очень длительное (в геологическом масштабе) похолодание не всегда приводит к возникновению материкового оледенения, а лишь способствует увеличению горно-долинного оледенения [5]. Так, малый ледниковый период - около 600-750 л. н. с небольшой отрицательной климатической амплитудой ( $1^{\circ}$ ) и продолжительностью около 200 лет сопровождался лишь расширением площади горных ледников. В поозерское же оледенение, имевшее небольшую площадь распространения на Восточно-Европейской равнине по сравнению с районами развития более древних плейстоценовых ледниковых покровов, общепланетарное похолодание климата на протяжении около 80 тыс. лет и с максимумом холода в течение 3 тыс. лет в оршанскую стадию привело не только к увеличению горного, но и к формированию материкового оледенения, а также сдвигу природных зон к югу и юго-востоку, развитию перигляциальной растительности с участием арктобореальных форм.

Изучение направленности и характера естественных изменений компонентов природной среды за последние 110 тыс. лет показало, что знание климатических условий прошлого и сравнение их с современными необходимо для построения прогнозных климатических моделей будущего и для оценки воздействия антропогенных факторов на климат. Исходя из многократных и коротких климатических ритмов конца голоценового межледниковья в пределах региона, следует констатировать, что в конце XX в. и в XXI в. мы имеем два вероятно прогнозируемых варианта изменения климата:

а) завершение кратковременных потеплений в 1980-2010, развитие их в 2030-2050, 2080-3000 гг. с превышением температуры на  $0,5-0,7^{\circ}$  и кратковременных похолоданий в 2010-2020, 2060-2070 гг. с понижением температуры на  $0,2-1^{\circ}$ , что существенно не скажется на изменении типов ландшафтов, т. е. значительного изменения растительного покрова не произойдет; б) похолодание климата в 2100-2300 гг. с амплитудой, как и в малый ледниковый период, в  $1^{\circ}$  в виде 800-900-летнего климатического ритма, что приведет к вариациям в составе растительности внутри одной и той же природной зоны; потепление климата в конце XX в. на  $0,5-1^{\circ}$  (что наблюдалось в 1999-2000 гг.) как проявление того же 800-900-летнего климатического ритма, вовсе не адекватного потеплению 1930-1950 гг. с превышением температуры всего только на  $0,2-0,5^{\circ}$ . На основании фактора ритмичности возможен и более долгосрочный климатический прогноз с различными амплитудами похолоданий и потеплений [9].

Вместе с тем на ритмику естественного развития природной среды в XX в. всевозрастающее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека, приведшая к заметной трансформации климата и в определенной мере - облика растительности (миграция в регион ксерофитов, вытеснение холодостойких и умеренно влаголюбивых видов, снижение лесистости и увеличение площадей с наземной травянистой растительностью, в том числе синантропической) в пределах одной и той же природной зоны. Увеличение в атмосфере концентрации  $\text{CO}_2$  и аэрозолей, вызванное естественными и антропогенными факторами, способствовало глобальному потеплению климата. Основываясь на скорости увеличения минимальной температуры в зимний период на  $2-2,5^{\circ}$  уже за последние 30 лет, уменьшении континентальности климата за счет естественных и антропогенных факторов, можно прогнозировать потепление климата к 2025 г. с превышением среднеглобальной температуры на  $1,5-2^{\circ}$  [10], что сравнимо с условиями природной обстановки в оптимум голоцена для территории Беларуси. В этой ситуации наибольшее потепление наряду с увеличением количества осадков ожидается преимущественно в высоких широтах [11]. При этом северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 300-400 км к северу, исчезнет зона тундры, а зона широколиственных лесов, занимающая всю территорию Беларуси, также будет иметь тенденцию к смещению на север [2]. Согласно другой позиции [2] прогнозируемое глобальное потепление к 2025-2030 гг. на  $2,2-2,5^{\circ}$  сравнимо с климатическими условиями муравинского межледниковья. В этом случае северная граница лесной зоны в Евразии сместится на 500-600 км к северу, а зона широколиственных лесов достигнет максимального распространения. Современные модели общей циркуляции атмосферы указывают и

на возможное увеличение температуры земного шара на 2,1-4,8° к концу первого столетия третьего тысячелетия [12], когда возможным аналогом природной среды может стать александрийское межпедниковье.

