

2. Изменение агроклиматических ресурсов и их влияние на сельское хозяйство

Для анализа возможных изменений агроклиматических ресурсов в связи с изменением климата, выбраны метеостанции, привязанные к агроклиматическим группам и характеризующие климатические условия отдельных зон планирования:

Метеостанция	Зона планирования
Ургенч	Хорезмская, Дашховузская, Лебапская
Самарканд	Самаркандская
Каттакурган	Заравшанская, Самаркандская
Навои	Навоийская
Бухара	Бухарская, Ахалская
Гузар	Кашкадарьинская, Марыйская
Термез	Сурхандарьинская, Вахшская, Нижне-Кафирниганская
Янгиер	Голодностепская, Южно-Казахстанская
Джизак	Джизакская
Сырдарья	Сырдарьинская, Исфаринская, Ходженская, Чакир
Фергана	Наманган-Сырдарья, Андижанская, Южно-Ферганская, Кампыр-Раватская, Северо-Ферганская

Использовались результаты расчетов региональных климатических сценариев. Рассматривались два региональных климатических сценария HadCM2 и ECHAM4, построенных на эмпирико-статистическом методе, на основе зависимостей между значениями среднегодовой температуры воздуха, в случае эмиссии парниковых газов при удвоении эквивалента CO₂. Сопоставления проводились с базовыми среднесезонными данными. Согласно прогнозу, ожидается увеличение среднегодовых температур по региону на 0,3-2,0 °С.

Сценарии возможных изменений осадков основаны на экспертной оценке. Количество осадков в разрезе года по прогнозу составят 105-120% от базового.

В большей степени изменение температуры (приложение, табл. 1-3, рис. 2-6) наблюдается для северо-западной части и крайней южной части региона по метеостанциям Ургенч, Термез (Хорезмской, Сурхандарьинской, Дашховузской зон планирования), в меньшей степени для остальной территории. Для центральной части наибольшее увеличение температур возможно в Джизакской и Сырдарьинской зонах планирования. Основной прирост температур относится к летнему и зимнему периодам. В целом среднемесячная температура увеличивается в максимуме до 2 °С.

Наибольший прирост температуры на 1,2-2,0 °С ожидается в январе и феврале по всей территории. В центральной части региона возможно повышение температуры в мае на 0,5-1 °С, что может оказать влияние на сроки проведения поливов. Осеннее повышение температуры прогнозируется в центральной - на 1,2 °С и южной на 1,2-1,5 °С частях региона в период август-сентябрь. В северной части региона повышение температуры будет наблюдаться вплоть до октября, что изменит продолжительность вегетации.

Прирост осадков по прогнозу возможен в максимуме в середине летнего периода в июль месяце (приложение, табл. 4-6, рис. 6-12). Наибольшая величина прироста наблюдается в северной части территории до 80-110% в зимние месяцы на 10-15%, в центральной на 40-80%. На юге увеличение осадков в летний период смещен на месяц раньше. В зимний период прогнозируется прирост на 10-20%, осенний 15-30%. В абсолютных величинах распределение прогнозируемых осадков характеризуется увеличением их на 5-10 мм в разрезе месяца в период январь-апрель и август-декабрь.

В результате потепления климата и увеличения осадков изменятся высотные и широтные климатические зоны, на 150-200 м сдвинутся границы на север между сухим тропическим и умеренным климатом и на 50-100 м между богарной зоной и зоной полубеспеченной богары.

В целом агроклиматические ресурсы региона возрастут.

В связи с увеличением температур следует ожидать обеспечения более длительно вегетационного периода сельскохозяйственных культур.

Сроки сева. Интенсивность нарастания температуры воздуха весной и увеличение запасов влаги в почве позволит проводить более ранние весенние посевы.

