

УДК 551.583 : 631.4172

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И АРИДИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ  
СЕВЕРНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА**Доктор геогр. наук М.Е. Бельгибаев  
Канд. геогр. наук А.В. Белый

*Приводятся данные об изменениях климата Северного и Центрального Казахстана, которые увязываются с процессами аридизации и опустынивания. Обобщены результаты оценки уязвимости ландшафтов Казахстана в связи с процессами потепления климата.*

В 1957 г. Роджер Ревелл и Ганс Э. Суесс из Скриппсовского океанографического института заметили, что человечество проводит «крупномасштабный геофизический эксперимент», проводит его не в лаборатории и не на компьютере, а на собственной планете. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) за последнее столетие температура воздуха у поверхности континентов и океанов повысилась примерно на  $0,53\text{ }^{\circ}\text{C}$  в северном полушарии и на  $0,52\text{ }^{\circ}\text{C}$  – в южном.

Известно, что первые долгосрочные прогнозы потепления климата были сделаны М.И. Будыко в начале 70-х годов. В работе [7] отмечается, что в 1972 г. были опубликованы расчеты предстоящего в близком будущем повышения концентрации углекислого газа, обусловленного возрастающим потреблением различных видов углеродного топлива. Это должно привести к глобальному потеплению при повышении средней температуры нижнего слоя воздуха на  $1\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение ближайших десятилетий. Данный прогноз оправдался также и для территории Казахстана ( $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), особенно Северного и Центрального [4].

Анализ метеорологических данных (температура воздуха и осадки) по Северному Казахстану показал потепление климата в данном регионе за инструментальный период (от 60 до 100 лет) в пределах от  $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Общий тренд потепления климата отмечается по всем рассмотренным метеорологическим станциям Северного Казахстана – областным и районным. Особенно интенсивное потепление отмечается в зимний период времени – до  $5\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Атмосферные осадки показывают на общую тенденцию снижения, в некоторых случаях отмечается их незначительное повышение [4]. По данным С.А. Долгих [11] статистически значимое

уменьшение атмосферных осадков отмечается на М Акмола (15,2 мм/10 лет) и на М Семипалатинск (7,2 мм/10 лет).

По данным Д.И. Абрамович и др. [1] средняя годовая температура воздуха за последние 100 лет в западной Сибири повысилась: в Барнауле на 1,6 °С, в Томске – на 2,2 °С, в Салехарде – на 1,8 °С. После публикации этих данных прошло более 30 лет, приведенные величины потепления несомненно возросли в связи с общим глобальным потеплением климата. Эти авторы в 1967 г. отмечали: «Сохранение принятой температурной тенденции приведет в 2000 г. к повышению температуры по Барнаулу +2,7 °С ... Особенно резкое повышение температуры воздуха наблюдалось за последние 20 лет по Барнаулу» [1]. Это, очевидно, одна из ранних опубликованных работ, где приводятся высказывания о региональных прогнозах потепления климата.

Последние данные о потеплении климата и опустынивания юга Сибири и Северной Азии отмечаются в ряде работ [8, 14]. Б.В. Виноградов и др. [8] отмечают: «Практически вся территория континентальной Сибири потенциально предрасположена к проявлению процесса опустынивания. Определены различные формы и содержания таких процессов: губительные засухи, пожароопасные периоды, зоны климатического риска, активизация дефляционных и других процессов». В другой работе [14] приведены данные по изменению климата за последние 100 лет в степных ландшафтах юга Сибири. Анализ многолетних колебаний гидроклиматических параметров степной зоны показал тенденцию дальнейшего иссушения территории. На это указывают положительные коэффициенты линейного тренда температуры воздуха за период 1928-1996 гг., составляющие 1-3 °С на 100 лет, при отрицательных трендах годовых сумм осадков, достигающих 2-6 мм на 10 лет. Отмечается, что в степях юга Сибири наблюдается аридизация ландшафтов, вызывающая перестройку их структуры в сторону опустынивания.

Наибольшая степень континентальности климата характерна для Северного и Центрального Казахстана, здесь же наиболее отчетливо происходят процессы аридизации и опустынивания, связанные с происходящим потеплением климата [2-4]. Нами изучены многолетние данные по температуре воздуха и осадкам на М Жезказган, Балхаш, Караганда и Семипалатинск<sup>1</sup>, расположенных в пределах 46,5° – 50,5° с.ш. Результаты статистических расчетов тенденций этих величин приведены в табл.

