

## **ОСОБЕННОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ КРУПНЫХ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ ПРИ ГЛОБАЛЬНЫХ ПОТЕПЛЕНИЯХ И ПОХОЛОДАНИЯХ В ПРОШЛОМ И В СОВРЕМЕННУЮ ЭПОХУ НА ПРИМЕРЕ АРАЛО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА.**

**И.И.Борзенкова, Н.А.Лемешко**

*ГУ «Государственный Гидрологический институт», 199053, С.Петербург, 2-я линия, 23. E-mail: irena@ib8177.spb.edu*

Изменение составляющих гидрологического цикла и, прежде всего, осадков и стока для обширных территорий под влиянием естественных и антропогенных факторов является одной из главных задач современной физической климатологии. Существует два независимых подхода для решения этой проблемы: теоретический, предполагающий использование моделей общей циркуляции атмосферы и эмпирический. В рамках эмпирического подхода используются как данные о современных трендах осадков для обширных территорий, так и палеоклиматические реконструкции для теплых и холодных эпох прошлого [1,3,4,5,9,10].

Анализ современных изменений осадков, осредненных по отдельным регионам северного полушария и Земли в целом, показал, что при сравнительно небольших изменениях глобальной температуры в пределах  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  существует определенная зависимость между уровнем глобального потепления или похолодания и изменением осадков в различных широтных зонах [7,8,11]. В работе Х.Лэма [13] было впервые показано, что во время глобальных похолоданий в современную эпоху суммы осадков увеличивались на большей части континентов северного полушария в средних широтах, уменьшаясь в субтропических зонах высокого давления, и вновь возрастая непосредственно в приэкваториальных районах. При глобальных потеплениях (в частности, в 30 –е годы прошлого столетия) и за последние 25-30 лет картина изменения осадков имела противоположный характер: увеличение осадков отмечалось в высоких и субтропических районах, в то время как в умеренных широтах континентов увеличилась повторяемость засух [5,8,12].

Анализ карт- реконструкций осадков для оптимума голоцена (6-5 тыс. лет назад), когда глобальная температура превышала температуру воздуха в конце XIX столетия на  $1-1.2^{\circ}\text{C}$ , и во время максимума вюрмского похолодания (18 тыс. лет назад) при понижении глобальной температуры на  $4-5^{\circ}\text{C}$ , показал, что подобный характер зависимости между уровнем изменения глобальной температуры и распределением аномалий осадков на больших территориях, сохранялся и в прошлом. Как видно из рис.1, с увеличением амплитуды изменения глобальной температуры, возрастают и величины аномалий осадков в разных широтных зонах [4,5].

Существует несколько механизмов, объясняющих связь между изменением глобального термического режима и распределением осадков в разных широтных зонах. Один из таких механизмов связан с возможным смещением климатических зон и климатических фронтов в процессе глобального потепления или похолодания. Реализация такой схемы может осуществляться через соответствующие перемещения основных барических центров действия атмосферы. В работах [5,7,8] было показано, что в периоды глобального потепления (30-е и 90-е годы прошлого

столетия) отмечается заметное смещение азорского максимума давления к северу, а во время глобальных похолоданий, наоборот, к югу, в сторону экватора.

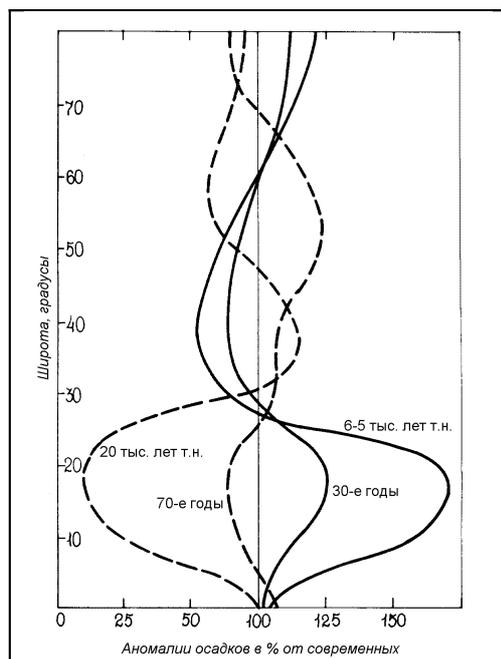


Рис.1. Относительные значения аномалий сумм осадков  $\Delta P$  [%] к современной норме (1931-1960 гг.) для климатического оптимума голоцена (6-5 тыс. лет назад), максимума вюрмского похолодания 18 тыс. лет назад), похолодания 70-х годов и потепления 30-х годов прошлого столетия [5].

