



**Программа по адаптации  
к изменению климата и смягчению  
его последствий для бассейна  
Аральского моря (CAMP4ASB)**

Укрепление адаптационного потенциала и  
устойчивости к изменению климата  
в Центральной Азии

**Оценка рисков  
и уязвимости к изменению  
климата (ОРУИК)**

(D-1.7)

Национальный отчет для  
Таджикистана



Joint Venture



## **Программа по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий для бассейна Аральского моря (CAMP4ASB)**

Укрепление адаптационного потенциала и устойчивости к изменению климата в Центральной Азии

## **Оценка рисков и уязвимости к изменению климата (ОРУИК)**

### **(D-1.7) Национальный отчет для Таджикистана**

Подготовили: Георг Петерсен, Рикс Бош, Дмитрий Дядин, Андреа Каттаросси, Кристи Константин

Подготовлено для Регионального Экологического Центра в Центральной Азии (РЭЦЦА)

Дата опубликования: 14.04.2021 г.

(D-1.7) – Оценка рисков и уязвимости к изменению климата (ОРУИК) на национальном и/или субнациональном уровнях

Контракт РЭЦЦА № CCSE-2019-C-034 от 18 марта 2020 г.

# Содержание

|          |                                                                                                   |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                                                              | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>СТРАНОВОЙ КОНТЕКСТ.....</b>                                                                    | <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| 3.1      | РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ .....                                                                       | 5         |
| 3.2      | Последствия для Центральной Азии .....                                                            | 7         |
| <b>4</b> | <b>СЕКТОРАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....</b>                                            | <b>9</b>  |
| 4.1      | СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО .....                                                                          | 10        |
| 4.1.1    | Среднемесячное значение максимальной дневной температуры к 2050 г.....                            | 11        |
| 4.1.2    | Изменение среднегодовых прогнозируемых осадков к 2050 г. ....                                     | 11        |
| 4.1.3    | Максимальное число дней без осадков подряд в Таджикистане за период 1986-2099 гг.....             | 12        |
| 4.1.4    | Месячные осадки: уровень 10-летней повторяемости в Таджикистане за период 2040-2059 гг. ....      | 13        |
| 4.2      | ЭНЕРГЕТИКА .....                                                                                  | 14        |
| 4.2.1    | Среднегодовое изменение температуры .....                                                         | 15        |
| 4.2.2    | Изменение градусо-дней охлаждения за период 2040-2059 гг. ....                                    | 16        |
| 4.2.3    | 5-дневные осадки: уровень 10-летней повторяемости за период 2040-2069 гг. ....                    | 17        |
| 4.2.4    | Засушливые / влажные условия в период 1986-2099 гг. ....                                          | 18        |
| 4.3      | ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ .....                                                                              | 20        |
| 4.3.1    | Изменение среднемесячного количества осадков за период 2040-2059 гг. ....                         | 21        |
| 4.3.2    | Количество дней с очень сильными осадками за период 1986-2099 гг. ....                            | 22        |
| 4.3.3    | 5-дневные осадки: уровень повторяемости за 25 лет за период 2040-2059 гг. ....                    | 23        |
| 4.3.4    | Изменение годовой вероятности сильной засухи .....                                                | 24        |
| 4.4      | ТРАНСПОРТ .....                                                                                   | 25        |
| 4.5      | ЗДРАВООХРАНЕНИЕ .....                                                                             | 26        |
| 4.5.1    | Температура: Пространственная изменчивость рекордно высоких температур.....                       | 27        |
| 4.5.2    | Сезонная изменчивость: Изменение числа жарких дней за период 2040-2059 гг. ....                   | 28        |
| 4.5.3    | Температура: Тропические ночи (>20°C) за период 1986-2099 гг. ....                                | 29        |
| 4.5.4    | Чрезвычайные ситуации: индекс продолжительности периода тепла (ИППТ) за период 2040-2059 гг. .... | 30        |
| 4.6      | ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО .....                                                                            | 31        |
| 4.7      | СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ .....                                                                          | 32        |
| 4.7.1    | Статистика ключевых стихийных бедствий .....                                                      | 33        |
| <b>5</b> | <b>ЦЕПОЧКА ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА .....</b>                                                | <b>35</b> |
| <b>6</b> | <b>ОЦЕНКА РИСКОВ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА .....</b>                                       | <b>37</b> |
| 6.1      | ОБЩИЕ АСПЕКТЫ .....                                                                               | 37        |
| 6.2      | МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТАЦИИ К ОРУИК НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ .....                                        | 39        |
| 6.3      | СТРУКТУРА ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТА .....                                                               | 39        |

|                |                                                                                                           |           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b>       | <b>АНАЛИЗ РИСКОВ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА</b>                                                     | <b>41</b> |
| <b>7.1</b>     | <b>СЕКТОРАЛЬНАЯ УЯЗВИМОСТЬ</b>                                                                            | <b>42</b> |
| <b>7.2</b>     | <b>Воздействие изменения климата</b>                                                                      | <b>44</b> |
| 7.2.1          | Изменение максимальной дневной температуры (TXx)                                                          | 45        |
| 7.2.2          | Изменение продолжительности тепла (Tx90p)                                                                 | 46        |
| 7.2.3          | Изменение общего количества осадков (PrсрTOT)                                                             | 47        |
| 7.2.4          | Обильные осадки (Rx95p)                                                                                   | 48        |
| 7.2.5          | Экстремальные осадки (Rx99p)                                                                              | 49        |
| 7.2.6          | Максимальные дневные осадки (Rx1-day)                                                                     | 50        |
| 7.2.7          | Продолжительность засушливого периода (CDD)                                                               | 51        |
| <b>7.2.8</b>   | <b>Комбинированное воздействие климата</b>                                                                | <b>52</b> |
| <b>7.3</b>     | <b>ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА</b>                                    | <b>53</b> |
| 7.3.1          | Водный стресс                                                                                             | 53        |
| 7.3.1.1        | Дефицит воды (процент от использованных водных ресурсов)                                                  | 53        |
| 7.3.1.2        | Риск засухи (население, вероятность, % водопользования)                                                   | 54        |
| 7.3.2          | Плодородие земель                                                                                         | 55        |
| 7.3.2.1        | Изменение почвенного покрова в 1999-2019 гг. (анализ по NDVI)                                             | 55        |
| <b>7.3.2.2</b> | <b>Комбинированная географическая чувствительность, связанная с изменением климата</b>                    | <b>56</b> |
| <b>7.4</b>     | <b>Социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата / Способность к АДАПТАЦИИ</b> | <b>57</b> |
| 7.4.1          | Валовый национальный доход (HDI) на душу населения (бедность)                                             | 57        |
| 7.4.2          | Индекс человеческого развития (HDI): продолжительность жизни + образование + здравоохранение              | 58        |
| 7.4.3          | Удаленность от рынков                                                                                     | 59        |
| 7.4.4          | Комбинированная социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата                  | 60        |
| <b>7.5</b>     | <b>КАРТА УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА</b>                                                               | <b>61</b> |
| <b>7.6</b>     | <b>ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАРТЫ</b>                                                                                 | <b>62</b> |
| <b>7.6.1</b>   | <b>Сельское хозяйство</b>                                                                                 | <b>62</b> |
| 7.6.1.1        | Изменение продолжительности вегетационного периода                                                        | 63        |
| 7.6.1.2        | Карта землепользования                                                                                    | 64        |
| 7.6.1.3        | Карта изменения почвенного покрова за вычетом влажности почв                                              | 66        |
| 7.6.1.4        | Влияние изменения климата на богарное земледелие                                                          | 67        |
| 7.6.1.5        | Изменение почвенного покрова за 1999-2019 гг. – пахотная земля                                            | 68        |
| <b>7.6.2</b>   | <b>Управление водными ресурсами</b>                                                                       | <b>69</b> |
| 7.6.2.1        | Изменение максимальных 5-дневных осадков (Rx5-day) (как показатель риска паводков)                        | 70        |
| 7.6.2.2        | Изменения риска паводков на реках, связанных с изменением климата, в 2050 г. по сравнению с 2010 г.       | 71        |
| <b>8</b>       | <b>ПОСЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ</b>                                                                                   | <b>72</b> |

## Сокращения

|          |                                                                                                     |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ЦА       | Центральная Азия                                                                                    |
| CAMP4ASB | Программа по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий для бассейна Аральского моря |
| РЭЦЦА    | Региональный Экологический Центр в Центральной Азии                                                 |
| УП       | Укрепление потенциала                                                                               |
| ИК       | Изменение климата                                                                                   |
| ОРУИК    | Оценка рисков и уязвимости к изменению климата                                                      |
| МГЭИК    | Межправительственная группа экспертов по изменению климата                                          |

# 1 ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата требует адаптации на всех уровнях: от местного до национального и регионального уровней. Чтобы быть успешными, адаптационные мероприятия следует координировать между административными уровнями и согласовывать между секторами для реагирования на прямые и косвенные последствия изменения климата. Оценка рисков и уязвимости к изменению климата (ОРУИК) – это системный подход для построения связи между воздействием изменений климата на территорию страны или региона и наиболее эффективными адаптационными мероприятиями.

Подход ОРУИК основан на введении таких понятий, как чувствительность, адаптационная способность и уязвимость, в процесс адаптационного планирования. Определяя последствия и выявляя уязвимость, он устанавливает масштаб необходимых адаптационных мероприятий и обеспечивает целевой подход к многосторонним проблемам. Также важно то, что он позволяет выявить важнейшие глубинные факторы, вызывающие или обостряющие секторальную уязвимость, которые могут быть проявлением самого воздействия климата, а могут и не быть. Результатом данного процесса является ряд приоритетных мероприятий для регионов и секторов и между ними.

После проведения оценки можно сформулировать, проанализировать, распределить по приоритетности и выбрать возможные варианты по адаптации. На этом этапе можно организовать механизм реализации, а также определить потребность в какой-либо технической поддержке и укреплении потенциала. Процесс ОРУИК также предоставляет вводную информацию для разработки надежной и практичной основы для мониторинга и оценки, которая нужна для обеспечения обратной связи с разработчиками политики и для построения знаний об устойчивости к изменению климата в регионе.



## 2 СТРАНОВОЙ КОНТЕКСТ

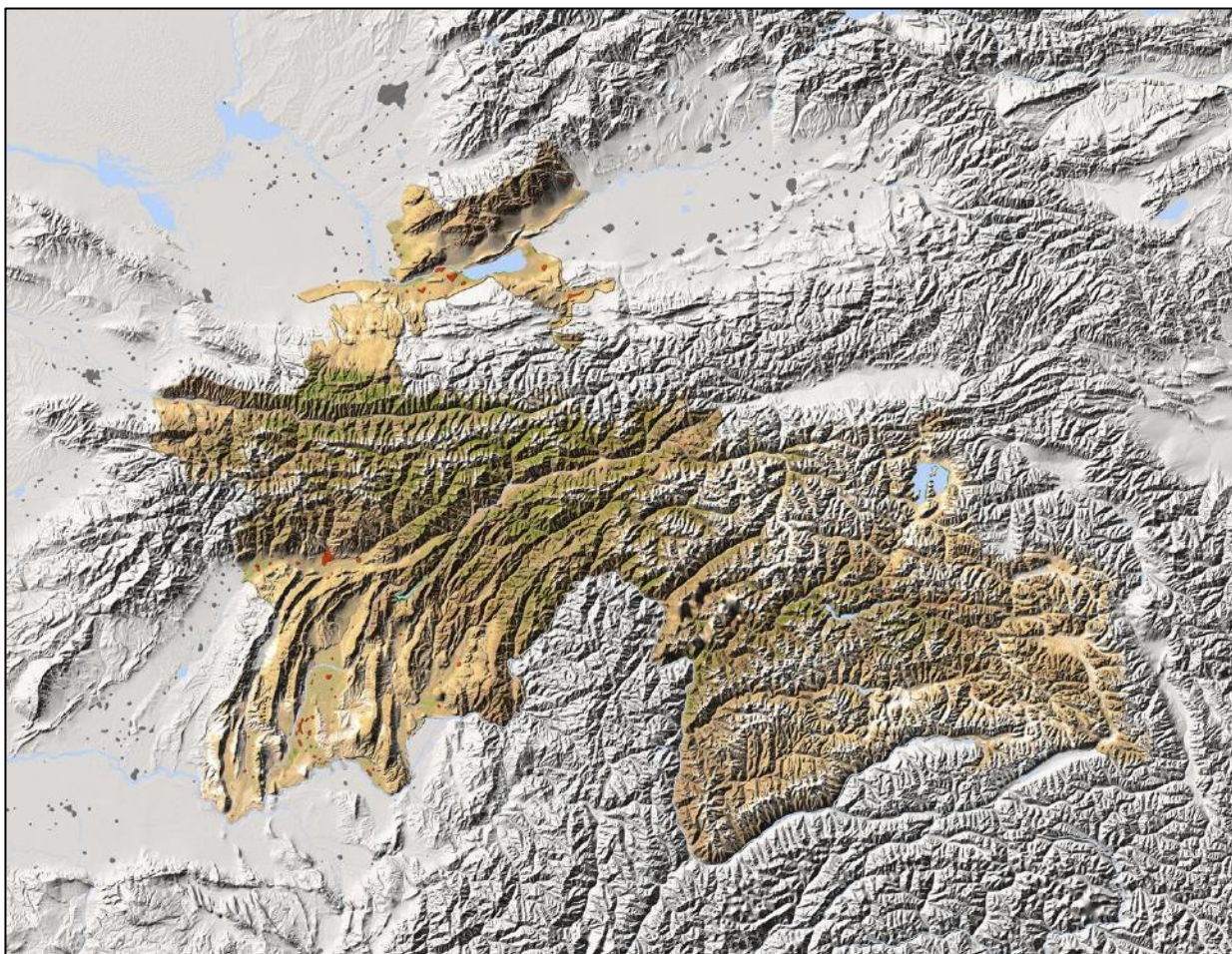


Рисунок 1: Карта Таджикистан

Республика Таджикистан – страна в Центральной Азии, не имеющая выхода к морю. Горы высотой от 300 м до 7500 м занимают около 93% ее территории. Почти 50% территории Таджикистана находится на высоте более 3 000 м над уровнем моря. В Таджикистане около 1300 озер, и основные реки Центральной Азии, Амударья и Сырдарья, протекают через Таджикистан. Ледники занимают около 6% общей площади страны. Они выполняют важную функцию, удерживая воду, контролируя сток и регулируя климат. Ледники и вечная мерзлота – главный источник воды, питающий бассейн Аральского моря. Около 70% населения Таджикистана занято в сельском хозяйстве, что составляет около 25% валового внутреннего продукта. В стране есть большие запасы природных ресурсов, таких как вода, уголь, нефть, газ, ртуть, золото, серебро, соль, известняк, мрамор и глина. Водные ресурсы используются для выработки около 95% всей электроэнергии.

Министерство энергетики и водных ресурсов является государственным исполнительным органом, руководящим реализацией единой государственной политики в топливно-энергетическом секторе,

управлении водными ресурсами и продвижении использования возобновляемых источников энергии в Таджикистане. Министерство принимает непосредственное участие в решении вопросов изменения климата для выполнения функций, связанных с механизмом чистого развития Киотского протокола и координации с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций по изменению климата. Таджикистан ратифицировал Парижское соглашение 22 марта 2017 г. Также имеется Предполагаемый Вклад, определяемый на национальном уровне страны<sup>1</sup> (Рисунок 2, 3).



Рисунок 2: Климатическая готовность Таджикистана к изменению климата

<sup>1</sup> <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=TJK>



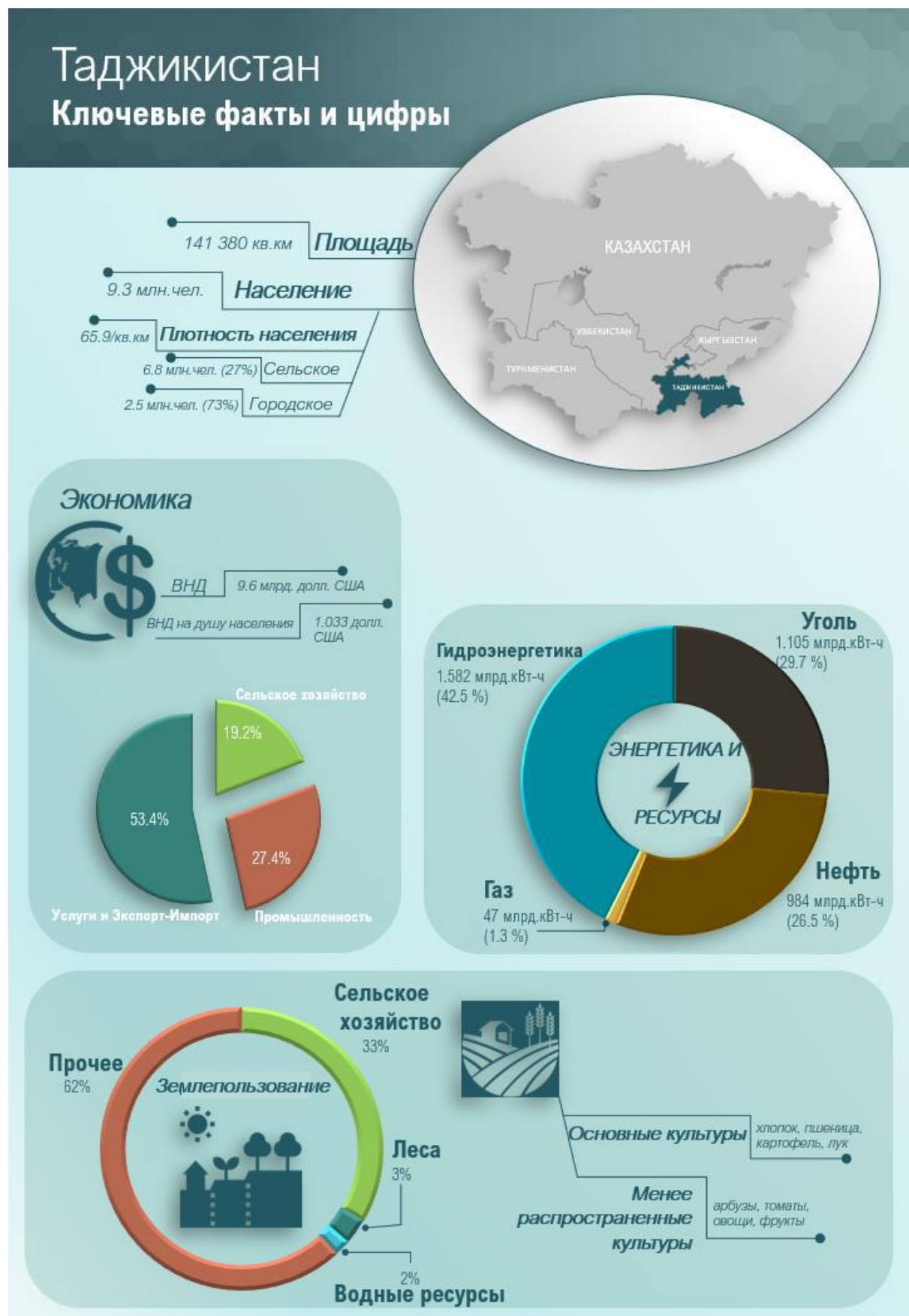


Рисунок 3: Таджикистан – основные факты и цифры

## 3 ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

### 3.1 Региональные процессы

На климат в Центральной Азии воздействуют различные климатические системы:

- Струйное течение / вихри Россби
- Западные ветры (дожди)
- Антициклоны (Сибирский / Персидский)
- Сезон дождей (избыток осадков)
- Ла-Нинья (засуха)

**Струйное течение и вихри Россби** являются стимулирующим механизмом для продвижения циклона и антициклона к востоку. Скорость движения вихрей Россби зависит от разницы

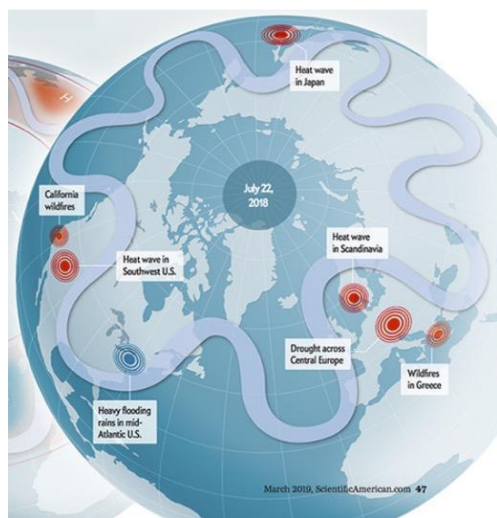


Рисунок 4: Майкл Э. Манн, «Погодный усилитель. Странные волны в струйном потоке предсказывают будущее, полное волн тепла и наводнении

температур между Северным полюсом и территориями с умеренным климатом. Меньшая разница температур, наподобие вызываемой изменением климата, приводит к снижению скорости или даже остановке вихрей Россби. В результате погода между вихрями стабилизируется. Для Центральной Азии это означает летнюю фиксацию областей высокого давления, приводящую к жаре и засухе (Рисунок 4).

Типичным результатом остановки вихрей Россби является жара и засуха в одном регионе, и параллельно она приводит к чрезмерному выпадению осадков в соседних областях.

**Западные ветры** приносят влагу Атлантики и Средиземного моря в Центральную Азию. Зимой Западные ветры находятся под сильным влиянием Сибирского антициклона, летом – Персидского антициклона.

Ослабление **Сибирского антициклона** приводит к более теплым и коротким зимам, осадкам на более низких высотах и большему выпадению осадков в северных частях Центральной Азии. Оно также позволяет Балтийскому циклону оказывать большее воздействие в регионе.

Летом **Персидский антициклон** находится под давлением антициклона Сахары и всё больше вытесняется по направлению Каспийского моря. В результате западные ветры поворачиваются к югу и приносят теплые летние дожди в южные регионы, такие как Пакистан. Этот процесс в дальнейшем усиливается остановкой вихрей Россби.

**Муссоны** продвигаются к северо-западу и становятся более обильными в результате тепла от Индийского океана. Поэтому возрастает вероятность, что муссоны перейдут через хребет Гиндукуш. Это особенно влияет на Памир и в меньшей степени на Тянь-Шань, вызывая обильные осадки. (Рисунок 5).



Рисунок 5: Основные климатические системные процессы, воздействующие на климат Центральной Азии

Горы являются основной географической особенностью Центральной Азии, имеющей решающее значение для климата и водных ресурсов региона. Западные ветры теряют влажность, когда они



вытесняются над горами. В результате вышеописанных процессов больше осадков выпадает в виде дождя, осадки наблюдаются на более низких высотах, и температура на больших высотах растёт. Это приводит к таянию ледников (Рисунок 6).

## Погода и водные ресурсы в горах

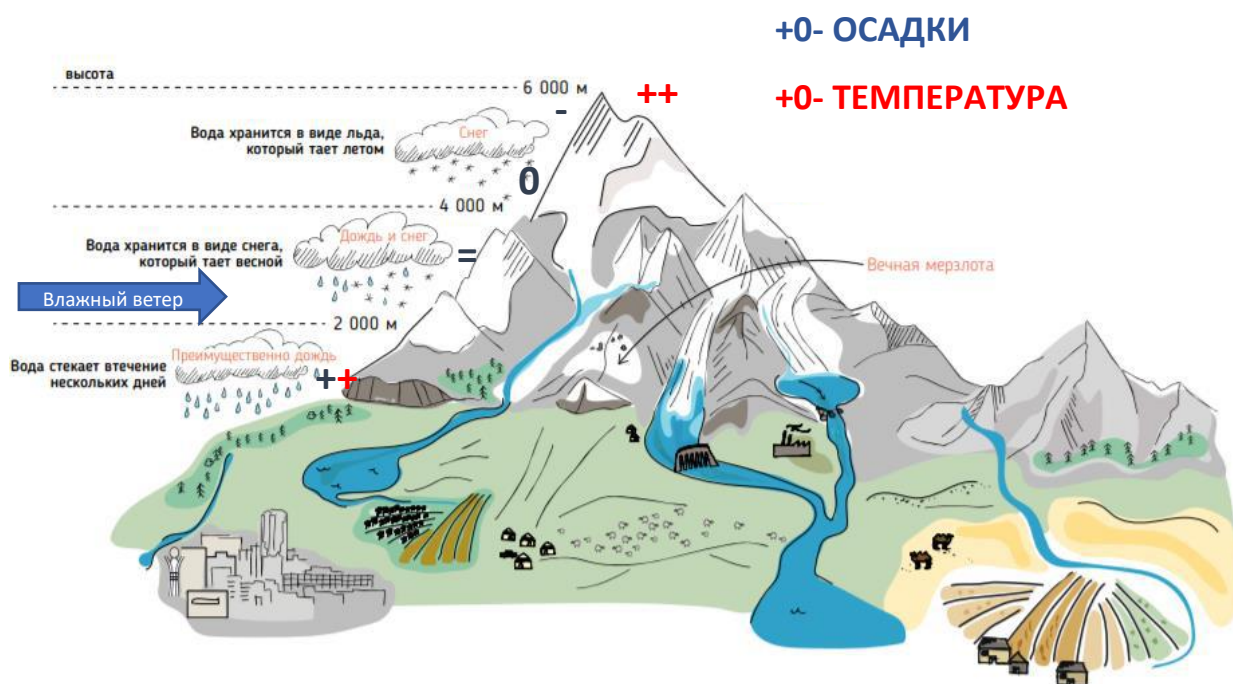
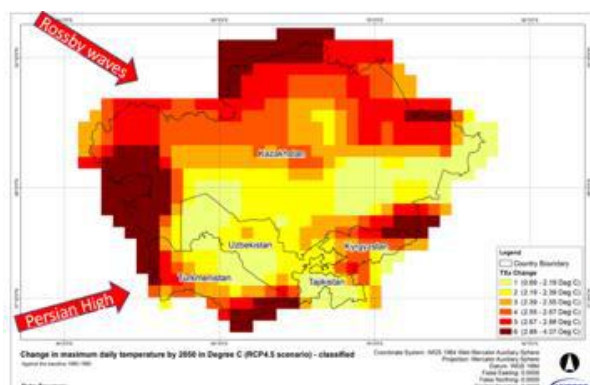


Рисунок 6: Изменения температуры и осадков с высотой

## 3.2 Последствия для Центральной Азии

В качестве результата вышеописанных климатических процессов подготовлены следующие карты воздействия изменения климата для Центральной Азии (Рисунок 7).

### Жара



### Засуха

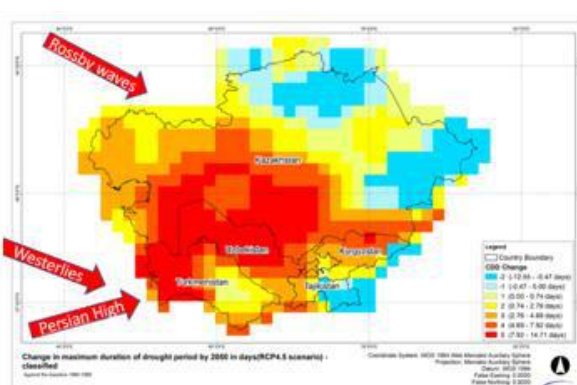


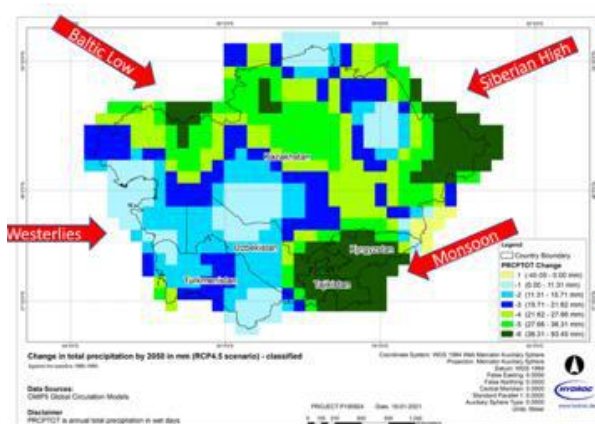
Рисунок 7: Воздействие изменения климата на Центральную Азию

Жара и засуха в основном управляются теми же климатическими процессами.

- Прекращение вихрей Россби летом останавливает движение антициклонов на восток, приводя к периоду жары и засухи

Движение на север Персидского антициклона вызывает сухую и жаркую погоду и поворачивает влажные западные ветры на юг. В результате жара и ее продолжительность в Центральной Азии возрастают за исключением области Памира. На северо-востоке региона это приводит к сокращению периодов засухи (Рисунок 8).

#### Всего осадков



#### Чрезмерное выпадение осадков

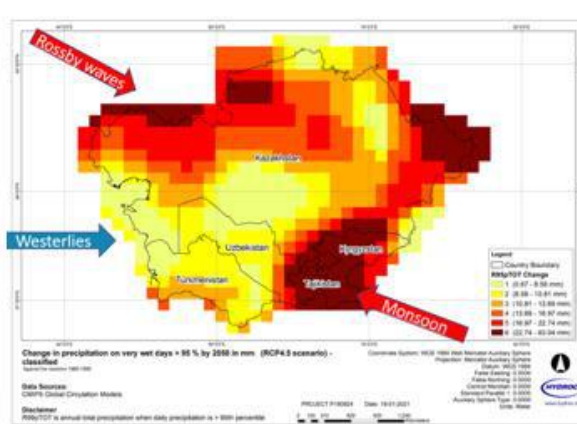


Рисунок 8: Карты осадков

Движение муссона на северо-запад вызывает сильные осадки на юго-западе Центральной Азии;

- Западные ветры приносят теплые дожди, Балтийский циклон несет дождь;
- Ослабление Сибирского антициклона зимой оказывает большее влияние на западные ветры, Балтийский циклон и осадки на более низких высотах. В результате суммарное количество осадков в Центральной Азии увеличивается, особенно в горных районах;
- Муссоны продвигаются на северо-запад и становятся более обильными;
- Прекращение вихрей Россби приводит к циклонам и антициклоны задерживаются на месте на более долгий период. В результате погода может оставаться одинаковой более длительное время. Летом это приводит к засухе, но также к увеличению обильных осадков. Этот эффект сильнее всего проявляется в горных районах.