В рядах средних годовых, июльских и январских значений температуры воздуха на М Жезказган и Караганда рассчитаны статистически значимые на 5 - % уровне положительные тренды. Наибольший рост годовой температуры воздуха характерен для метеостанции Жезказган, где размах колебаний тренда составляет 1,86 °С за 59 лет. Примерно такая же ситуация характерна и для данных по М Караганда. По названным стаци-

<sup>1</sup> - Семипалатинск относится к Восточному Казахстану.

ям отмечаются и самые высокие значения роста температуры зимой  $+3,5$ ;  $+3,7$  °С. На М Балхаш и Семипалатинск рост годовой и январской температуры воздуха менее значителен ( $0,60 - 0,83$  °С), а в июле оказался даже статистически незначимым. На М Балхаш в летний период сказывается смягчающее влияние акватории озера Балхаш на аридность и континентальность климата. Аналогичное положение возможно и на М Семипалатинск, где значительное смягчающее влияние летом может оказывать река Иртыш. Таким образом, на всех рассмотренных станциях наблюдался положительный тренд годовой температуры воздуха и высокие – порядка более  $2,4$  °С – значения роста температуры в январе, что говорит о наличии причин аридизации и опустынивания территории Центрального Казахстана.

Таблица

Размах колебаний линейных трендов в рядах годовых и сезонных значений температуры воздуха (°С) и осадков (мм) на 5-% уровне значимости за период инструментальных наблюдений по данным некоторых метеостанций Казахстана

Станция	Размах колебаний		
	Год	Январь	Июль
Жезказган	<u>+1.86</u>	<u>+3.54</u>	<u>+0.59</u>
	-	-	-
Балхаш	<u>+0.60</u>	-	-
	-	-	-
Семипалатинск	<u>+0.83</u>	<u>+2.40</u>	-
	-41.5	-7.47	-
Караганда	<u>+1.80</u>	<u>+3.72</u>	<u>+1.24</u>
	+37.2	+15.5	-6.20

Примечание: в числителе – данные об изменении температуры воздуха (°С), в знаменателе – об изменении осадков (мм)

Что касается осадков на рассматриваемой территории, то здесь нельзя с уверенностью говорить о достоверности трендов в их многолетних изменениях, что согласуется с выводами казахстанских ученых о том, что суммы атмосферных осадков в целом не выходят за пределы  $0,8 - 1,2$  от нормы [19]. Так, по М Балхаш статистически значимых на 5 - % уровне тенденций в рядах годовых, январских и июльских осадков не обнаружено. В то же время можно говорить о разнонаправленности в изменениях годовых сумм осадков, осадков за январь на М Семипалатинск, где они

уменьшились и на М Караганда, где характерна обратная тенденция. Вероятно, климат региона претерпевает изменения и последует определенный «перелом», что несомненно отразится на процессах аридизации и опустынивания.

В этой связи интересны также данные об изменении гидротермических характеристик за менее длительные промежутки времени. В отличие от длительных периодов, короткие (5, 10, 15 лет) дают представления об изменении рассматриваемых величин и сопоставимы между собой в ряду наблюдений, что дает возможность оценки их периодических флуктуаций. Так, за последние 10 лет на рассмотренных нами метеорологических станциях наблюдались значимые положительные тренды в изменениях годовых значений температуры воздуха, значительно превышающие показатели длительного инструментального периода. Это хорошо прослеживается на представленных графиках (рис. 1). В то же время, как и в случае длиннопериодных изменений, ощутимых изменений в суммах осадков не произошло.

Интересная, если выразиться точнее, странная температурная аномалия наблюдается на территории Семипалатинского ядерного полигона (СЯП) [18]. По космическим снимкам в зимний период 1996-1997 гг. было обнаружено, что район СЯП практически все время оставался без снежного покрова. Здесь выделены четко выраженные очаги, температура в которых более чем на 10 °С превышает общий фон окружающей территории (рис. 2). Температурные аномалии в этом районе сохраняются и в теплое время года. В заключении статьи академик У.М. Султангазин с соавторами [18] отмечают: «Таким образом, имеющиеся в нашем распоряжении факты не позволяют однозначно определить причины обнаруженного явления. В частности, они могут быть связаны с локальными особенностями местности, способствующими денудации снежного покрова и более интенсивному прогреву оголенных участков земли солнечными лучами. Однако, наиболее вероятной причиной, на наш взгляд, являются радиоактивные и тектонические процессы, инициированные многочисленными ядерными взрывами. Более точные ответы на все вопросы могут дать лишь детальные комплексные исследования этого региона».

