

УДК 551.581

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕГИОНЕ ПРИАРАЛЬЯ

© 2007 г. Ж.В. Кузьмина

The long-term dynamics of air temperatures in Northern and Southern Pre-Aral regions (meteorological stations – Chimbai, Samarkand, Arai Sea, Irgiz, Tamdy) indicates a reliably increased sum of mean (annual, half-yearly and seasonal) temperatures by 0,8 – 5,2°, absolute minimum by 2,1 – 9,7° and absolute maximum by 1,1 – 3,1° for the warm period of time. It means that the summer heat became appreciably increased, the warm period of the year – longer and hence the warming takes place in the winter-autumn period.

В связи с сильным увеличением количества пыльных бурь и солевого выноса с оголенных солончаков осушенного дна Аральского моря в настоящее время чрезвычайно актуальной задачей является предотвращение этого путем наиболее перспективного и наименее затратного способа – искусственного формирования растительного покрова на оголенных солончаках. Участники подобных работ, начатых с конца 2002 г. в регионе Южного Приаралья, столкнулись с существенными негативными последствиями климатических аномалий, ранее не имевших место в регионе работ: многократное увеличение количества выпадающих осадков, возникновение поздних весенних заморозков, летних ливней и др. [1]. Учитывая важную роль климата в развитии процессов современного переувлажнения и засоления почв, а также появление в последнее время большого количества работ, касающихся существенных климатических изменений, особенно в европейской части России [2–7], инициирующих изменения в динамике уровня грунтовых вод [8–11], а также почвенного и растительного покровов [1, 12–15], были выполнены исследования с целью установить наличие возможных климатических изменений в регионе Южного Приаралья. Оценке были подвержены основные для наземных экосистем параметры (осадки и температура воздуха) за многолетний период с тем, чтобы в дальнейшем появилась возможность корректировать условия и сроки проведения опытных экспериментальных посадок.

Методика

Основной статистический анализ проводился на основе суточных данных 8 метеостанций Средней Азии, наиболее приближенных к региону Приаралья, входящих в состав глобальной международной сети метеорологических данных (ВМО) Росгидромета за период с момента их открытия по май 2002 г., так как только они имеют непрерывные (суточные), длительные, выверенные и корректные ряды значений метеорологических показателей. Поскольку в ВМО входит очень ограниченный набор метеорологических станций, наиболее приближенными к региону наших работ оказались только восемь (рис. 1): Чимбай (Каракалпакия; 42.9 с.ш., 59.8 в.д.), Аральское море (Казахстан; 46.8 с.ш., 61.7 в.д.), Иргиз (Казахстан; 48.6 с.ш., 61.3 в.д.), Туркестан (Казахстан; 43.3 с.ш., 68.3 в.д.), Тургай (Казахстан; 49.6 с.ш., 63.5 в.д.), Тамды (Узбекистан; 41.7 с.ш., 64.6 в.д.), Чарджоу (Туркменистан; 39.1 с.ш., 63.6 в.д.), Самарканд (Узбекистан; 39.6 с.ш., 67.0 в.д.).