Направленность фитоценотического и климатического циклов развития растительности в голоцене выявляет определенную схожесть природной обстановки в предоптимальное (PB и BO) и постоптимальное (SB и SA) время. С этой позиции наиболее близки этапы SB-1 и BO-2, а нынешний этап SA-3 в эволюционном макросукцессионном ряду фитоценозов голоцена наиболее схож с BO-2 [13]. Их общими характеристиками являются: 1) наличие одной растительной зоны смешанных лесов; 2) преобладание в растительных ассоциациях сосны с участием широколиственных пород (дуба, вяза, липы, в меньшей мере - граба, бука, клена, ясеня), ольхи, орешника; 3) развитие умеренно теплого и сухого климата; примерно равная длительность (600-800 лет); 4) вероятнее всего, этап SA-3 еще не завершен.

Различие же этих этапов проявляется в: 1) разной степени залесенности территории как отражение естественного природного процесса развития (в BO-2 преимущественно лесной сосново-березовой, березово-сосновый спектр) и антропогенного воздействия на природную среду (в SA-3 - увеличение открытых мест, занятых травянистой растительностью, и снижение роли сосновых лесных формаций); 2) составе термофильных пород (в BO-2 - вяз отчасти с липой и дубом, в SA-3 - дуб с липой, грабом, вязом); 3) мощности осадков: в BO-2 их слои сильно уплотнены, в SA-3 они находятся в неконсолидированном состоянии; 4) степени влияния человека: в BO-2 - незначительное на Полесье, в SA-3 - повсеместное на всей территории региона. К палинологическим характеристикам, связанным с антропогенным фактором, относятся: а) увеличение содержания в ландшафте травянистых растений как свидетельство снижения залесенности территории; б) рост количества *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Gramineae* среди трав; в) частая встречаемость *Plantago*, участие *Equisetum*, *Polygonum scabrum*, *P. aviculare*, *P. convolvulus*, *Rumex*, *Urtica*, *Symphytum officinale*, *Centaurea cyanus*, *Silene*, *Daucus carota*, *Pteridium*; *Fagopyrum sagitatum* (*F. esculentum*), *Hordeum*, *Triticum*, *Secale*; г) новые находки ксерофитных видов флоры южного миграционного потока - *Ephedra*, *Calligonum*, *Echinops* - в SB-1, SA-1 и SA-3, что свидетельствует о потеплении и увеличении сухости климата в результате антропогенного фактора.

Сравнительный анализ эволюции климата в отдельные периоды голоцена позволяет полагать, что в условиях существующего умеренно теплого и сухого климата для сохранения устойчивости современных растительных сообществ необходимы стабилизация и увеличение лесистости региона за счет преимущественной роли светлых пород (сосны как исторического доминанта лесного ландшафта Беларуси) и термофильных светолюбивых пород (дуб, липа, вяз) как экологически отвечающих природным условиям современного этапа и ближайшего будущего.