В таблице 1 приводятся сроки перехода через температуры воздуха через 3, 5, 10, 12, 15 °С, необходимых при севе сельскохозяйственных культур:

Хлопчатник - выше 10-12 °С

Бахчи - выше 15 °С

Кукуруза - выше 10 °С

Люцерна - выше 5 °С

Виноград - выше 5 °С

Рис - выше 15 °С

Таблица 1 | Переход температуры воздуха через заданные пределы в современных условиях (Ср.) и при аналоговых сценариях с увеличением температуры на 1-2 °С

Область, станция	Вариант	Даты перехода весной через заданные пределы					Даты перехода осенью		
		3°С	5°С	10°С	12°С	15°С	3°С	5°С	10°С
Нукус	Ср.	12.03	19.03	2.04	8.04	18.04	20.11	10.11	18.10
	1	12.03	18.03	30.03	4.04	12.04	27.11	16.11	24.10
Андижан	Ср.	26.02	4.03	22.03	28.03	9.04	27.11	19.11	26.10
	1	9.02	1.03	14.03	24.03	5.04	2.12	15.11	5.10
Бухара	Ср.	14.02	2.03	19.03	29.03	9.04	15.12	28.11	2.11
	1	28.01	25.3	13.03	24.03	3.04	26.12	5.12	9.11
Джизак	Ср.	20.02	4.03	21.03	11.04	12.04	16.12	1.12	22.11
	1	30.01	1.03	14.03	24.03	5.04	30.12	20.12	11.11
Карши	Ср.	10.02	22.02	14.03	27.03	9.04	20.12	11.12	10.11
	1	10.01	30.01	9.03	18.03	3.04	31.12	23.12	17.11
Навои	Ср.	4.02	1.03	20.03	1.04	10.04	20.12	5.12	4.11
	1	28.01	24.02	12.03	25.03	6.04	30.12	20.12	10.11
Наманган	Ср.	24.02	5.03	20.03	28.03	8.04	3.12	24.11	1.11
	1	6.02	27.02	22.03	23.03	4.04	6.12	28.11	7.11
Самарканд	Ср.	20.02	5.03	25.03	3.04	15.04	18.12	2.12	2.11
	1	2.02	28.02	15.03	28.03	10.04	27.12	18.12	11.11
Сырдарья	Ср.	26.02	5.03	24.03	2.04	12.04	2.12	20.11	28.10
	1	15.02	1.03	15.03	25.03	8.04	20.12	25.11	2.11
Денау	Ср.	-	8.02	10.03	18.03	5.04	-	23.12	19.11
	1.	-	10.04	2.03	10.03	1.04	-	3.01	26.11
Ташкент	Ср.	15.02	5.03	21.03	1.04	12.04	17.12	18.12	2.11
	1	20.02	26.02	12.03	23.03	6.04	27.12	28.12	10.11
Фергана	Ср.	25.02	3.03	22.03	1.04	12.04	16.12	22.11	29.11
	1	15.02	28.02	14.02	24.03	5.04	30.12	27.11	5.11
Ургенч	Ср.	8.03	11.3	28.03	6.04	14.04	24.11	14.11	21.10
	1	5.03	9.03	26.03	1.04	10.04	30.11	20.11	28.10

Даты перехода через заданные температуры в осенний период говорят о завершении периода вегетации. В связи с ростом температуры смещаются сроки перехода через биологически оптимальные пределы начала и конца вегетации. Разность в сроках перехода температуры через 10, 15, 20 °С весной и осенью между 10% и 90% обеспеченности увеличиваются по всей орошаемой территории в среднем на 15-30 дней.

Ориентация на среднесезонные даты начала сева без учета изменения климата приведет к снижению урожайности всех сельскохозяйственных культур, т.к. смещение сроков сева относительно оптимальных на 5-10 дней снижает урожайность в среднем на 10-20%. Это связано с тем, что наиболее ответственный период формирования продуктивности посевов будет проходить при повышенных, относительно оптимальных, температурах воздуха (рис. 2)