С.А. Долгих и др. [10] отмечают: «... сценарии изменения регионального климата по различным моделям общей циркуляции атмосферы едины в том, что температура будет продолжать расти, причем значительно. В зависимости от сценария, ожидание повышения температуры воздуха при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере лежит в пределах 4,5 – 6,9 °С. Что касается осадков, то одни сценарии прогнозируют их уменьшение (на 12 %), другие – увеличение (на 7 – 28 %), третьи показывают, что количество осадков может остаться неизменным».

Многочисленные данные [7-17, 20] свидетельствуют в целом о потеплении климата на планете, но эта тенденция неодинакова в разных регионах. Некоторые регионы в плане потепления «опережают» другие территории и континенты.

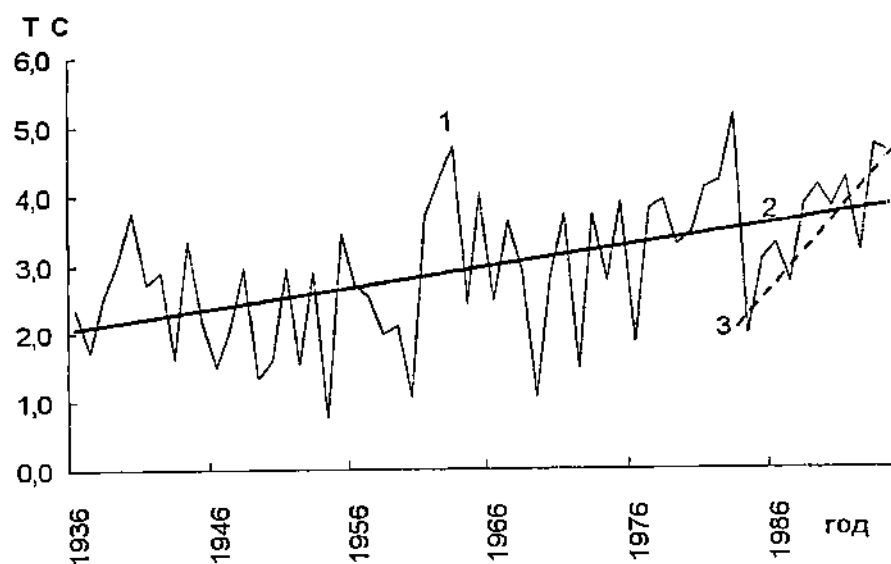
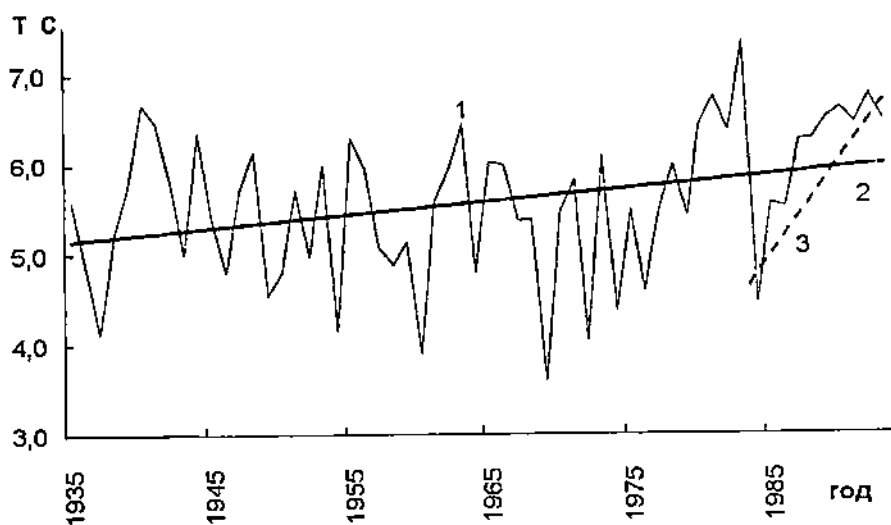


Рис. 1. Многолетний ход средних годовых значений температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) – 1, их линейные тренды за весь срок наблюдений – 2 и за последнее десятилетие – 3 по данным М Балхаш (а) и Караганда (б)



Рис. 2. Изолинии аномалий температуры воздуха (°C) на Семипалатинском ядерном полигоне 17 февраля 1997 г. [18]