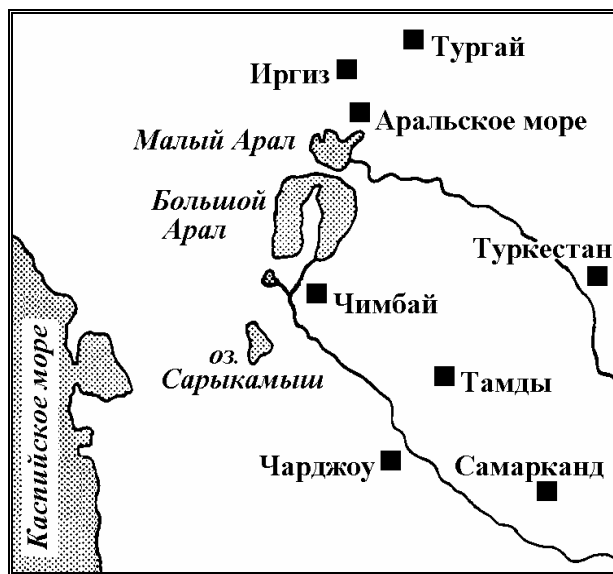


Рис. 1. Схема расположения анализируемых метеостанций, входящих в ВМО

Количество атмосферных осадков за разные периоды (месяц, сезон, полугодие, год) рассчитывалось как сумма суточного их количества за необходимые временные периоды. Средние температуры воздуха за месяц, год, сезон и полугодие рассчитывались на основании значений среднесуточной температуры путем усреднения данных для анализируемых периодов. Абсолютные минимальные и максимальные температуры воздуха за разные периоды времени устанавливались на основе суточных данных.

Годовой цикл был разбит на теплое и холодное полугодия, а также по сезонам года: весна (3–5 мес.), лето (6–8), осень (9–11), зима (1–2, 12) для каждого года в многолетнем ряду данных. Поскольку анализу были подвержены данные метеостанций, расположенных в аридных территориях, для получения более корректных результатов исследований теплое и холодное полугодия каждого года разбивались дважды: на более раннее и более позднее по срокам, так что для теплое полугодия рассчитывались показатели для 4–9 мес. и для 5–10 мес. отдельно. Аналогично анализировались и холодные полугодия.

Для каждого из полученных многолетних рядов данных (годовых, полугодических, сезонных) строились графики их многолетней динамики и высчитывались коэффициенты корреляции между фактическими данными и их линейными трендами (для осадков или

температуры воздуха). Анализу подвергались только достоверные тренды, т.е. те, значимость коэффициентов корреляции которых лежала в пределах от 90 до 99,9 % [16].

Для адекватной оценки величины тренда осадков и температуры воздуха проводился анализ их амплитуд изменений, вычислявшийся как отношение *модуля изменения трендовых значений* осадков или температуры за многолетний период к *модулю амплитуды колебания их фактических (измеренных) значений* в многолетнем аспекте: $K_{изм.} = (|F(t_n) - F(t_1)|) / (|t_{max} - t_{min}|) \times 100 \%$, где $F(t_1)$ и $F(t_n)$ – начальные и конечные значения линейного тренда оцениваемой метеорологической характеристики (суммы осадков, температуры средней, минимальной или максимальной); t_{max} и t_{min} – максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра за многолетний период.

Для оценки совокупного действия трендов и характеристики изменения климата была выполнена оценка *индекса засушливости Д.А. Педя*, поскольку в него входят значения температуры и осадков в нормированном виде, которые позволяют объективно сравнить тенденции различных станций и сезонов. Первым рассчитывался *индекс Д.А. Педя (1)* по отношению к базовому периоду 1961–1990 гг.: $I_{Педя1} = (\Delta t_i / \sigma_t) - (\Delta p_i / \sigma_p)$, где Δt и Δp – аномалии средней температуры воздуха и осадков тренда (аномалии – отклонения от средних фактических величин базового периода 1961–1990 гг.); σ_t и σ_p – среднеквадратические отклонения средней температуры воздуха и

осадков. Также оценивались значения этого индекса по отношению к среднему уровню за полный период инструментальных наблюдений для каждой из станций, для чего был рассчитан *модифицированный индекс засушливости Д.А. Педя (2)*: $I_{Педя2} = (\Delta T_i / \sigma_t) - (\Delta P_i / \sigma_p)$, где ΔT и ΔP – отклонение от среднего уровня средней температуры воздуха и суммы осадков за весь многолетний период наблюдений. С помощью этих индексов (1 и 2) характеризовались условия как влагообеспеченности, так и теплообеспеченности, поскольку итогом являлись знакопеременные величины. Таким образом, положительным значениям индексов соответствовали засушливые периоды с повышением термического режима, а отрицательным – влажные – с усилением холодов.