## 4 СЕКТОРАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Информация и анализ, приведенные в этом разделе, объединяют новые результаты и анализ данного исследования и графики, взятые с Портала знаний по изменению климата Всемирного банка<sup>2</sup>.

Дополнительная информация и графики также представлены в разделе «Анализ уязвимости к изменению климата» настоящего отчета (Рисунок 9).

Рисунок 9

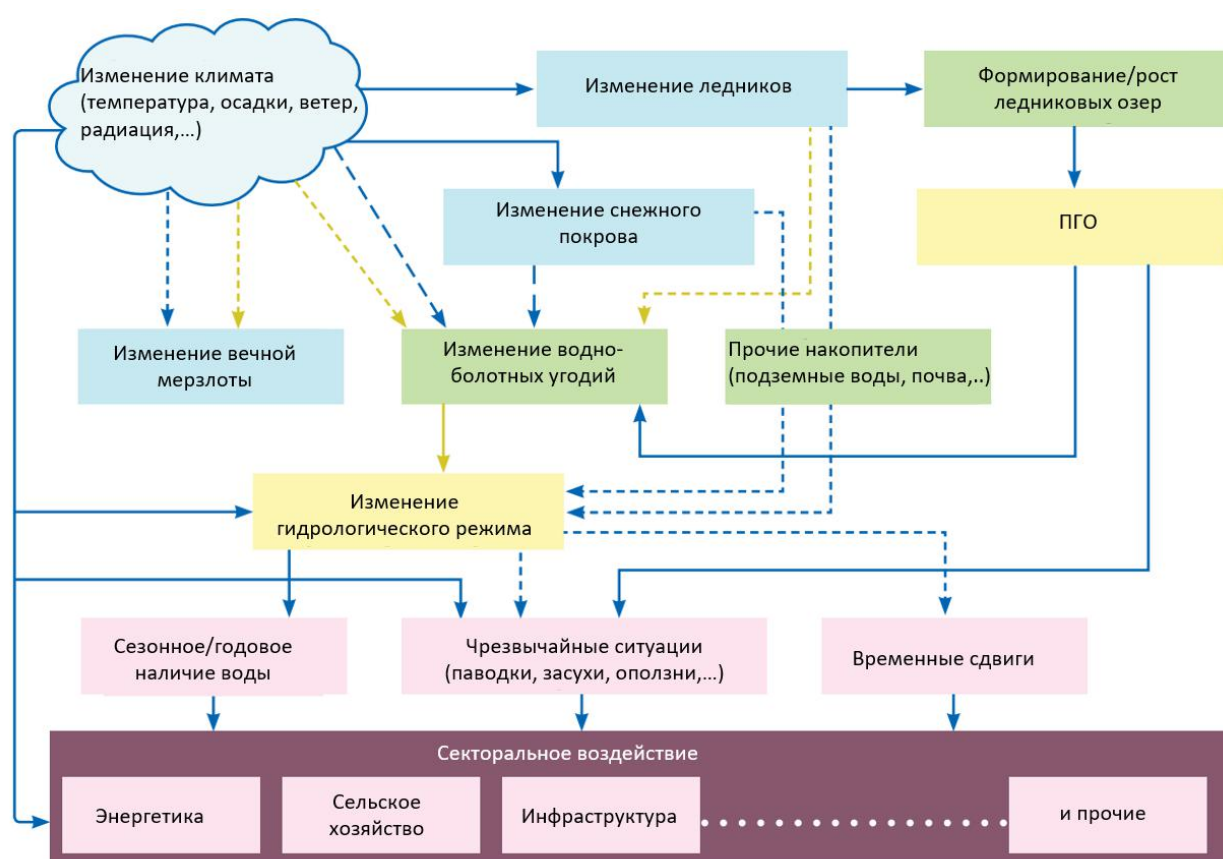


Рисунок 9: Концептуальная схема воздействия климата.

Источник: Воздействие изменения климата на криосферу, гидрологические режимы и ледниковые озера региона Гиндукуш-Гималаи, Луц и др., ICIMOD, 2016 г.

<sup>2</sup> <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

## 4.1 Сельское хозяйство

Продовольственная безопасность будет находиться под угрозой вследствие прогнозируемых последствий глобального изменения климата и чрезвычайных погодных условий на питательную ценность и урожайность культур, поголовье скота, рыбное хозяйство и аквакультуру, землепользование. Изменения климата уже повлияли на возможность выращивания культур во многих районах, приводящую к изменениям уровня производства основных сельскохозяйственных культур. На производство сельхозкультур отрицательно влияет возрастание как прямых, так и косвенных климатических крайностей. Прямые чрезвычайные погодные условия включают экстремальные изменения количества дождей, увеличение жарких ночей, крайне высокие дневные температуры, засуху, тепловой стресс, паводки и ущерб от похолодания. Косвенные последствия включают распространение вредителей и болезней, которые также могут иметь пагубное воздействие на системы земледелия<sup>3</sup>.

Некоторые прямые последствия изменений климата в сельскохозяйственном секторе, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 1).

Таблица 1: Перечень воздействий, которые различные климатические индикаторы оказывают на сельскохозяйственный сектор Таджикистана

| Жара                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Осадки                                                                                                                                                                                                                                       | Избыточные осадки                                                                                                                                       | Засуха                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когда температура поднимается выше 37°C, большинство культур испытывают стресс или вообще перестают расти. Температура выше 40°C может сделать растения бесплодными. Такой риск существует особенно для Хатлонской области. Также с повышением температуры вредители и болезни развиваются раньше в сезоне.<br>Ранняя жара снизит цветение злаков, что приведет к снижению урожая. Пригодность культур меняется | В целом, большее количество осадков, ожидаемое почти по всей стране, увеличило бы урожайность. Однако ожидаемый сдвиг сезонности и увеличение частоты выпадения обильных осадков будет в сущности исключать положительное влияние на сектор. | Увеличение обильных осадков вызывает эрозию и заболачивание, снижение фильтрации и поэтому меньшую эффективную влагоемкость. Риск ущерба/гибели культур | Засушливый период подвергает большому стрессу рост культур и увеличивает потребность в воде для богарных и орошаемых возделываемых земель. Он также влияет на производство кормов для скота. Растет ущерб от природных пожаров. Увеличивается деградация земель и ветровая эрозия |

<sup>3</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Связи между изменением климата и его воздействием на сельскохозяйственный сектор исследуются далее в следующих разделах.

#### 4.1.1 Среднемесячное значение максимальной дневной температуры к 2050 г.

Теплые условия в дневное время важны для циклов роста культур. Однако существуют верхние тепловые пределы, вне которых урожайность культур снижается или останавливается. Этот порог различен для каждого вида культур. Поскольку температуры глобально растут, оценка локальных тенденций максимальных дневных температур важна, т.к. она дает способ оценить, могут ли верхние пределы достигаться чаще и каково их возможное влияние на общую урожайность (Рисунок 10).

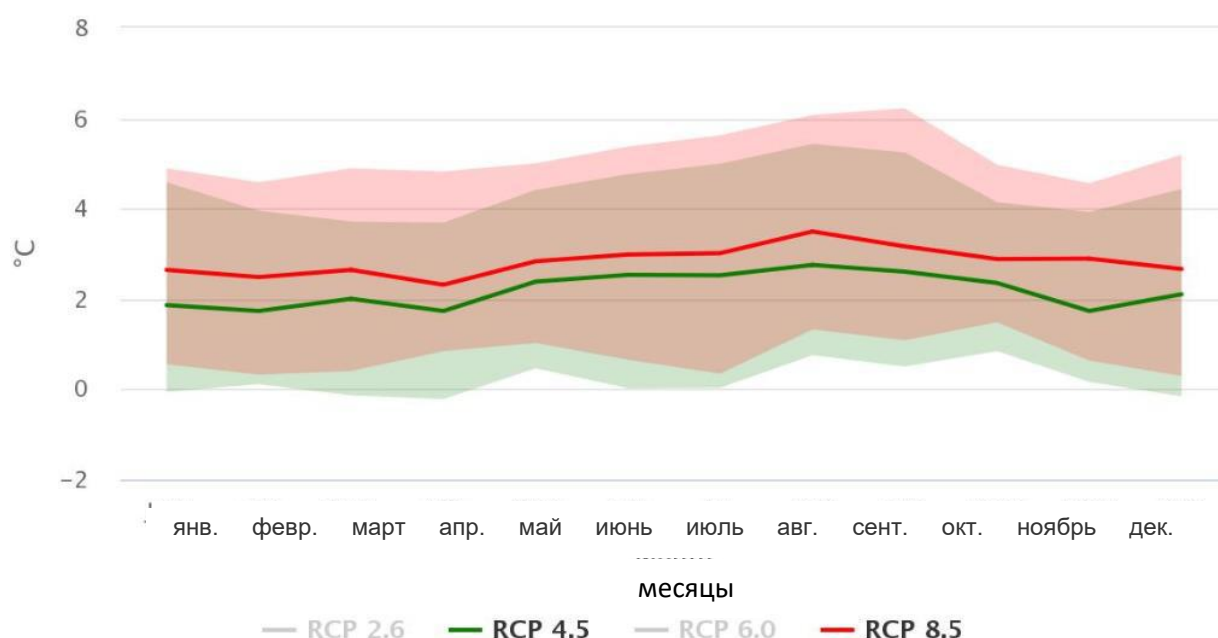


Рисунок 10: Прогнозируемое изменение среднемесячного значения максимальной дневной температуры к 2050 г. в сравнении со базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках всех сценариев RCP системы моделирования CIMP5. Положительные значения показывают, что самые высокие дневные температуры будут вероятно возрастать по сравнению с базовыми, и наоборот. Затемненная область отображает амплитуду или разброс между 10-м и 90-м перцентилем для всех проанализированных моделей.

#### 4.1.2 Изменение среднегодовых прогнозируемых осадков к 2050 г.

Годовые осадки являются одним из наиболее фундаментальных климатических условий для богарного земледелия и производительности животноводства. Их увеличение или снижение в предстоящие десятилетия могло бы определить, останутся ли жизнеспособными определенные культуры и сельскохозяйственные методы, потребует ли уменьшение объема имеющейся воды

перехода на более засухоустойчивые культуры или потребуются ли фермерам предпринимать капиталовложения в ирригацию. Годовое количество осадков дает важнейшие предпосылки, на базе которых могут стать важными другие факторы, такие как временные пробелы между отдельными дождями, наличие воды в ключевые моменты сезонного цикла или интенсивность конкретного выпавшего дождя. Вместе с этими прочими индикаторами среднегодовые осадки – это полезный критерий в оценке водного баланса для обеспечения устойчивого производства продовольствия (Рисунок 11).

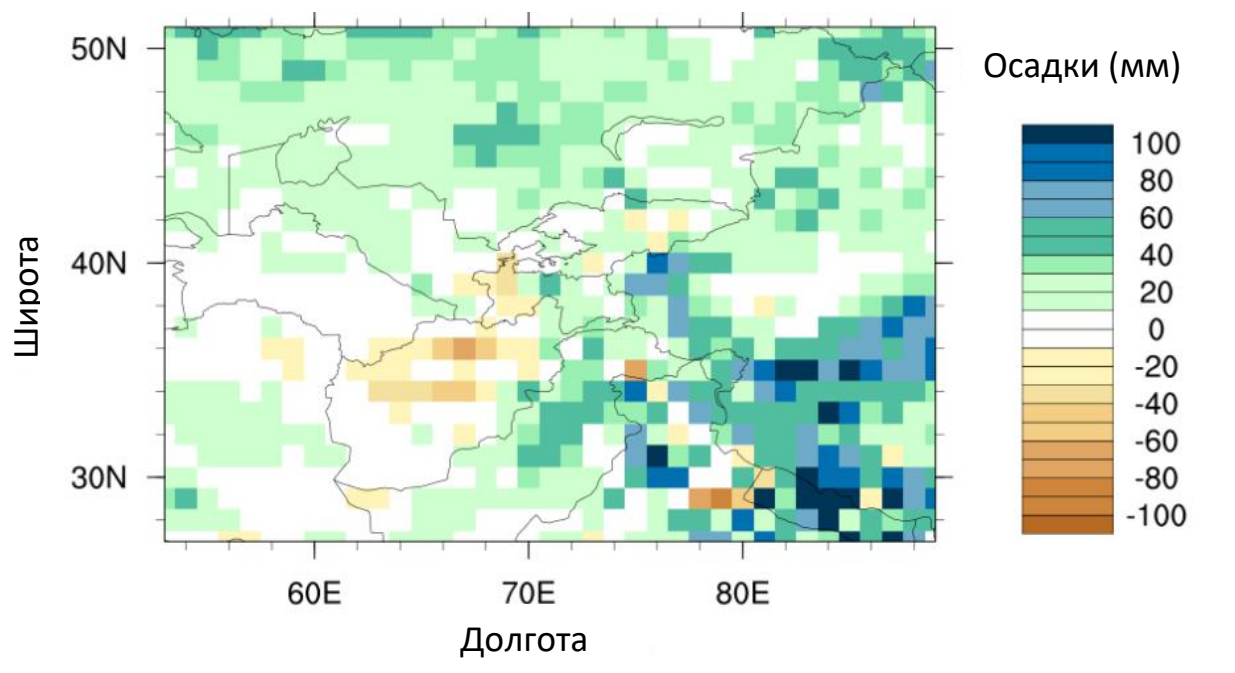


Рисунок 11: Прогнозируемое изменение среднегодовых осадков к 2050 г. по сравнению со базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках RCP 8.5 системы моделирования CIMP5. Голубые/зеленые области вероятно получают больше дождевых осадков за год по сравнению с базовым периодом и коричневыми/желтыми областями.

#### 4.1.3 Максимальное число дней без осадков подряд в Таджикистане за период 1986-2099 гг.

«День без осадков» – это день без какого-либо сельскохозяйственно-значимого дождя, который в целом определяется порогом 0.1 мм/сут. Максимальное число дней без осадков подряд является важным показателем для богарного земледелия, т.к. оно напрямую влияет на влажность почвы, а, следовательно, на рост культур. Одним из результатов потепления климата является увеличение контраста: дождевые осадки выпадают, но становятся более сильными, а в сухую погоду может становиться еще суше. Тенденция роста числа дней без дождя подряд и более высоких температур будет повышать испарение и добавит нагрузку на ограниченные водные ресурсы, воздействуя на орошение и других водопользователей. Длительные последовательные периоды дней без или с

малым количеством осадков также могут привести к засухе. В общем, ожидается, что среднегодовое максимальное число последовательных дней без осадков возрастет для сценариев более высоких выбросов (Рисунок 12). Однако, некоторые культуры могут выиграть от этого изменения, особенно когда засушливые условия существуют в конкретных частях цикла культуры.

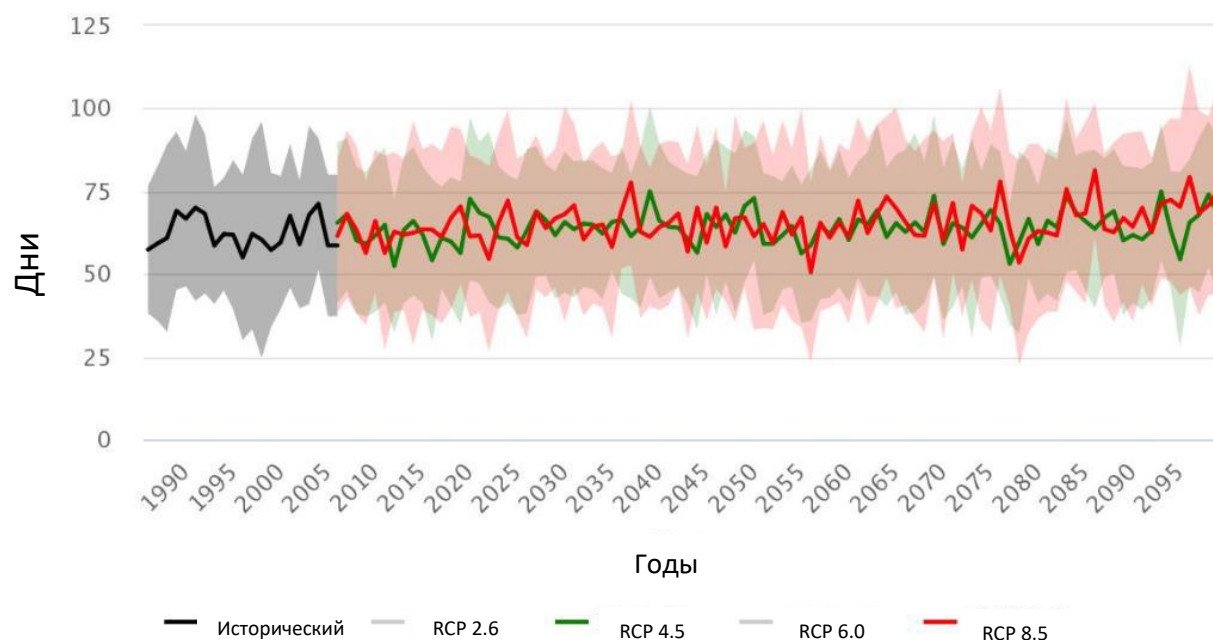


Рисунок 12: Максимальное зафиксированное число последовательных дней без осадков (ПДБО) в год за 1986-2005 гг., и прогнозируемое максимальное количество ПДБО за 2020-2100 гг. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Отметим, что затемненный диапазон (или разброс модели) иллюстрирует межмодельные различия, здесь используется +/- одно стандартное отклонение. Причиной использования более узкого показателя по сравнению с 10-м и 90-м процентилем является то, что межмодельная разница велика для осадков, и особенно для подсчета дождливых дней.

#### 4.1.4 Месячные осадки: уровень 10-летней повторяемости в Таджикистане за период 2040-2059

Ожидаемое последствие изменения климата — это увеличение изменчивости климата. В особенности теплый воздух имеет более высокую способность переносить влажность в виде водяного пара, который затем доступен для выпадения в форме дождевых осадков. Это в общем зависит от территории, если среднегодовое количество осадков имеет положительную или отрицательную тенденцию, но критические значения могут изменяться более систематически в направлении более интенсивных случаев. С каждым градусом Цельсия способность воздуха переносить влагу возрастает на ~7%. Поэтому систематическое потепление на доли градуса может привести к существенному увеличению влаги, которая потенциально может переноситься и проливаться дождем (хотя не каждый дождь будет более интенсивным). Обильные дожди напрямую влияют на



сельское хозяйство, где они могут нанести урон культурам, затопить поля и водотоки, кроме того, вода может вымывать из почвы питательные вещества или сами почвенные массы (Рисунок 13).

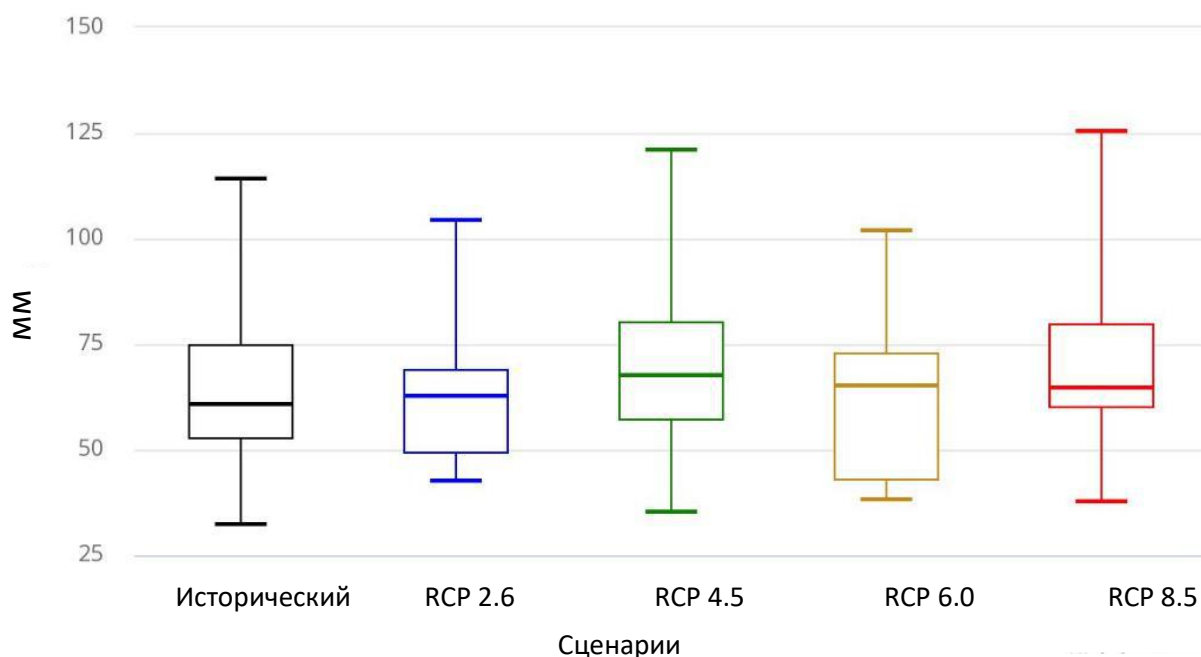


Рисунок 13: Изменение зафиксированных максимальных месячных осадков за 1986-2005 гг. и прогнозируемый уровень 10-летней повторяемости максимальных месячных осадков к 2050 г. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Этот индикатор направлен на количество максимальных месячных осадков, которое можно ожидать в 10-летний период.

## 4.2 Энергетика

Энергетический сектор связан с колебаниями и изменением климата различными способами. С одной стороны, общая выработка энергии вносит большой вклад в изменение климата посредством выброса парниковых газов. С другой стороны, она также подвергается разнообразным воздействиям колебаний и изменений климата посредством изменений в энергоснабжении (например, перебои в эксплуатации и распределении энергии) и спроса (растущее население и развивающаяся потребность в электроэнергии). Последствия могут быть сложными, как положительными, так и отрицательными.

Некоторые из самых непосредственных последствий, которые изменение климата может вызывать в энергетическом секторе, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 2).

Таблица 2: Перечень воздействий, которые различные климатические индикаторы оказывают на энергетический сектор Таджикистана

| Жара                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Осадки                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Избыточные осадки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Засуха                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ископаемое топливо требует воду для охлаждения.<br>Повышение температуры водных объектов неизбежно вызовет снижение охлаждающей способности.<br>Кроме того, вода, сбрасываемая в окружающую среду из охлаждающих систем, будет иметь более высокую температуру, повышая таким образом экологические риски.<br>Ожидается, что энергия, необходимая для охлаждения, возрастет до 25%.<br>Снижена КПД выработки<br>Снижена мощность передачи | Большее количество осадков означает увеличение расхода рек и гидроэнергетического потенциала. Однако появление более экстремальных осадков означает, что водохранилища должны будут повысить свою способность сдерживать опасные наводнения, что снизит общую эффективность гидроэнергетических систем. | Вследствие возросших рисков паводков нормальные уровни эксплуатации должны быть снижены, таким образом уменьшая общий КПД выработки энергетических систем. Кроме того, риск возникновения паводков может препятствовать передаче и транспортировке электроэнергии. В дополнение к этому, большие паводки вызовут большой перенос наносов, увеличение мутности воды и усиленный износ механического оборудования. | Засухи ограничивают наличие воды, необходимой для охлаждения электростанций на ископаемом топливе, что снижает выработку электроэнергии. Чтобы учесть более частые засухи, в водохранилищах необходимо накапливать больше воды, снижая таким образом выработку электроэнергии. |

Связи между изменением климата и его воздействием на энергетический сектор исследуются далее в следующих разделах.

#### 4.2.1 Среднегодовое изменение температуры

Годовая температура дает возможность широчайшей оценки климата в регионе. Важно выявить изменение этой величины с течением времени, так как она отражает ожидаемое воздействие на общие потребности в нагреве или охлаждении, один из ведущих факторов для широких нужд энергетики. Во многих странах изменения температуры довольно равномерно распределены на протяжении года и поэтому среднегодовые изменения являются репрезентативными. Однако, иногда изменения более ярко выражены в отдельных сезонах, особенно на больших высотах, и тогда следует принимать во внимание изменения на протяжении сезонного цикла. Кроме того, экстремальные значения могут не сопровождать изменения средней температуры линейно. Но в общем среднегодовое изменение температуры предлагает последствия первого порядка при изменении климата с более быстрым изменением некоторых регионов по сравнению с другими (Рисунок 14).

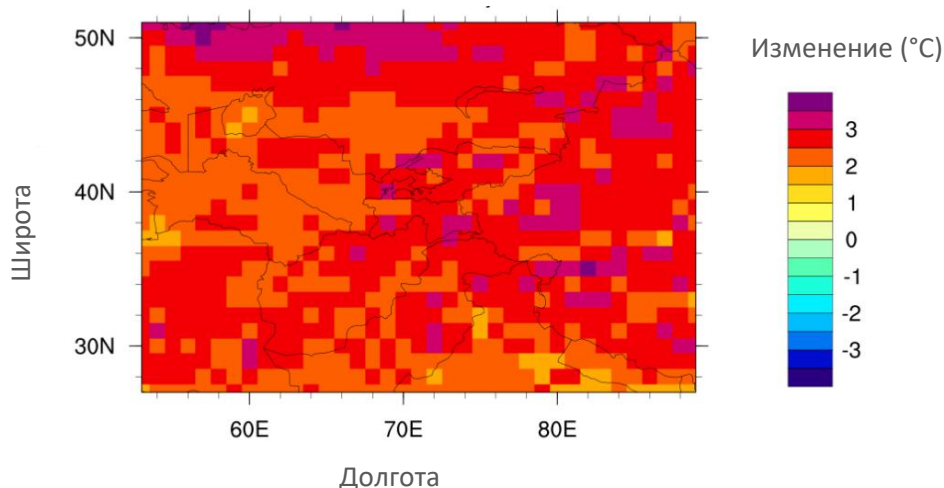


Рисунок 14: Прогнозируемое изменение среднегодовой температуры к 2050 г. по сравнению со базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках RCP 8.5 системы моделирования CIMP5. Фиолетовые/красные области вероятно испытывают повышение годовой температуры по сравнению с базовым периодом. В то же время, голубые/зеленые области вероятно испытывают понижение годовой температуры.

#### 4.2.2 Изменение градусо-дней охлаждения за период 2040-2059 гг.

Связь дневной жары со спросом на электрическую энергию можно оценить посредством величины, называемой градусо-днями охлаждения. Эта величина суммирует температуры выше порога 18°C, который ориентировочно соответствует комфортным условиям жизни. Градусо-дни охлаждения охватывают величину жары, от которой общество хотело бы избавиться на время посредством какой-либо формы активного охлаждения, будь то кондиционирование воздуха или процессы испарения, которые обычно требуют применение насосов для воды. Месячные изменения дают понимание потенциально продолжительных периодов потребности в электроэнергии для охлаждения или показывают, когда в течение года вероятно возникновение большего спроса на электроэнергию. Низкие выбросы, связанные со сценарием RCP2.6, вероятно приведут к значительно меньшему потеплению, чем высокие выбросы RCP8.5, с промежуточными сценариями где-то между ними (Рисунок 15).

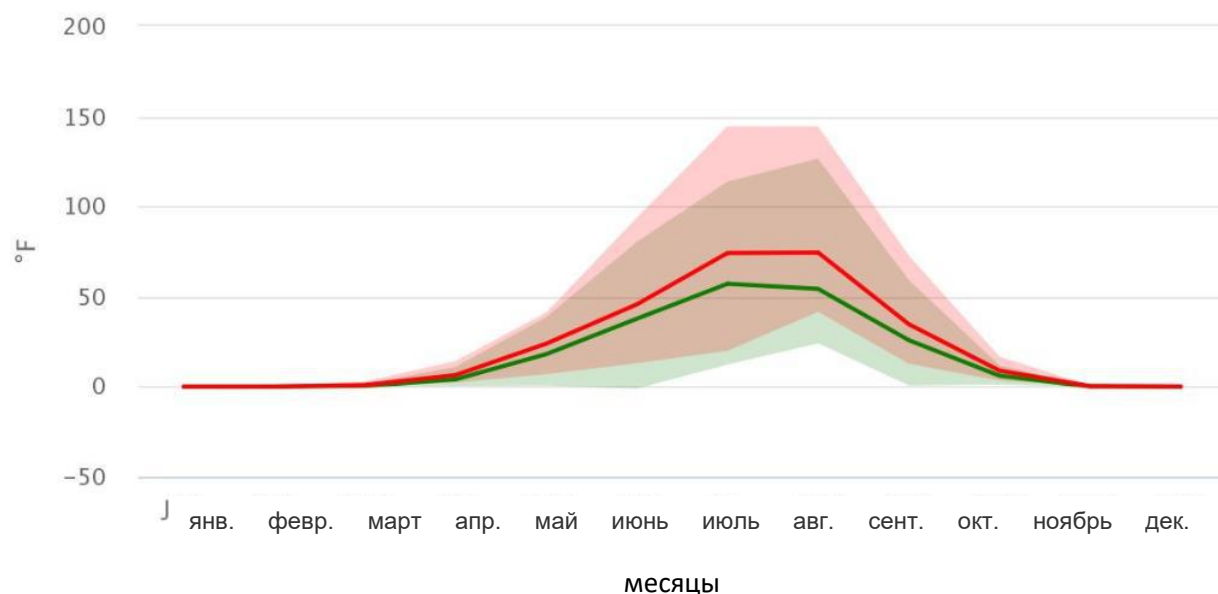


Рисунок 15: Прогнозируемое изменение градусо-дней охлаждения в месяц к 2050 г. в сравнении с базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках всех сценариев RCP системы моделирования CIMP5. Положительные значения показывают, что градусо-дни охлаждения будут вероятно уменьшаться по сравнению с базовыми, и наоборот. Затемненная область отображает амплитуду между 10-м и 90-м процентилем модельных проекций.

