



## **Результат 1**

выполнение работ по проекту

СЕЕФ2016-071-BL в рамках Службы предоставления экспертных услуг

### **Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата**

в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к  
изменению климата в Республике Беларусь

- Аналитическая записка, определяющая более точно границы новых агроклиматических зон (опирающаяся на данные за период 1989-2015гг.). Картирование результатов
- Систематизация информации и данных, связанных с выявленными зонами, используя показатели: количество осадков, продолжительность вегетационного периода, значения температуры в течение определенного времени, уровень увлажнения.
- Опыт стран ЕС в области регионального зонирования в условиях изменения климата, используемых в различных зонах для выращивания сельскохозяйственных культур.
- Оценка агроклиматических условий произрастания основных сельскохозяйственных культур в пределах выделенных агроклиматических областей за 1989-2015 гг.
- Последствия изменения климата
- Анализ использования климатических моделей
- Изменения климатических и агроклиматических характеристик по модельным оценкам
- Оценки изменения агроклиматических характеристик для различных сценариев изменения климата. Сроки посева сельскохозяйственных культур...
- Воздействие изменений климата на сельское хозяйство по административным районам
- Научное обоснование и определение индикаторов уязвимости почв к изменению климата на основе анализа международного и национального опыта.
- Типизация и создание общенациональной карты уязвимости почв Беларуси к засухам и засушливым явлениям.
- Предложения по применению почвенной информации при обосновании практических мер по адаптации сельского хозяйства к изменению климата и формированию устойчивого аграрного землепользования

**В.Мельник, В.Яцухно, Н.Денисов, Л.Николаева, М.Фалолеева.**

**Минск-Женева, 2017**

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 4  |
| 1 Состояние вопроса. Последствия изменения климата для сельского хозяйства.....   | 4  |
| 2 Изменения границ агроклиматических областей на территории Республики Беларусь за 1989-2015 годы. Построение карты с новыми границами агроклиматических зон (агроклиматических областей).....                                | 6  |
| 3 Оценка климата и агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период потепления в пределах уточненных агроклиматических областей по рассчитанным показателям.....  | 9  |
| 4 Пространственное распределение климатических и агроклиматических показателей (картирование и оценка рассчитанных показателей).....  | 11 |
| 5 Опыт стран ЕС в области регионального зонирования в условиях изменения климата, используемых в различных зонах для выращивания сельскохозяйственных культур.....  | 11 |
| 6 Оценка агроклиматических условий произрастания основных сельскохозяйственных культур в пределах выделенных агроклиматических областей за 1989-2015 гг.....  | 23 |
| 7 Карта агроклиматического районирования территории Беларуси по условиям теплообеспеченности (суммы температур воздуха выше 10°C) и влагообеспеченности (ГТК Селянинова за май-июль) за период потепления 1989-2015 годы..... | 26 |
| 8 Последствия изменения климата.....  | 27 |
| 8.1 Анализ использования климатических моделей .....  | 27 |
| 8.2 Изменения климатических и агроклиматических характеристик по модельным оценкам.....   | 29 |
| 8.3 Оценки изменения агроклиматических характеристик для  |    |

|  |    |
|--|----|
| различных сценариев изменения климата. Сроки посева сельскохозяйственных культур.....  | 31 |
| 9 Научное обоснование и определение индикаторов уязвимости почв к изменениям климата на основе анализа международного и национального опыта.....   | 35 |
| 10 Типизация и создание общенациональной карты уязвимости почв Беларуси к засухам и засушливым явлениям.....   | 38 |
| 11 Воздействие изменений климата на сельское хозяйство по административным районам .....   | 45 |
| 12 Заключение.....   | 50 |
| 12.1 Основные меры по адаптации сельского хозяйства по полученным прогнозным показателям климатических изменений.....  | 53 |
| 12.2 Предложения по применению почвенной информации при обосновании практических мер по адаптации сельского хозяйства к изменению климата и формированию устойчивого аграрного землепользования..... | 54 |
| Список использованных источников .....   | 57 |
| Приложения.....  | 60 |