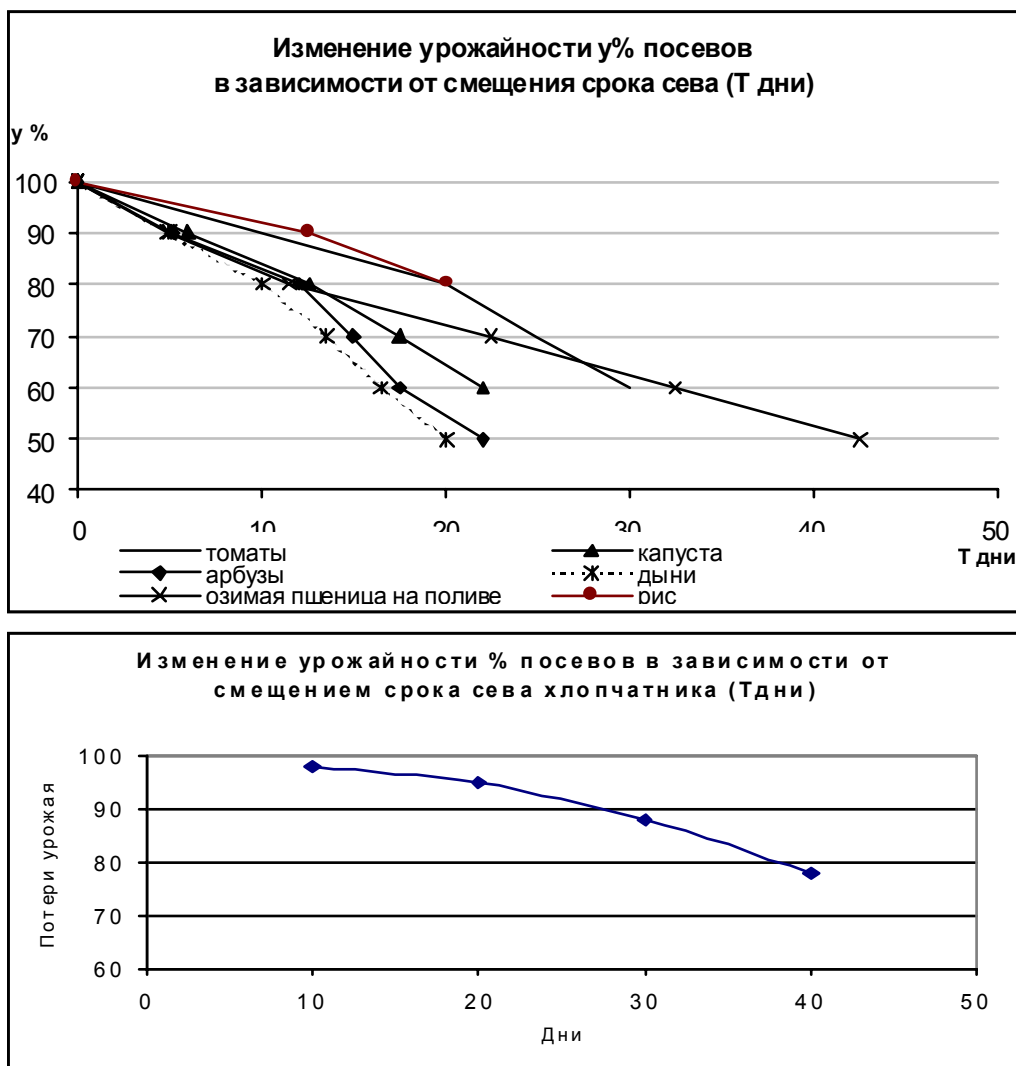


Рис. 2 | Влияние смещения сроков сева относительно оптимальных на урожай сельскохозяйственных культур

Развитие сельскохозяйственных культур. Влияние агрометеорологических условий на темпы развития сельскохозяйственных культур сводятся к оценке прохождения ими фенологических фаз. У растений наблюдается последовательная смена фаз развития, причем развитие идет необратимо, и если в организме растения вследствие отсутствия соответствующих внешних факторов какая-то фаза не наступила, то следующая фаза не наступит даже при наличии для нее оптимальных условий.

Основным фактором, влияющим на темп развития, являются термические условия произрастания, характеристикой которых служит средняя суточная температура воздуха.

Для прохождения посевом межфазного периода между 1-й и $i+1$ -й фазами и наступления $i+1$ -й фазы развития требуется определенная для этой фазы сумма средних суточных температур T_{i+1}^c , причем T_{i+1}^c и пороговые температуры развития T_{i+1}^c являются биологическими постоянными сорта, мало зависящими от колебаний температуры внутри фазы.