#### 4.2.3 5-дневные осадки: уровень 10-летней повторяемости за период 2040-2069 гг.

Поскольку более теплый воздух имеет более высокую способность переносить влажность в виде водяного пара, в будущем возрастает вероятность сильных ливней, особенно по направлению к критическим значениям. Случаи повторяемости ливневых дождей в 10-летний период, таких как 5-дневное кумулятивное количество осадков, являются хорошим критерием таких экстремальных явлений

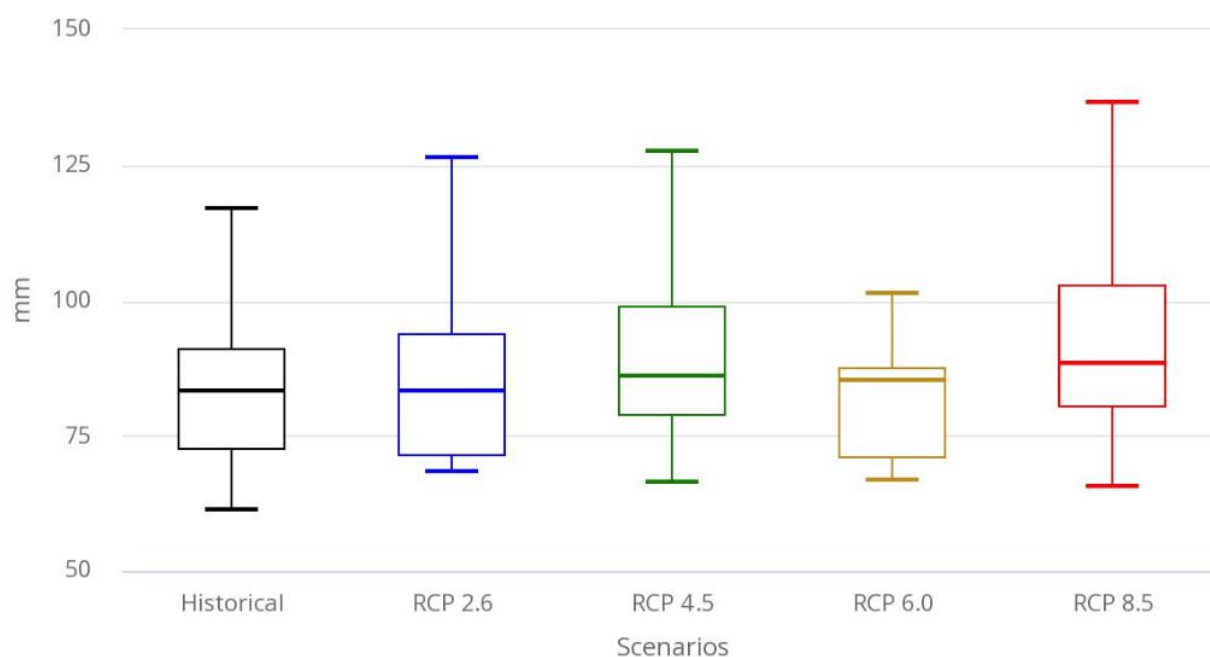


Рисунок 16). Во многих местах по всему миру прогнозируют, что максимальное ожидаемое количество дождей в 10-летний период возрастет, что может привести к наводнениям.

В результате может существенно пострадать выработка электроэнергии. Например, линии транспортировки топлива могут быть повреждены локальным паводком, или распределительные сети могут пострадать от слишком обильных дождей и затопления (Рисунок 16).

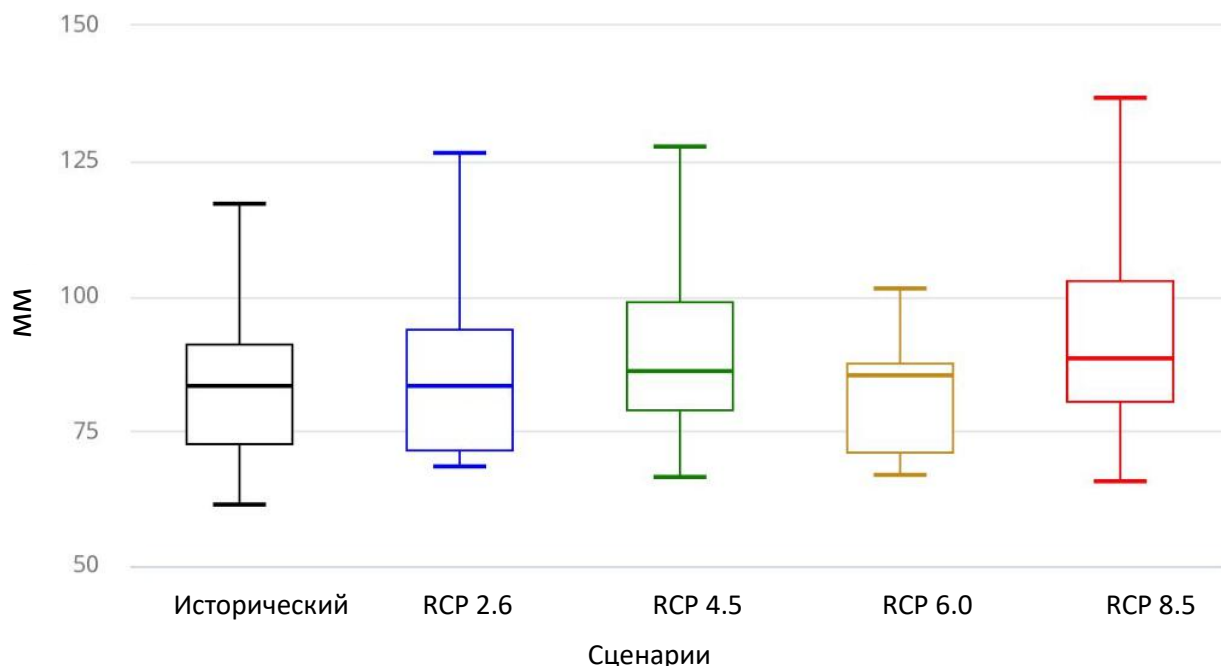


Рисунок 16: Зафиксированное 5-дневное кумулятивное количество осадков за 1986-2005 гг. и прогнозируемый уровень 10-летней повторяемости 5-дневных кумулятивных осадков к 2050 г. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Этот индикатор направлен на 5-дневное кумулятивное количество осадков, которое можно ожидать в 10-летний период.

#### 4.2.4 Засушливые / влажные условия в период 1986-2009 гг.

Направление изменений засушливых или влажных условий дает понимание увеличения или снижения давления на водные ресурсы непосредственно при выработке электроэнергии или косвенно посредством охлаждения. В масштабе регионов тенденции в общем достаточно хорошо



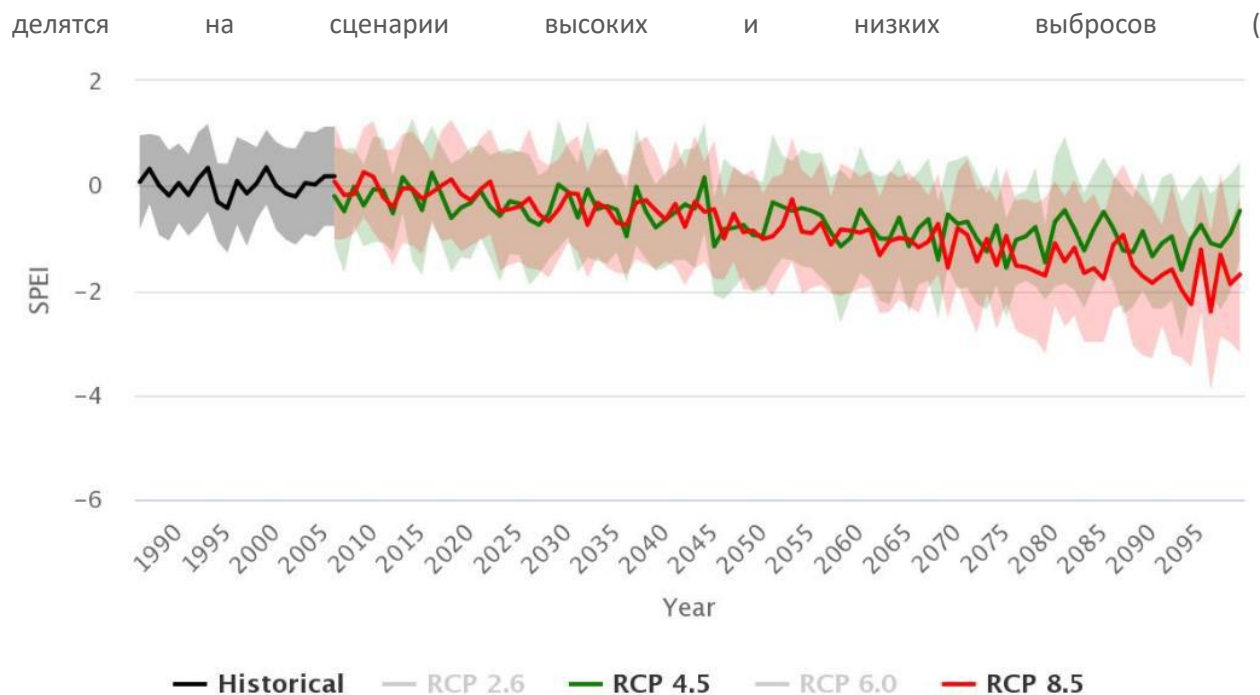


Рисунок 17). Спрос на электроэнергию и ее производство также привязаны к наличию воды. Очевидно, в наибольшей степени это имеет место в системах гидроэнергетики. Но засушливые условия также могут сопровождаться более высокими температурами и, поэтому, повышенной потребностью в охлаждении и увеличением спроса на насосную подачу воды, особенно в регионах интенсивного земледелия. С точки зрения производства электроэнергии, вода требуется для охлаждения электростанций.

Если воды недостаточно, то охлаждение ограничено и производство может замедляться. В некоторых местах существуют системы контроля, препятствующие электростанциям вызывать повышение температуры возвратных вод выше конкретных пределов, опасных для местных рыб и растений. Эти пороговые значения достигаются быстрее, если скорость потока медленная в засушливых условиях. Слишком большая влажность также может быть проблемой в некоторых регионах, поскольку может потребоваться водоотведение (Рисунок 17).

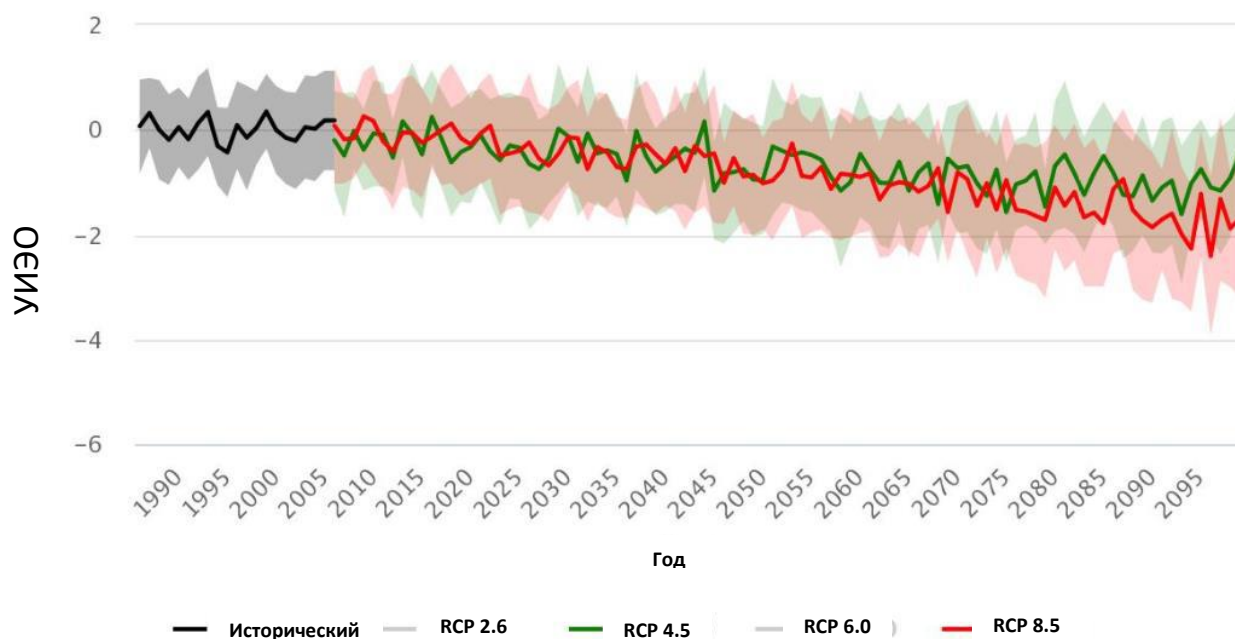


Рисунок 17: Средний индекс засушливости (или унифицированный индекс эвапотранспирации осадков, УИЭО) в год за 1986-2005 гг., и прогнозируемый УИЭО за 2020-2100 гг. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Отметим, что затемненный диапазон иллюстрирует межмодельные различия, здесь используется +/- одно стандартное отклонение. Причиной использования более узкого показателя по сравнению с 10-м и 90-м процентилем является то, что межмодельная разница велика для осадков, и особенно для подсчета дождливых дней.

## 4.3 Водные ресурсы

За прошедшее столетие существенный рост населения, промышленная и сельскохозяйственная деятельность и уровень жизни усугубили стресс на водные ресурсы во многих частях Земли, особенно в полупустынных и аридных регионах. Однако, изменение климата будет регионально обострять или компенсировать воздействие нагрузки со стороны населения на следующие десятилетия. Прогнозируется значительное уменьшение возобновляемых ресурсов поверхностных и подземных вод в наиболее засушливых субтропических регионах. И наоборот, предполагается увеличение водных ресурсов на больших высотах. Пропорциональные изменения стандартно от одного до трех раз больше для стока, чем для осадков. Более того, при изменении климата прогнозируется ухудшение качества сырой воды, создавая риски для качества питьевой воды даже со стандартной очисткой<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)

Некоторые прямые последствия, которые изменение климата может вызывать в водном секторе, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 3).

Таблица 3: Перечень воздействий различных климатических индикаторов на водный сектор Таджикистана

| Жара                                                                                                                                                                                                                 | Осадки                                                                                                                                                        | Экстремальные осадки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Засуха                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Жара увеличивает потребность в воде, а потери воды из-за испарения увеличиваются. Таяние ледников временно увеличивает сток, но снижает запасы воды, Качество воды снижается, а количество вредителей увеличивается. | Как правило, увеличение количества осадков означает, что для использования доступно больше воды. Однако это ограничивается повышенным испарением из-за тепла. | Увеличение количества экстремальных осадков означает более высокий риск наводнений. Водохранилища многоцелевого назначения должны будут поддерживать более низкие уровни нормальной эксплуатации, чтобы учесть увеличение рисков наводнений. Более низкие уровни нормального режима работы означают, что меньше воды доступно для использования ниже по течению, когда это необходимо. В дальнейшем это приводит к увеличению помутнения и седиментации, меньшее проникновение в водоносный горизонт и повышенная риск загрязнения водохранилища и скважин. | Засуха увеличивает потребность в воде, но также увеличивает испарение. Это приводит к уменьшению запасов воды. |

Связь между изменением климата и его воздействием на водный сектор более подробно рассматривается в следующих разделах.

#### 4.3.1 Изменение среднемесячного количества осадков за период 2040-2059 гг.

Годовое распределение осадков представляет большой интерес для водного хозяйства. В частности, в районах с большой сезонностью распределение воды в течение года имеет решающее значение для планирования ресурсов, а также для обеспечения безопасности от стихийных бедствий. Инфраструктура и управление тесно связаны с годовым циклом спроса и предложения.

Оперативный мониторинг водоснабжения имеет решающее значение для оптимального управления ресурсами. Систематические изменения годового цикла изначально не выходят за рамки того, что обеспечивает межгодовая изменчивость, но изменения с течением времени могут ограничить гибкость реагирования, или более экстремальные условия могут превзойти прежде наблюдаемые условия, и может потребоваться повторный анализ инфраструктуры и системы управления. Прогнозируемые изменения в сезонном цикле осадков дают представление о систематических тенденциях в водоснабжении в условиях потепления. В зависимости от местоположения разница между различными сценариями RCP видна более четко (Рисунок 18).

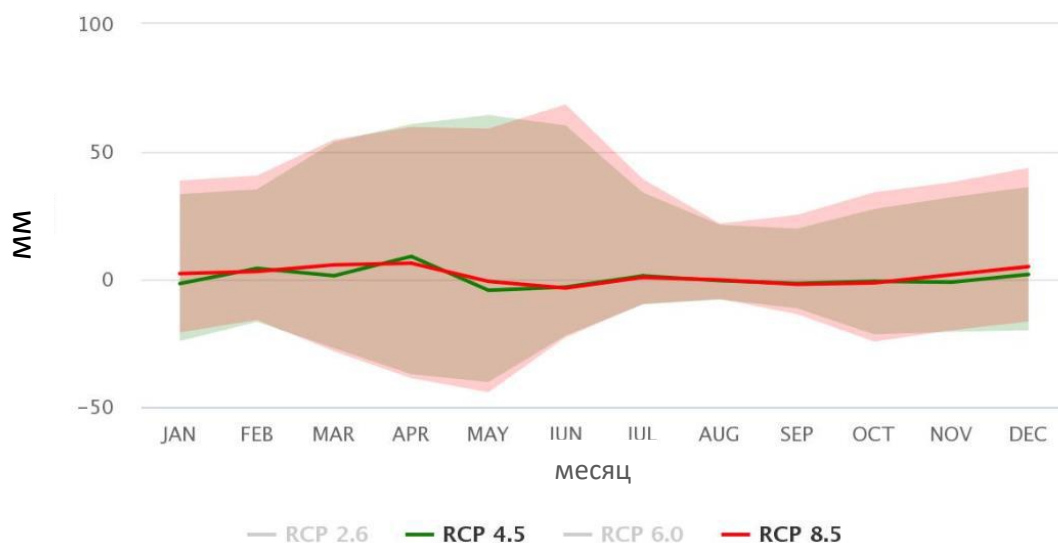


Рисунок 18: Прогнозируемое изменение среднемесячного количества осадков в месяц к 2050 году по сравнению с базовым периодом (1986-2005 гг.) по всем RCP моделирования ансамбля CIMP5. Положительные значения указывают на то, что ежемесячное количество осадков, вероятно, увеличится по сравнению с исходным уровнем, и наоборот. Заштрихованная область представляет собой диапазон между 10-м и 90-м перцентилями всех климатических прогнозов.

#### 4.3.2 Количество дней с очень сильными осадками за период 1986-2009 гг.

Повышение температуры приводит к изменению потенциальной способности удерживать влагу в воздухе. При увеличении теоретического удержания воды на  $\sim 7\%$  с каждым градусом Цельсия вероятность сильных дождей возрастает. Анализ изменений количества дней, в течение которых выпадает не менее 20 мм осадков в день, помогает оценить, насколько вероятно воздействие сильных дождей. Перераспределение водоснабжения и, таким образом, сбережение и другие варианты управления часто сильно различаются, если осадки поступают в виде множества слабых или серии сильных дождей. 20 мм является одним из используемых пороговых значений и соответствует очень сильным осадкам.

В некоторых регионах это может быть довольно распространенным явлением, в других такие количества чрезвычайно редки. Можно выбрать другие абсолютные пороги или определить скорости водообмена для определенного временного интервала. Вместе эти индикаторы дают картину потенциального воздействия прогнозируемых изменений (Рисунок 19).

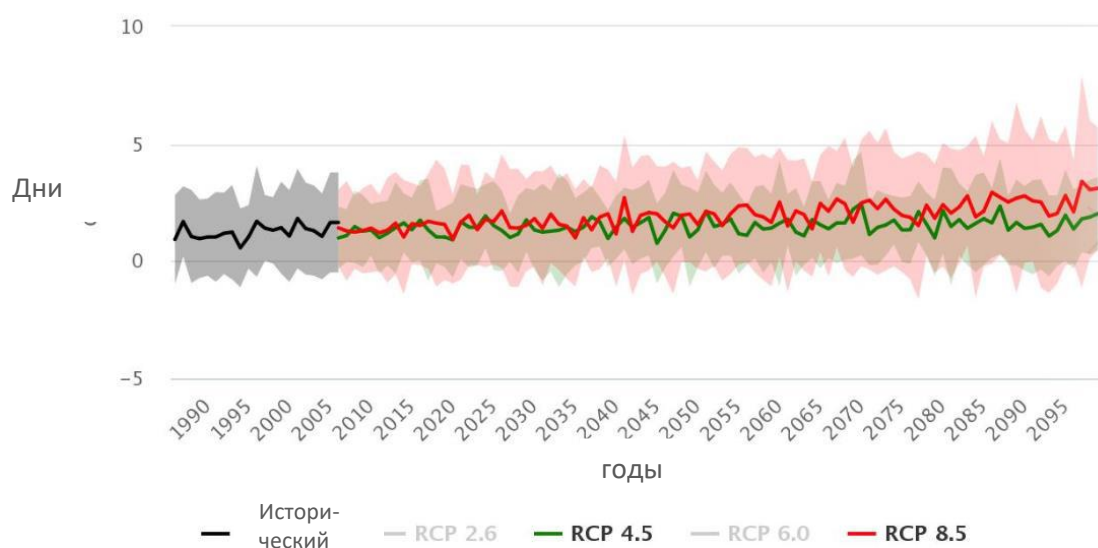


Рисунок 19: Зарегистрированное количество дней с сильными дождями Vey (20 мм / день) каждый год в 1986-2005 гг. И прогнозируемые значения на 2020-2100 гг. По всем RCP ансамблевым моделированиям CIMP5.

Обратите внимание, что заштрихованные диапазоны иллюстрируют различия между моделями, здесь используется стандартное отклонение +/- одно. Причина использования более узкой метрики по сравнению с 10-м и 90-м процентилями заключается в том, что разница между моделями велика для осадков и, в частности, для количества дней с осадками.

#### 4.3.3 5-дневные осадки: уровень повторяемости за 25 лет за период 2040-2059 гг.

Эпизоды экстремальных дождей обычно могут привести к значительным наводнениям. Отдельные дневные осадки часто связаны с внезапными паводками ограниченной пространственной протяженности, но многодневные осадки обычно имеют более широкий пространственный след, таким образом, приводя к обширным наводнениям. Показанный здесь индикатор накопленных осадков за 5 дней ориентирован на максимальное количество осадков, которое ожидается за 25-летний период. Любые изменения могут оказать существенное влияние на инфраструктуру и поставить под угрозу жизнь людей и имущество из-за прямых физических воздействий и, возможно, из-за проблем с качеством воды. Необходимо понимать любые существенные изменения в их величине (Рисунок 20).



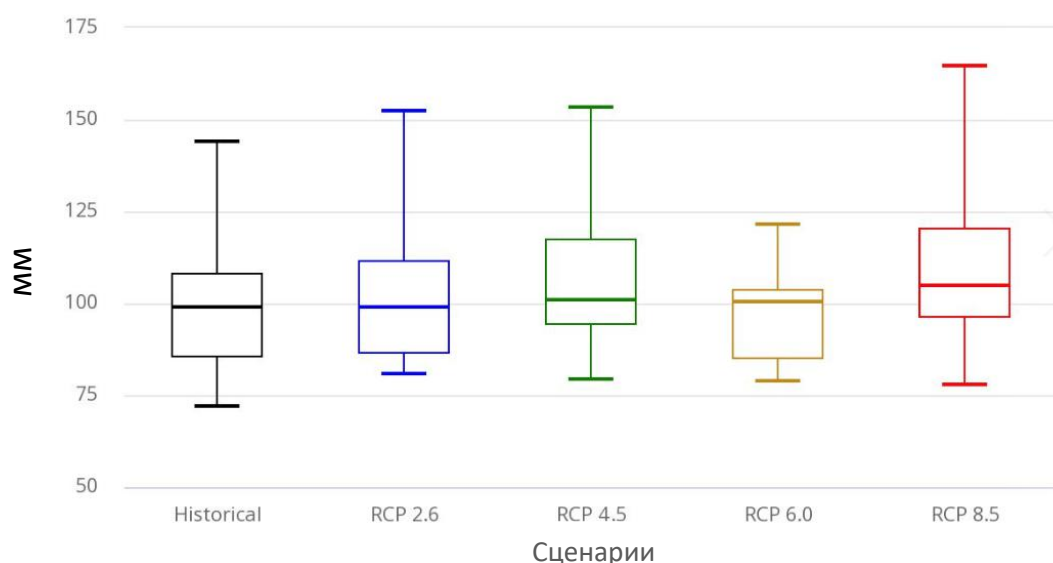


Рисунок 20: График показывает зарегистрированное 5-дневное кумулятивное количество осадков за 1986–2005 гг. и прогнозируемый 5-дневный кумулятивный уровень осадков за 25 лет к 2050 году согласно всем сценариям RCP ансамбля моделей CIMP5. Этот индикатор показывает максимальное кумулятивное за 5 дней количество осадков, которое может ожидаться за 25-летний период

#### 4.3.4 Изменение годовой вероятности сильной засухи

Изменения в водном балансе вызывают все большую озабоченность в условиях глобального потепления. Как показывает практика, традиционно засушливые участки станут более сухими, а участки, обычно влажные, станут еще более влажными. Но эта усредненная картина также отражается в межгодовой изменчивости, поскольку более высокие температуры усиливают обратную связь от более быстро высыхающих почв, даже если количество осадков не меняется. Следовательно, необходимо быть готовыми к более суровым и более частым засушливым годам практически в любом месте. Стандартизованный индекс эвапотранспирации осадков (SPEI), рассчитанный за периоды по 12 месяцев, отражает совокупный баланс между увеличением и потерей воды в межгодовом временном масштабе. Вероятность сильной засухи анализирует частоту, с которой ожидаются продолжительные засушливые условия, и на карте показана вероятность изменения к 2050 году с использованием наиболее агрессивного сценария RCP8.5.

Другие сценарии покажут аналогичное направление изменений, хотя и с несколько уменьшенной вероятностью (Рисунок 21).

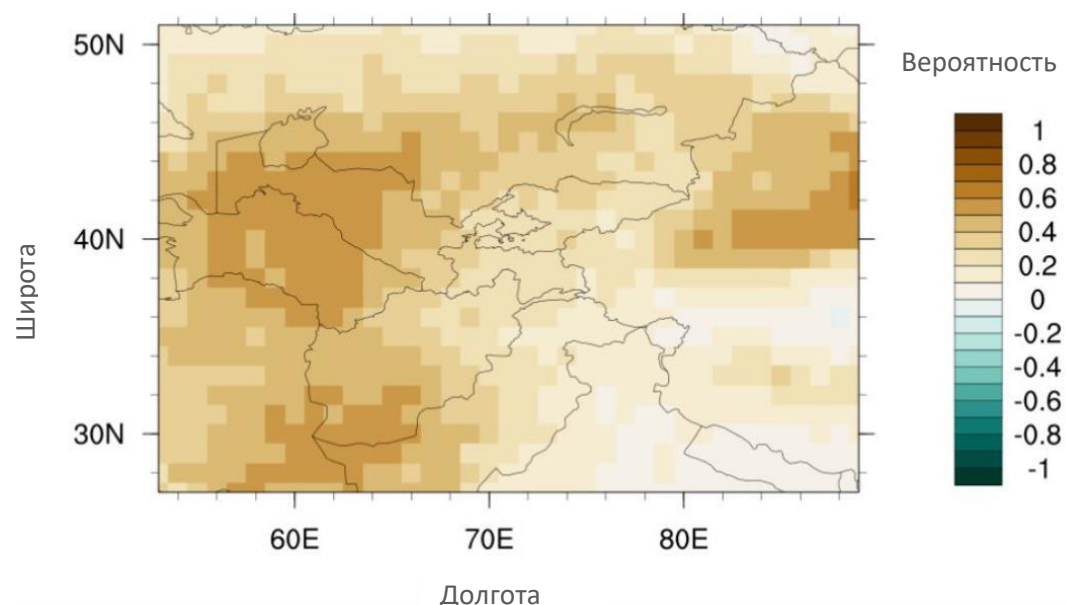


Рисунок 21: Изменение прогнозируемой годовой вероятности сильной засухи к 2050 году по сравнению с базовым периодом (1986-2005 гг.) согласно сценарию RCP 8.5 ансамбля моделей CIMP5. Коричневые / желтые районы с большей вероятностью испытают сильные засухи по сравнению с базовым периодом. Зеленые/синие области с меньшей вероятностью испытают сильные засухи

## 4.4 Транспорт

Рост температуры и обильные осадки имеют четкое и прямое воздействие на сектор транспорта. Рост температуры в средней и южной части Таджикистана неизбежно вызовет износ дорог, расплавление асфальта и износ инфраструктуры. Чрезмерные осадки также приведут к риску паводков и временного или постоянного ущерба дорогам и мостам.

Некоторые из самых непосредственных последствий, которые изменение климата может вызывать в секторе транспорта, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 4).