Климатические изменения в Южном Приаралье

Начало экспериментальных работ (2002 г.) по выращиванию галофитов на обсохшем дне Аральского моря совпало с началом периода повышенного выпадения атмосферных осадков в Приаралье (таблица). Как видно из таблицы, особенно существенное увеличение месячного количества осадков за 2002 и 2003 гг. произошло в июне. В июне 2002 г. оно составило 13-кратное увеличение по сравнению с нормой 1937–1965 гг. (до развития Аральского кризиса), а в мае 2003 г. – 7-кратное увеличение. Близкая ситуация характерна также для апреля–мая 2002–2004 гг., а также для осенне-зимнего периода в отдельные годы (таблица).

Суммы атмосферных осадков за 2002–2006 гг. и за периоды: 1937–1965 – отсутствие Аральского кризиса; 1965–2002 – полный период существования Аральского кризиса; 1980–2002 – период активной фазы развития Аральского кризиса (по метеостанции Чимбай), мм

| Годы | Месяцы | | | | | | | | | | | | Всего за год |
|-----------|--------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| 2002 | 15,3 | 53,4 | 18,3 | 33,8 | 42,7 | 55,1 | 4,6 | 11,9 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 2,9 | 239,8 |
| 2003 | 5,9 | 17,8 | 35,0 | 21,3 | 72,2 | 31,2 | н/д | 0,3 | н/д | 15,9 | 45,1 | 69,0 | 313,7 |
| 2004 | 2,4 | 36,7 | 0,0 | 64,6 | 33,5 | 3,8 | 3,9 | н/д | н/д | 2,8 | 7,0 | 8,1 | 162,8 |
| 2005 | 20,8 | 0,0 | 9,4 | 3,8 | 12,1 | 4,4 | 2,5 | 2,0 | н/д | 2,4 | 10,1 | 22,5 | 90,0 |
| 2006 | 16,5 | 12,2 | 6,8 | | | | | | | | | | |
| 1937–1965 | 8,4 | 11,4 | 13,6 | 13,2 | 10,3 | 4,2 | 3,5 | 2,7 | 3,1 | 7,7 | 5,5 | 7,1 | 90,8 |
| 1965–2002 | 12,2 | 10,4 | 19,8 | 19,4 | 16,6 | 5,5 | 2,5 | 2,9 | 3,5 | 8,7 | 11,3 | 12,6 | 125,3 |
| 1980–2002 | 12,3 | 9,9 | 21,5 | 16,7 | 19,6 | 6,4 | 2,3 | 3,8 | 3,5 | 7,5 | 12,6 | 12,4 | 130,6 |

В динамике почвенного и растительного покровов ведущую роль играют атмосферные осадки. Для оценки характера климатических изменений нами были построены и проанализированы климаграммы для различных временных периодов: без активного антропогенного вмешательства человека (1925–1971 гг.) и в период активного развития Аральского кризиса (1972–1990 гг.) по четырем метеостанциям: Чимбай, Тахтакупыр, Кунград, Нукус. Анализировались суммарное количество атмосферных осадков и средняя температура воздуха. Помимо этого оценивалось наличие линейных трендов и их значимость в многолетней динамике выпадения атмосферных осадков для различных временных периодов. По сменам направлений динамических тенденций и трендов оценивалась многолетняя динамика осадков.

Таким образом, за период проведения наших поле-

вых работ в распределении среднемесячной температуры воздуха (2002–2005 гг.) выявлены следующие тенденции по сравнению с периодом до активного антропогенного вмешательства: а) повышение среднемесячных температур воздуха в зимний период (с января по март) на 0,6–8 °С; б) понижение среднемесячных температур воздуха в пределах 0,9–6,6 °С в весенне-летний сезон (с апреля по июнь месяц); в) потепление в летне-осенний период с июля по ноябрь, особенно заметное осенью: в октябре (на 4,1–8,1 °С) и в ноябре (на 1,2–3,8 °С); г) похолодание в весенний период (апрель–май): на 3,1–6,6 °С в апреле и на 0,2–3,5 °С в мае.

В многолетней динамике (1937–2002 гг.) температур воздуха в регионе Южного Приаралья наблюдается существенное достоверное повышение значений: среднегодовых, средних по полугодиям и по всем сезонам гоа (на 1,3–2, °С); абсолютных минимальных

теплого (май–октябрь) периода (на 2–3 °С), летнего (на 2–3 °С) и осеннего (на 3 °С) сезонов года, а также абсолютных максимальных значений за теплое полугодие (на 2,2 °С).