Из сказанного следует, что если фиксировать срок наступления очередной $i+1$ -й фазы T_{i+1}^c с точностью до суток, то

$$T_{i+1} = t_i + \delta_{i+1}$$

причем δ_{i+1} — продолжительность периода между i -й и $i+1$ -й фазами находится из следующего выражения:

$$F = \left| T_{i+1}^c - \sum_{l=1}^{\delta_{i+1}} T_l \right| \rightarrow \min_{\{\delta_{i+1}\}},$$

где в зависимости от метода расчета используются те или иные средние суточные температуры (выше 0; 5 или 10 °С, относительно меняющихся в онтогенезе пороги и т.д.).

В таблице 2 представлены данные по суммам эффективных температур необходимых для прохождения каждой последующей биологической фазы для основных видов сельскохозяйственных культур региона.

Расчет кумулятивных значений сумм эффективных температур позволяет определить продолжительность каждой биологической фазы развития растения. Для демонстрации возможного анализа данных выбрана метеостанция Джизак, по которой отмечены существенные изменения климатических параметров. В качестве примера приводится расчет кумулятивных значений эффективных температур (более 10 °С), выполненный по данным метеостанции "Джизак" для скороспелых, среднеспелых и поздних сортов хлопчатника. Смена фенологических фаз происходит при достижении необходимой суммы эффективных температур (табл. 2).

Таблица 2 | Суммы эффективных температур для прохождения фаз вегетации при достаточной влагообеспеченности

1. Хлопчатник (сумм эффективных температур выше 10°)

Сорт	Посев - всходы	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - раскрытие 1-х коробочек	Посев- раскрытие 1 коробочек
Скороспелые	95	400	480	760	1735
Среднеспелые	100	425	500	850	1875
Позднеспелые	100	480	530	1050	2160

2. Дыни - арбузы (выше 15°)

Сорт	Посев - всходы	Всходы - цветение	Цветение - созревание	Созревание - последний сбор
Скороспелый	50	290	500	190
Среднеспелый	70	340	660	170
Позднеспелый	80	380	780	190

3. Кукуруза (выше 10°)

Сорт	Посев - всходы	Всходы - выметывание метелки	Молочная спелость	Восковая спелость
Среднеспелый	80	890	1300	1560
Позднеспелый	80	1210	1670	1880

4. Люцерна (выше 5°)

Сорт	До бутонизации	До цветения	До первого укоса
Среднеспелые	390	550	580
Позднеспелые	410	650	730

5. Виноград (выше 5°)

Сорт	Набухание почек	Начало цветения	Начало созревания
Среднеспелый	120	710	1520
Позднеспелый	130	730	1920

6. Рис (выше 15°)

Сорт	Посев - всходы	Всходы - кущение	Кущение - выметывание	Выметывание - восковая спелость
Скороспелый	210	480	400	210
Среднеспелый	270	620	640	250
Позднеспелый	350	770	1920	280

Период сев-всходы

Началом периода является срок сева. Срок сева определялся по дате перехода заданной температуры воздуха 10-12 °С. В сравнении с базовой он смещается на 2 дня.

Средне многолетние, базовый вариант			
Начало вегетации		03.04	
Конец вегетации		29.10	
Фенологическая фаза /Сорта	Скороспелые	Среднеспелые	Позднеспелые
I. Сев-всходы	19	20	20
II. Всходы-бутонизация	43	43	47
III. Бутонизация-цветение	28	29	30
IV. Цветение-раскрытие первых коробочек	42	48	64

Модель HadCM4			
Начало вегетации		01.04.	
Конец вегетации		31.10	
Фенологическая фаза /Сорта	Скороспелые	Среднеспелые	Позднеспелые
I. Сев-всходы	15	16	16
II. Всходы-бутонизация	41	43	47
III. Бутонизация-цветение	29	30	30
IV. Цветение-раскрытие первых коробочек	40	45	57

Модель Ecam-4			
Начало вегетации		01.04	
Конец вегетации		31.10	
Фенологическая фаза /Сорта	Скороспелые	Среднеспелые	Позднеспелые
I. Сев-всходы	15	16	16
II. Всходы-бутонизация	40	42	46
III. Бутонизация-цветение	29	30	30
IV. Цветение-раскрытие первых коробочек.	39	44	56

Увеличение температуры в ранневесенний период сокращает период сев-всходы на четыре дня, что позволит обеспечить дружные всходы. Известно, что долгое нахождение семян в почве приводит к изреженным посевам, вызывая необходимость в подсевах и пересеве. Если продолжительность периода сев-всходы составляет 20-25 дней, то условия для появления всходов можно считать удовлетворительными, 14-19 дней - хорошими, менее 14 дней - очень хорошими.