Таблица 4: Перечень воздействий различных климатических индикаторов на транспортный сектор  
Таджикистана

| Жара                                                                                                                                                                                             | Осадки                                                                                             | Обильные осадки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Засуха |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Тротуары наиболее уязвимы к жаре. Более высокие температуры требуют других, новых видов асфальта, более устойчивых к образованию следов и плавлению. Ряд случаев непосредственно связан с жарой. | Сдвиг в сезонности осадков и высотных отметках, возрастает риск схода лавин и прорыва горных озер. | Увеличение частоты экстремальных осадков будет означать, что расчетные условия дорог и мостов могут стать неадекватными. Риск временного или постоянного нарушения транспортных маршрутов может стать неизбежным. Сильные осадки являются основной причиной таких опасностей, как сели, внезапные паводки, оползни, наводнения, разрушающие инфраструктуру. Воздействует на фундамент дороги и моста и вызывает перегрузку дренажной системы. |        |

## 4.5 Здравоохранение

Сектор здравоохранения имеет четкую связь с изменчивостью климата посредством как прямого воздействия, так и косвенным путем. Очевидно, что отрицательные последствия для здоровья исходят от чрезвычайных климатических явлений, таких как периоды жары, ураганы/штормы, наводнения и засухи. Постепенное изменение климата, влияющее на качество воды, пищи и воздуха также имеет отрицательное воздействие на здоровье людей по всему миру. Помимо физических последствий есть и вопросы, связанные с ментальным здоровьем. Исследования показывают, что рост числа чрезвычайных ситуаций может привести значительную долю населения к симптомам посттравматического стрессового расстройства. Хотя противоречащие исследования показывают, что есть связь между ростом температур и ростом агрессии и насилия в обществе.

Некоторые из самых непосредственных последствий, которые изменение климата может вызывать в секторе здравоохранения, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 5).

Таблица 5: Перечень воздействий различных климатических индикаторов на сектор здравоохранения Таджикистана

| Жара                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Осадки | Обильные осадки                                                                                                   | Засуха                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С увеличением температуры на каждый градус °C число вызовов скорой помощи возрастает приблизительно на 2,5%. Это означает, что Правительству Таджикистана будет нужно выделить дополнительный бюджет и мощности. Рост респираторных, сердечно-сосудистых заболеваний. Снижение продовольственной безопасности. Рост риска несчастных случаев |        | Обильные осадки увеличивают риск загрязнения питьевой воды. Кроме того, возрастут последствия стихийных бедствий. | Засуха оказывает стресс на здоровье посредством обезвоживания и уменьшения имеющихся объемов питьевой воды |

Связи между изменением климата и его воздействием на сектор здравоохранения исследуются далее в следующих разделах.

#### 4.5.1 Температура: Пространственная изменчивость рекордно высоких температур

Воздействие изменения климата на здоровье человека может происходить в разной форме. Одной из самых очевидных является рост вероятности самых высоких температур, и особенно самой высокой температуры в регионе. Эти максимумы температуры имеют сильнейшее воздействие на людей и инфраструктуру, которая может смягчать эти пиковые значения. Хотя одного этого недостаточно для количественной оценки теплового воздействия в целом, оценки рекордно высоких температур являются параметром, который люди могут легко ощутить, больше, чем, например, последовательное количество теплых ночей, когда организм не может охладиться и восстановиться после температурного стресса в течение дня. В общем, прогнозные изменения – это одна из мер в наборе факторов, и, что интересно, ожидаемые изменения пиковых температур часто больше, чем изменения средних температур (Рисунок 22).

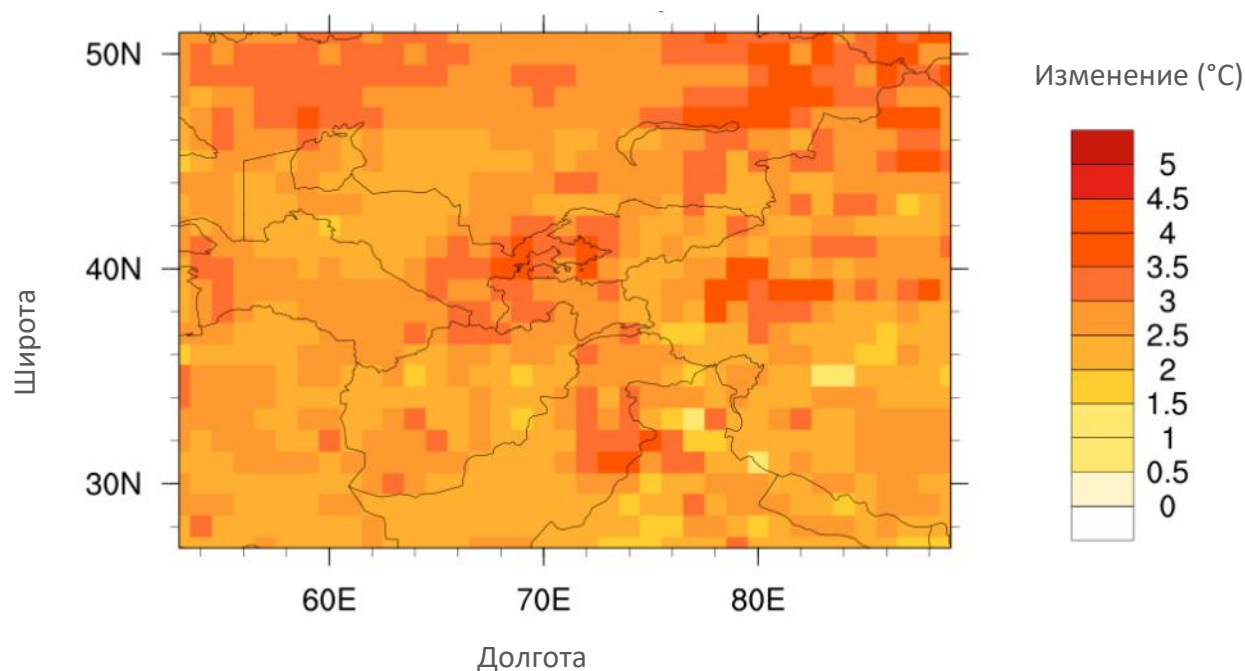


Рисунок 22: Прогнозируемое изменение максимумов дневной максимальной температуры к 2050 г. по сравнению с базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках RCP 8.5 системы моделирования CIMP5.

#### 4.5.2 Сезонная изменчивость: Изменение числа жарких дней за период 2040-2059 гг.

Годовое распределение дней с высоким индексом жары дает понимание угрозы здоровью от жары. Рассчитанный с учетом температуры и относительной влажности, индекс жары дает критерий ощущаемой температуры, или температуры, которая отражает комфорт или дискомфорт. Часто одна только высокая температура может быть компенсирована испарительным охлаждением, например, за счет транспирации. Однако, если воздух практически насыщен влагой, то охлаждающая способность понижена и ощущаемая температура растет. Здесь используется стандартный индекс жары, когда 35 градусов – это верхний предел, выше которого люди не только чувствуют себя некомфортно, но и быстро растет угроза их здоровью (Рисунок 23).

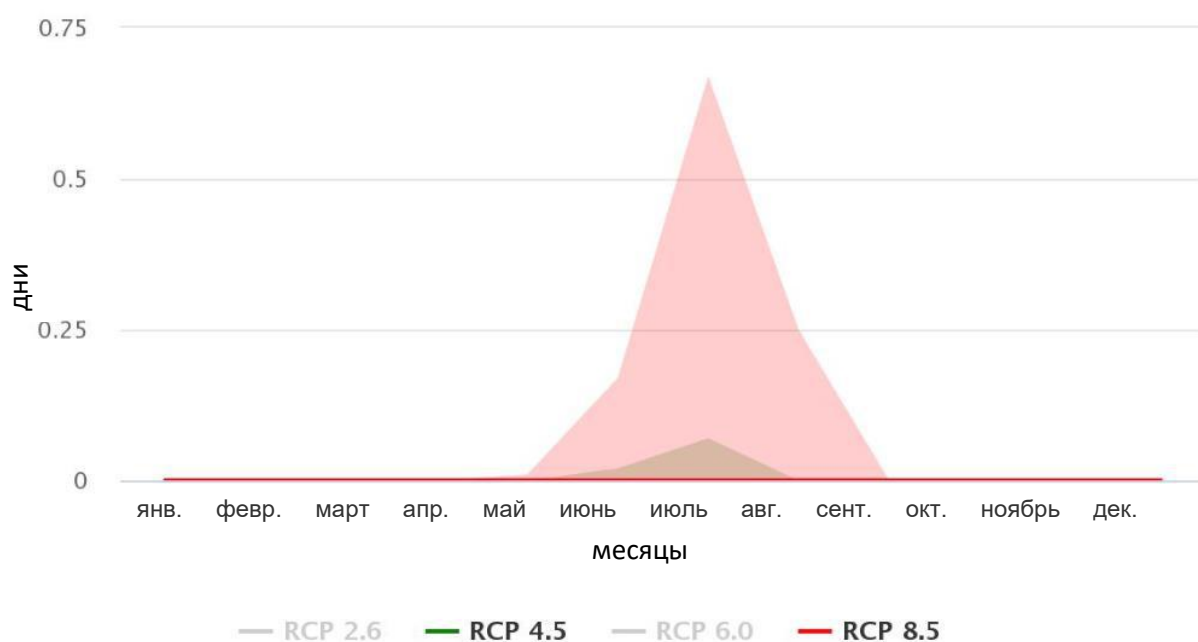


Рисунок 23: Прогнозируемое изменение числа жарких дней ( $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$ ) в месяц к 2050 г. в сравнении с базовым периодом (1986-2005 гг.) в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Положительные значения показывают, что число жарких дней будет вероятно возрастет по сравнению с базовым, и наоборот. Затемненная область отображает амплитуду между 10-м и 90-м процентилем проекции.

#### 4.5.3 Температура: Тропические ночи ( $>20^{\circ}\text{C}$ ) за период 1986-2099 гг.

Обратной стороной дневных пиковых температур является ночное охлаждение. Многие организмы могут справляться с высокими температурами в течение дня, если ночью прохлады достаточно для восстановления. Если минимальные дневные температуры не падают ниже пороговых  $20^{\circ}\text{C}$ , тогда ночь называется «тропической» (или жаркой). Рост угроз здоровью можно отслеживать посредством частоты тропических ночей. В проекции, показанной на графике временных рядов, различие в ожидаемом количестве тропических ночей можно увидеть на разных сценариев RCP.

Как правило, резкое увеличение наблюдается для сценария RCP8.5, связанного с высокими выбросами, и значительно меньше для сценариев с более низким уровнем выбросов (Рисунок 24).



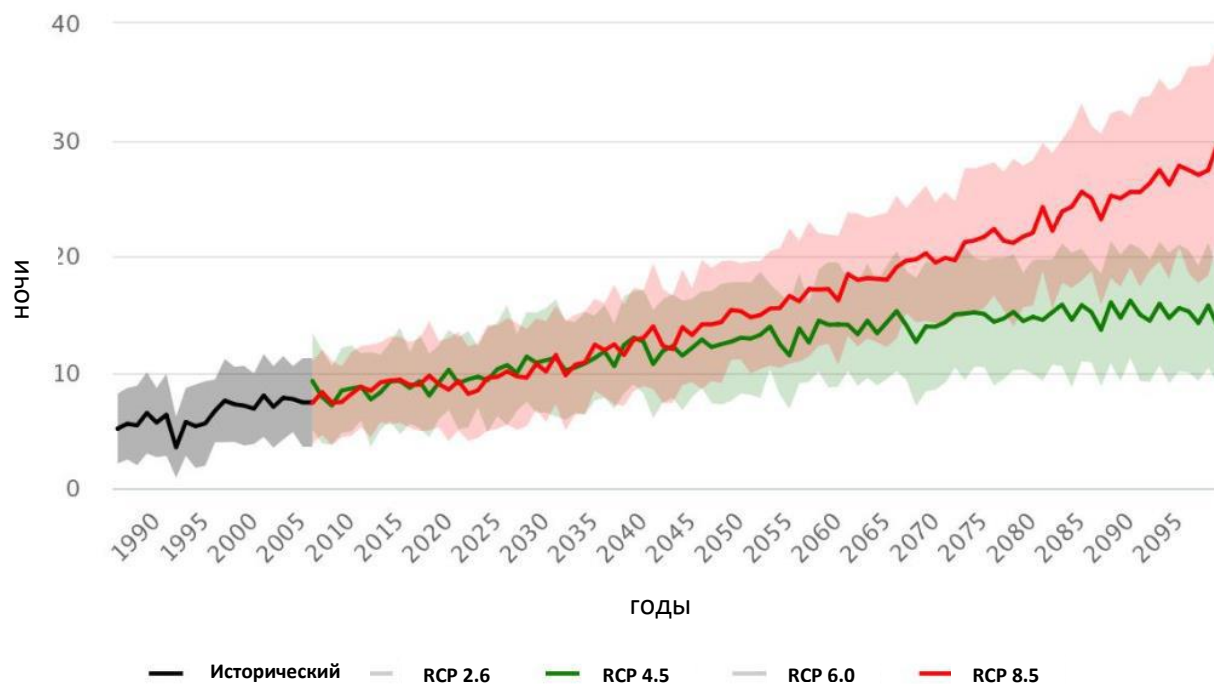


Рисунок 24: Зафиксированное число тропических ночей ( $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) в год за 1986-2005 гг., и прогнозируемые значения за 2020-2100 гг. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. Отметим, что затемненный диапазон иллюстрирует межмодельные различия, здесь используется  $\pm$  одно стандартное отклонение. Причиной использования более узкого показателя по сравнению с 10-м и 90-м процентилем является то, что межмодельная разница велика для осадков, и особенно для подсчета дождливых дней.

#### 4.5.4 Чрезвычайные ситуации: индекс продолжительности периода тепла (ИППТ) за период 2040-2059 гг.

Самые жаркие места в низких широтах не обязательно имеют более продолжительные периоды тепла, потому что они обычно сильно изменяются в течение нескольких дней. Однако в тропиках, где изменчивость изо дня в день и даже из месяца в месяц невелика, фаза потепления может немедленно привести к большим числам. Накопительный характер последовательности нескольких дней с высокими температурами может усилить воздействие на человеческий организм и привести к проблемам со здоровьем у широких слоев населения. Во многих исследованиях сообщается о связи между экстремальными температурами и уровнем смертности от болезней системы кровообращения (ВОЗ, 2009). Кроме того, из-за повышенного тепла уровни некоторых городских и промышленных загрязнителей воздуха могут вызывать респираторные заболевания и обострять болезни сердца и кровеносных сосудов (Turn Down the Heat, 2012) (Рисунок 25).

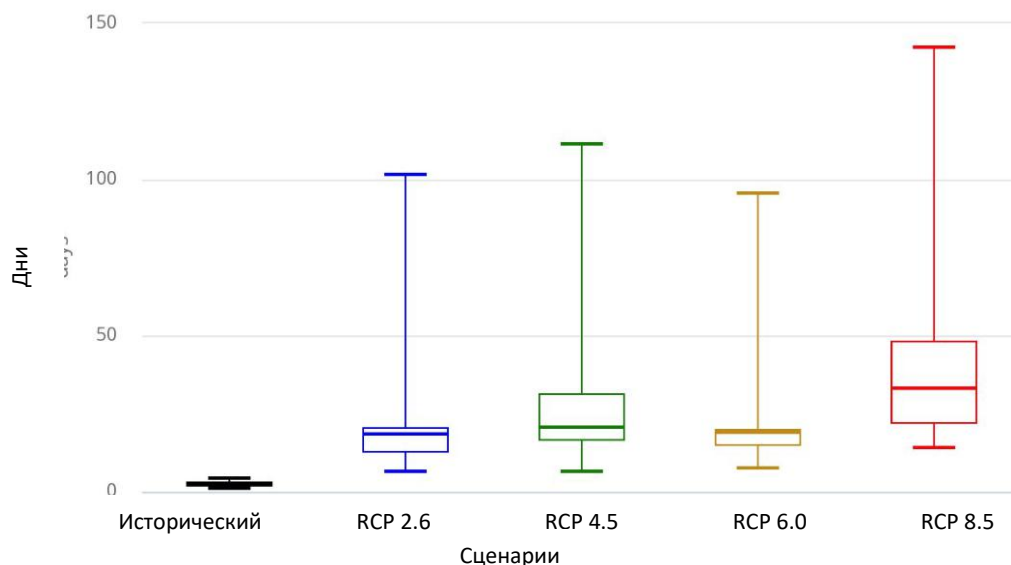


Рисунок 25: Зафиксированный индекс продолжительности периода тепла (ИППТ) за 1986-2005 гг., и прогнозируемый ИППТ к 2050 г. в рамках всех RCP системы моделирования CIMP5. ИППТ является критерием такой непрерывной последовательности по крайней мере в течение 6 дней, которая превышает наблюдаемый в настоящее время 95-й процентиль температуры. Таким образом, он не только отражает повышение температуры, но и рассматривает вероятность последовательности условий, которые сегодня считаются самыми теплыми условиями в году.

## 4.6 Лесное хозяйство

Лишь 3% территории Таджикистана покрыто лесами. Увеличение жары вызовет сдвиг в экологических зонах страны и повысит вероятность того, что вредители / болезни поразят большую часть лесных зон. Как и в сельскохозяйственном секторе, повышение температуры вызовет стресс для роста лесов. Более того, хотя ожидаемое увеличение количества осадков в Таджикистане может оказать положительное влияние, увеличение частоты экстремальных осадков окажет равновеликое отрицательное влияние на эти части страны, так как риск эрозии вследствие паводков также возрастет.

Некоторые из самых непосредственных последствий, которые изменение климата может вызывать в лесном хозяйстве Таджикистана, обобщены в нижеследующей таблице (Таблица 6).

Таблица 6: Перечень воздействий различных климатических индикаторов на лесное хозяйство Таджикистана

| Жара                       | Осадки                | Экстремальные осадки     | Засуха                  |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Вредители / заболевания    | Увеличение            | Риск эрозии и стока      | В долгосрочной          |
| Сдвиг экологической зоны / | количества осадков на | увеличивается с сильными | перспективе увеличение  |
| стресс роста               | территории            | осадками, так как меньше | частоты и интенсивности |
| Уменьшение границ          | Таджикистана может    | воды будет просачиваться | засух вызовет           |
| оптимального роста лесов   | положительно          | в водоносный горизонт,   | сокращение роста лесов. |
| Увеличение лесных          | повлиять на лесные    | увеличивая риск          | Увеличение лесных       |
| пожаров                    | массивы               | заболачивания            | пожаров                 |

## 4.7 Стихийные бедствия

Общие риски от воздействий, связанных с климатом, оцениваются на основе взаимодействия угроз, связанных с климатом (включая опасные события и тенденции), с уязвимостью сообществ (восприимчивость к ущербу и отсутствие способности адаптироваться), и воздействиями на человека и природные системы. Изменения как в климатической системе, так и в социально-экономических процессах, включая меры по адаптации и смягчению последствий, являются движущими факторами угроз, подверженности и уязвимости ([IPCC Fifth Assessment Report, 2014](#)).

Некоторые из самых непосредственных воздействий, которые изменение климата может оказывать на вероятность чрезвычайных ситуаций в Таджикистане, перечислены в нижеследующей таблице (Таблица 7).

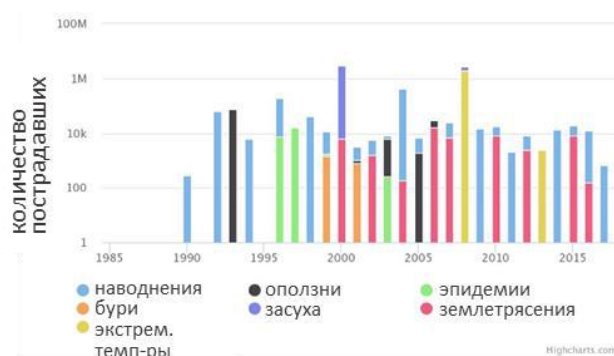
Таблица 7: Перечень воздействий различных климатических индикаторов на угрозу природных бедствий в Таджикистане

| Рост температуры                                                                                                                                                                                            | Осадки                                                                                                           | Обильные осадки                                                                                                                               | Засуха                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| С повышением температуры как одной из причин, и на большой высоте тоже, ледники тают, увеличивая формирование новых ледниковых озер и вместе с этим вероятность наводнения из-за прорыва ледникового озера. | Осадки теперь выпадают раньше в сезоне и на более низких высотах в горах, тем самым увеличивая риск схода лавин. | Экстремальные ливни увеличивают риск паводков, ливневых паводков, селей, оползней и камнепадов. Риск также очень зависит от деградации земель | Периоды засухи. Ожидается, что засуха станет одним из самых больших экономических ущербов в условиях природных бедствий. А когда риск засухи и дефицит воды происходят одновременно, чувствительность к периодам засухи является высокой. Рост обезлесения (в том числе вызванного человеком) |

Связи между изменением климата и его увеличением риска бедствий исследуются далее в следующих разделах.

#### 4.7.1 Статистика ключевых стихийных бедствий

В настоящее время признается, что изменение климата оказывает значительное влияние на усилия по управлению стихийными бедствиями и представляет серьезную угрозу усилиям по удовлетворению растущих потребностей наиболее уязвимых слоев населения. Требования к управлению рисками стихийных бедствий таковы, что краткая, ясная и надежная информация имеет решающее значение. Представленная здесь информация дает представление о частоте,



влиянии и возникновении стихийных бедствий (

Рисунок 26, Рисунок 27) (источник: Портал знаний по изменению климата, Всемирный банк).

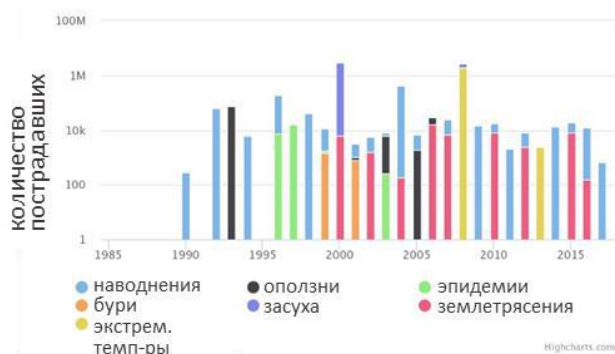


Рисунок 26: Статистика ключевых стихийных бедствий за период 1985-2018 гг.

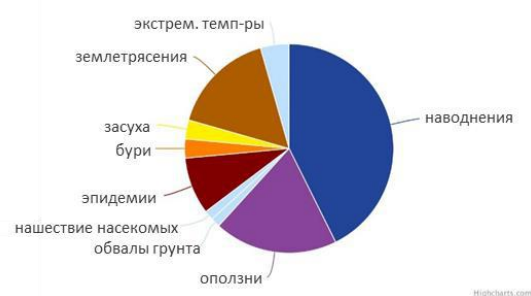


Рисунок 27: Среднегодовое возникновение стихийных бедствий за период 1900-2018 гг.

## 5 ЦЕПОЧКА ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Изменение климата не оказывает прямого воздействия на секторы. Стресс от изменения климата проявляется в воздействии на экосистемы и экосистемные услуги, и прежде всего в нашем использовании природных ресурсов, переработке, маркетинге и антропогенном воздействии (Рисунок 28).

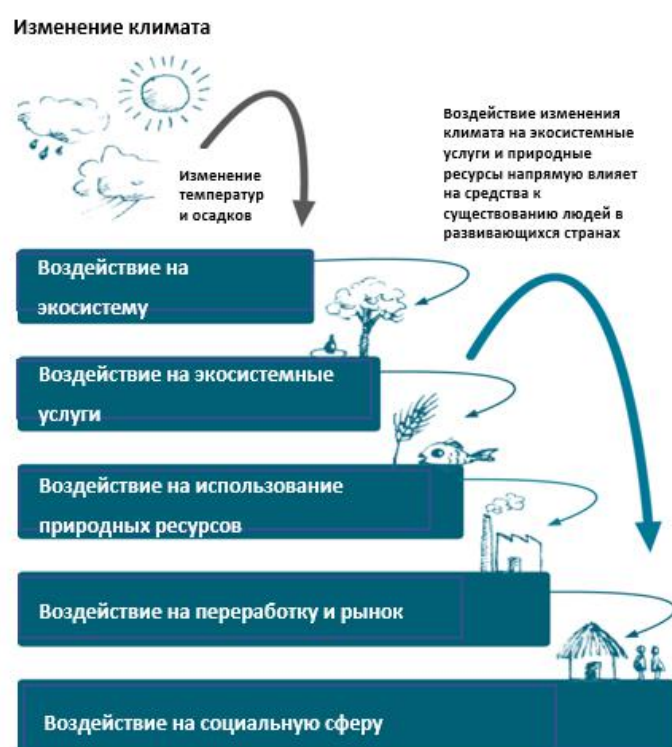


Рисунок 28: Цепочки последствий изменения климата

Помимо экосистемы, человеческое поведение также влияет на цепочку воздействий через адаптивную способность населения, а также через свое влияние на природные ресурсы, такое как деградация земель, которое умножает климатический риск и стихийные бедствия. Также на воздействия влияет инфраструктура, например, такая как плотины (Рисунок 29).



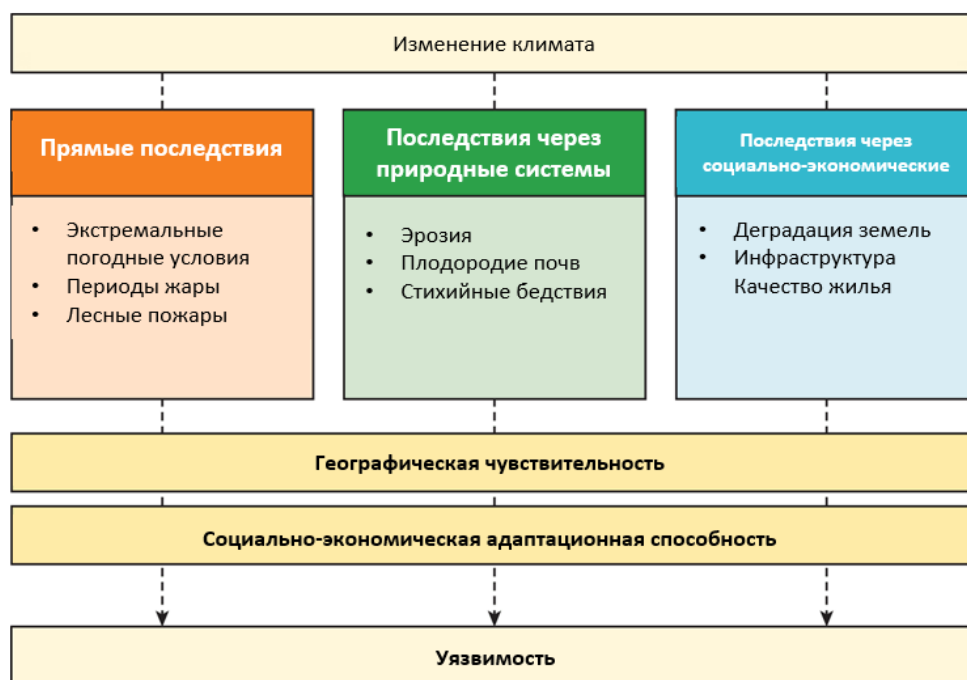


Рисунок 29: Последствия изменения климата

## 6 ОЦЕНКА РИСКОВ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

### 6.1 Общие аспекты

Оценка риска и уязвимости к изменению климата направлена на устранение разрыва между воздействием климата и адаптацией к изменению климата. Это достигается, помимо подверженности изменению климата, путем включения чувствительности к изменению климата и способности к адаптации в процесс принятия решений. Это приводит к оценке уязвимости. На основе оценки уязвимости легче выбрать адаптационную меру и определить ее приоритетность.

Оценка рисков и уязвимости к изменению климата включает 8 основных задач – от выявления проблем посредством сбора данных до составления карт. Поскольку ОРУИК является проблемноориентированной, на этапе подготовки необходимо четко описать проблемы и задействованные секторы. На основе секторов должны быть выбраны климатические индексы (Таблица 8).

Таблица 8: Климатические индексы, используемые для оценки рисков и уязвимости различных секторов

| Сектор                | Жара | Продолжительность<br>вегетационного<br>периода | Всего<br>осадков | Обильные<br>осадки | Засуха |
|-----------------------|------|------------------------------------------------|------------------|--------------------|--------|
| Сельское хозяйство    | V    | V                                              | V                | V                  | V      |
| Энергетика            |      |                                                | V                | V                  | V      |
| Водное хозяйство      | V    |                                                | V                | V                  | V      |
| Здравоохранение       | V    |                                                |                  | V                  | V      |
| Транспорт             | V    |                                                |                  | V                  |        |
| Лесное хозяйство      | V    | V                                              | V                | V                  | V      |
| Чрезвычайные ситуации | V    |                                                |                  | V                  | V      |

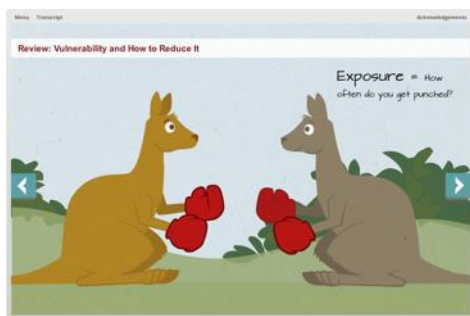
Чувствительность можно разделить на:

- Географическую чувствительность
  - Дефицит воды, риск засухи, изменение почвенного покрова (дополнительная влажность почвы)
- Социально-экономическую чувствительность и потенциальную способность к адаптации
  - Валовой национальный доход на душу населения, индекс человеческого развития (продолжительность жизни, образование, здравоохранение), удаленность от рынков (потенциал для развития)
- Дополнительную полезную информацию
  - Землепользование, высота над уровнем моря/ уклон, доля рынка, риск паводков.

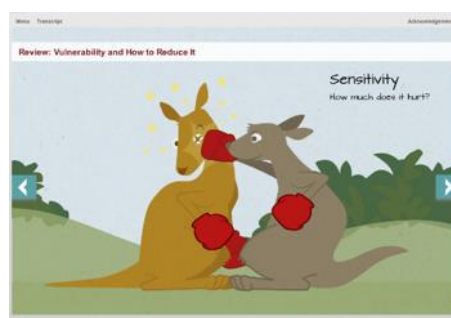
## 6.2 Методология адаптации к ОРУИК на национальном уровне

Для понимания приоритетности адаптационных мер необходимо различать понятия «воздействие климата», «чувствительность», «способность к адаптации», «уязвимость» (Рисунок 30).