Для оценки репрезентативности выводов о климатических изменениях в Южном Приаралье были проанализированы климатические данные в соседних регионах Средней Азии.

Многолетняя динамика атмосферных осадков и температуры воздуха в Приаралье и сопредельных регионах

Величины значимых коэффициентов корреляции для сумм атмосферных осадков лежат в пределах от +0,17 (теплое полугодие в Туркестане) до +0,39 (зима и холодное полугодие в Иргизе, рис. 2а), а значения самих изменений колеблются в пределах от 0 до 62 мм (здесь и далее учитываются изменения величин параметров только при значимых коэффициентах корреляции).

В многолетнем распределении годовых, полугодовых и сезонных сумм атмосферных осадков значимые достоверные тренды выявлены для всех анализируемых станций, практически все они положительные. Лишь для единственной метеостанции (Аральское море) установлен отрицательный тренд для теплого

полугодия и для летнего сезона ($r = -0,24$ и $r = -0,25$). Таким образом, для 7 (из 8) метеостанций установленные достоверные положительные тренды изменения сумм атмосферных осадков за холодное полугодие, и только для двух из них (Чимбай и Туркестан) характерно одновременное повышение за оба полугодия (за теплое и холодное). Основной тенденцией в сезонном перераспределении осадков является их безусловное повышение зимой (1–2, 12) и осенью (9–11).

Анализ амплитуды изменений осадков (для всех выявленных 32 трендов совокупно: годовых, полугодовых и сезонных) показал, что для большей части установленных достоверных трендов (81 % из всех) значения изменений в выпадении осадков уже лежат в пределах от 15 до 30 % (для 89 % случаев полугодовых и для 90 % случаев сезонных трендов).

Достоверные изменения сумм атмосферных осадков для региона Приаралье лежат в пределах от 38 до 62 мм в год, что составляет от 18 до 49 % от их годовых среднемноголетних значений и от 23 до 103 % – от их средних сезонных значений за весь период инструментальных наблюдений. Таким образом, достоверные изменения в выпадении осадков в регионе Приаралье в среднем составляют около 30 % от их годовых среднемноголетних значений и свыше 53 % от их сезонных среднемноголетних значений.

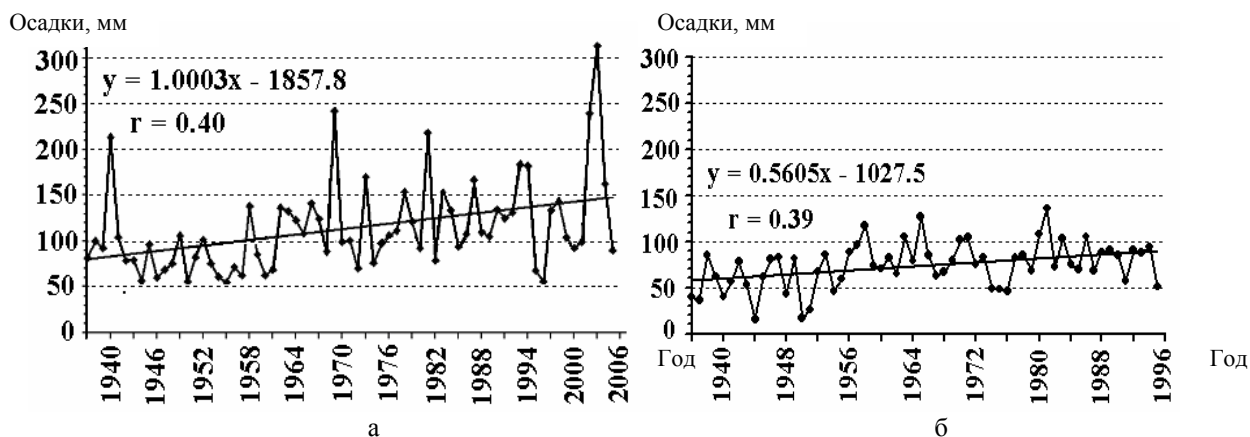


Рис. 2. Тренды увеличения сумм атмосферных осадков: а – за год по метеостанции Чимбай (1937–2005 гг.) в Южном Приаралье; б – за холодное полугодие (4–9 мес.) по метеостанции Иргиз (1936–1995 гг.) в Северном Приаралье. Здесь и далее на рисунках приводятся уравнения трендов и их коэффициенты корреляции (r)