Статистические исследования полей атмосферного давления и температуры воздуха при сравнительно небольших изменениях глобальной температуры за последние 100 лет (в пределах  $\pm 0.5$  °C) показали, что при глобальном потеплении такого уровня циклоническая деятельность в зоне 55-70° с.ш. в холодное время года несколько ослабевает, в то время как сибирский антициклон усиливается и смещается к северо-западу. Центр азорского максимума давления перемещается к северо-востоку, а в районе исландского минимума отмечается падение давления. В целом при потеплении циклоническая деятельность становится более интенсивной над Тихим океаном и несколько ослабевает над Атлантикой. При глобальном похолодании характер изменения давления над указанными областями изменяются в целом на обратный [11].

Можно предположить, что если сравнительно небольшие изменения в глобальном термическом режиме, имевшие место в период инструментальных наблюдений, способны вызвать столь значительные изменения в положении основных барических центров действия атмосферы и повлиять на их интенсивность, то более значительные изменения уровня глобальной температуры, имевшие место в прошлом, должны были оказать более существенное влияние на режим осадков в разных широтных зонах.

Другой механизм связи между уровнем глобальной температуры и распределением осадков в разных широтных зонах обусловлен масштабом глобального потепления. Идея о нелинейном характере этой зависимости высказывалась уже сравнительно

давно, в работах М.И. Будыко и О.А. Дроздова [7,8]. Действие этого механизма заключается в том, что по мере развития глобального потепления улучшаются условия увлажнения на континентах и одновременно сокращаются площади дефицита осадков в умеренных широтах. Однако проверка этой гипотезы на эмпирическом материале не представлялась возможной из-за сравнительно небольшого масштаба глобального потепления за период инструментальных наблюдений. Палеоклиматические материалы представляют практически неограниченные возможности для изучения такой зависимости. Реконструкция осадков для последнего рингс - вюрмского межледникового (около 120-130 тыс. лет. т.н.), когда глобальная температура на 1.5-2.0°C превышала современную, показала, что зона недостаточного увлажнения на территории Европы, существующая во время относительно небольшого потепления во время оптимума голоцена, практически отсутствует, что полностью подтверждает гипотезу о нелинейной зависимости между ростом глобальной температуры и улучшением увлажнения во внутриконтинентальных районах [5].

Арало-Каспийский регион является одним из наиболее ярких индикаторов изменения режима увлажнения во внутриконтинентальной части Евразийского континента, как в современную эпоху, так и в историческом прошлом. Еще сравнительно недавно предполагали, что жаркий и аридный климат, характерный для района Прикаспия, Приаралья и Средней Азии, сохранялся в течение большей части позднего плейстоцена. Однако многочисленные археологические свидетельства говорят о том, что в середине голоцена между 9,0 и 4,5 тыс. лет назад (раннебореальное потепление и оптимум голоцена) Прикаспий (Мангышлак, Устюрт) и пустыни Средней Азии (Каракумы и Кызылкумы) были заселены человеком. Этим временем датируется и последний наиболее значительный озерный эпизод, во время которого происходило активное формирование почвенных горизонтов, при годовом количестве осадков в 1,5-2 раза больше современных. Озерная фаза, датируемая временем раннего бореала и среднего голоцена, имела место и на территории Устюрта и Мангышлака, где сухие в настоящее время впадины были заполнены пресной или слабоминерализованной водой. Большое количество археологического материала, датируемое временем 9-5 тысяч лет назад, говорит о заселенности этой территории многочисленными племенами охотников и собирателей. Анализ палеоклиматических данных свидетельствует о том, что в раннем и среднем голоцене, когда летние температуры воздуха в высоких широтах превышали современные на 2-3°C в районе Прикаспия и Средней Азии на месте современных полупустынь и пустынь преобладали саванные и саванноподобные ландшафты. Последний плювиальный эпизод в этих районах датируется временем средневекового потепления (VI-XII вв. н.э.). В палинологических спектрах, датируемых VI-XII вв, обнаружено до 38% пыльцы злаков с примесью древесных, что связано с облесенностью северных склонов гор Мангыстау [2,5,9].