1. Еловичева, Я.К. 2001 Эволюция природной среды антропогена Беларуси. Мн., 2001.
2. Вронский, В.А., Войткевич, Г.В. Основы палеогеографии. Ростов н/Д.; М., 1997.
3. Золотокрылин, А.Н. // Изменчивость климата Европы в историческом прошлом. М., 1995. С. 146.
4. Климанов, В.А. // Колебания климата за последнее тысячелетие. Л., 1988.
5. Авенариус, И.Г., Муратова, М.В., Спасская, И.И. Палеогеография Северной Евразии в позднем плейстоцене - голоцене и географический прогноз. М., 1978.
6. Изменение климата / Под ред. Х. Шепли. М., 1958.
7. Миланкович, М. Математическая климатология и астрономическая теория колебания климата. М., 1939.
8. Серебрянный, Л.Р. // Известия ВГО. 1985. Т. 107. № 3. С. 69.
9. Краснов, И.И. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1973. №2. С. 90.
10. Логинов, В.Ф. // Европа наш общий дом (экологические аспекты): Тез. докл. Междунар. науч. конф. Мн., 1999. С. 19.
11. Величко, А.А. // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1991. № 5. С. 5.
12. Логинов, В.Ф. // Научные и прикладные аспекты оценки изменений климата и использования климатических ресурсов: Тез. докл. Междунар. науч. конф. Мн., 2000. С. 9.

13. Кузнецов, В.А., Еловичева, Я.К.//Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке: Тез. докл. Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. СПб., 1998, С. 119.

Поступила в редакцию 15.03.05.

**Ядвига Казимировна Елдовичева** - доктор географических наук, заведующая кафедрой физической географии материков и океанов и методики преподавания географии.

**Елена Николаевна Дрозд** - младший научный сотрудник Института геохимии и геофизики НАН Беларуси.

УДК 504.55 (476)

Н.В. ГАГИНА

## ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

The evaluation of a level of anthropogenic impact in a section of administrative districts of the Minsk area is given on the basis of parameters land use, technogenic pressure, agricultural pressure, use of water and wood, radioactive pollution. The characteristic of districts with low, average, raised and high level of anthropogenic impact is given.

Важнейшей составляющей комплексного изучения качества окружающей среды является оценка антропогенного воздействия. Несмотря на распространенность этого понятия, существуют значительные различия в его трактовке. В международных природоохранных документах «воздействие на окружающую среду» означает «любые последствия планируемой деятельности для окружающей среды, включая здоровье и безопасность людей, флору, фауну, почву, воздух, воду, климат, ландшафт, исторические памятники и другие материальные объекты...» [1]. В географических исследованиях принято различать понятия «воздействие на окружающую среду» как форму влияния деятельности человека на природу и «последствия для окружающей среды» как результат этого влияния [2]. Этот подход закреплен в белорусском природоохранном законодательстве. В Законе «О государственной экологической экспертизе» воздействие на окружающую среду определено как «единовременный, периодический или постоянный процесс, последствиями которого являются отрицательные изменения в окружающей среде», а сами эти изменения трактуются как «обратимые или необратимые перемены в состоянии природных объектов и комплексов в результате воздействия на них» [3].

Методология оценки воздействия на окружающую среду базируется на принципах системности, приоритета экологической безопасности населения, ограничения природопользования, превентивности природоохранных мероприятий и др. [4]. Важно отметить, что существуют значительные различия в методическом аппарате оценки воздействия на окружающую среду проектируемых хозяйственных объектов, действующих производств и оценке уровня антропогенного воздействия в природно-хозяйственных геосистемах различного ранга и функционального назначения. В рамках экологической экспертизы проектных решений рассматриваются вопросы, связанные с размещением объекта по отношению к природоохранным территориям, использованием и трансформацией земель, охраной атмосферного воздуха, охраной и использованием водных ресурсов, утилизацией отходов. Особенностью этого подхода является ориентированность на покомпонентные исследования окружающей среды. Их методической основой выступает комплексная оценка и ранжирование антропогенных воздействий по видам, длительности, масштабу, интенсивности в границах природных и природно-хозяйственных геосистем. В рамках развития геосистемной концепции в качестве операционных единиц оценки широко применяется административно-территориальное деление регионов [5, 6].

Накопленный опыт и методические подходы были учтены при проведении оценки антропогенного воздействия на окружающую среду Минской области, выполненной по методике комплексной геоэкологической оценки качества ок-