Для средних температур воздуха (среднегодовых, полугодовых и сезонных) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от $-0,30$ (теплое полугодие в Чарджоу) до $+0,70$ (теплое полугодие в Чимбае), при этом минимальными по модулю значениями коэффициентов корреляции здесь являются $-0,17$ (лето в Чарджоу) и $+0,21$ (зима в Самарканде). Поскольку снижение среднегодовой температуры воздуха на 1 °С может приводить к снижению урожая зерновых на 15 ц/га для стран Западной Европы, в анализе полностью учитывались все полученные значимые коэффициенты корреляции, так как изменения среднемноголетних температур, соответствующие минимальным значениям коэффициентов корреляции, в нашем случае достигали около полградуса и

выше (0,4 °С в Чарджоу и 1,5 °С в Самарканде).

В многолетнем распределении средней температуры воздуха (среднегодовой, средней по полугодиям, а также по отдельным сезонам года) установлены как положительные (рис. 3), так и отрицательные достоверные тренды, хотя последних чрезвычайно мало. Из 45 выявленных достоверных трендов средней температуры воздуха, которые установлены для 7 из 8 метеостанций, лишь 15 % – отрицательные, последние характерны для теплого полугодия и летнего сезона двух метеостанций (Туркестан и Чарджоу). Эти снижения средних сезонных и полугодовых температур довольно незначительные и лежат в пределах 0,4–0,8 °С. В то время как достоверные повышения за многолетний период среднегодовых температур составляют от

0,8 до 3,3 °С, средних полугодовых – от 1,4 до 4,1 и средних сезонных – от 1,5 до 5,3 °С.

Для половины метеостанций (Аральское море, Чимбай, Самарканд, Тамды) повышения среднегодовых температур воздуха в многолетнем аспекте сопровождаются такими же значимыми повышениями средних температур воздуха по обоим полугодиям и по всем сезонам года с очень высокими коэффициентами корреляции (+0,38 – +0,68). Для метеостанции (Иргиз) повышение среднегодовой температуры воздуха происходит за счет холодного полугодия и зимнего сезона. Для двух метеостанций на фоне отсутствия достоверных изменений среднегодовых температур отмечается слабое снижение средних полугодовых температур (Туркестан и Чарджоу). И лишь для одной метеостанции (Тургай) вообще не установлено никаких изменений для средних температур воздуха – ни для годовых, ни по полугодиям или сезонам года.

Таким образом, преобладающей тенденцией в многолетнем распределении среднегодовой температуры воздуха в регионе Приаралья является стабильное повышение среднегодовых значений температуры воздуха, которое достоверно происходит за счет потепления воздуха как в холодное, так и в теплое полугодия. При этом в холодные периоды года (сезоны и полугодия) температуры повышаются с несколько большей амплитудой, нежели в теплые.

Амплитуды изменений средней температуры воздуха (для всех 45 трендов совокупно) лежат в пределах от 2 до 87 %, при этом для большей части установленных достоверных трендов (80 % из всех) значения этого коэффициента лежат в пределах от 15 до 50 %, а для отдельных полугодий и сезонов года он достигает более 50 %.

Для абсолютных максимальных температур воздуха (холодного/теплого полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от +0,21 (теплое полугодие и лето в Иргизе) до +0,48 (теплое полугодие и лето в Чимбае). При этом значимые повышения величин максимальных температур воздуха достигают от 1,1 до 3,7 °С.

