

Изменение климата - благо или зло для водного хозяйства?

Г.В. Стулина

С момента зарождения жизни и по сей день, планету Земля сопровождают различные изменения климата, причем колебания в сторону потепления и похолодания бывали весьма значительными. История Земли знает несколько ледниковых периодов, которые сменялись теплыми периодами на протяжении миллионов лет. В результате изменения климата флора и фауна претерпевала значительные изменения. Одни виды животных и растений в результате смены климатических условий исчезали совсем и появлялись другие, исчезали целые цивилизации.

Человечество, живущее на Земле много тысяч лет, никогда не имело возможности влиять на погодные явления. В то время как эти явления имеют существенное воздействие на человека, на общество, поскольку они, в первую очередь, влияют на обеспечение продовольствием, на условия жизни в городах и на селе, на доступ к чистой воде и энергии.

Более 400 миллионов человек, проживающих сегодня в засушливых, субтропических и зачастую перенаселенных и экономически неразвитых регионах, подвергаются серьезному риску от изменения климата и последующих эффектов политической, экономической и социальной стабильности. Для некоторых стран это может стать большим испытанием. Целые регионы, где существует дефицит ресурсов и возможностей, необходимых для быстрой адаптации к более суровым условиям, в полной мере ощутят на себе тяжелые последствия изменения климатических условий: ураганы, наводнения и засухи.

Следует отметить, что будущий характер погоды или конкретные элементы резкого изменения климата не могут быть предсказаны точно или с высокой степенью уверенности, но изучение ретроспективы изменений климата дает некоторые полезные ориентиры. В настоящее время очень актуально стоит задача перед лицами, вырабатывающими стратегию, перед политиками об ограничении антропогенного влияния на климат.

В настоящее время учеными всего мира признается, что потепление климата уже стало реальностью. Межгосударственная Группа Экспертов по Изменению климата (МГЭИК) при ООН сделала вывод, что хозяйственная деятельность человека (антропогенный фактор) изменяет нашу климатическую систему и будет продолжать влиять на нее в будущем.

Поверхностные температуры за прошедшее тысячелетие повысились, что естественно имеет отражение на физических и биологических системах. Учеными всего мира признается, что потепление климата будет вызывать постепенные изменения, такие как повышение уровня моря, сдвиги климатических зон вследствие повышения температур, изменения системы выпадения осадков. Также изменение климата может увеличить частоту и размеры экстремальных погодных условий, таких как засуха, наводнения и бури.

Проследивая историю вековых климатических условий можно отметить, что периоды потеплений резко сменяются периодами похолоданий. Так начиная с 14 века, Северо-Атлантический регион пережил похолодание, которое продолжалось до середины 19 века. Это похолодание могло быть вызвано существенным замедлением океанского конвейера, хотя больше распространено мнение, что уменьшение глобальной солнечной радиации и (или) вулканические извержения могли вызвать океанические изменения. Этот период, часто называемый Малым ледниковым периодом, продолжавшимся с 1300 по 1850 годы, принес суровые зимы, внезапные климатические сдвиги и оказал сильное воздействие на сельскохозяйственные, экономические и политические условия в Европе. Затем началось потепление, которое продолжалось на протяжении 20 века и продолжает повышаться в начале 21-го столетия. В результате активизируются сильные положительные контуры обратной связи (Рис. 6.4), ускоряя ежегодное потепление с 0,2 (0,11 °C) градусов до 0,4 (0,22 °C) и, в конечном счете, до 0,5 (0,28 °C) градусов по Фаренгейту в некоторых местах.

По мере нагрева поверхности, гидрологический цикл (испарение, осадки и поверхностный сток) ускоряет повышение температуры. Водяной пар, наиболее мощный природный парниковый газ, перехватывает дополнительное тепло и повышает средние приземные температуры. По мере увеличения испарения, повышенные приземные температуры приводят к высыханию лесов и пастбищ. По мере гибели и сгорания деревьев, леса меньше поглощают углекислоты, что ведет к еще большему повышению приземных температур, а также сильным и не контролируемым лесным пожарам. Далее, более высокие температуры приводят к таянию снежного покрова в горах, открытых полях, высокоширотных тундровых площадях и многолетнемерзлых грунтах в холодных зонах. При повышении поглощения почвой солнечной радиации и уменьшении ее отражения, температуры растут еще больше.