К последним можно отнести и территорию Казахстана в целом, особенно Северный и Центральный его регионы. В работе [17] дана оценка уязвимости природных ресурсов и экономики Казахстана к ожидаемому изменению климата. Рассмотрены 5 моделей общей циркуляции атмосферы. Отмечается, что все модели предсказывают ухудшение условий увлажнения в регионе при ожидаемом изменении климата, так как площади пустынь будут расширяться, а полупустынь и степной зоны – сокращаться. Согласно сценарию минимального потепления, границы зон увлажнения будут сдвинуты к северу в среднем на 50 – 100 км, а при максимальном потеплении – на 350 - 400 км. Площадь зоны недостаточного увлажнения, где в Казахстане при современном климате выращивают зерновые культуры (степная зона), сократится на величину от 6 до 23 %. По сценарию УКМО (равновесная модель Метеорологического агентства Соединенного Королевства), который предсказывает максимальное потепление, на территории Казахстана зона недостаточного увлажнения (степная) исчезнет, произойдет расширение засушливой (полупустышной) зоны. Такой характер возможного изменения климата, естественно, не может не сказаться на состоянии экономики и природных ресурсов Республики [17]. В приведенных выше прогнозных данных не указаны временные интервалы явлений и процессов, которые произойдут в будущем. Отмечено, лишь, что удвоение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере произойдет примерно в 2050 – 2075 гг. Это вызовет значительный рост средней годовой и сезонной температуры воздуха на территории Казахстана и за его пределами.

В связи с этим выскажем некоторые представления об изменении и перемещении границ природных зон. Во многих работах отмечается возможное перемещение природных зон и подзон в северном направлении [2, 4, 16, 17 и др.]. Это положение было подтверждено также на симпозиуме «Изменение циркумполярной границы леса» [13]. Впервые благодаря применению комплексного междисциплинарного подхода и усилиям ученых нескольких стран удалось проследить основные этапы и установить абсолютную хронологию продвижения северной границы леса в пределы современной тундры в Европе.

Компоненты ландшафта по-разному реагируют на возрастание засушливости климата или аридизацию. В первую очередь усиление аридизации и ее последствия коснутся биоты, в том числе растительного покрова, наиболее чутко реагирующего на климатические изменения. Речь идет о ксеротизации травянистой формации степной зоны, об экзодинамических сукцессиях (сменяемость ценозов), а также возможных антроподинамических сукцессиях под влиянием излишней, сверхнормативной нагрузки на пастбища. Будет возрастать процесс обезлесивания территории лесостепной зоны Казахстана, возникнут проблемы сохранения и устойчивости биоразнообразия.

Аридизация климата окажет существенное влияние на организмы-обитатели почвенного покрова (бактерии, грибы, водоросли, простейшие животные организмы, беспозвоночные, насекомые и др.) Все организмы

принимают активное участие в почвообразовательном процессе и гумификации не полностью минерализовавшихся компонентов опада и корней растений. Усиление засушливости климата будет подавлять жизнедеятельность указанных организмов и в целом направление и темпы почвообразовательного процесса. Это приведет постепенно к смене подтипа и типа почв в деградиационном направлении (черноземы обыкновенные → черноземы южные → темнокаштановые). Приведенная цепочка является общей схемой эволюции автоморфных почв степной зоны. Причем до третьего звена почвообразовательный процесс может и не дойти. Все зависит от длительности проявления аридизации и темпов нарастания потепления за каждое десятилетие. Возможны также изменения почв на уровне рода, связанные с увеличением площади засоленных почв (солонцы, солончаки, возрастание степени карбонатности в некоторых почвенных системах). В этой связи очень уместно привести взгляды американского почвоведа К.К. Никифорова [16]: «... Каждая из динамических характеристик развивающейся почвы сама по себе представляет функцию окружающей среды и как таковая реально существует только в данной окружающей среде, вне которой она либо изменяется, либо полностью исчезает ... Любая поверхность, покрытая в настоящее время определенными почвами, могла быть покрыта другими почвами в прошлом и может быть покрыта совершенно другими почвами в будущем.» Первый тезис К.К. Никифорова подтверждает известное определение «почва – зеркало ландшафта», второй тезис в большей степени относится к палеопедологии (палеогеографии почвенного покрова).