В многолетней динамике абсолютных максимальных температур воздуха по полугодиям и сезонам года в Приаралье и соседних регионах отмечаются только положительные тренды (отрицательные тренды отсутствуют), характерные для теплого полугодия, которые формируются в основном за счет летнего и отчасти осеннего сезонов года. Однако их количество не так велико – установлено лишь 13 трендов. Положительные достоверные тренды выявлены для теплого полугодия (4 станции), а также для летнего (5 станций), зимнего, осеннего и весеннего сезонов года (по 1 станции). Для трех из восьми метеостанций (Тургай, Туркестан, Чарджоу) вообще не установлено никаких изменений для абсолютных максимальных температур воздуха – ни по полугодиям, ни по сезонам года.

Амплитуды изменений максимальной температуры воздуха (для всех 13 трендов) лежат в пределах от 12 до 38 %, при чем для большей части из них (12) они достигают 15–40 %.

Для абсолютных минимальных температур воздуха (холодного/теплого полугодий, весны, лета, осени и зимы) величины значимых коэффициентов корреляции лежат в пределах от –0,20 (весна в Тургае) до +0,61 (лето в Самарканде), при этом минимальным по модулю значением коэффициента корреляции здесь является +0,18 (осень в Туркестане). Значимое минимальное понижение абсолютной минимальной температуры воздуха для наших метеостанций составляет от 1,6 до 4,7 °С, в то время как значимое повышение лежит в пределах от 2,1 до 9,7 °С.

Установлено значимое повышение абсолютных минимальных температур воздуха как в теплое полугодие (для 3 станций), так и годовое (т.е. в холодное полугодие – для 5 станций), на фоне повсеместного отсутствия тенденции к их понижению, при этом в холодное полугодие изменения произошли более значительные, чем в теплое. В среднем для Приаралья заморозки в теплое полугодие снизились на 3,3 °С (в интервале от 2,1 до 5,3 °С для разных метеостанций), в то время как самые сильные морозы ослабли на 5,2 °С (в интервале от 3,6 до 7,7 °С для разных метеостанций).

Таким образом, для всех метеостанций региона Приаралья выявлены значимые достоверные тренды изменения абсолютных минимальных температур воздуха (рис. 3), большая часть из которых – положительные (95 %). Основной тенденцией в многолетней динамике абсолютных минимальных температур воздуха является их повышение осенью (7 станций) и зимой (5 станций), для половины метеостанций еще весной и летом, а также для двух полугодий сразу (холодного и теплого для 3 станций).

Амплитуды изменений минимальной температуры воздуха (для всех 39 трендов) лежат в пределах от 12 до 42 %, причем для большей части установленных достоверных трендов (35) его значения достигают выше 15 %.

Анализ значений рассчитанных *индексов засушливости Д.А. Педя* позволил выявить некоторые общие закономерности для региона Приаралья и сопредельных территорий.

Значения индекса засушливости Д.А. Педя (1), рассчитанные по отношению к базовому периоду, показали, что климат на большей части анализируемых станций (на 7 из 8) в сезонном (6 станций), полугодовом (6) и годовом (4) циклах претерпевает изменения по сравнению с периодом 1961–1990 гг., связанные с потеплением и иссушением, которое в основном происходит за счет холодного полугодия, а также осени и зимы. В меньшей степени потепление и иссушение климата встречается также в теплое полугодие (3 станции), летом (4) и весной (2). По сравнению с базовым периодом (1961–1990 гг.) похолодание, сопровождающееся повышением увлажнения в годовом (3 станции), полугодовом (4) и сезонном (5) циклах, отмечается только для станций, расположенных Южнее Аральского моря (Чимбай, Тамды, Туркестан, Чарджоу, Самарканд), где оно также происходит в основном за счет холодного полугодия и зимы.