Поскольку процессы изменения климата происходят повсеместно, можно с большой долей уверенности констатировать, что происходит глобальное изменение климата в сторону потепления и продлится оно, по прогнозам ученых до 2010 года.

Темпы и продолжительность потепления, наблюдаемого в течение 20 века, беспрецедентны за прошедшее тысячелетие. Увеличение максимальных температур, числа жарких дней и показателя тепла наблюдались почти на всех континентах во второй половине 20 века. Ожидается, что тенденция потепления глобальной средней поверхностной температуры сохранится, прогнозируемые повышения будут варьироваться от 1,4 до 5,8 °С.



Рис. 6.4.
Контуры обратной связи - Межгосударственная группа экспертов по изменению климата

Все больше наблюдается доказательств того, что региональные изменения климата привели к различным изменениям физических и биологических систем во многих регионах мира. Они включают сокращение площади ледников, оттаивание вечной мерзлоты, изменения частоты и интенсивности выпадения осадков, сдвиги вегетационного сезона, раннее цветение деревьев и появление насекомых, а также сдвиги в масштабе распределения растений и животных в ответ на изменения климатических условий.

Страны Центральной Азии, входящие в мировое сообщество, также подверглись испытаниям, вызванным изменением климата [58]. В регионе Центральной Азии особенно видны последствия наложения антропогенного фактора на изменения климата. Результатом явилась катастрофа Аральского моря.

Первые метеорологические наблюдения на территории Узбекистана начаты более 100 лет назад. В настоящее время здесь имеются 87 метеорологических станций, 94 поста, 120 гидрологических станций. Из них 18 станций входят в Глобальную систему наблюдений, 3 - в Глобальную систему наблюдений за климатом. Целенаправленные же исследования колебаний климата в Центральной Азии в основном начались только в 80-е годы XX века.

Изучение динамики климата по рядам инструментальных наблюдений показало, что в настоящее время в регионе наблюдаются изменения различных компонентов климатической системы. Положительные тренды преобладают в температурных рядах и эта тенденция к потеплению прослеживается как в холодном, так и в теплом полугодиях.

Для объективной оценки климатических изменений по территории сотрудниками САНИГМИ были выбраны 50 станций, имеющих ряды наблюдений с 1931 года и находящихся в различных условиях с точки зрения антропогенного воздействия на климат и в различных физико-географических условиях. Т.о. имелась возможность проверить значимость изменений средних значений, вычисленных для двух базовых 30-летних периодов (1931-1960 и 1961-1990 годы).

Температура воздуха. Анализ сравнения средних значений указывает на большое число значимых изменений в сторону потепления. Наиболее значимое потепление по территории отмечено в апреле, в июне, в ноябре и декабре. В эти месяцы на большинстве (от 50,2% до 92,3%) станций отмечено значимое повышение норм среднемесячной температуры воздуха.

Значимого понижения средних значений отмечено значительно меньше (от 7,7% до 19,8%), в основном в осенние месяцы года. Таким образом, даже на основе анализа рядов среднемесячной температуры можно заключить, что по территории наблюдалось статистически значимое потепление.

Стандартные отклонения среднемесячных температур изменились незначительно, что обусловлено высокой естественной изменчивостью температуры воздуха.

Анализ изменений максимальных температур показал наличие в большинстве месяцев тенденций к повышению. Интересно отметить, что летом и осенью более значимо проявляется тенденция к повышению минимальных температур, чем максимальных, причем летом на достаточно большом числе станций зафиксировано понижение максимальных температур. В поле изменений минимальных температур (ноябрь) прослеживается климатический вклад усыхания Аральского моря. Он выражается в меньших тенденциях к повышению в Приаралье минимальных температур. Это является следствием эффекта аридизации (понижение влажности в зоне отступления моря), который вызывает увеличение суточной амплитуды температуры воздуха. Данный пример указывает, что воздействие отступления моря на микроклимат района в отдельные месяцы уже проявляется в изменении климатических норм.