Воздействие климата



Чувствительность



Способность к адаптации



И в качестве результата уязвимость

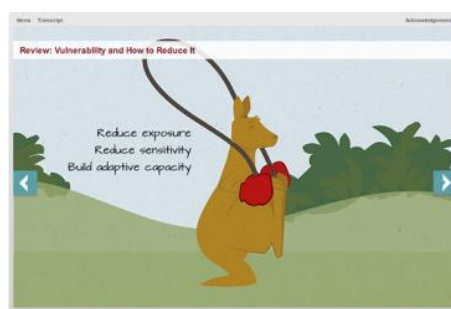


Рисунок 30: Понимание мер адаптации

На основании этой информации могут быть выбраны адаптационные меры для снижения чувствительности и/или повышения способности к адаптации.

## 6.3 Структура воздействия климата

Оценка воздействия климата основана на сравнении среднего значения за период 1960–1990 гг. и смоделированных данных для сценариев повышения температуры на 4.5 и 8.5°C.

Классификация проводится с использованием системы классов по процентилям. Балл варьируется от 6-1 за наиболее отрицательное воздействие до от -1 - -6 за положительное воздействие.



улучшение – уязвимость - ухудшение

**Карта воздействия климата** составляется следующим образом:

- Жара – экстремальная максимальная дневная температура и продолжительность тепла
- Всего осадков
- Осадки – Обильные осадки, Экстремальные осадки, 1-дневные максимальные осадки
- Засуха – Продолжительность последовательных засух

**Географическая чувствительность, связанная с изменением климата**, составляется следующим образом:

- Дефицит воды (процент использованных природных водных ресурсов), риск засухи (комбинирует индекс дефицита воды с населением, бедностью)
- Изменения плодородия почв

**Социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата**, (и способность к адаптации) строится по следующим индексам:

- Валовый национальный доход на душу населения (бедность), индекс человеческого развития (продолжительность жизни, здравоохранение и образование), удаленность от рынков

На рисунке ниже приведена схема по компоновке информации (Рисунок 31).

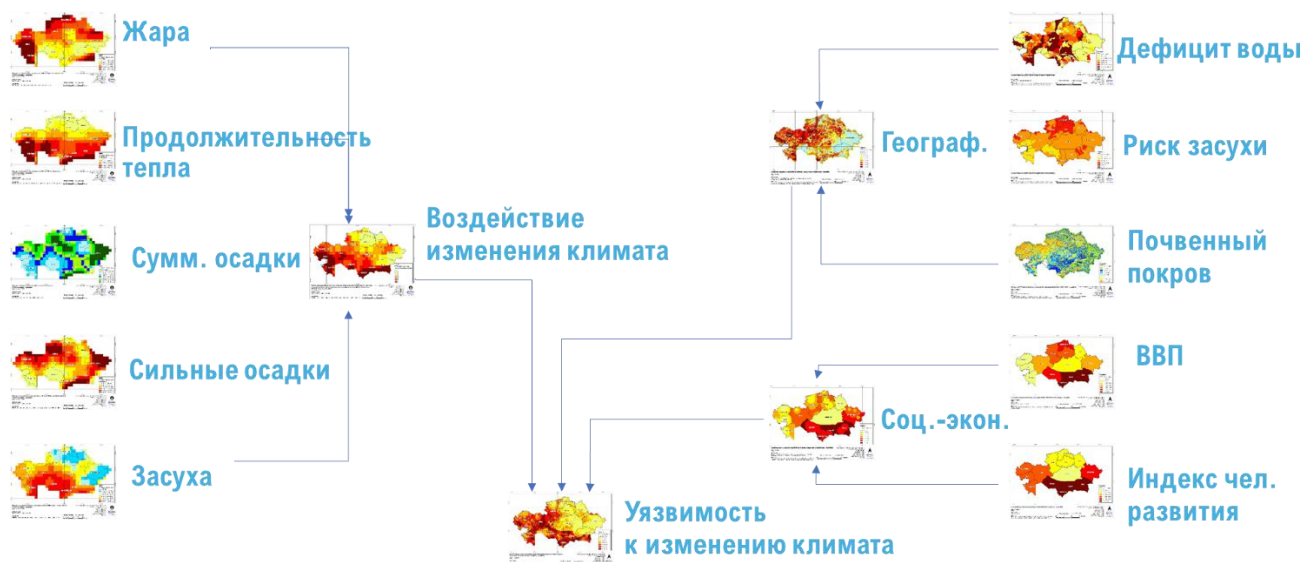


Рисунок 31: Схематическое представление анализа рисков и уязвимости к изменению климата

## 7 АНАЛИЗ РИСКОВ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

Национальный АРУИК строится из следующих компонентов:

- Воздействие изменения климата
- Географическая чувствительность, связанная с изменением климата
- Социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата

Некоторые ключевые выводы из анализа, графически представленные в следующих разделах, можно резюмировать следующим образом:

- **Воздействие изменения климата:** Южный Хатлон и Согдийская область более всего пострадают от повышения экстремальных максимальных температур. Горный Бадахшан, в меньшей степени верхнее течение бассейна р. Вахш и Хатлонская область также испытают увеличение продолжительности периода тепла. Увеличивающаяся продолжительность засухи особенно затронет Согдийскую область, западные районы республиканского подчинения и Хатлонскую область. Вероятность сильных осадков больше всего увеличивается в Горном Бадахшане и верхней части бассейна р. Вахш, и несколько меньше на востоке Хатлона и восточных частях Согдийской области. Увеличение количества обильных осадков снижает положительное влияние увеличения общего количества осадков, поскольку снижается эффективная инфильтрация. Вместе с увеличением жары можно ожидать небольшого положительного эффекта от увеличения количества осадков. Ожидается, что все вместе Хатлонская область, районы республиканского подчинения и Согдийская область больше всего пострадают от сценариев изменения климата.
- **Географическая чувствительность, связанная с изменением климата:** С учетом водного стресса (процент используемых доступных источников воды) и риска засухи (включая население и частоту засух) Хатлонская область, районы республиканского подчинения и Согдийская область имеют самую высокую чувствительность. Почвенный покров в целом улучшился за последние 20 лет. Но большие территории в Южном Хатлоне, центральных районах республиканского подчинения и на севере Согдийской области свидетельствуют о деградации земель. Сочетание плодородия земель с изменениями влажности почвы указывает на вызванную деятельностью человека деградацию земель, особенно на севере Согдийской области и южной части Хатлона, которую нельзя объяснить воздействием



изменения климата. В целом Согдийская область, западные районы республиканского подчинения и юг Хатлонской области имеют наибольшую географическую чувствительность.

- **Социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата:** Способность к адаптации связана с доходом на душу населения, образованием, здравоохранением, продолжительностью жизни и удаленностью от рынка. Самый низкий доход на душу населения здесь совпадает с самым низким индексом человеческого развития как уровня оценки продолжительности жизни, уровня здоровья и образования, и он выявлен в Хатлонской области. По валовому доходу на душу населения за ней следует Горный Бадахшан, а по индексу человеческого развития – районы республиканского подчинения. Также с учетом расстояния до рынка Хатлон и Матчинский район имеют самую высокую социально-экономическую чувствительность, что приводит к самой низкой адаптационной способности, за ними следуют Горный Бадахшан и верхнее течение бассейна р. Вахш.

В заключение, карта уязвимости к рискам при изменении климата, составленная из трех вышеописанных компонентов, указывает на то, что наибольшая уязвимость к изменению климата может быть обнаружена в западной части страны, в Хатлонской области, Согдийской области и западных районах республиканского подчинения. Здесь сильное воздействие климата сочетается с нехваткой воды и риском засухи, а также с низким доходом на душу населения, здоровьем, образованием и продолжительностью жизни.

Подробности Анализа рисков и уязвимости к изменениям климата, проведенного в Таджикистане, представлены в следующих разделах.

## 7.1 Секторальная уязвимость

Разные секторы по-разному реагируют на изменение климата.

- **В сельском хозяйстве** может наблюдаться общее снижение производительности. Между регионами существует большая разница. Если в Хатлонской области может наблюдаться снижение продуктивности, то в Ферганской долине из-за увеличения количества осадков и меньшего увеличения засухи можно ожидать ее возможного увеличения. Однако необходимы меры по защите от эрозии. В целом, управление пастбищами нуждается в улучшении, чтобы уменьшить деградацию земель, которая многократно усиливает воздействие изменения климата.

- **Энергетика** может ожидать снижения охлаждающей способности для ископаемых источников энергии, гидроэнергетика может испытывать временное повышение производительности из-за таяния ледников, которое, однако, снижается из-за увеличения количества обильных осадков на горных хребтах и связанных с этим угроз.
- **В водном секторе** может ожидаться усиление стресса в результате рисков засухи и жары, особенно в Хатлоне. Увеличение количества обильных осадков усилит это воздействие.
- **Транспортный сектор** может столкнуться с увеличением колееобразования асфальта в результате усиления жары, особенно в южной части страны. Дренажная инфраструктура и такие сооружения как мосты могут нуждаться в перепроектировании в результате увеличения количества осадков. С увеличением количества обильных осадков также возрастет риск возникновения стихийных бедствий.
- В секторе **здравоохранения** в результате жары и засухи может ожидаться увеличение количества обращений в больницы по всей стране, особенно в южных и западных областях. Будет возрастать нагрузка на службы скорой помощи.
- Только 3% территории Таджикистана покрыто **лесами**. Но лесное хозяйство очень важно для снижения риска возникновения стихийных бедствий. В результате жары и засухи прогнозируется смещение экологического зонирования в более холодные районы (особенно в горы) и рост количества вредителей и болезней.
- Основными **угрозами**, которые, как ожидается, возрастут, являются жара, экстремальные осадки, засуха и деградация земель. Ожидается, что жара, засуха и деградация земель нанесут Таджикистану самый высокий экономический ущерб, связанный со стихийными бедствиями. Проблема в том, что они в большинстве своем не признаются угрозой, поскольку ответственность в первую очередь лежит не на МЧС, а на других отраслях, таких как сельское хозяйство. Рост выпадения сильных дождей спровоцирует риск угрозы таких стихийных бедствий, как сели, ливневые паводки, наводнения, оползни и камнепады. Большинство речных бассейнов в Согдийской области, районах республиканского подчинения и Хатлоне могут столкнуться с повышенным риском паводков. Рост температуры в горах увеличит риск прорыва ледниковых озер. Сезонный сдвиг количества осадков на весну в сочетании с более ранними весенними температурами увеличит риск схода лавин.

Низкая способность к адаптации в Хатлоне требует дополнительного внимания.

## 7.2 Воздействие изменения климата

Анализ воздействия изменения климата был проведен для двух сценариев изменения климата: RCP 4.5 и RCP 8.5.

**Сценарий RCP, или Репрезентативный путь концентрации** - это траектория концентрации парниковых газов (не выбросов), принятая МГЭИК. Четыре пути использовались для моделирования климата и исследований для пятого оценочного доклада МГЭИК (ДО5) в 2014 году. Эти пути описывают различные варианты будущего климата, все они считаются возможными в зависимости от объема парниковых газов (ПГ), выбрасываемых в ближайшие годы. RCP - первоначально RCP2.6, RCP4.5, RCP6 и RCP8.5 - помечены после возможного спектра значений радиационного воздействия в 2100 г. (2.6, 4.5, 6 и 8.5 Вт/м<sup>2</sup>, соответственно).

## 7.2.1 Изменение максимальной дневной температуры (TXx)

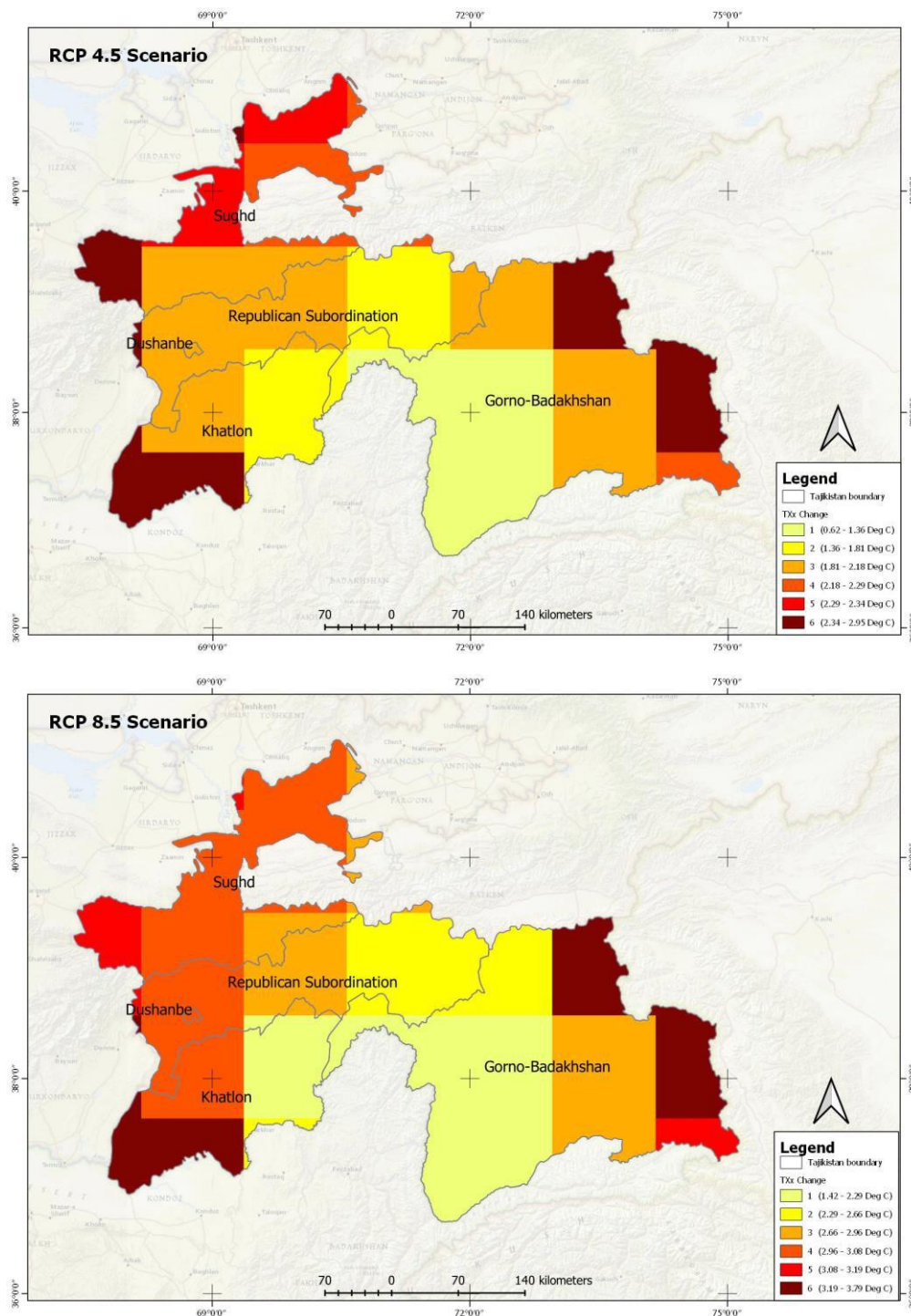


Рисунок 32: Прогнозируемое изменение максимальной дневной температуры (TXx) к 2050 г. по сравнению с базовой за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. TXx соответствует годовым максимальным значениям дневных максимальных температур.

## 7.2.2 Изменение продолжительности тепла (Tx90p)

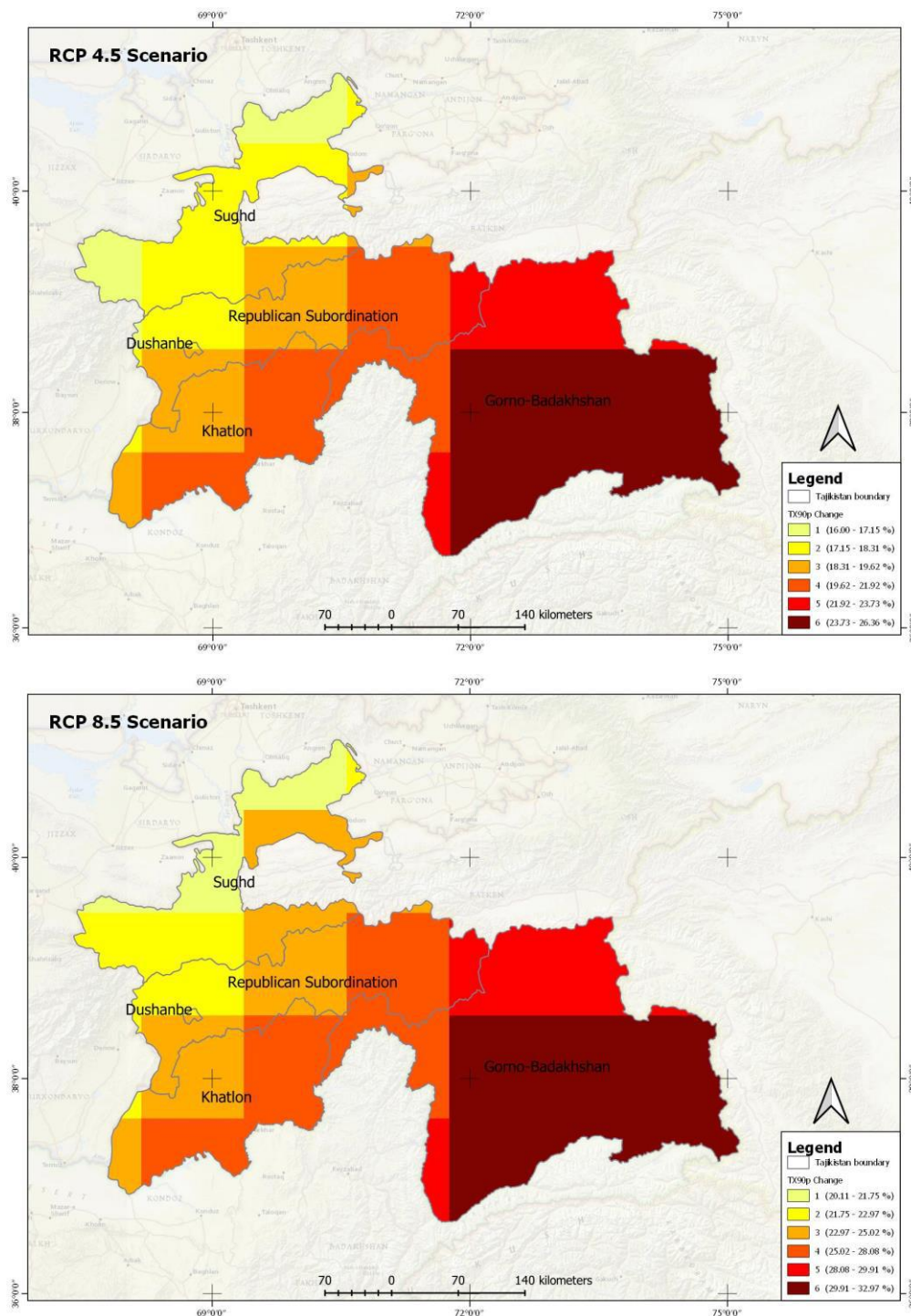


Рисунок 33: Прогнозируемое изменение процента теплого дневного времени > 90% (TX90p) к 2050 г. по сравнению с базовым за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. TX90p соответствует % дней, когда дневная максимальная температура > 90-го процентиля.



### 7.2.3 Изменение общего количества осадков (PrcpTOT)

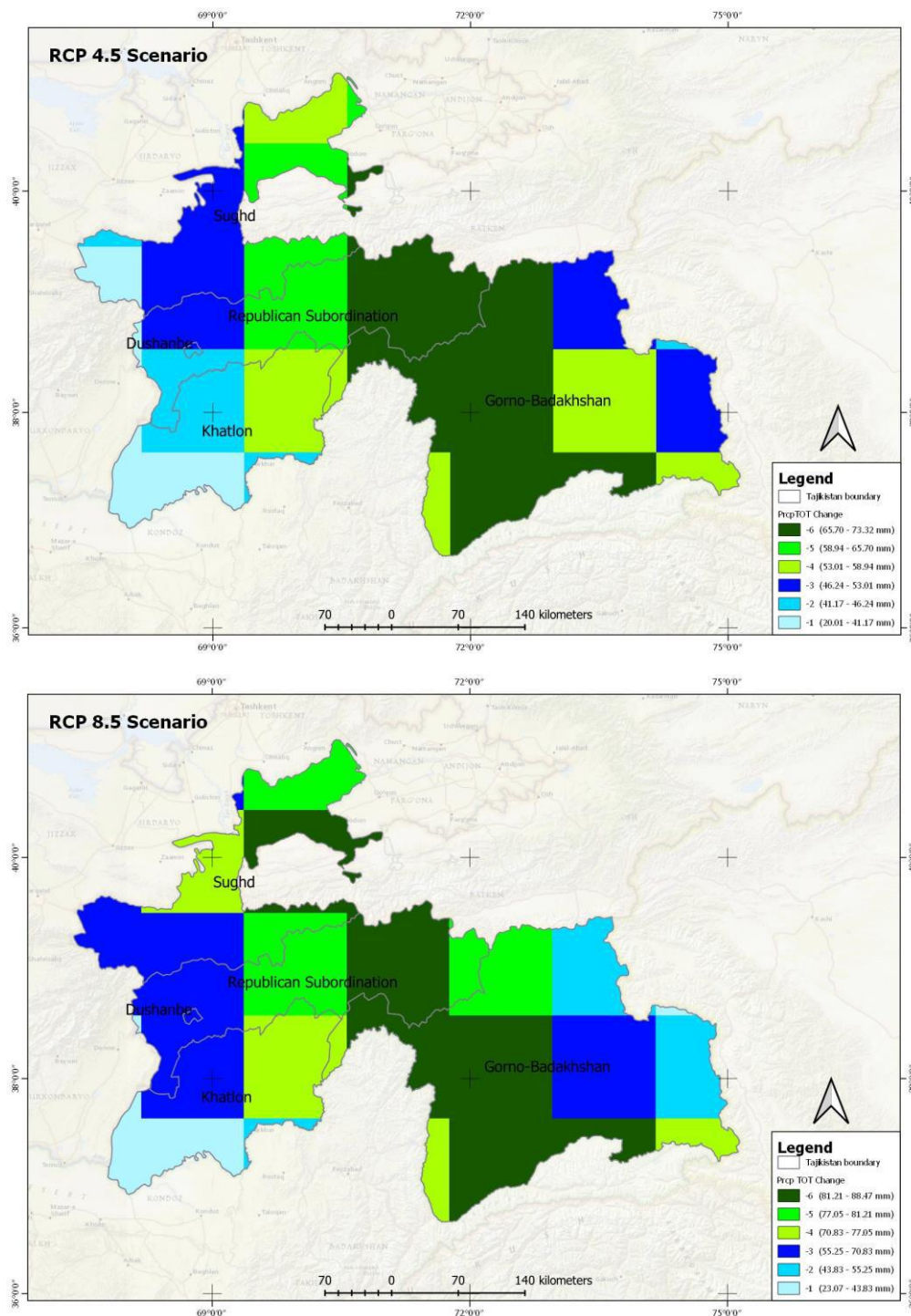


Рисунок 34: Прогнозируемое изменение общего количества осадков к 2050 г. по сравнению с базовым за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5.

Общее количество осадков соответствует годовым осадкам в дождливые дни.

## 7.2.4 Обильные осадки (Rx95p)

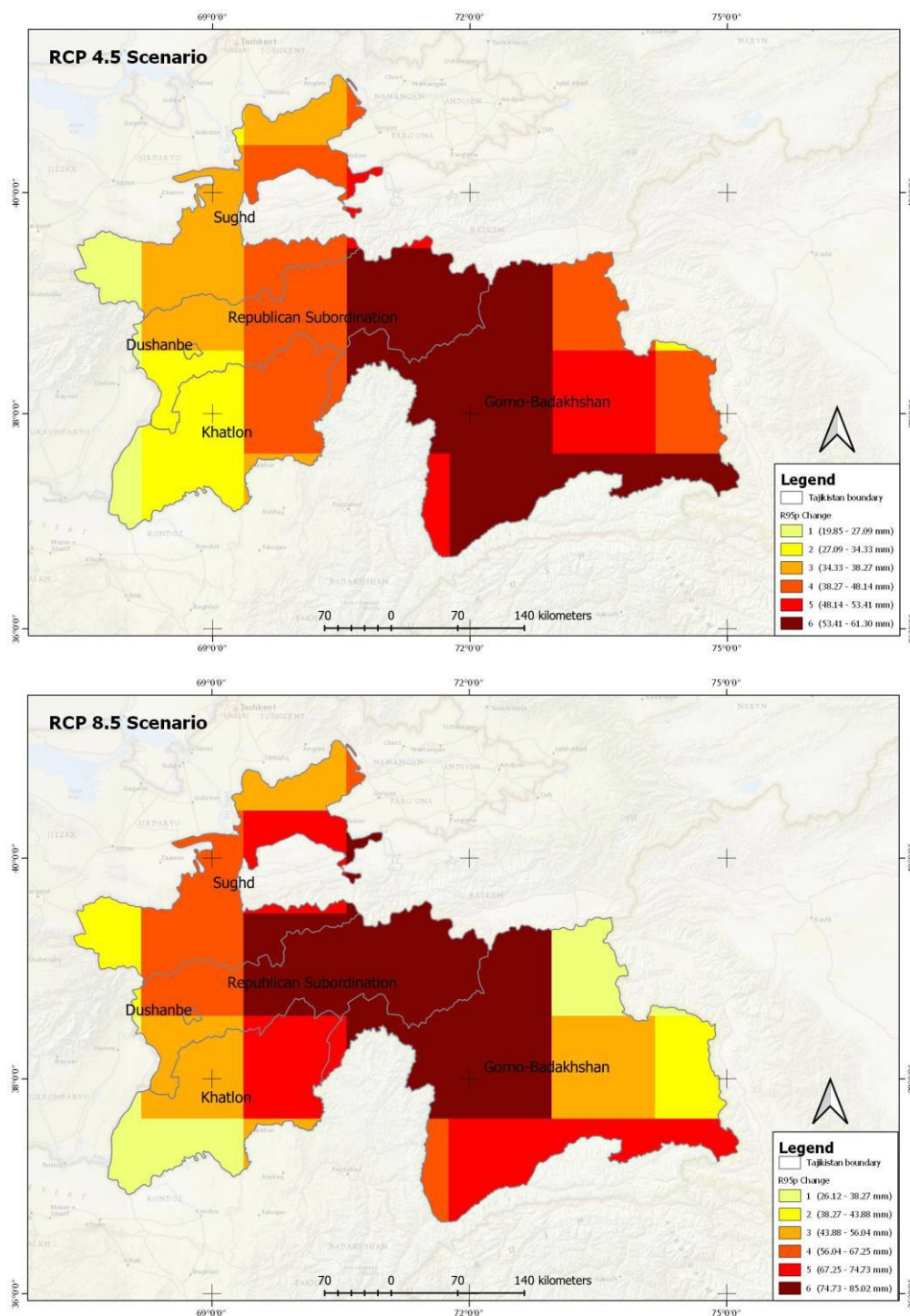


Рисунок 35: Прогнозируемое изменение осадков в очень дождливые дни > 95% (R95p) к 2050 г. по сравнению с базовым за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. R95p соответствует общему годовому количеству осадков, когда осадки за день > 95-го процентиля.



## 7.2.5 Экстремальные осадки (Rx99p)

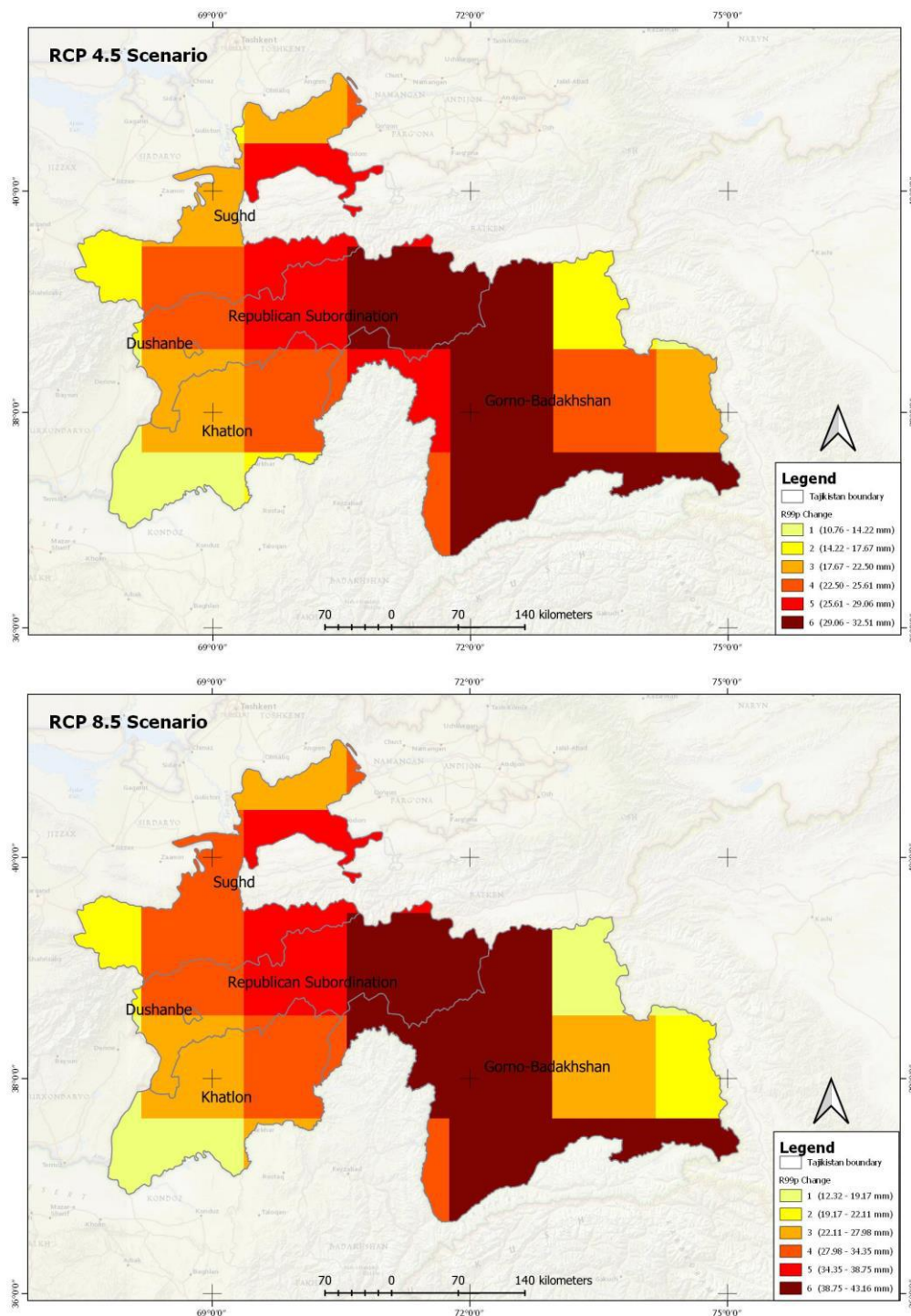


Рисунок 36: Прогнозируемое изменение осадков в очень дождливые дни > 99% (R99p) к 2050 г. по сравнению с базовым за 1960–1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. R99p соответствует общему годовому количеству осадков, когда осадки за день > 99-го процентиля.