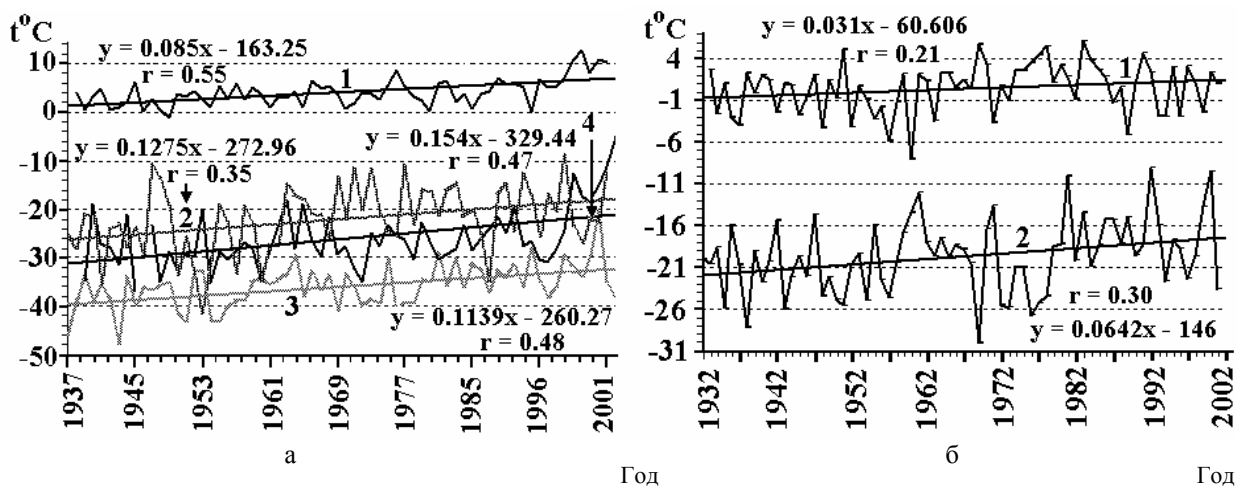


Рис. 3. Тренды повышения абсолютных минимальных температур воздуха: а – по сезонам года (1 – лето, 2 – осень, 3 – зима, 4 – весна) для метеостанции Аральское море (1937–2002 гг.) в Северном Приаралье; б – по полугодиям (1 – теплое полугодие – 4–9 мес.; 2 – холодное 1–3, 10–12 мес.) для метеостанции Тамды (1932–2001 гг.) в Южном Приаралье

На основании расчета модифицированного индекса засухливости Д.А. Педя (2) выяснилось, что за весь многолетний период потепление климата, сопровождающееся снижением увлажнения в годовом цикле, характерно всего для трех станций (Аральское море, Чимбай, Тамды), где оно происходит за счет теплого полугодия, осени и лета. При этом повсеместно в Приаралье также наблюдается увеличение засухливости и усиление термического режима в теплое полугодие, осенью и летом. Для климата же большей части метеостанций (5), расположенных как южнее, так и севернее Аральского моря, за весь период инструментальных наблюдений характерно повышение увлажнения и похолодание в годовом цикле, которое целиком связано с изменениями в холодном полугодии и зимой.

Анализ динамики значений двух рассчитанных индексов засухливости (1 – для базового периода 1961–1990 гг.; 2 – для всего периода инструментальных наблюдений) показал, что к настоящему времени в Приаралье и сопредельных регионах нарастает тенденция, связанная с увеличением увлажнения и похолоданием в годовом цикле за счет соответствующих изменений в холодном полугодии и в зимнем сезоне, в то время как для теплого полугодия, лета и осени повсеместно усиливается тенденция потепления, сопровождающаяся снижением увлажнения.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- анализ климатических данных за длительный период позволил установить, что в районе проведения экспериментальных фиторекультивационных работ (Южное Приаралье) отмечается увеличение количества выпадения атмосферных осадков, особенно в зимне-весенний период, и удлинение периода их выпадения с марта-апреля вплоть до мая-июня, что абсолютно не наблюдалось ранее;

- в 2002–2006 гг. в Южном Приаралье продолжилось годовое увеличение атмосферных осадков за счет зимне-весеннего периода, а по температурному режиму зима (январь-март) и осень (октябрь-ноябрь)

стали более теплыми, а весна (апрель-май) и лето (июнь-сентябрь) – более холодными;