Отчетливо выделяются области понижения максимальных температур воздуха, локализованные в местах интенсивного орошения (Голодная степь, Каршинская степь, Ферганская долина, долина Сурхандарьи), где средние максимальные температуры понизились более чем на 1°C, что сравнимо с естественной изменчивостью максимальных температур в это время года в рассматриваемых районах. Данные наблюдений 1991-2000 годов показывают, что среднегодовая температура воздуха по территории региона продолжает повышаться. В последнее десятилетие наибольший вклад в потепление вносили уже зимние месяцы. Например, средняя за 10 лет

температура воздуха за зимний сезон оказалась выше базовой нормы практически по всей территории, в отдельных районах превышение составило 1,2-1,5°C. Наблюдения бассейнов горных рек констатируют устойчивое уменьшение переходящих запасов снега. Происходит деградация ледников и сокращение их площади. Повышение температуры воздуха на 1-2 °C усилит процесс деградации оледенения. За период 1957-1980 годов ледники бассейнов рек Аральского моря потеряли 115,5 км³ льда (примерно 104 км³ воды), что составляет почти 20% запасов льда на 1957 год. К 2000 году потери составили еще 14% от запасов 1957 года. К 2020-25 году ледники потеряют еще не менее 10% первоначального объема [58].

Ни один из климатических сценариев, построенных в соответствии с методологией Международной группой экспертов по изменению климата, не показывает увеличения водных ресурсов в регионе в будущем. Уменьшение водных ресурсов прогнозируется различными моделями на 3% - 40%. Дефицит водных ресурсов возрастет, так как на фоне уменьшения водных ресурсов возрастет водопотребление сельскохозяйственных культур. В таблице 6.2 показаны результаты оценки изменения водных ресурсов, выполненных для Чирчик-Ахангаранского бассейна. В прогнозе использовались две климатические модели **ЕСНАМ4**, **HadCM2**.

Таблица 6. 2.
Сравнение вариантов расчета по двум сценариям (Чирчик-Ахангаран-Келесский бассейн)

Года	Общие ресурсы		Потребности в воде	
	BAU/ЕСНАМ	ОПТ/ HadCM2	BAU/ЕСНАМ	ОПТ/ HadCM2
2006	7908	8019	4778	4968
2011	8841	9404	4714	5404
2016	7263	7540	4714	5188
2021	6662	6944	5299	5958
2024	5154	5871	5362	6270

Общие водные ресурсы бассейна уменьшатся через 10 лет на 8% и 6% по сценариям экономического развития BAU (business as usual - без изменений) и ОПТ (оптимистический) соответственно. К 2004 году снижение водных ресурсов прогнозируется по сценариям BAU и ОПТ уже на 35% и 28%. К этому периоду потребности в воде возрастут на 12% и 26%. Для оценки влияния ожидаемого потепления на водные ресурсы можно использовать различные подходы и сценарии

Модель формирования стока горных рек, которая разработана в САНИГМИ, позволяет учитывать основные закономерности формирования стока и оценить воздействие климатических изменений на сток рек, снежный покров, ледники в масштабе отдельных речных бассейнов. Реки региона по-разному реагируют на потепление, что объясняется, прежде всего, различиями их питания. Сток рек снегового типа питания быстрее уменьшается с повышением температуры. Реки с существенным вкладом ледникового стока в этом плане более «инертны», т.к. повышение температуры интенсифицирует таяние высокогорных снегов и ледников, создавая некоторые компенсационные условия для формирования стока. Вместе с тем, в связи с продолжающейся деградацией оледенения, которая с ростом температуры воздуха будет прогрессировать, в будущем здесь также будет происходить уменьшение стока, возможно даже более активное.

Адаптация водного хозяйства к изменению климата

Современная цивилизация имеет возможность либо приспособливаться к погодным условиям, с которыми она сталкивается и с которыми еще предстоит столкнуться, либо как-то смягчить отрицательные воздействия изменения климата.