Почва, являясь зеркалом ландшафта, относится к более «консервативному» компоненту ландшафта с точки зрения более длительного развития и формирования как «естественноисторического тела». Развитие и эволюция почв происходит медленными темпами. Так, для формирования 1 см почвенного гумусового профиля требуется от 10 до 50 лет [5]. Изменение одного из ведущих факторов почвообразования – климата, естественно, приведет к медленному изменению и смещению границ почвенных зон и подзон в северном направлении. Этот процесс может занять несколько столетий. До достижения покомпонентного экологического равновесия растительный покров при изменении климата может придти к равновесию с новыми условиями уже через несколько десятилетий. Для приведения в соответствие всех взаимосвязанных компонентов ландшафта (поток энергии, вещества и информации), установления равновесия с формирующими ландшафт факторами, одним из которых является климат, потребуются еще больший промежуток времени (достижение территориального экологического равновесия). При этом стоит учесть, что для эволюции природной зоны, как надсистемы ландшафтов, необходимо более длительное время, особенно в аридных условиях. Проблема эта очень сложная и многогранная. Мы затронули лишь отдельный аспект, касающийся возможного развития и эволюции почв и ландшафтов во времени для степной зоны Казахстана, не останавливаясь на изменении рельефооб-



разующих процессов. Можно лишь отметить, что экзогенный рельеф семиаридной и аридной зон подчиняется широтной географической зональности.

Прогноз изменения климата отражается также и на уязвимости водных ресурсов. В работе [17] отмечено, что наиболее уязвимыми окажутся ресурсы поверхностных вод бассейна реки Ишим. Согласно сценарию максимального потепления ресурсы поверхностных вод бассейна этой реки уменьшатся на 73 %. По остальным сценариям уменьшение возможно на 34 – 37 %. Ресурсы бассейна реки Иртыш по сценарию максимального потепления сократятся на 27 %. Таким образом, особо неблагоприятная климатическая обстановка прогнозируется в Акмолинской и Семипалатинской областях. Здесь будет отмечаться возрастание средней годовой и сезонной температуры воздуха, уменьшение средних годовых норм атмосферных осадков и сокращение стока в реках Ишим и Иртыш.

Территорию Казахстана в целом, очевидно, можно отнести к климатически активным зонам планеты [6]. Она относится к аридной зоне Азии, расположенной в центре субконтинента и испытывает на себе влияние своеобразных климатических, орографических и континентальных факторов, наряду со значительной антропогенной нагрузкой [3, 9]. И.А. Береснева [6] отмечает, что это территория с особенно хрупким экологическим балансом, на которой наиболее остро и быстро проявляются причинно-следственные связи ведущих природных процессов. С этим положением нельзя не согласиться, принимая во внимание природно-климатические и геоэкологические условия Республики Казахстан.

Потепление климата в Казахстане, особенно в северных регионах может повлиять в первую очередь на уязвимость урожайности яровой пшеницы. Оценку изменения климата при удвоении концентраций углекислого газа в атмосфере провели сотрудники КазНИИ мониторинга природной среды и климата [15]. Анализ моделирования показал, что урожайность яровой пшеницы может уменьшиться. Уменьшение урожайности для различных станций и регионов может быть довольно значительным – от 16 до 70 %.

Исходя из вышеизложенного можно сделать ряд выводов. В лесостепной, степной и полупустынной зонах отмечается интенсивное проявление аридизации ландшафтов. Прирост температуры воздуха за инструментальный период времени (60 – 100 лет) превышает средний глобальный уровень потепления (+ 0,53 °C) в 2 – 3 раза и выше. Уже сейчас возникла необходимость учета изменений природных условий в лесостепной и степной зонах для выращивания зерновых и других культур, а также корректировка соотношения получаемой продукции земледелия и животноводства. Речь идет о специализации той или другой отрасли хозяйства к изменяющимся почвенно-климатическим условиям региона. Дальнейшее потепление климата может привести к сокращению площади пашни под зерновыми культурами и повлиять на уязвимость урожайности яровой пшеницы.

Казахстан расположен в Центральной Азии в глубине материка Евразия на практически равном удалении от Атлантического и Тихого океанов. Резкая континентальность климата, малая обводненность территории, своеобразное физико-географическое расположение природных зон с их орографическими и геоморфологическими условиями, а также площадное и широтное соотношение равнин и гор, окаймляющих Республику с юга и юго-востока, создают предпосылки для отнесения крупного экорегиона (особенно Северного и Центрального) к климатически активным зонам планеты. Этому способствуют в немалой степени все возрастающие антропогенные факторы и процессы.