## 7.2.6 Максимальные дневные осадки (Rx1-day)

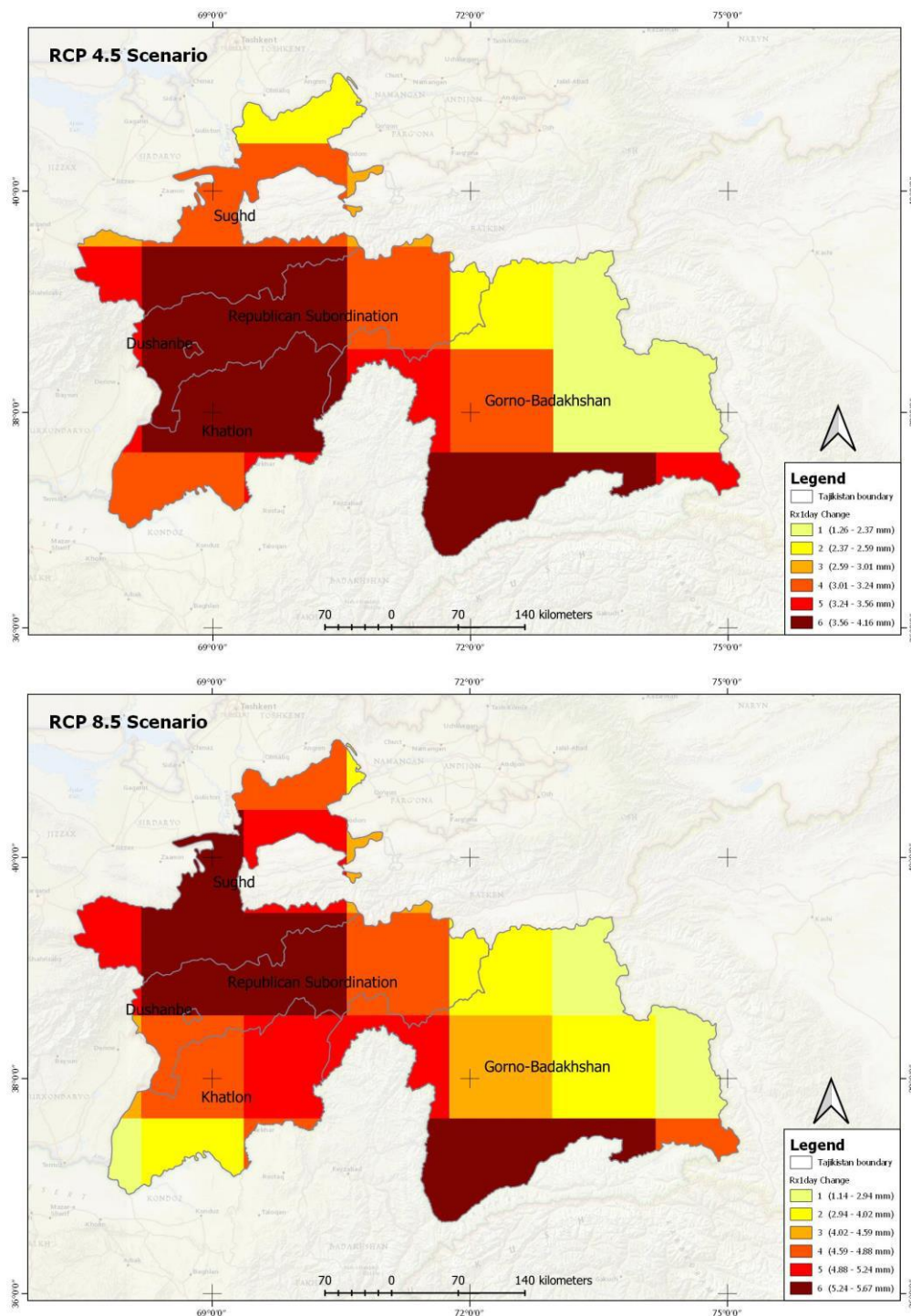


Рисунок 37: Прогнозируемое изменение максимальных однодневных осадков в год (R1-day) к 2050 г. по сравнению с базовыми за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. Rx1day соответствует годовому максимальному количеству 1-дневных осадков.

## 7.2.7 Продолжительность засушливого периода (CDD)

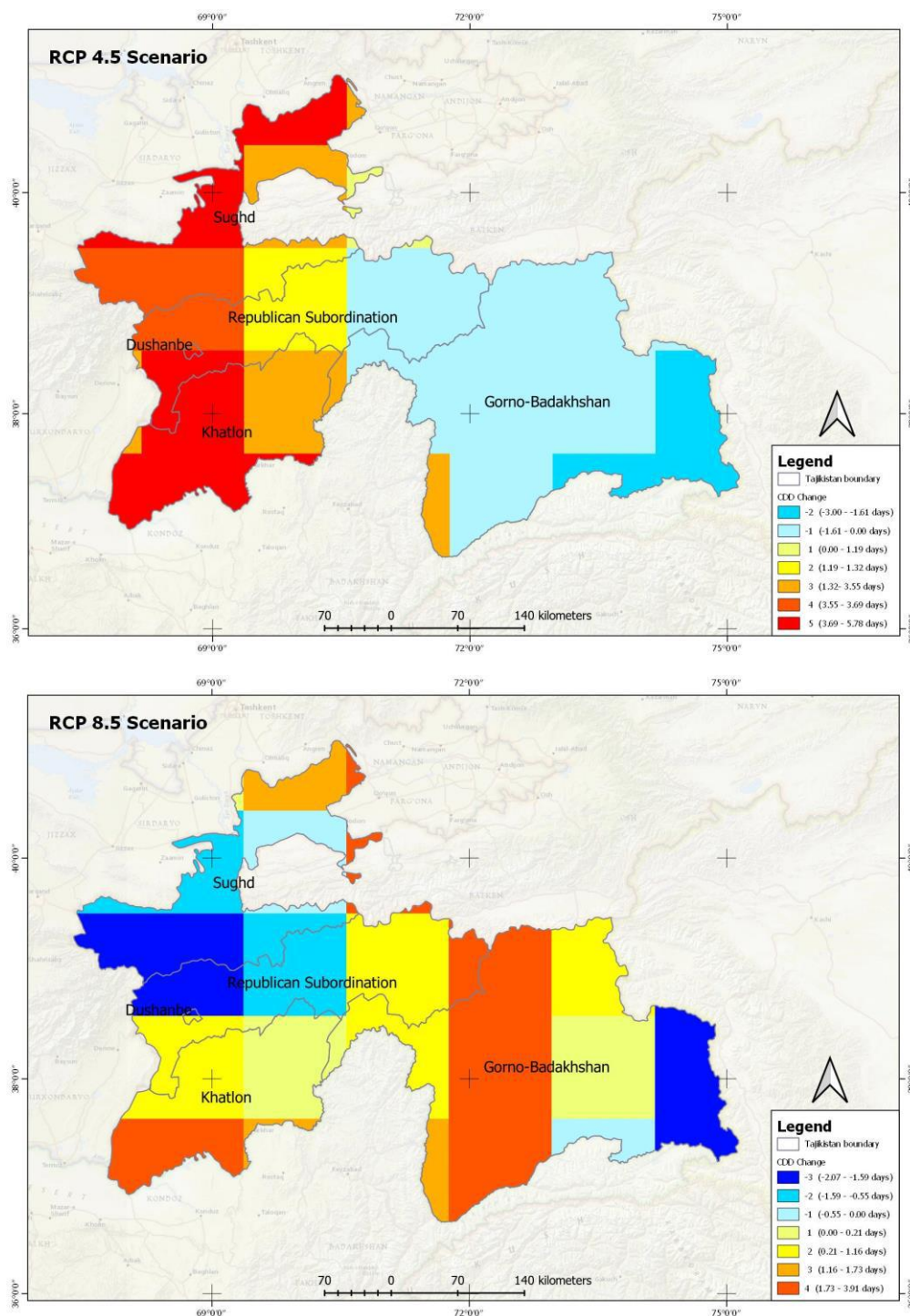


Рисунок 38: Прогнозируемое изменение максимальной продолжительности засушливого периода (CDD) к 2050 г. по сравнению с базовой за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. CDD является максимальным числом последовательных дней с дневными осадками менее 1 мм.



## 7.2.8 Комбинированное воздействие климата

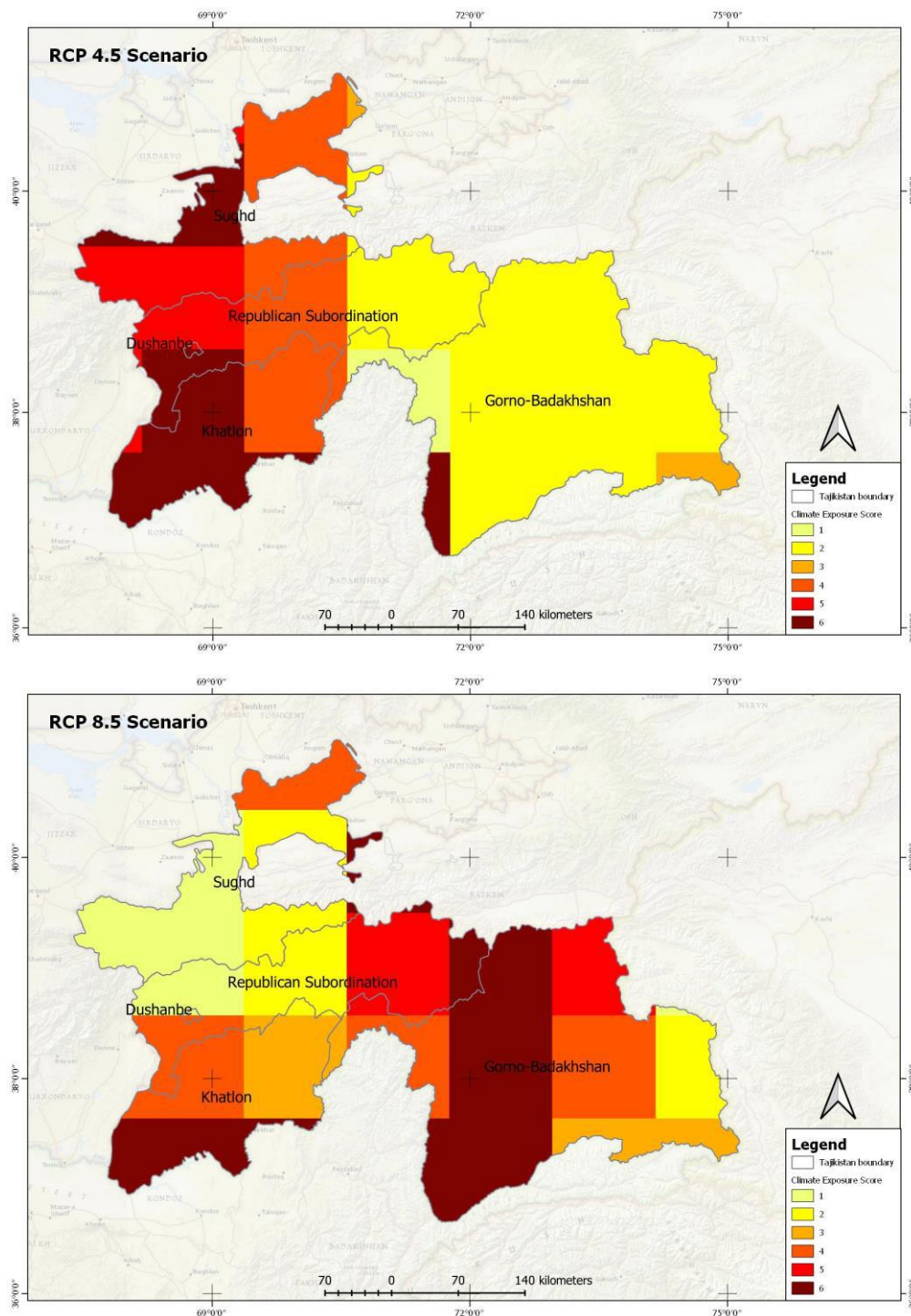


Рисунок 39: Общее воздействие климата как сумма баллов классифицированных климатических карт для жары/суммарных осадков/доли обильных осадков/продолжительности засухи к 2050 г. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5.

## 7.3 Географическая чувствительность, связанная с изменением климата

### 7.3.1 Водный стресс

#### 7.3.1.1 Дефицит воды (процент от использованных водных ресурсов)

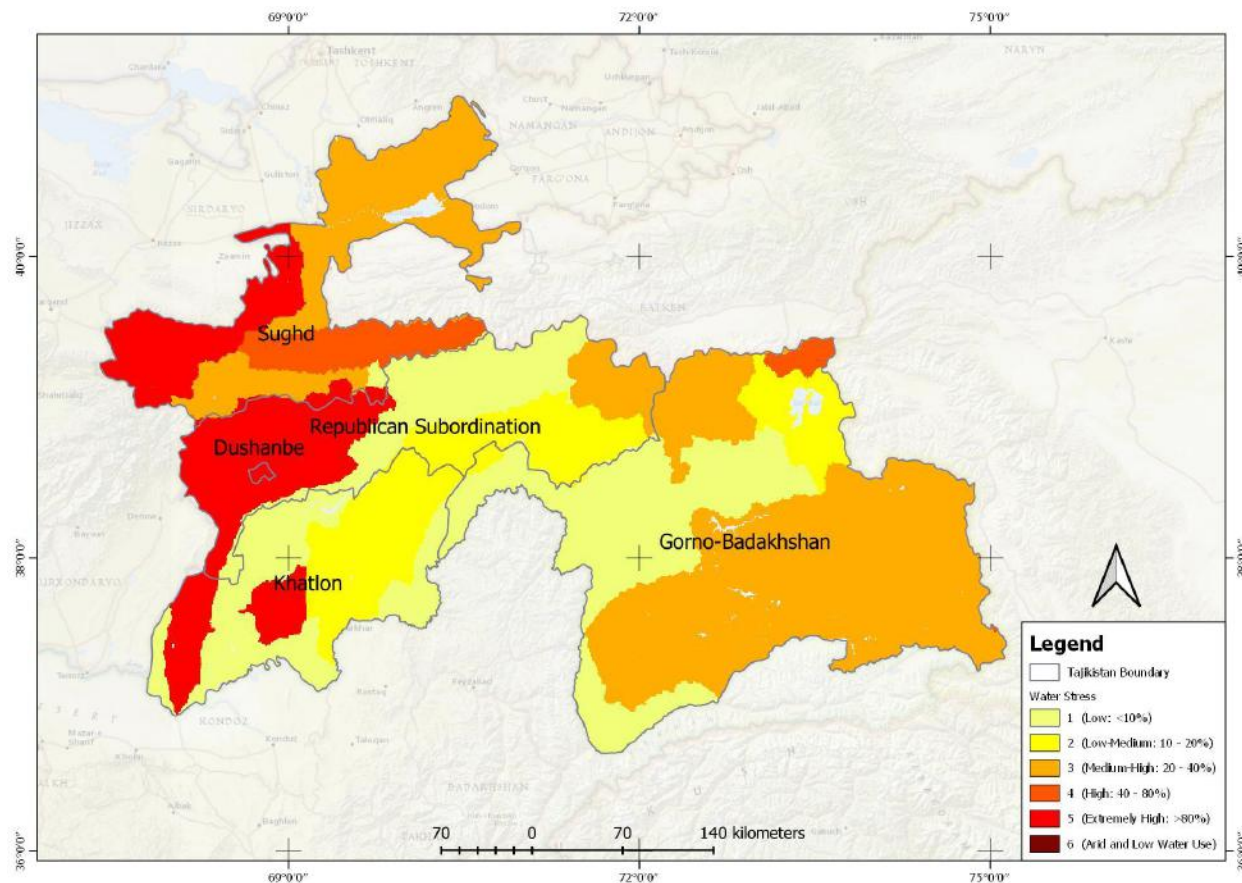


Рисунок 40: Годовой базовый (1960-2014 гг.) дефицит воды. Данные Aqueduct 3.0, Институт мировых ресурсов (WRI). Базовый дефицит воды измеряет отношение секторального спроса на воду к наличию воды, затем выражаемое в процентах.

### 7.3.1.2 Риск засухи (население, вероятность, % водопользования)

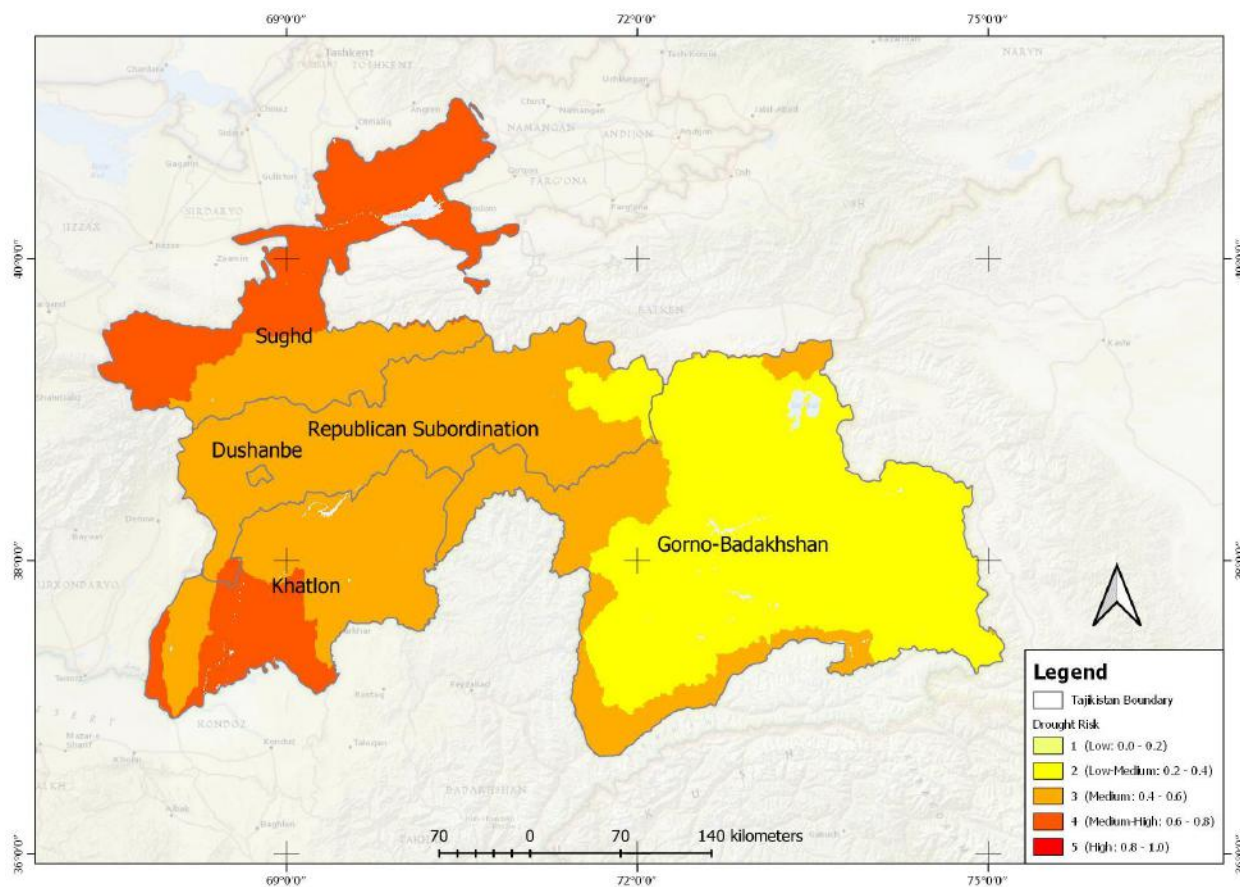


Рисунок 41: Годовой базовый (2000-2014 гг.) риск засухи. Из Aqueduct 3.0, Институт мировых ресурсов. Риск засухи измеряет, где вероятно возникновение засухи, задействованное население и активы и уязвимость населения и активов к неблагоприятным воздействиям.



## 7.3.2 Плодородие земель

### 7.3.2.1 Изменение почвенного покрова в 1999-2019 гг. (анализ по NDVI)

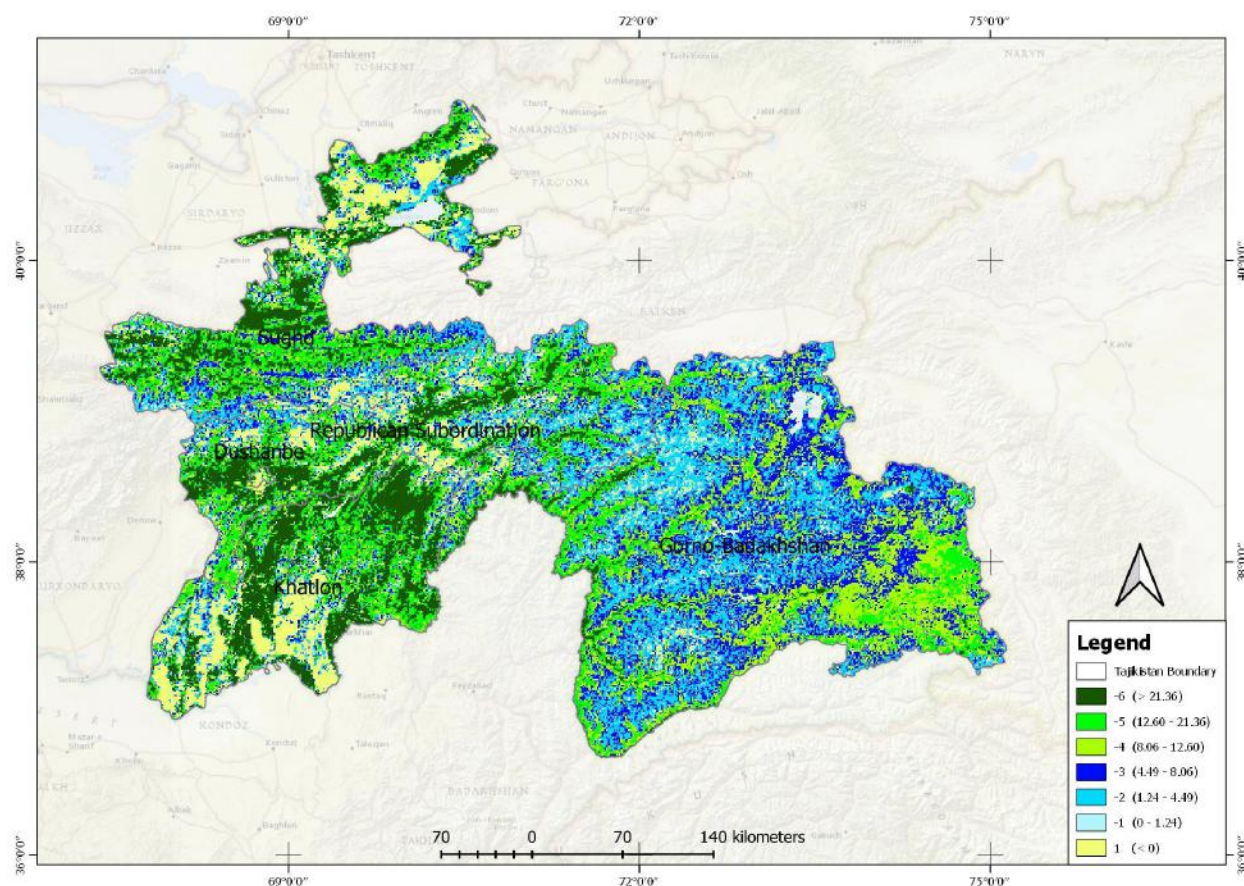


Рисунок 42: Изменение NDVI как индикатора плодородия почв за 2000-2020 гг. Данные NASA LP DAAC в центре USGSEROS. NDVI среднеразрешающего спектрометра с формированием изображения рассчитывается по атмосферно коррелированной двунаправленной отражающей способности поверхности, замаскированной для воды, облаков, тяжелых аэрозолей и теней от облаков.

В целом в Таджикистане наблюдается рост плодородия почв. Север Согдийской области, северные районы республиканского подчинения и Южный Хатлон испытывают снижение плодородия земель. Это явление лишь частично связано с изменением климата, так как деградация земель из-за неэффективных методов управления земельными ресурсами может еще больше снижать плодородие земель.

### 7.3.2.2 Комбинированная географическая чувствительность, связанная с изменением климата

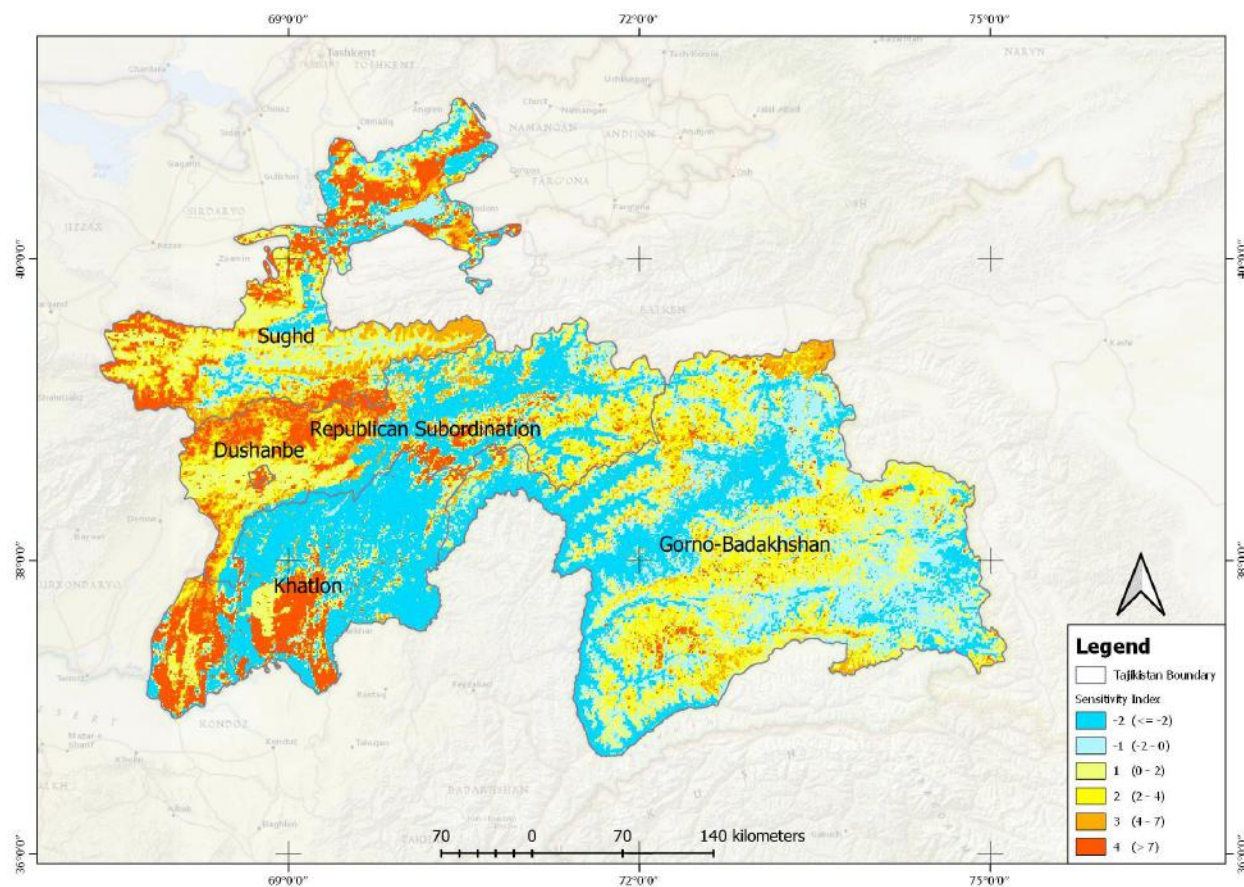


Рисунок 43: Комбинированная географическая чувствительность, связанная с изменением климата. Данные NASA LP DAAC в центре USGSEROS; Европейского космического агентства Copernicus (ESA); Aqueduct 3.0, Институт мировых ресурсов. Карта комбинированной географической чувствительности получена с использованием уравнения:  $2 * \text{Тенденция NDVI} + 2 * \text{Базовый дефицит воды} + \text{Базовый риск засухи}$ .