В настоящее время очень актуально стоит задача перед лицами, вырабатывающими стратегию, перед политиками об ограничении антропогенного влияния на климат.

Изучение динамики климата в бассейне Аральского моря указывает на изменение различных компонентов климатической системы, существование положительных трендов в температурных рядах в холодных и теплых полугодиях, увеличение содержания CO₂ в атмосфере, присутствие парникового эффекта. Все эти факторы влияют на устойчивое развитие региона, и в первую очередь на сельское хозяйство, в котором в настоящее время занято 70-90 % населения. Влияние изменения перечисленных климатических факторов на продуктивность посевов сельскохозяйственных культур указаны в табл. 6.3.

Противостоять негативным последствиям изменения климата позволяет изучение сложившейся ситуации, правильная оценка слабых мест в социально-экономическом положении региона, межгосударственной политике и на основании этого разработка мероприятий по борьбе с опустыниванием и засухой.

Таблица 6. 3.

Слияние климатических факторов на сельскохозяйственное производство в Центральной Азии

Климатические параметры	Влияние	
Температура воздуха	Продолжительность вегетационного периода увеличивается Сроки сева - раньше Условия, соответствующие прорастанию, прохождению фенологических фаз и росту Экстремально высокие температуры приостанавливают физиологические процессы в растениях	+ + ± -
Влажность воздуха	Интенсивность испарения Создает условия влаготеплообмена, необходимые для каждой конкретной культуры	- +
Осадки	Влажность почвы и воздуха создают естественное увлажнение, условия для произрастания Ливневые осадки могут быть помехой для всходов и проведения сельхозработ	+ -
Температура, влажность и осадки	В целом формируют эвапотранспирацию растений Изменяют процессы засоления	+ -
Концентрация CO ₂	Определяет интенсивность фотосинтеза дыхания Формируют биомассу и продуктивность посевов	- +

Основная часть орошаемых земель бассейна Аральского моря находится в зонах субтропической, полупустынно-пустынной и предгорной. Агроклиматический потенциал, жаркое продолжительное лето позволяют выращивать многие виды и субтропических растений, в том числе хлопчатника, и растений умеренного пояса. Однако, являясь самой северной зоной выращивания хлопчатника, бассейн Аральского моря не обеспечен повсеместно достаточно устойчивыми условиями для выращивания хлопчатника и получения гарантированных урожаев. Причиной потерь продуктивности земельных ресурсов, особенно в последнее время, является ухудшение мелиоративного состояния земель и социально-экономические факторы. Только 52 % орошаемых земель региона относятся к землям удовлетворительного состояния. Растет

количество средне и сильнозасоленных земель. Земельный фонд региона, используемый в сельском хозяйстве, представлен следующими категориями: орошаемые земли; богарные земли; естественные пастбища. Общая площадь орошаемых земель составляет около 7,95 млн. гектаров. Структура посевных площадей региона представлена на рис. 6.5.

В результате потепления и увеличения осадков изменяются высотные и широтные климатические зоны. На 150-200 км сдвинутся границы на север между сухим тропическим и умеренным климатом и на 50-100 км между богарной зоной и зоной полуобеспеченной богары.

Это означает, что северные территории приобретают климатические свойства территорий, расположенных южнее. Из рисунка 6.6 видно, что с увеличением температуры воздуха границы перехода через заданные пределы (3, 5, 10, 12, 15°C) Ташкентской области при изменении климата опускаются до среднегодовы значений в Кашкадарьинской области. Это означает также, что даты сева различных культур смещаются в сторону более ранних, что, в свою очередь, означает более раннее начало вегетационного периода. Т.о. можно с уверенностью констатировать, что при изменении климата более северная Ташкентская область приобретает климатические черты южной Кашкадарьинской области.