Продолжительность периода сев-всходы связана с запасами продуктивной влаги в почве. На рис 3. показана зависимость продолжительности периода от температуры воздуха и влажности почвы.

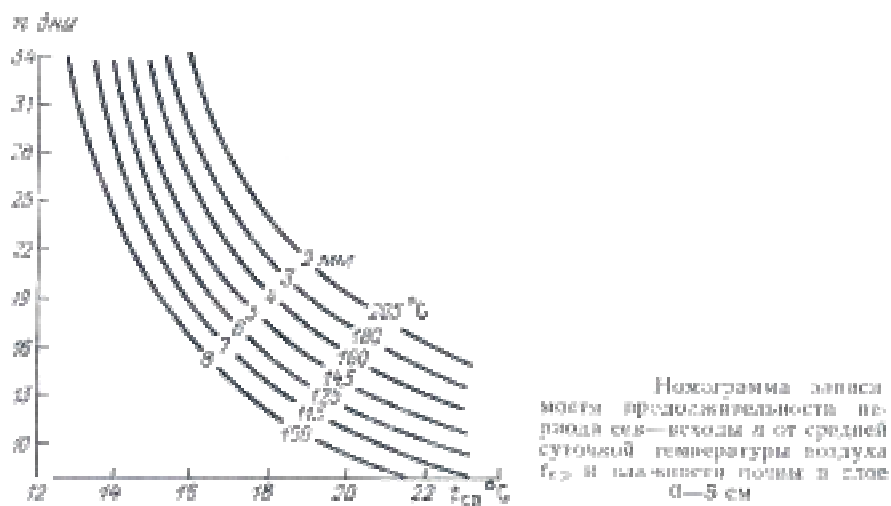


Рис. 3 | Зависимость периода посева-всходы от влаго- и теплообеспеченности (Муминов, 1991)

В случае недостатка влаги ресурсы тепла не могут быть полностью реализованы для развития растений. Менее чем на 30% территории сев проводится по естественной влаге. Увеличение количества осадков по прогнозу не значительно изменит ситуацию. По метеостанции Джизак количество осадков за период январь-март возрастет на 24-26 мм. При реальном среднем испарении с водной поверхности 0.3 мм, полученное дополнительное количество влаги будет потрачено на испарение. Для создания запасов влаги в почве при севе на уровне 70% от ППВ необходимо проведение влагозарядковых поливов. Оптимальная дата проведения влагозарядковых поливов будет зависеть от климатических и в большой степени от почвенных условий и может быть подсчитана методом ежедневного баланса.

Период всходы-бутионизация сокращается на 1-2 дня. Прогнозируется оптимальная для этого периода среднемесячная температура - 21 °С. Однако к снижению урожая могут привести повышение среднесуточной температуры до 28-29 °С, ливневые дожди, град, сильный ветер, не являющиеся параметрами прогноза, но часто повторяющиеся в данный период года.

Репродуктивный период. Период включает три подпериода: бутионизация-цветение, цветение-раскрытие первых коробочек, раскрытие первых коробочек - созревание. В основу оценки агрометеорологических условий этого периода берутся количественные показатели, связывающие темпы развития хлопчатника с факторами теплообеспеченности. Существенное влияние влагообеспеченности растений на темпы развития проявляются в основном после наступления фазы цветения. Продолжительность периода от цветения до раскрытия первых коробочек сократится для скороспелых сортов на 1 день, среднеспелых на 1-2 дня. Значительное сокращение периода наблюдается для позднеспелых сортов на 7-8 дней.

Период развития хлопчатника от сева до раскрытия первых коробочек по данным метеостанции Джизак в связи с изменением климата сокращается для скороспелых сортов на 7-9 дней, среднеспелых сортов 6-8 дней, позднеспелых 11-13 дней (рис. 4).