## 7.4 Социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата / Способность к адаптации

### 7.4.1 Валовой национальный доход (HDI) на душу населения (бедность)

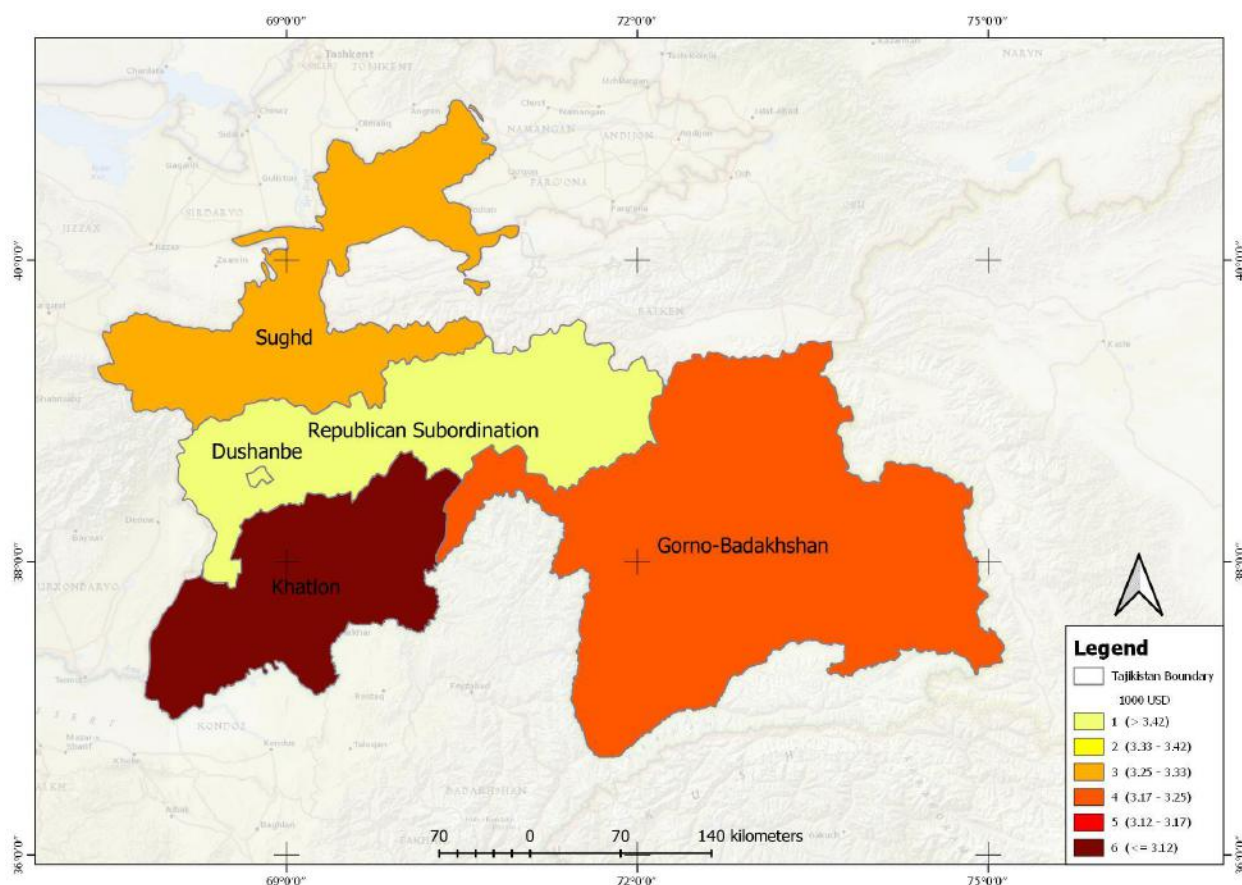


Рисунок 44: Уровень валового национального дохода на душу населения в 2018 г. (ВНД по ППС). Данные Глобальной лаборатории данных (GDL). HDI на душу населения по ППС – это валовой национальный доход на душу населения по паритету покупательной способности (ППС), разделенный на среднегодовую численность населения.



#### 7.4.2 Индекс человеческого развития (HDI): продолжительность жизни + образование + здравоохранение

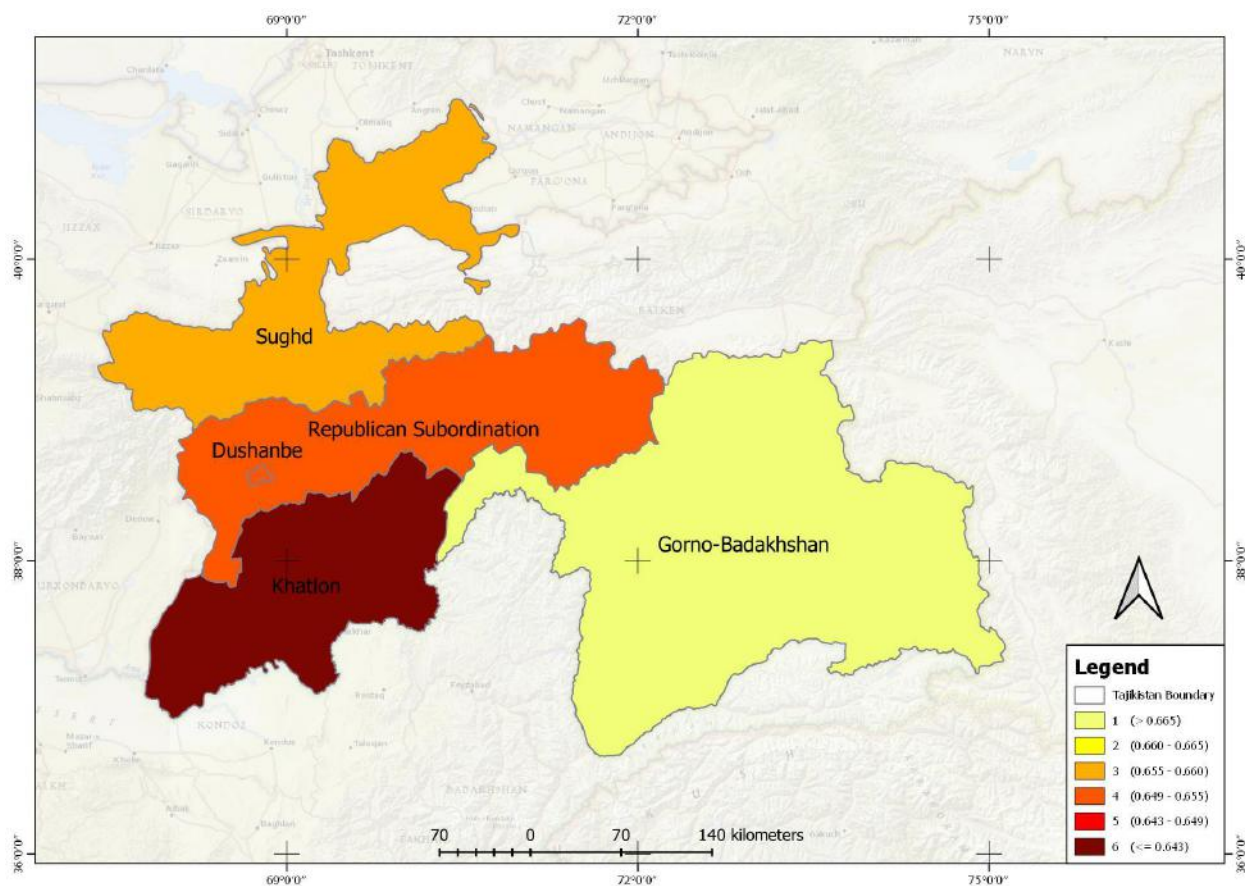


Рисунок 45: Уровень индекса человеческого развития в 2018 г. (HDI). Данные Глобальной лаборатории данных (GDL). HDI используется для измерения всех достижений страны в социальном и экономическом отношении, например, здоровье людей, уровень полученного ими образования и уровень их жизни.

### 7.4.3 Удаленность от рынков

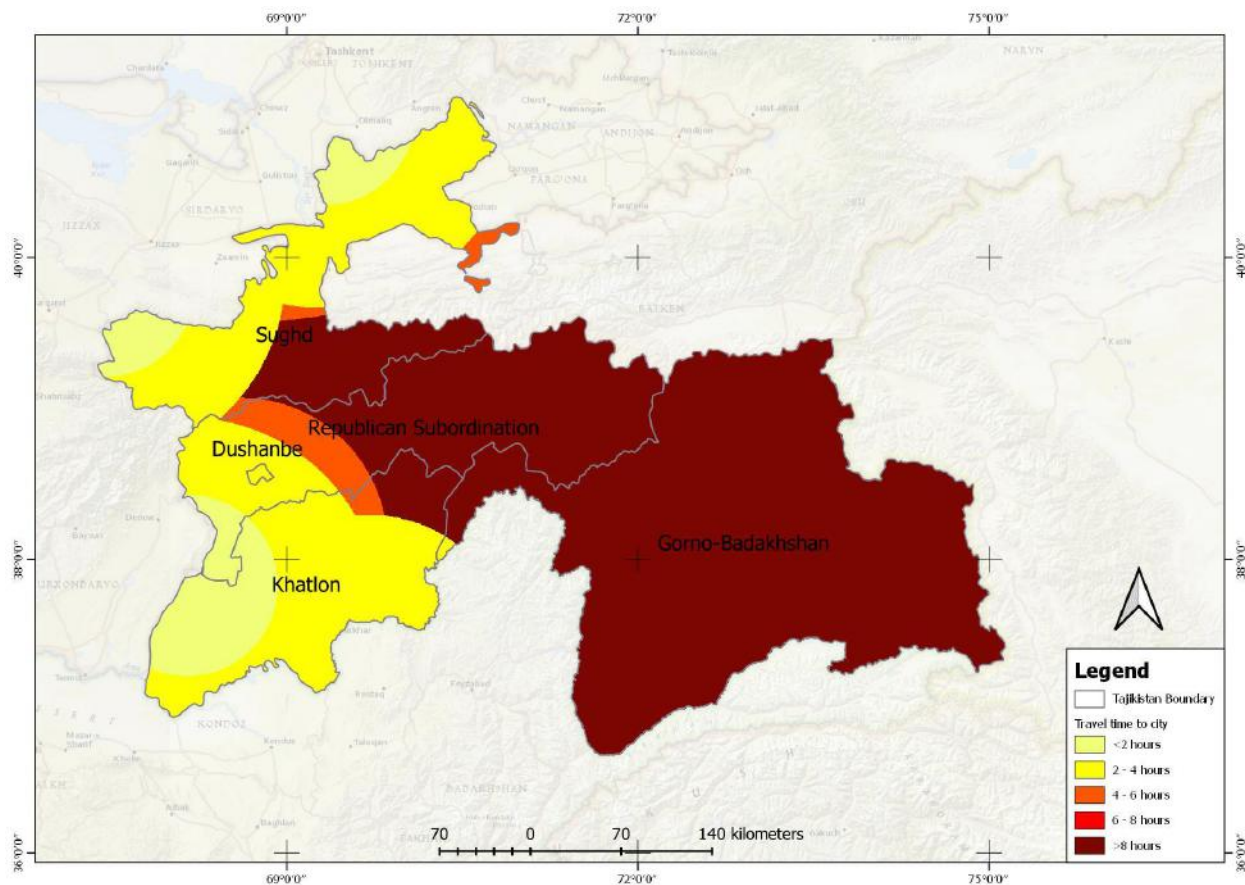


Рисунок 46: Доступность рынков. Данные Геоинформационных решений для комплексных исследований агроэкосистем, ICARDA. На карте показано время в пути до городов с населением не менее 50 000 жителей в качестве показателя доступности рынков.



#### 7.4.4 Комбинированная социально-экономическая чувствительность, связанная с изменением климата

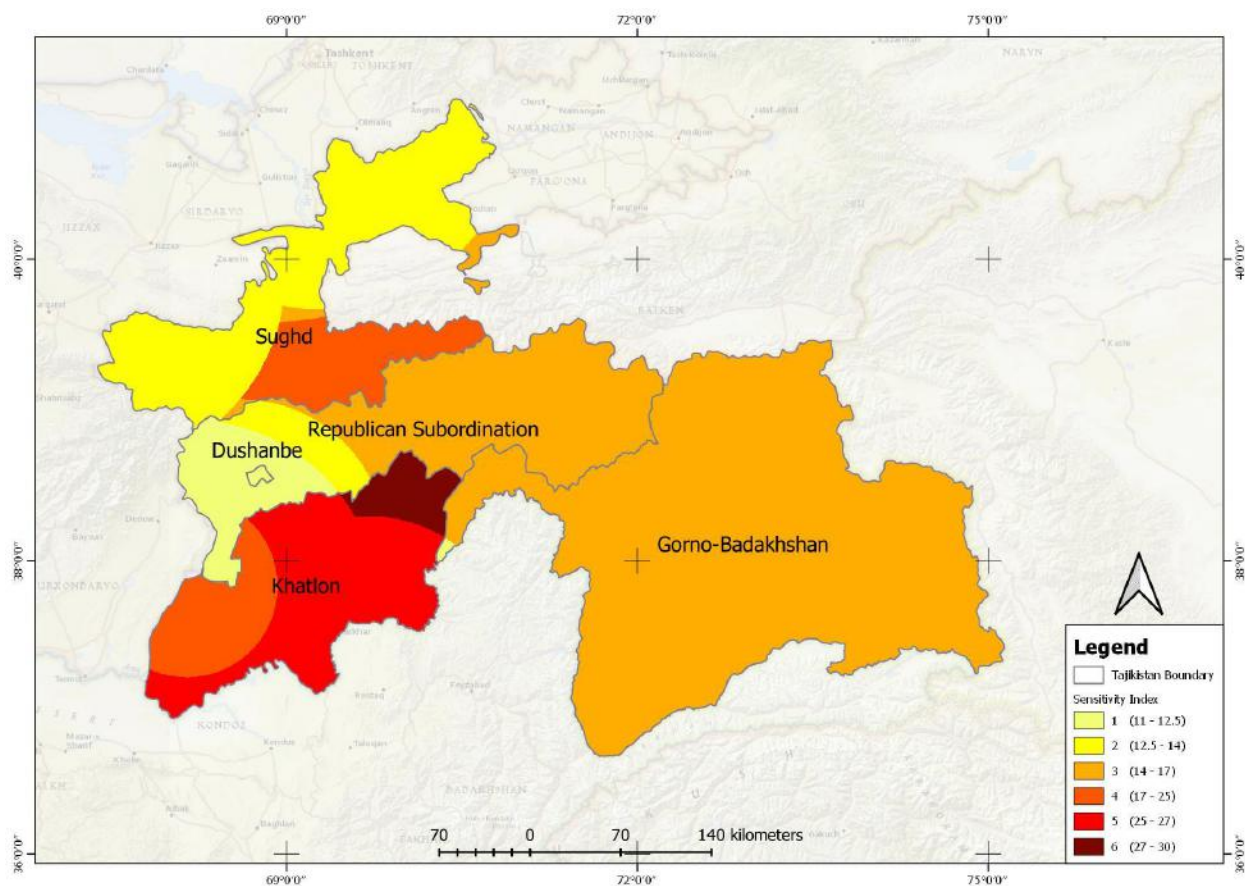


Рисунок 47: Карта комбинированной социально-экономической чувствительности, связанной с изменением климата. Данные Глобальной лаборатории данных (GDL), Национального статистического агентства Таджикистана, геоинформационных решений для комплексных исследований агроэкосистем, ICARDA. Карта комбинированной социально-экономической чувствительности получена из уравнения:  $2 * HDI + 2 * GNI PPP + \text{доступность рынков}$ .

## 7.5 Карта уязвимости к изменению климата

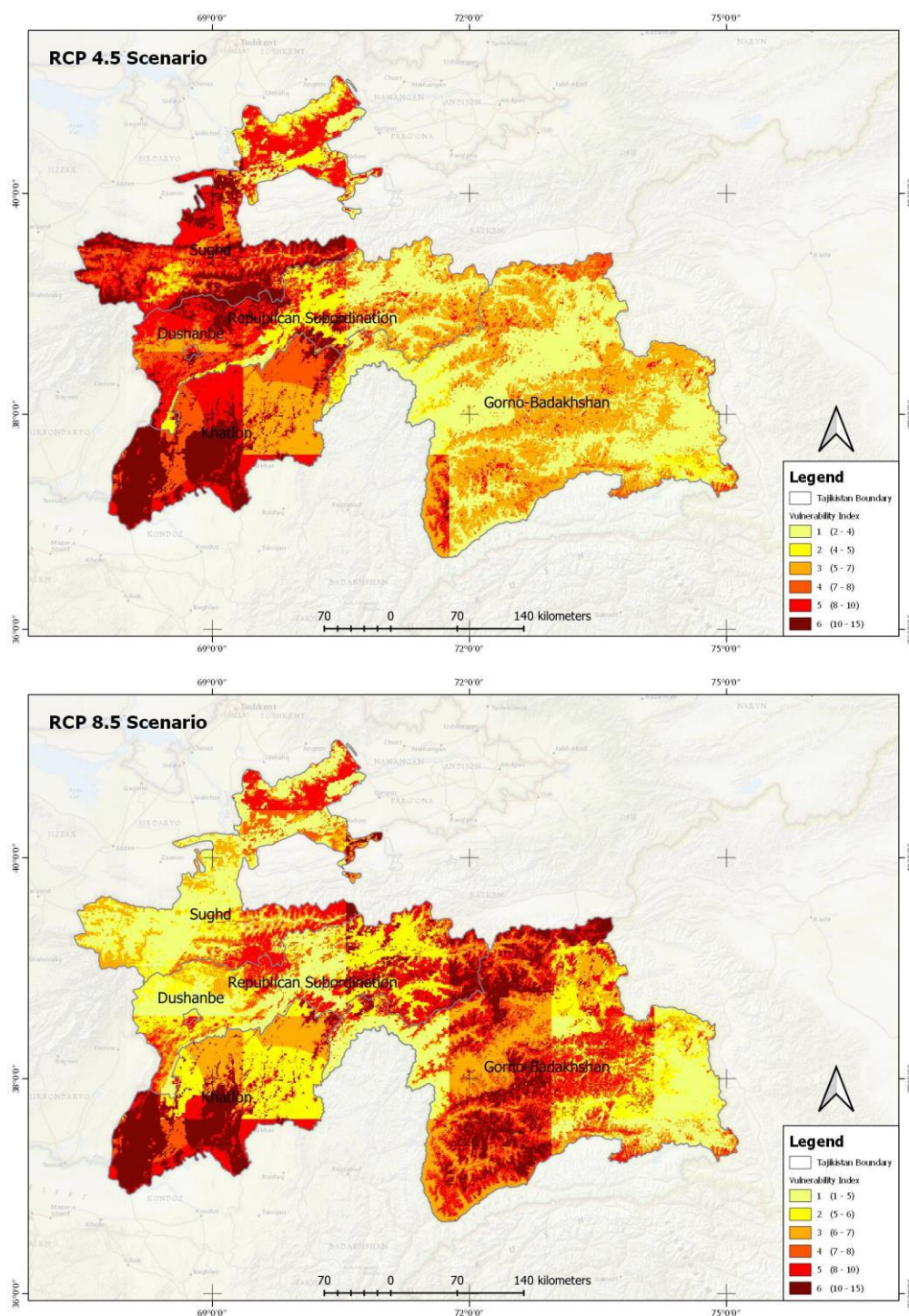


Рисунок 48: Карта уязвимости к изменению климата основывается на воздействии климата, географической и социально-экономической чувствительности. Карта уязвимости к изменению климата получена с использованием уравнения: воздействие климата + географическая чувствительность + социально-экономическая чувствительность.

## 7.6 Тематические карты

В дополнение к картам, являющимся наиболее важными для разработки АРУИК, были подготовлены следующие дополнительные карты, поскольку они дают более глубокое понимание воздействия изменения климата на Таджикистан, его уязвимости и возможных вариантов адаптации.

### 7.6.1 Сельское хозяйство

Был подготовлен ряд дополнительных карт для дальнейшей помощи в оценке сельскохозяйственного сектора. Список карт и некоторые ключевые выводы приведены ниже:

Был подготовлен ряд дополнительных карт для дальнейшей помощи в оценке сельскохозяйственного сектора. Список карт и некоторые ключевые выводы приведены ниже:

- **Карта землепользования**, разработанная для содействия при выявлении конкретной климатической и географической чувствительности для определенных видов землепользования.
- **Карта рельефа**, разработанная для выявления склоновых рисков.
- **Карта влажности почв**, разработанная для комплексного определения плодородия почв и деградации земель.
- **Карта изменения почвенного покрова за вычетом карты изменения влажности почвы**, разработанная в качестве возможного индикатора антропогенных изменений плодородия земель (деградация / восстановление земель, обезлесение / облесение). Это только частично может быть связано с изменением климата. Обычно ожидается, что влажность почвы в период вегетации связана с плодородием почвы. Основным фактором деградации земель здесь выступает выпас скота.
- **Карта воздействия климата на пахотные земли**, составленная объединением карты землепользования с богарным земледелием и карты воздействия изменения климата.
- **Карта изменения продолжительности вегетационного периода**: в целом, вегетационный период удлиняется. Таджикистан вряд ли от этого выигрывает, поскольку к концу сезона засуха и жара являются ограничивающими факторами.
- **Карта изменения почвенного покрова 1999-2019 (пахотные земли)**: оценка почвенного покрова (продуктивности земель) в сравнении с сельскохозяйственным землепользованием показывает, что продуктивность улучшается на протяжении последних 20 лет.



### 7.6.1.1 Изменение продолжительности вегетационного периода

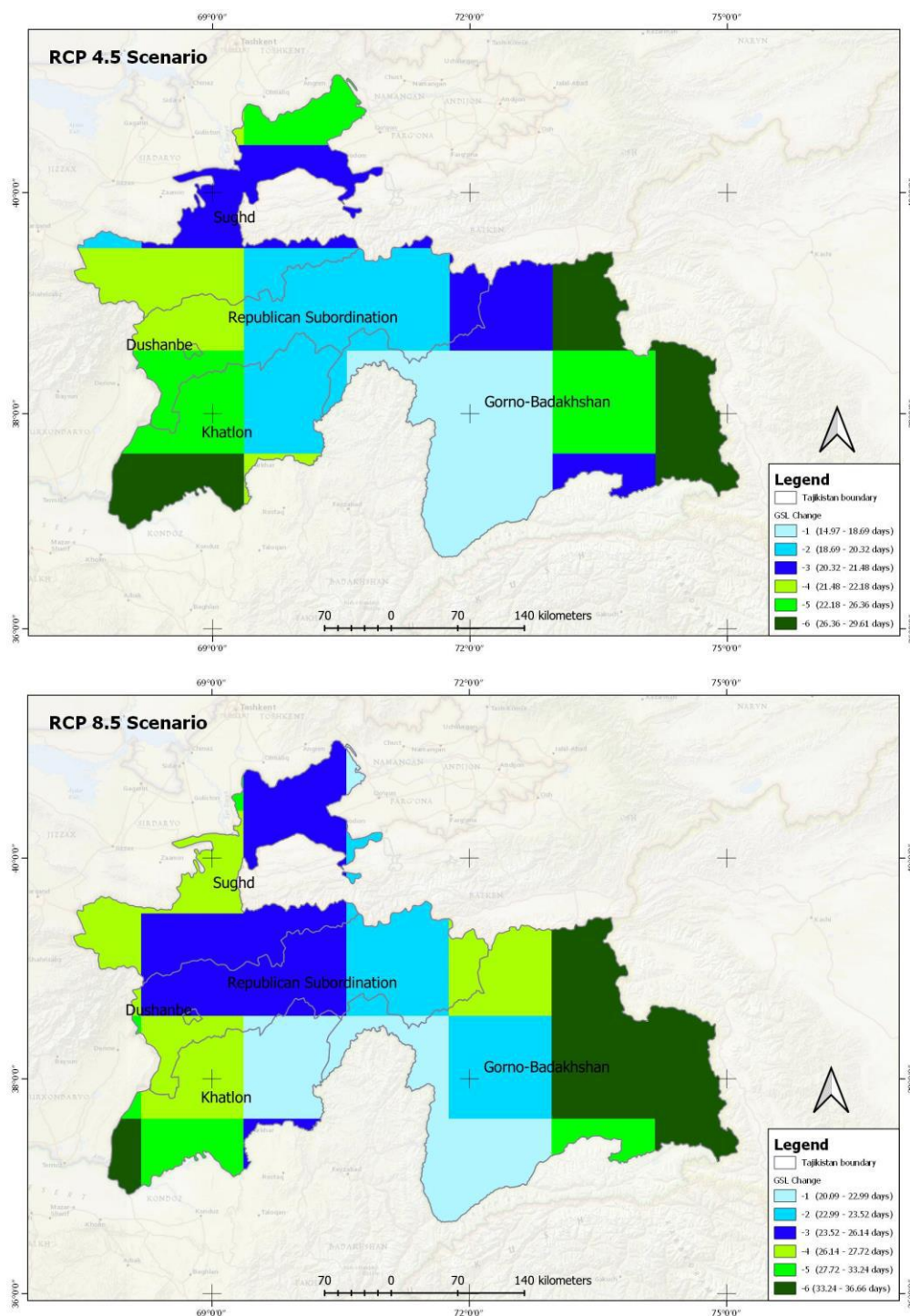


Рисунок 49: Прогнозируемое изменение продолжительности вегетационного периода (ПВП) к 2050 г. по сравнению с базовой за 1960-1990 гг. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели СМIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. ПВП – это продолжительность вегетационного периода, зависит от средней дневной температуры.

### 7.6.1.2 Карта землепользования

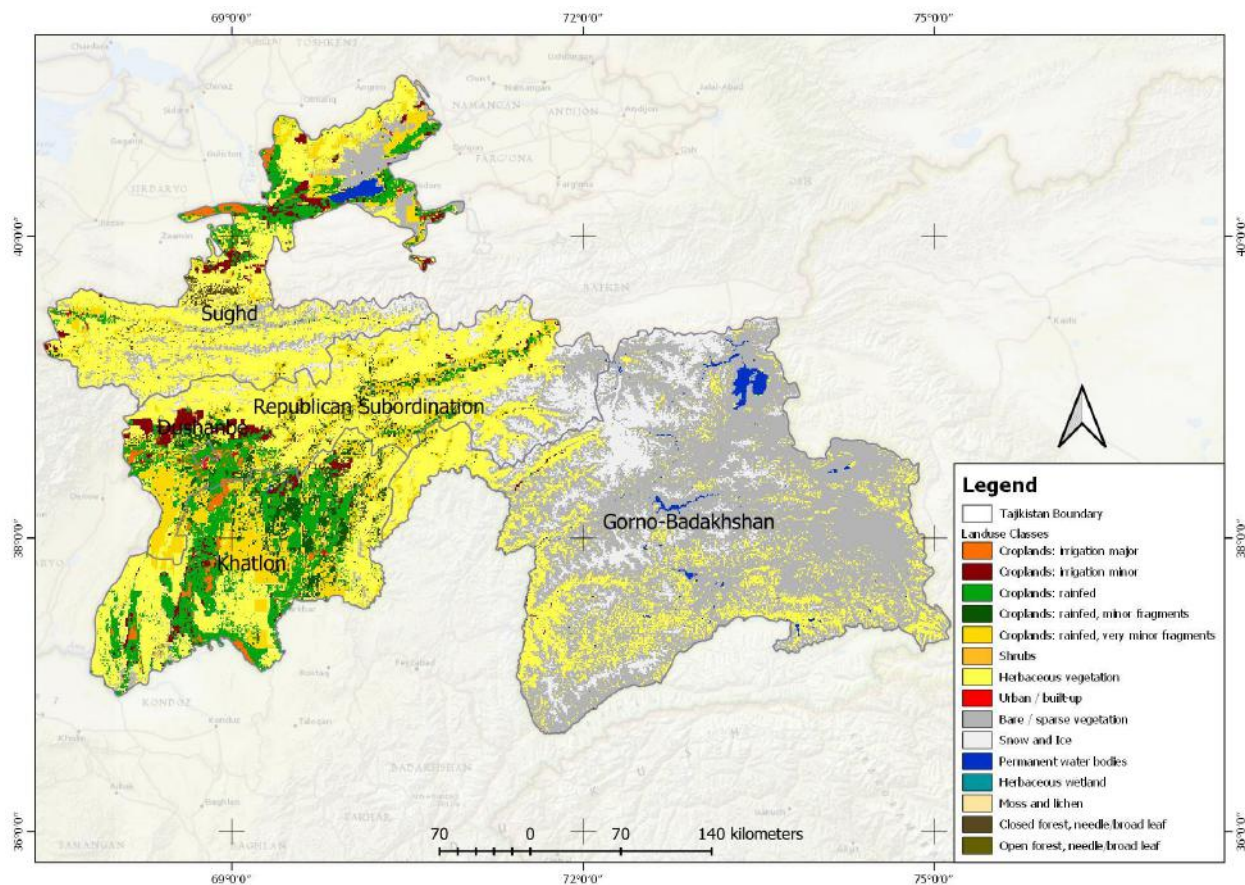


Рисунок 50: Глобальная карта почвенного покрова и протяженности пахотных угодий. Данные EU Copernicus и USGS. Карта земного покрова представляет собой пространственную информацию о различных классах физического покрытия поверхности Земли, например, леса, луга, пахотные земли, озера, заболоченные земли. Продукт протяженности пахотных земель обеспечивает пространственное распределение дезагрегированной пятиклассовой глобальной карты протяженности пахотных земель и орошаемых культур по сравнению с богарными. Карта изменения влажности почвы за период 2000-2020 гг.