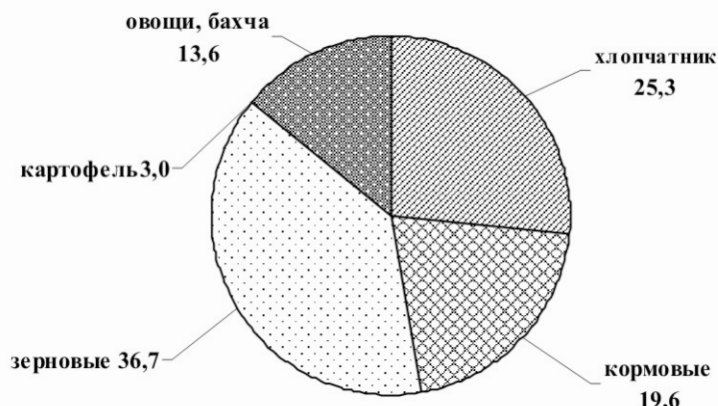


Рис. 6.5.
Структура посевных площадей в бассейне

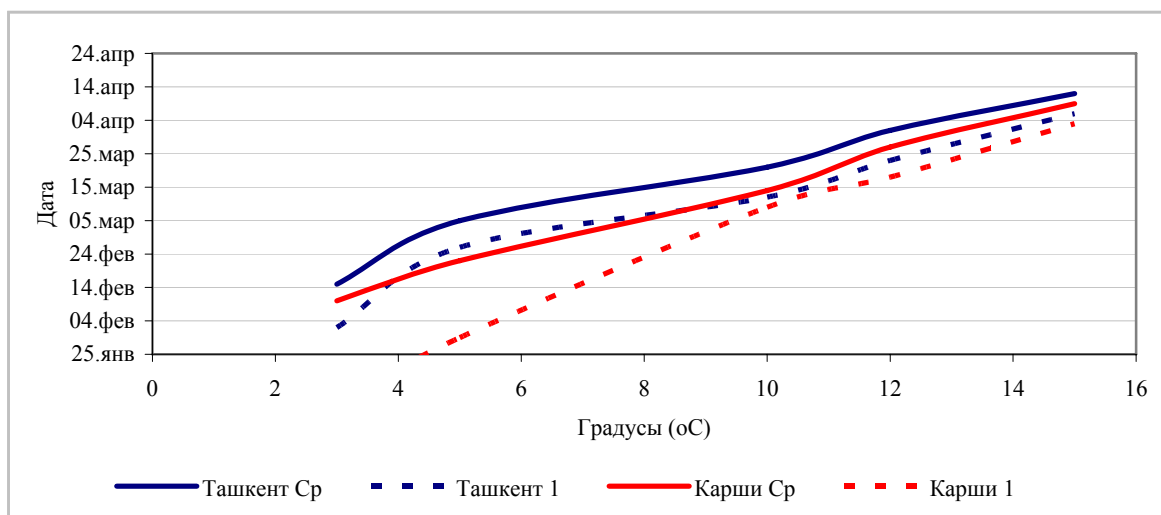


Рис 6. 6.
Переход температуры воздуха через заданные пределы
(Ср - современные условия, 1 - при изменении климата) по метеостанциям Ташкентской и Кашкадарьинской областей

Из рисунка 6.7 можно заметить, что осенние температуры при переходе через заданные пределы в Ташкентской области при изменении климата выше среднеголетних температур Кашкадарьинской области. Они смещены на 7-17 дней. Это означает, что период вегетации при изменении климата завершается позже. По всей же орошаемой территории региона разность в сроках перехода температуры через 10, 15, 20 °С весной и осенью составляет в среднем 15-30 дней.