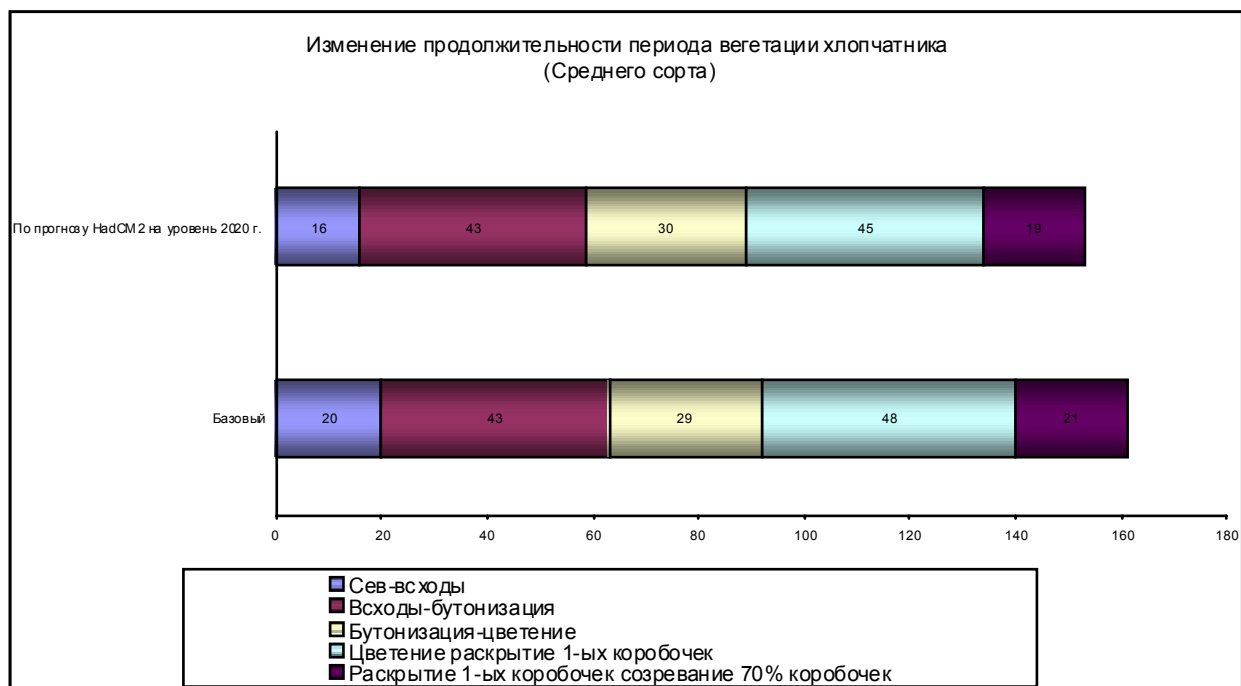


Рис. 4 | Сокращение продолжительности фенологических фаз хлопчатника при изменении климата

Сбор урожая. Созревание 70% коробочек от числа сформировавшихся на дату раскрытия первых коробочек обеспечивается для скороспелых сортов при суммах положительных средних суточных температур воздуха не менее 400 °С, для среднеспелых сортов 500 °С.

Раскрытие первых коробочек среднеспелого сорта хлопчатника, согласно расчету продолжительности фенологических фаз, наступает в базовом варианте - 21 августа, в моделируемом сценарии (Nad) - 15 августа. Необходимый период для созревания - 70% коробочек рассчитан по сумме среднемесячных средних и прогнозных температур и соответственно определяемые даты уборки соответствуют 11 сентября и 3 сентября, даты полного созревания - 14 сентября и 19 сентября. Аналогичным образом можно составить прогнозы для скороспелых и позднеспелых сортов хлопчатника.

Приведенный анализ изменения вегетации хлопчатника по данным метеостанции Джизак можно рассматривать как пример, отражающий общие тенденции. Для всех культур при потеплении климата сместится срок сева и сократится срок созревания.