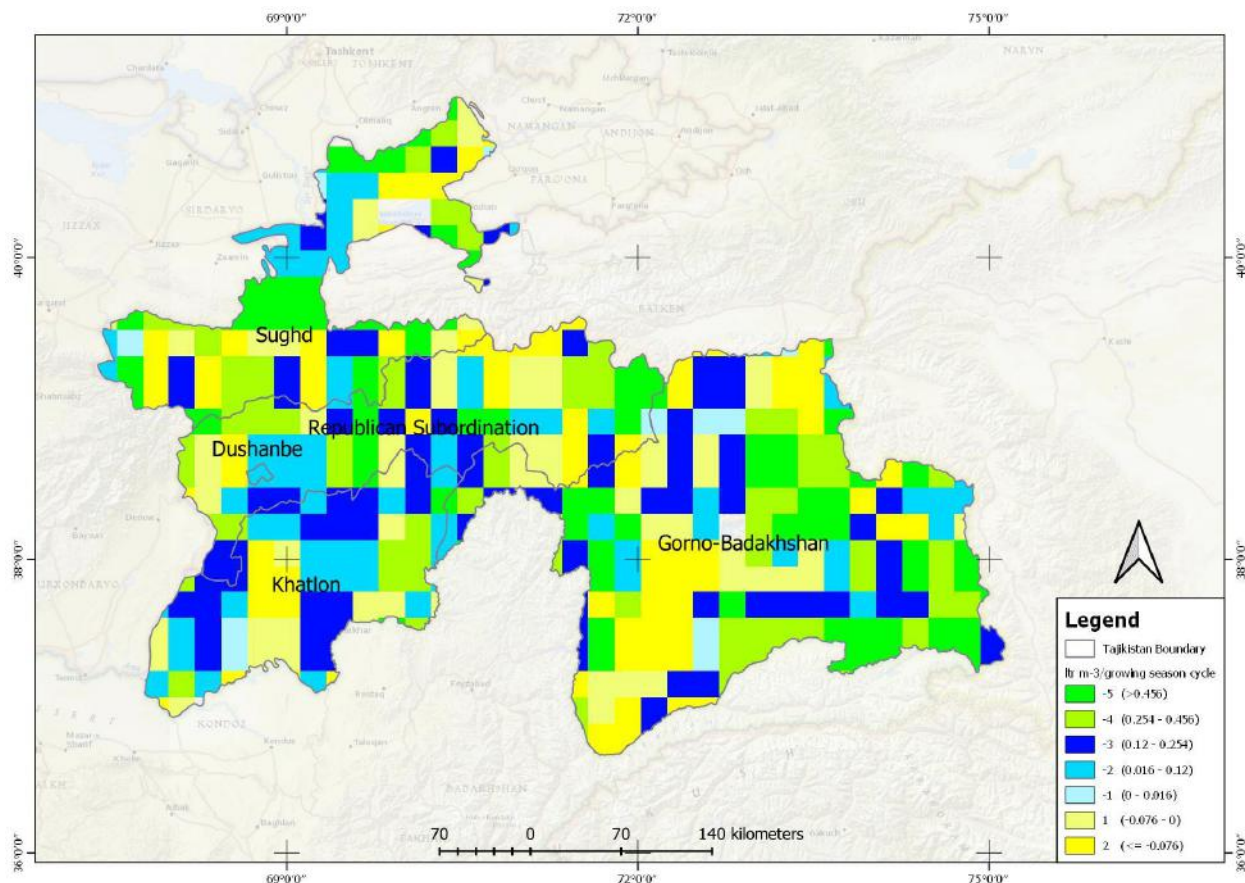


Рисунок 51: Изменение объемной поверхностной влажности почвы за 1999-2019 гг. Данные EU Copernicus и USGS. Набор данных по влажности почвы создан в рамках проекта Инициативы по изменению климата (CCI) Европейского космического агентства (ESA) по основным климатическим переменным.

### 7.6.1.3 Карта изменения почвенного покрова за вычетом влажности почв

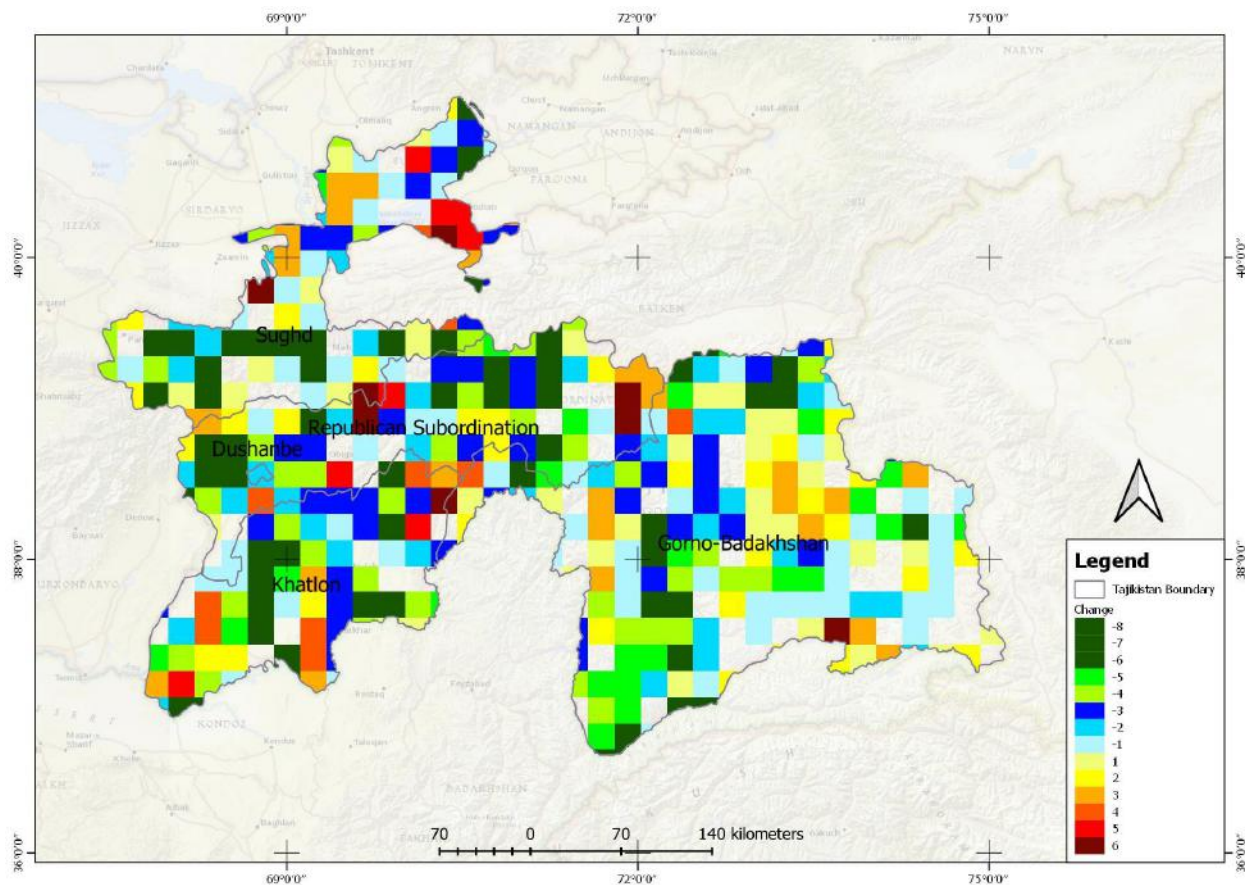


Рисунок 52: Тенденция NDVI – Динамика влажности почв в период вегетации. Данные MODIS / NASA и EU Copernicus / ESA. Классифицированная карта тенденций влажности почв в течение вегетационного периода была получена из классифицированной карты трендов NDVI

#### 7.6.1.4 Влияние изменения климата на богарное земледелие

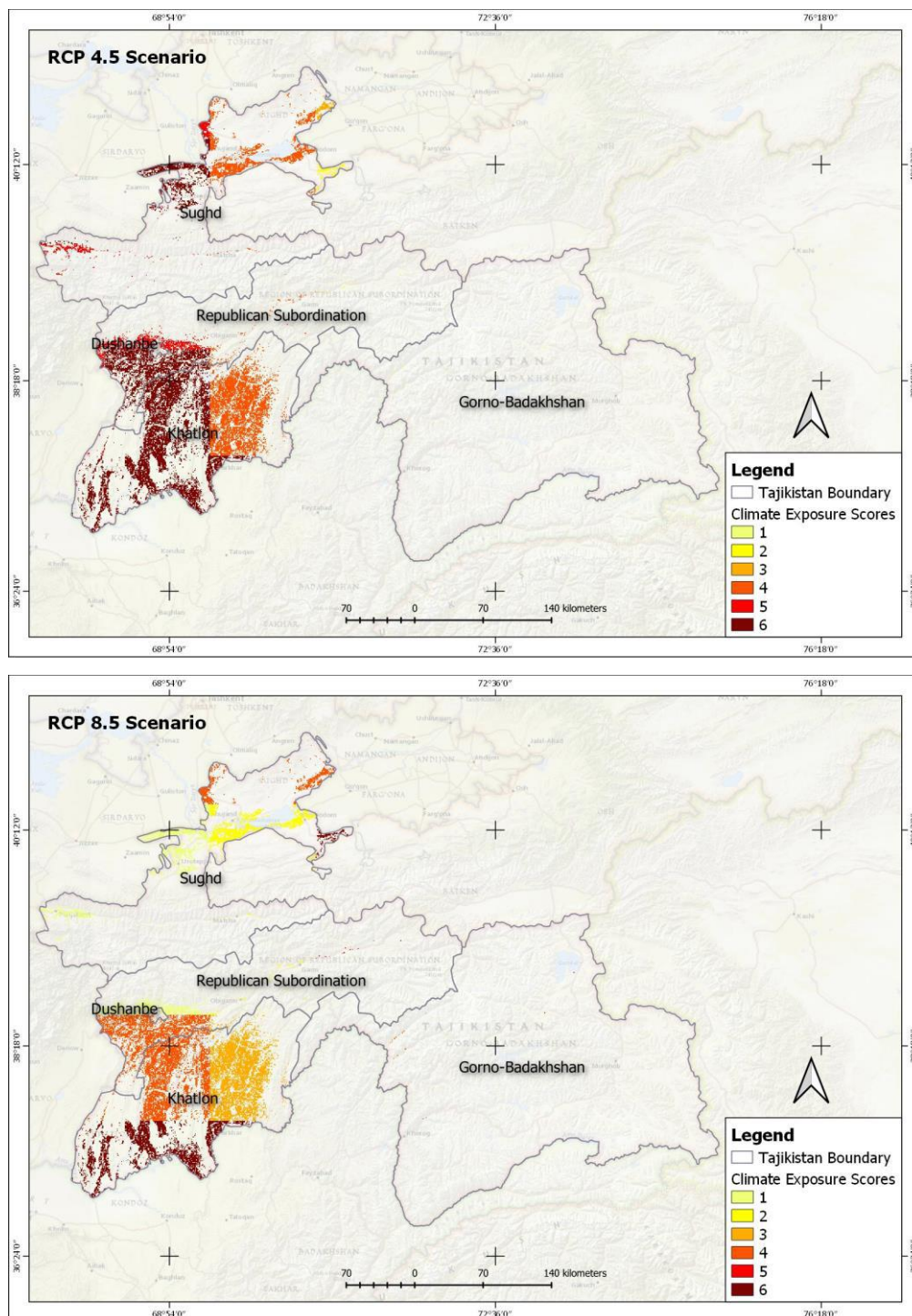


Рисунок 53: Общее воздействие климата как сумма баллов классифицированных климатических карт для показателей жары / общего количества осадков / доли сильных осадков / продолжительности засухи к 2050 году на пахотных землях. Прогнозы основаны на модели глобальной циркуляции CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. Климатическая оценка получена с помощью уравнения:  

$$(TXx*0.5+TX90p*0.5+CDD*1+PrctpTOT*0.5+Rx1day*0.33+R95p*0.33+R99p*0.33).$$
 1 – самое низкое воздействие, 6 – наиболее высокое воздействие.



#### 7.6.1.5 Изменение почвенного покрова за 1999-2019 гг. – пахотная земля

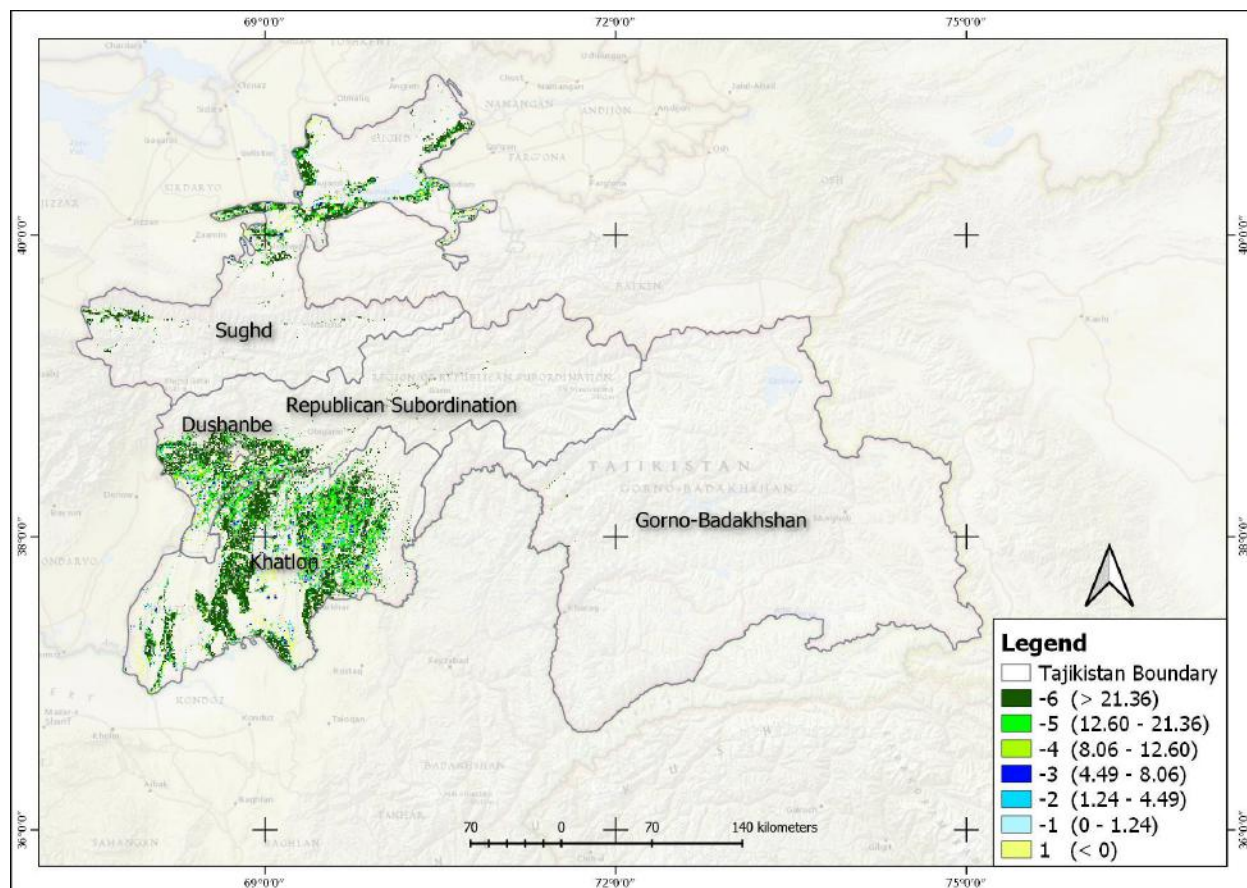


Рисунок 54: Изменение NDVI как показателя продуктивности почвы на пахотных землях. Данные NASA LP DAAC в Центре USGSEROS. MODIS NDVI рассчитывается на основе атмосферно коррелированного двунаправленного поверхностного отражения с учетом водных поверхностей, облаков, тяжелых аэрозолей и теней облаков.

## 7.6.2 Управление водными ресурсами

На управление водными ресурсами значительно влияют экстремальные осадки, особенно 5-дневные максимальные осадки. Поэтому были подготовлены две ориентировочные карты по риску переполнения водохранилищ и риску паводков на реках. Последняя карта WRI указывает на риск паводка, не учитывая состояние речных дамб, только высоту поймы над уровнем речной воды.

- **Максимальное изменение количества осадков за 5 дней (Rx5-day) (как показатель риска возникновения паводков).** 5-дневное максимальное изменение количества осадков (Rx5-day) рассматривается как хороший индикатор риска прохождения паводковых расходов. Паводковый расход чаще всего наблюдается в горных районах и примерно на 150 км ниже по течению от горных регионов. В этих зонах может потребоваться повторная оценка моделирования речного стока и соответствующее управление водохранилищами. Больше всего пострадают Горный Бадахшан и районы республиканского подчинения.
- **Изменения риска паводков на реках, связанных с изменением климата, в 2050 г. по сравнению с 2010 г.** В целом ожидается увеличение риска прохождения паводков. В бассейне р. Сырдарья ожидается уменьшение рисков на реках Кызыл Су / Ях Су и ряде притоков р. Пяндж в Горном Бадахшане.



### 7.6.2.1 Изменение максимальных 5-дневных осадков (Rx5-day) (как показатель риска паводков)

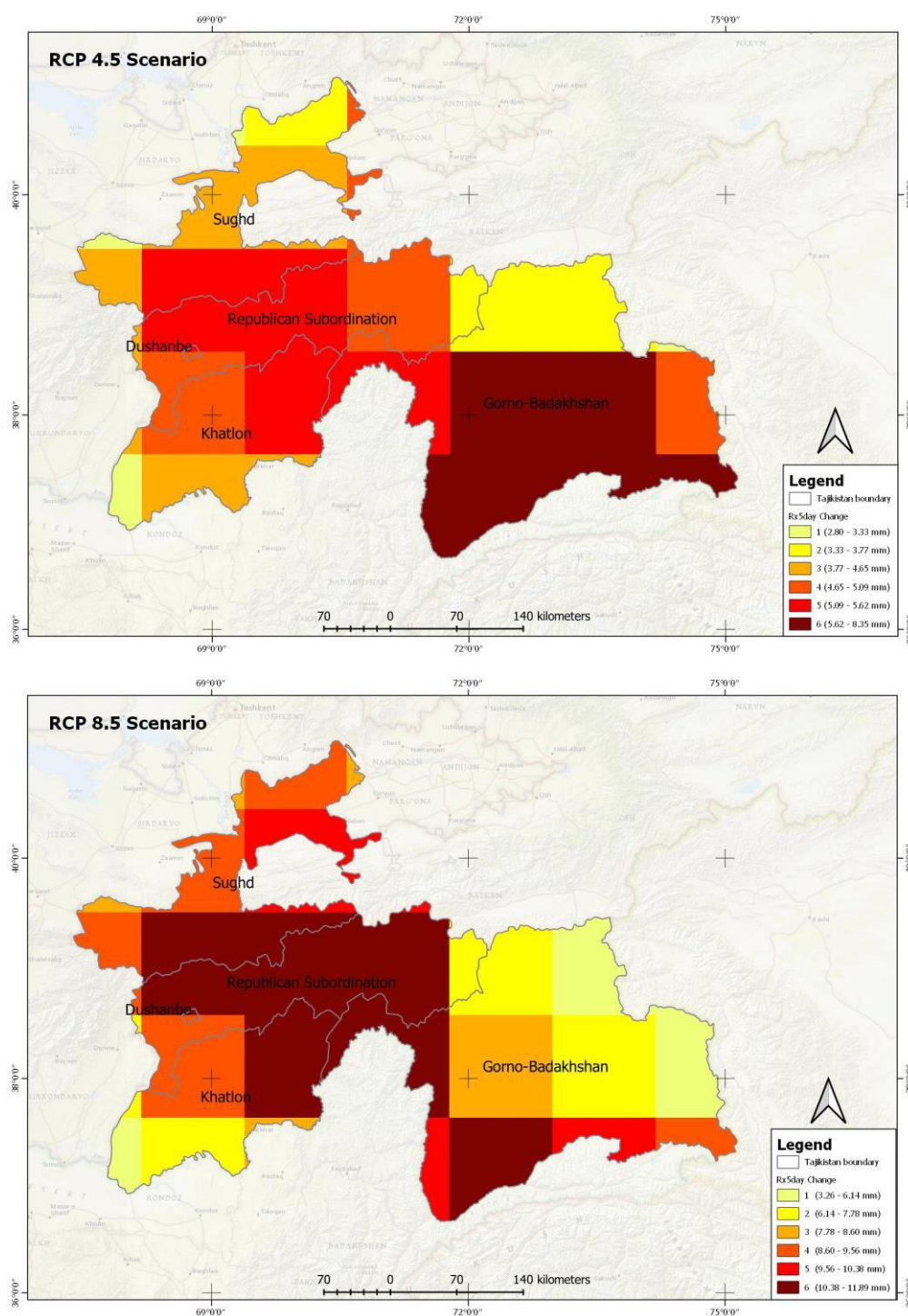


Рисунок 55: Зона риска паводков основана на изменении в 5-дневных осадках к 2050 г. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. Rx5day соответствует годовому максимуму 5-дневных осадков.

### 7.6.2.2 Изменения риска паводков на реках, связанных с изменением климата, в 2050 г. по сравнению с 2010 г.

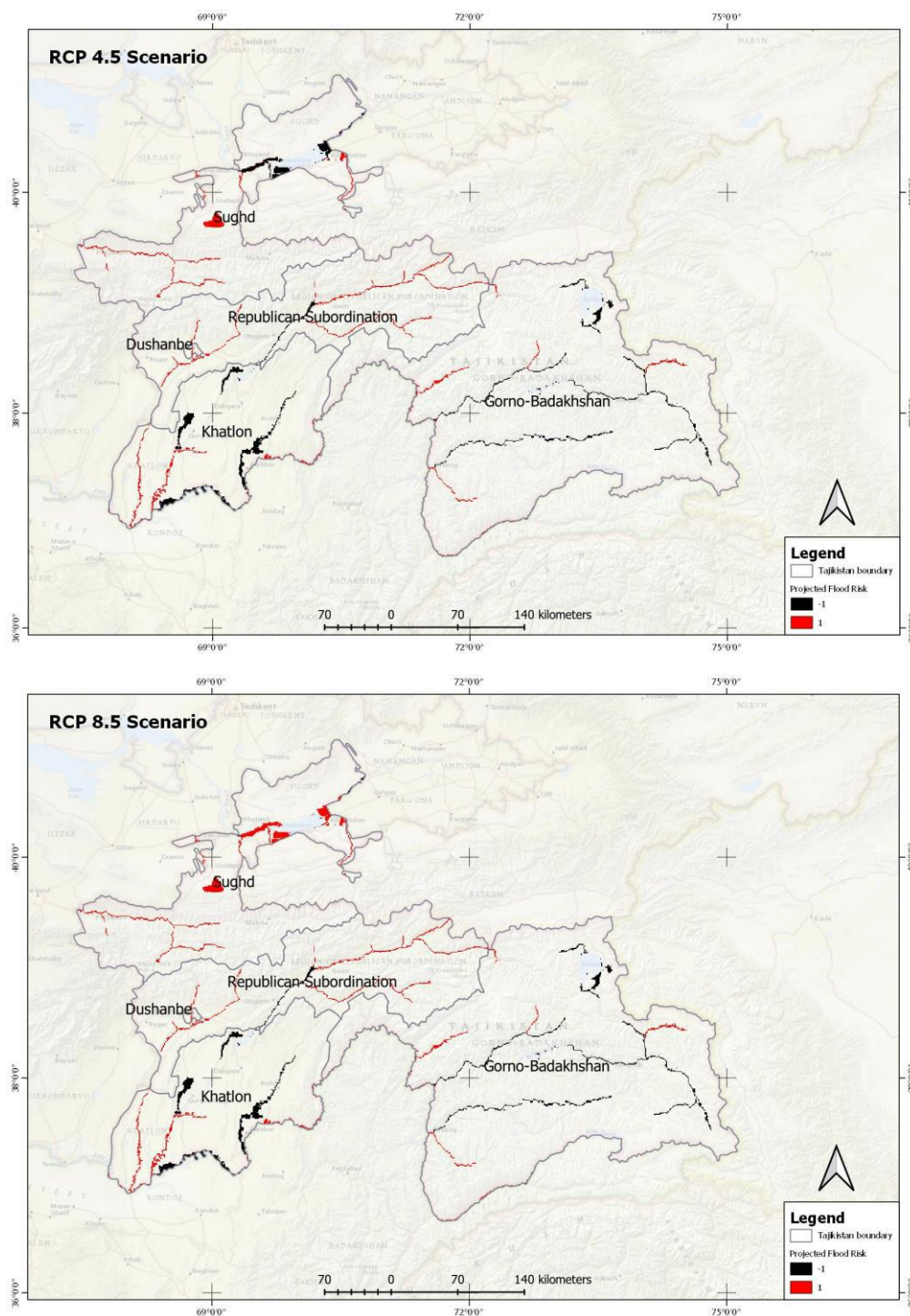


Рисунок 56: Прогнозируемое изменение риска паводков к 2050 г. с периодом повторяемости 50 лет. Прогнозы основаны на Глобальной циркуляционной модели CMIP5 для сценариев RCP 4.5 и 8.5. Карта паводков получена с учетом разницы между картой паводков RCP и картой исторических паводков.



## 8 ПОСЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ

Оценка рисков и уязвимости к изменению климата обеспечивает связь между изменением климата и мерами, которые мы, как общество, можем реализовать и адаптировать для управления рисками, связанными с изменяющимся климатом.

Путь к достижению адаптации проходит через пять этапов (Рисунок 57):

- Определение **воздействий** изменения климата (жара, засухи, обильные осадки, и т.д.);
- Определение возможных **мер**, к которым мы могли бы прибегнуть в борьбе с изменением климата, например снижение риска и предотвращение воздействия;
- **Понимание** воздействия цепочки изменения климата;
- Содействие готовности для повышения **способности к адаптации** посредством, например, обмена информацией, способности к развитию, накопления знаний и определения необходимого финансирования;
- Содействовать **использованию природных ресурсов** (т.е. регулировать использование земли и природных ресурсов)



Рисунок 57: Пять путей адаптации к изменению климата

Эти пять путей принимают разные формы в зависимости от того, рассматриваются ли они на местном, региональном или национальном уровне, что лучше всего проиллюстрировано следующими диаграммами (Рисунок 58-60).



Рисунок 58: Этапы адаптации к изменению климата на местном уровне

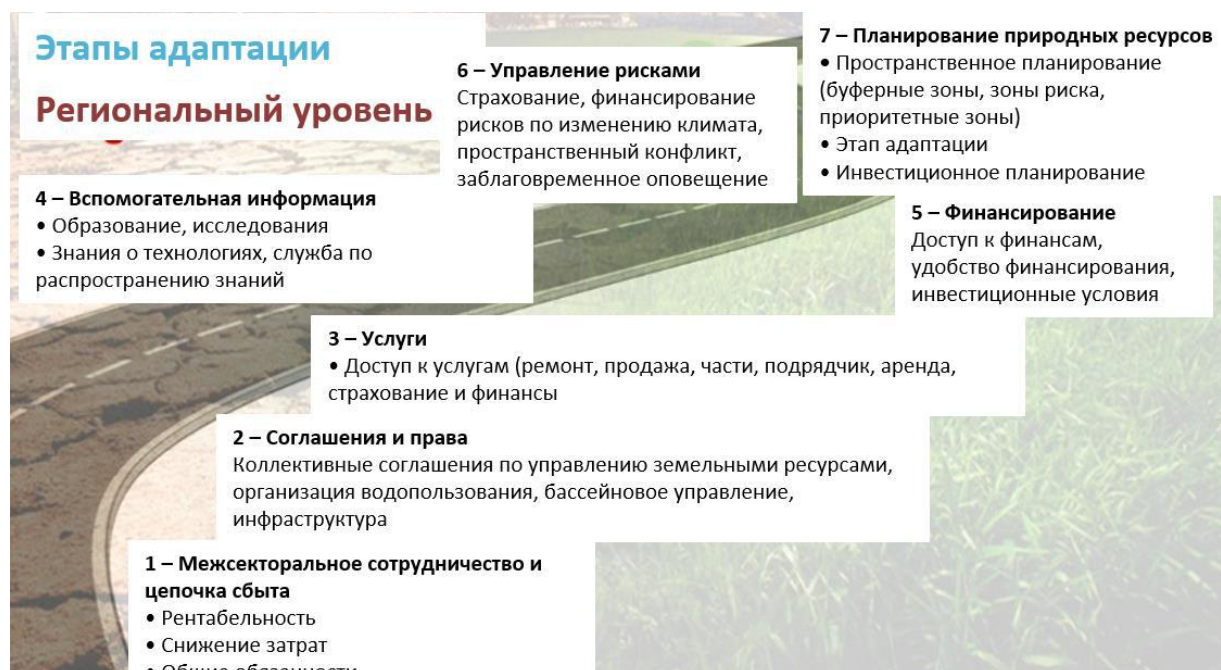


Рисунок 59: Этапы адаптации к изменению климата на региональном уровне

## Этапы адаптации

### Национальный уровень

#### 4 – Знания, укрепление потенциала, предоставление информации

- Исследования и образование, служба по распространению знаний, информация в открытых источниках

#### 3 – Ответственность

- Кто за что отвечает

#### 2 – Права

- Землепользование, доступ к рынкам, образование, бесплатное и свободное предоставление информации

#### 1 – Приоритеты

- Приоритетная группа уязвимости
- Приоритетные подходы к адаптации
- Поддержка местного потенциала по восстановлению

#### 7 – Мониторинг

- инструменты и средства мониторинга
- обновление инструментов политики

#### 6 – Снижение и планирование рисков

- Страхование, нормативные акты
- Пространственное планирование
- Средства на чрезвычайные ситуации
- заблаговременное оповещение, открытый доступ к информации

#### 5- Финансирование и планирование

- Секторы целевого финансирования
- Финансовое стимулирование
- Непосредственное инвестиционное планирование адаптации

Рисунок 60: Этапы адаптации к изменению климата на национальном уровне