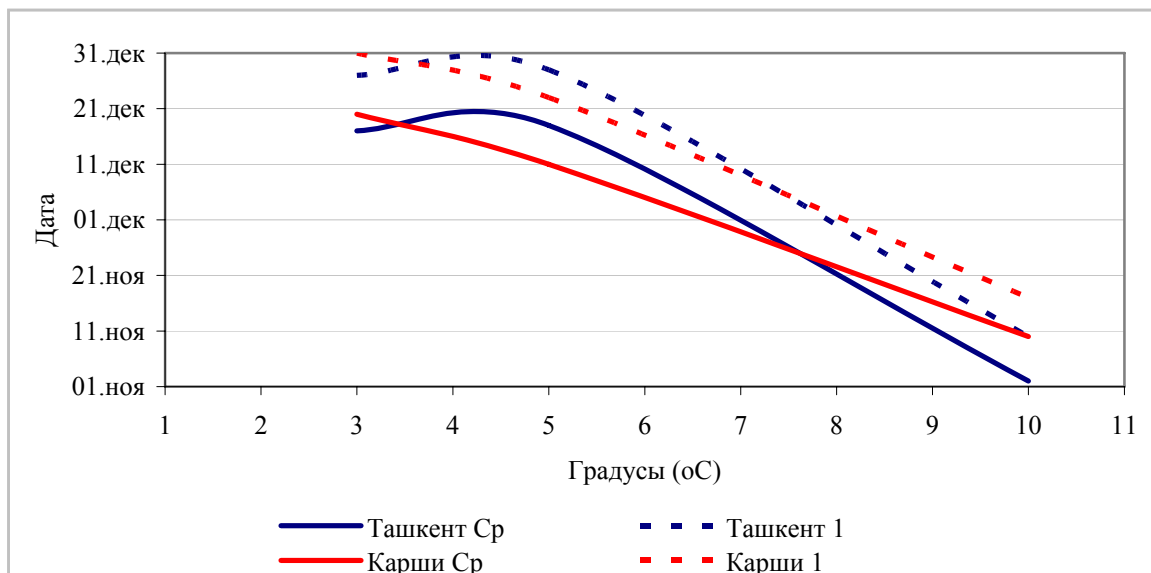


Рис. 6. 7.

Переход температуры воздуха через заданные пределы

(Ср - современные условия, 1 - при изменении климата) по метеостанциям Ташкентской и Кашкадарьинской областей

Изменение климата заставляет работников сельского хозяйства пересмотреть принципы хозяйствования при выращивании урожая сельхозкультур. В условиях повышения температуры, влажности, изменения стока рек вся цепочка технологического процесса должна претерпеть некоторые изменения.

Основными факторами, влияющими на темп развития, являются термические условия произрастания, характеристикой которых служит средняя суточная температура воздуха. Смена фенологических фаз развития культуры происходит при достижении необходимой суммы эффективных температур.

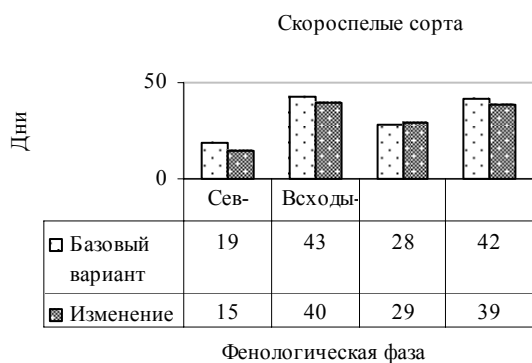


Рис. 6. 8.

Изменение вегетационного периода

Повышение температуры, как было сказано выше, обеспечивает более длительный потенциальный вегетационный период сельскохозяйственных культур, при этом под влиянием установившегося измененного климата и изменившихся агрометеорологических условий происходит сдвиг в сроках и темпах развития сельскохозяйственных культур, меняются сроки прохождения ими фенологических фаз. На рис. 6.8...6.9 показаны продолжительности фенологических фаз развития растений среднеголетние и в условиях изменившегося климата.

Сдвигаются сроки сева. По мере нарастания температуры воздуха весной и увеличение запасов влаги в почве сев проводится в более ранние сроки. Поэтому в условиях изменения климата недопустима ориентация на среднесезонные даты начала сева. Игнорирование факторов изменения снижает урожайность в среднем на 10-20 %, что связано с тем, что наиболее ответственный период формирования продуктивности посевов будет проходить при повышенных, по отношению к оптимальным, температурах воздуха.