Потепление климата будет способствовать «перемещению» природных подзон и зон, точнее смены их границ и изменению площадей. «Перемещение» ботанических и почвенно-климатических зон будет происходить в северном направлении. При максимальном потеплении прогнозируется смещение природных зон к северу примерно на 350-400 км. Подобный характер возможного изменения климата не может не сказаться на состоянии экономики и природных ресурсов Республики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович Д.И., Колодей Н.С., Унт Л.З. Динамика климата Западной Сибири за последние 100-150 лет // Межвузовская научная конференция. Материалы географической секции. – Зап.-Сиб. книжное изд-во. – Омск, 1967. – С. 10-19.
2. Бельгибаев М.Е. Диагностические показатели аридизации и опустынивания семиаридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 1995, № 2. – С. 175-201.
3. Бельгибаев М.Е., Фаизов К.Ш. Современный антропогенез и проблемы экологии почв Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 1996, № 1, – С. 154-165.
4. Бельгибаев М.Е. Интенсивность процесса аридизации на территории Северного Казахстана // Первый Международный Конгресс «Экологическая методология возрождения человека и планеты Земля», Материалы Конгресса. Часть I. – Алматы, 1997. – С. 222-226.
5. Бельгибаев М.Е. О скорости почвообразовательного процесса и возрасте почв Северного Казахстана // Всесоюзн. конференция «История развития почв СССР в голоцене». Тезисы докладов. – Пушкино, 1984. – С. 74 – 75.
6. Береснева И.А. Климатическая обусловленность изменчивости природных процессов в аридной зоне // Методологические вопросы оценки состояния природной среды МНР. Международное совещание. Тезисы докладов. – Пушкино, 1990. – С. 13-14.
7. Бudyко М.И., Израэль Ю.А. Антропогенное потепление // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеороло-

- гии и мониторинга загрязнения природной среды. Тезисы докладов. – М., 1996. – С. 37-38.
8. Виноградов Б.В., Михеев В.С., Напрасников А.Т. Проблема аридизации континентальных районов Северной Азии // Десятое научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1999. – С. 41-43.
  9. Влияние человека на почву как компонент биосферы / Г.В. Добровольский, Л.А. Гришина, Б.Г. Розанов, В.О. Таргульян // Почвоведение. – 1995, № 12. – С. 55-65.
  10. Долгих С.А., Есеркепова И.Б., Шамен А.М. Оценка вклада ожидаемого потепления глобального климата в развитие процессов опустынивания в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 1997, № 3. – С. 43-49.
  11. Долгих С.А. Мониторинг и сценарии изменения климата с учетом глобального потепления / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Алматы, 1999. – 25 с.
  12. Кондратьев К.Я. Глобальный климат и его изменения. – Л.: Наука, 1987. – 232 с.
  13. Кременецкий К.В. Изменения циркумполярной границы леса // Известия РАН. Сер. географ. - 1997, № 2. – С. 140-141.
  14. Мартыанова Г.Н., Баженова О.И. Об аридизации степных ландшафтов юга Сибири // Десятое научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1999. – С. 110-111.
  15. Мизина С.В., Есеркепова И.Б., Сутюшев В.Р. Оценка уязвимости урожайности пшеницы в Северном Казахстане при возможных изменениях климата // Гидрометеорология и экология. – 1997, № 3. – С. 64-72.
  16. Никифоров К.К. Почвенные признаки изменений климата // Изменение климата. – М.: Изд-во иностр. литер., 1958. – С. 211-223.
  17. Первое национальное сообщение Республики Казахстан по рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Алматы, 1998. – 74 с.
  18. Султангазин У.М., Закарин Э.А., Сливак Л.Ф. Дистанционное зондирование температурных аномалий в районе Семипалатинского ядерного полигона // Доклады МН-АН РК. – 1997, № 2. – С. 51 – 54.
  19. Шамен А.М. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. – Алматы: Гьлым, 1996. – 279 с.
  20. Филип Д. Джоунс, Том М. Л. Уигли. Тенденции глобального потепления // В мире науки. – 1990, № 10. – С. 62-70.

Казахский государственный  
национальный университет им. аль-Фараби

## СОЛТҮСТІК ЖӘНЕ ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН АЙМАҚТАРЫ АУА РАЙЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ЫЛҒАЛСЫЗДАНУЫ

Георг.ғыл.докторы  
Георг.ғыл.канд.

М.Е.Белгібаев  
А.В.Бельй

Құрғақшылық пен құмдақтану үдерісін көрсететін, Солтүстік және Орталық Қазақстандағы ауа райының өзгерісі туралы мәліметтер беріліп отыр. Ауа райының жылыну үдерісіне байланысты, Қазақстанның ландшафтарының тұрақсыздығын бағалау талдау қорытындыланды.