- для проведения опытных посадок кустарников и трав на обсохшем дне Аральского моря повышение зимних температур, наряду с увеличением осадков зимой, можно рассматривать как положительный фактор, в то время как существенное снижение весенних температур наряду с многократным повышением сумм весенних атмосферных осадков и возникновением летних ливней в Южном Приаралье является препятствием, затрудняющим проведение посадочных работ в связи с заморозками и образованием значительной солевой корки на почве;

- в Приаралье и соседних регионах Средней Азии (метеостанции: Чимбай, Чарджоу, Самарканд, Туркестан, Иргиз) отмечается достоверное (значимое) годовое увеличение количества выпадения атмосферных осадков за период 70–100 лет, а для двух метеостанций Тургай и Тамды увеличение выпадения осадков достоверно зафиксировано пока только для холодного полугодия, а также летнего и осеннего сезонов года;

- из восьми метеостанций лишь на одной (Аральское море) происходит достоверное снижение осадков за теплое полугодие (с мая по октябрь) и за летний сезон (с июня по август), причем суммарное годовое их количество не изменяется;

- в многолетней динамике температур воздуха региона Приаралье и соседних территорий (Чимбай, Самарканд, Аральское море, Иргиз, Тамды) наблюдается существенное достоверное повышение их средних (годовых, полугодовых и сезонных) значений на 0,8–5,2 $^{\circ}\text{C}$, их абсолютных минимальных годовых, полугодовых и сезонных значений на 2,1–9,7 $^{\circ}\text{C}$ (рис. 3), а также повышений их абсолютных максимальных значений за теплое полугодие и по отдельным сезонам года на 1,1–3,1 $^{\circ}\text{C}$;

- многолетние изменения в распределении осадков и температуры воздуха в Южном Приаралье и соседних с ним регионах Средней Азии, выявленные на основании анализа их трендов, оказались чрезвычайно сходными: они направлены на ощутимое усиление летней жары,

удлинение теплого времени года, а также потепление и повышение годового атмосферного увлажнения, в большей степени за счет холодного полугодия (рис. 2), а также зимнего и осеннего сезонов года;

– совокупный анализ индексов засушливости Д.А. Педа (1 и 2) показал, что нарастающими тенденциями в регионе Приаралья и сопредельных территорий являются увеличение увлажнения и похолодание в годовом цикле за счет холодного полугодия и зимы, а также повышение температур и сокращение осадков в теплое полугодие, летом и осенью.

Работа выполнена при поддержке гранта INCO-SEC «Long Term Ecological Research program for Monitoring Aeolin Soil Erosion in Central Asia» № 516721 Project CALTER.

Литература

1. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Мамутов Н.К. // Аридные экосистемы. 2004. Т. 9. № 21. С. 1–12.
2. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М., 2003.
3. Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). М., 2000.
4. Кононова Н. К., Харламова И. В. // Материалы метеоролог. исследований. М., 1982. № 6. С. 6–56.

5. Онуфрениа М.В., Горянцева О.В. // Влияние изменения климата на экосистемы. М., 2001. С. 32–38.

6. Титкова Т.Б. Изменение климата переходных природных зон русской равнины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2006.

7. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. // Тез. докл. Всерос. конгр. работников водного хозяйства. 9–10 декабря 2003. М., 2003. С. 18–19.

8. Ковалевский В.С., Клизе Р.К. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 3. С. 10–17.

9. Кузьмина Ж.В. // Метеорология и гидрология. 2005. № 8. С. 89–103.

10. Назаренко О.Г. // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 4. С. 504–510.

11. Соколова Т.А. и др. // Экологические процессы в аридных биогеоценозах: Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. М., 2001. С. 113–132.

12. Мяло Е.Г., Левит О.В. // Аридные экосистемы. 1996. Т. 2. № 2–3. С. 145–152.

13. Неронов В.В. Динамика растительности и населения грызунов на Юге Калмыкии в изменяющихся условиях среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002.

14. Неронов В.В. // Аридные экосистемы. 1997. № 5. Т. 3. С. 82–94.

15. Kouzmina J.V. // Ecological Engineering and Environment protection. 2004. № 2. P. 5–15.

16. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М., 1995.