В полях севооборота ранняя уборка хлопка позволит убрать кузбас и провести посев пшеницы не в рядки хлопка, а в подготовленную соответственно почву, в рекомендуемые сроки: в северных областях начало сева вторая декада сентября – конец сева 10 октября. В остальных областях соответственно третья декада сентября - 20 октября.

Урожай. Повышение температуры и увеличение концентрации углекислого газа в окружающей среде должны благоприятно сказаться на росте и развитии растений.

Для прогноза урожайности использована модифицированная полуэмпирическая модель Полевого А.Н. Основу метода оценки продуктивности посева и агрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур при заданных климатических сценариях составляет расчет динамики формирования биомассы основных органов культур, в том числе ее продуктивной части. При этом процесс формирования урожайности представляется результирующим этапом протекающей совокупности ряда физиологических процессов, интенсивность которых определяется биологическими особенностями растений, изменяющимися (согласно сценариям) факторам внешней среды и взаимосвязью между самими процессами. Динамическая модель продуктивности включает блоки фотосинтеза, дыхания, роста, что позволяет модифицировать блоки с учетом изменения концентрации парниковых газов. Входными параметрами являются:

максимальная температура воздуха, средняя температура воздуха, продолжительность солнечного сияния, осадки, сведения о культурах, детали по вегетационному периоду, широта местности. Практическая реализация модели была выполнена с доработками и изменениями отдельных расчетных зависимостей динамико-статистической модели для посевов хлопчатника, зерновых. Для посевов хлопчатника при оптимальной водообеспеченности ожидается рост урожайности на 3-12%.

Расчет водопотребления хлопчатника по программе CROPWAT (приложение, табл. 7) показывает, что суммарная эвапотранспирация в сценариях изменения климата возрастает в сравнении с базовым вариантом.

Однако, отмечается тенденция снижения затрат воды на единицу продукции.

При изменении климата ожидается повышения урожайности зерновых колосовых культур на 7-15%.

Рис особенно восприимчив к повышению температуры выше 32 °С и в условиях повышения концентрации CO₂ и температуры возможно ожидать снижения урожайности на 10%.

Для люцерны повышение температуры и концентрации углекислого газа будут способствовать увеличению числа укосов и повышению продуктивности.

Изменение климата создаст лучшие условия для ранних овощных культур за счет снижения вероятности весенних заморозков.

В таблице 3 приводятся результаты прогноза урожаев по областям. Урожайность в базовом варианте определена как средняя за последние 5 лет.

Таблица 3 | Изменение урожайности сельхозкультур (ц/га) в зависимости от изменения температуры воздуха на 1-2°С

Область	Хлопчатник		Рис		Кукуруза	
	Базовый	Прогноз	Базовый	Прогноз	Базовый	Прогноз
Каракалпакия	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
Кашкадарья	21,5	23,7			17,6	19,7
Наманган	25,0	27,5	20,9	18,8	41,2	46,1
Самарканд	22,7	24,9	21,6	19,5	29,1	32,6
Сурхандарья	27,0	29,7	25,3	22,8	36,9	41,3
Хорезм	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
Сырдарья	14,4	15,9	22,9	20,6	30,8	34,4
Джизак	15,7	17,3	15,1	13,6	19,9	22,3
Навои	25,6	28,1	15,4	13,8	19,3	21,6

Прогнозируемое изменение климата потенциально содержит положительное воздействие на растения. Однако реализация этого потенциала возможна при обеспечении растений основными факторами производства; питательными элементами, водой, средствами защиты и т.д. На рисунке (приложение, рис. 13) показано семейство зависимостей между урожаями некоторых сельскохозяйственных культур и обеспеченностью растений водой и теплом, которые, показывают, что повышение урожая требует обеспеченности одновременно двумя этими факторами, обеспеченность одним из них на фоне недостаточности другого не позволит достичь увеличения урожая.

Негативным последствием изменения климата является повышением дней со стрессовыми для растений высокими температурами. В таблицах (приложение, табл. 8-10) представлены результаты прогноза частоты возможных стрессовых температур и их отрицательные последствия на развитие растений и урожай.

Особенно опасные последствия стрессовых условий при увеличении количества дней с высокими температурами возникают при низкой водообеспеченности посевов.