Существенные изменения увлажнения во время потепления среднего голоцена произошли и в предгорных и горных районах Средней Азии. С изменением увлажнения в горах Средней Азии и с колебаниями стока рек Средней Азии (Амударья и Сырдарья) связана история Аральского озера. Как показали палеогеографические данные, уровень Арала испытывал сильные изменения в голоцене и в историческое время. В раннем и среднем голоцене, вплоть до II тысячелетия до н. э., Амударья текла на запад, в Сарыкамышинскую впадину, и только часть её воды попадала в Арал. Наиболее высокий уровень Арала отмечался

во время климатического оптимума 6-5 тыс. лет назад (до 72-73 м) и в I тысячелетии до н. э (до 58-59 м), когда реки Амударья, Чу, и Сырдарья впадали в озеро. Позже Амударья несколько раз изменяла свое русло, поворачивая на запад и сбрасывая воды в Саракамыш и через Узбой в Каспийское море. В эти периоды отмечались регрессии Арала. Начиная с XVII века, Амударья полностью стекала в Арал и колебания ее стока определялись, как изменением климата, так и развитием ирригационного земледелия. В современную эпоху катастрофическое падение уровня Арала в значительной степени связано с антропогенной деятельностью. Интенсивное снижение уровня Аральского озера началось с 1961 года и к настоящему времени его уровень упал более, чем на 12 м, уступив солончаковой пустыни около 24 тыс. км<sup>2</sup> акватории озера [1].

Улучшение условий увлажнения на территории Средней Азии и в Прикаспии при глобальных потеплениях позднего плейстоцена и голоцена и в историческое время связано со смещением зоны тропической конвергенции к северу и усилением муссонной циркуляции. Район Средней Азии и Прикаспия в эти периоды находился под влиянием муссона Индийского океана, проникающего далеко на север.

Колебания уровня Каспийского моря в зависимости от уровня глобального потепления или похолодания имеет более сложный характер. Изменения уровня Каспия в значительной мере определяется стоком р. Волги [6,12], водосборный бассейн которой в период глобальных потеплений в прошлом находился в зоне снижения осадков. Как показали палеогеографические данные, наиболее значительные регрессии Каспия отмечались во время раннебореального потепления, оптимума голоцена и потепления средних веков [9,10]. Во время похолоданий позднего плейстоцена и голоцена, наоборот, отмечались трансгрессии моря. Наиболее значительная регрессия (кулалинская) имела место во время раннебореального потепления, а высокий уровень Каспия отмечался во время вюрмского похолодания и позднего дриаса. Понижение уровня Каспия во время потепления средних веков и в 30-е годы (1929-1941), также как и повышение уровня во время похолодания 70-х годов прошлого столетия в целом укладывается в общую схему, рассмотренную в настоящей работе. Повышение же уровня Каспия в последние годы, на фоне значительного роста глобальной температуры за последние 25-30 лет, является уникальным событием, и, возможно, связано с другим механизмом современного глобального потепления, вызванного ростом концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин А.В. Условия существования озера Балхаш в современную эпоху и в геологическом прошлом. Изв. РАН, 1997, сер.географ., №1, с.110-115.
2. Бабкин А.В. Исследования изменений состояния Аральского моря при колебаниях притока вод. Метеорология и гидрология, 1998, № 6, с.103-110.
3. Борзенкова И.И. Увлажнение Сахары и соседних с ней областей на протяжении последних 20 тысяч лет. Изв. АН СССР, сер. географическая, 1980, №3, с.36-45.
4. Борзенкова И.И. Об особенностях увлажнения суши северного полушария в различные геологические эпохи. Метеорология и гидрология, 1987, № 10, с.43-61.
5. Борзенкова И.И. Изменение климата в кайнозое. С.Петербург, Гидрометеиздат, 1992, 246с.

6. Борзенкова И.И. и Лемешко Н.А. Водный баланс бассейна Волги в начале XXI века (на основе палеоклиматических сценариев). Метеорология и гидрология, 2005, №7, с.52-60.
7. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Ленинград, Гидрометеиздат, 1980, 350с
8. Дроздов О.А. Формирование увлажнения суши при колебаниях климата. Метеорология и гидрология, 1981, №4, с.26-34.
9. Варущенко С.И., Варущенко А.Н. и Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря в бессточных водоемах в палеовремени. Москва Наука, 1987, 238с.
10. Зубаков В.А. Глобальные климатические события плейстоцена. Ленинград, Гидрометеиздат, 1987, 286 с.
11. Ковынева Н.П. Закономерности современных изменений полей приземной температуры и атмосферных осадков. Изв. АН СССР, сер. географическая, 1984, №6, с.32-43.
12. Лемешко Н.А. Изменение составляющих водного баланса суши при глобальном потеплении на 1°C. Водные ресурсы, №4, с.64-69.
13. Lamb H.H. The current trend of world climate. Norwich, Univ. East Engl., 1974, 28p.

Работа выполнена в рамках проектов РФФИ 04-05-65140 и 05-0565335