Удлинение потенциального вегетационного периода позволит выращивать 2-3 урожая в год, при условии обеспечения оросительной водой.

Изменение климата, повышение температуры воздуха вызовет увеличение водопотребления сельхозкультурами, по нашей оценке водопотребление возрастет на 5-8%, однако, удельное водопотребление на единицу продукции, за счет повышения урожайности снизится, еще более положительный эффект повышения продуктивности оросительной воды будет наблюдаться в разрезе года, в случае повторного использования земель.

Повышение температуры и увеличение концентрации углекислого газа в окружающей среде благоприятно сказываются на росте и развитии растений [13]. Потенциал урожайности отдельных сельхозкультур при изменении климата повышается при *обеспечении их основными факторами производства, питательными элементами, водой средствами защиты и т.д.* Исключение составляет рис, который особенно восприимчив к повышению температуры. При температурах выше 32 °С и в условиях повышения концентрации CO₂ урожайность риса снижается (Табл. 6. 4).

Негативным последствием изменения климата является повышение дней со стрессовыми для растений высокими температурами. Особенно опасные последствия стрессовых условий при увеличении количества дней с высокими температурами возникают при низкой водообеспеченности посевов.

Использование мульчирования пленкой, в опыте выращивания продовольственных культур (арбузов, кукурузы) в Ферганской долине и Голодной степи, позволило смоделировать повышение температуры, ожидаемое согласно климатическим сценариям (рис. 6.10). Было использовано несколько видов покрытия: пленка на поверхности почвы, туннель, темная пленка. Варианты сравнивались с выращиванием культур в открытом грунте.

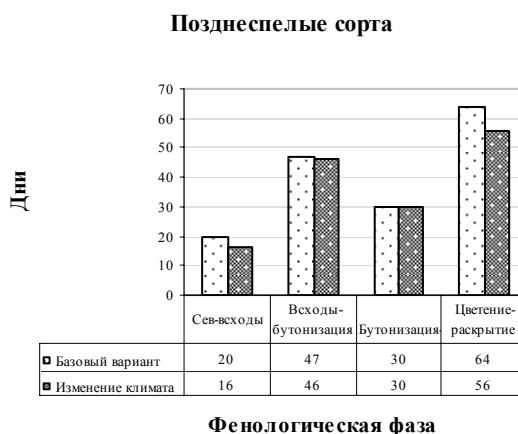


Рис.6.9. Изменение вегетационного

обеспечении их основными факторами производства, питательными элементами, водой средствами защиты и т.д. Исключение составляет рис, который особенно восприимчив к повышению температуры. При температурах выше 32 °С и в условиях повышения концентрации CO₂ урожайность риса снижается (Табл. 6. 4).

Таблица 6. 4.
Изменение урожайности сельхозкультур, ц/га

Область	Хлопчатник		Рис		Кукуруза	
	Средняя за 5 лет	Изменение климата	Средняя за 5 лет	Изменение климата	Средняя за 5 лет	Изменение климата
Каракалпакстан	14,1	15,5	19,9	17,9	10,7	12,0
Андижанская	30,0	33,0	37,1	33,4	54,4	60,9
Бухарская	28,4	31,2	27,1	24,4	35,2	39,4
Кашкадарьинская	21,5	23,7			17,6	19,7
Наманганская	25,0	27,5	20,9	18,8	41,2	46,1
Самаркандская	22,7	24,9	21,6	19,5	29,1	32,6
Сурхандарьинская	27,0	29,7	25,3	22,8	36,9	41,3
Хорезмская	26,5	29,1	40,5	36,4	37,6	42,1
Ферганская	26,3	28,9	31,4	28,2	35,6	39,8
Ташкентская	23,7	26,0	33,4	30,1	29,9	33,4
Сырдарьинская	14,4	15,9	22,9	20,6	30,8	34,4
Джизакская	15,7	17,3	15,1	13,6	19,9	22,3
Навоийская	25,6	28,1	15,4	13,8	19,3	21,6

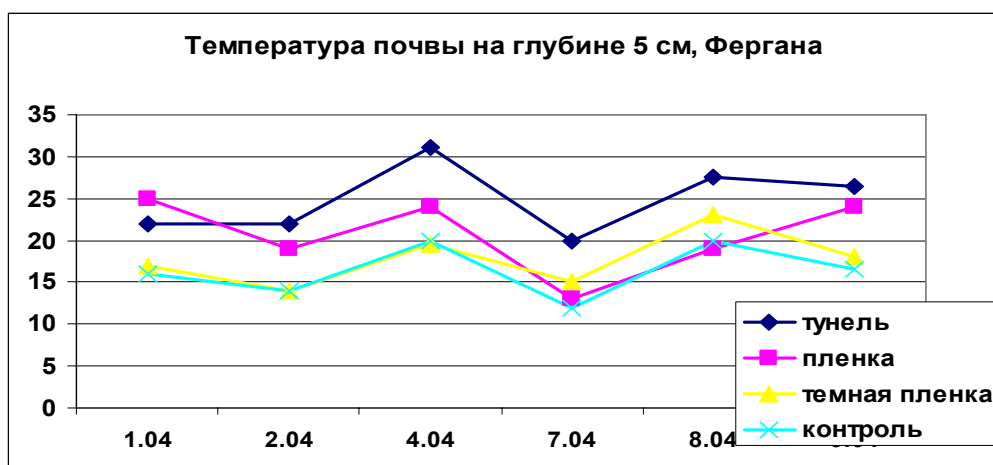


Рис. 6. 10.
Температурный режим почв на демонстрационном полях

Наиболее интересны и важны величины температуры почвы в момент сева и в течение периода сев-всходы. Посев арбузов проводился при минимальной температуре почвы 13 °C, одинаковой на глубине укладки семян на всех участках. Через 3 дня после сева минимальная температура почвы под туннелем и светлой пленкой достигла 15 °C, необходимой для прорастания семян. Под темной пленкой и на контроле без пленки минимальная температура почвы составляла 12 и 10,5 °C. Повышение температуры привело к более раннему на 20 дней созреванию и повышению урожайности на 30 % под светлой пленкой в сравнении с контролем.

Отрицательные последствия повышения температуры и создания экстремальных ситуаций смоделированы туннелем, под которым температура в дневное время поднималась до 40 °C, что вызвало резкое торможение в росте и развитии растений и сказалось на конечном результате, урожае. В этом случае урожай получен на 8% ниже контроля.

Необходимость снижения дефицита водных ресурсов диктует использование водосберегающих технологий. Использование пленочного покрытия и одновременно проведение полива через борозду позволяет повысить (табл. 6. 5) отдачу на оросительную воду почти 70% .

Таблица 6.5.

Повышение продуктивности оросительной воды при выращивании кукурузы под пленкой.

Схема полива	Водоподача вегетация	Сопоставление со средним	Урожай	Сопоставление со средним	Продуктивность воды	Сопоставление со средним
	м ³ /га	%	кг/га	%	кг/м ³	%
Полив через борозду, пленка	725	-20	5400	35	7,4	69
Полив в каждую борозду, пленка	915	1	5520	38	6,0	37
Полив через борозду, контроль	730	-20	3400	-15	4,7	6
Полив в каждую борозду, контроль	907	0	4000	0	4,4	0

Какие можно сделать выводы из выше приведенного анализа влияния климатических изменений?

1. Изменение климата является неоспоримым фактором для региона и оказывает значительное влияние на природные ресурсы.
2. Учитывая, что изменение климата имеет и положительные и негативные стороны следует разработать приемы адаптации для смягчения отрицательных воздействий изменения климата.
3. Наблюдается изменение природно-климатических зон, их смещение к югу.
4. Все климатические сценарии свидетельствуют об увеличении водопотребления сельхозкультур в прогнозе на будущее.
5. Изменяются условия роста и развития растений, увеличение потенциально-возможной вегетации, выращивания нескольких урожаев.
6. Учитывая, что изменение климата имеет и положительные и негативные стороны следует разработать приемы адаптации для смягчения отрицательных воздействий изменения климата.