## ВВЕДЕНИЕ

Климат всегда оказывал существенное влияние на человеческую деятельность. Особенно подвержены воздействию климата такие погодозависимые отрасли экономики как сельское, лесное и водное хозяйство. С 1989 года в Беларуси начался самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет. За период с 1989 по 2015г. среднегодовая температура воздуха в Беларуси на 1,3 °С превысила климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией (ВМО). В 2015 году средняя годовая температура воздуха составила +8,5°С, что на 2,7°С выше климатической нормы и оказалась самой высокой за весь период инструментальных наблюдений, начиная с 1881 года. В результате потепления произошло изменение границ агроклиматических зон (областей): Северная агроклиматическая область распалась, а на юге Белорусского Полесья образовалась Новая, более теплая агроклиматическая область. Исследования показывают, что тенденции этих изменений в ближайшие десятилетия сохраняться. Существенное изменение условий произрастания сельскохозяйственных культур в результате потепления требует коррективов в практике ведения сельского хозяйства и учета учитывать при разработке стратегии развития сельскохозяйственного производства и его адаптации к изменениям климата. Для этого необходимо иметь прогнозные показатели изменения климата на ближайшие десятилетия по отношению к базовому периоду. Для оценок современных климатических и агроклиматических показателей в качестве базового использован период 1989-2015 гг. Оценки воздействия наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство и землепользование получены как на национальном, так и на глобальном уровнях. Однако актуальность задачи остается, поскольку комплексную проблему существования природной среды и экономики в новых климатических условиях в настоящее время нельзя считать решенной. В связи с этим ведется разработка новых климатических сценариев и совершенствуются уже существующие методы оценок влияния климата на сельское хозяйство.

### **1 Состояние вопроса. Последствия изменения климата для сельского хозяйства**

Последствия изменения климата в Беларуси, начиная с 1989 года (теплые зимы, раннее наступление весенних процессов, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, увеличение повторяемости засух, волн тепла, высоких температур воздуха и др.) оказывают существенное влияние на сектор сельского хозяйства и достаточно хорошо изучены.

Изменение климата вызывает как отрицательные, так и положительные последствия с точки зрения результатов сельскохозяйственного производства. При этом, поскольку происходят изменения сложившегося уклада, то адаптироваться надо к обоим видам последствий. Рост теплообеспеченности в

определенных пределах способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, но при значительном росте среднегодовой температуры сельское хозяйство в южных и восточных районах Республики Беларусь уже сталкивается с проблемой недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, пересыханием пахотного слоя и другими проявлениями засух. Засухи имеют атмосферно-почвенную природу, при проявлении которых почвы наиболее подвержены климатообусловленным рискам, минимизация которых должна рассматриваться как важнейшая цель адаптации аграрного сектора к изменяющемуся климату. В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка степени уязвимости почв Беларуси к негативному воздействию проявления засух и засушливых явлений и других погодно-климатических факторов, как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях.

**Таблица 1** содержит сводные данные о положительных и отрицательных последствиях изменения климата для растениеводства Республики Беларусь. Указанные последствия характерны для периода потепления за 1989-2015 годы и агроклиматических и климатических показателей за указанный период, приведенных в таблице 2 и Приложении 2. Детализация данной таблицы с учетом степени вероятности наступления тех иных событий по регионам может составить основу разработки мер по адаптации.

**Таблица 1 Положительные и отрицательные последствия изменения климата для растениеводства**

| <b>Последствия изменения климата для растениеводства Беларуси</b>   |  |
|---|--|
| <i>Положительные последствия</i>  | <i>Отрицательные последствия</i>   |
| Более раннее начало весенних процессов и увеличение продолжительности вегетационного периода  | Повышение вероятности экстремальных и неблагоприятных гидрометеорологических условий   |
| Увеличение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур   | Рост максимальных температур воздуха, волн тепла   |
| Уменьшение повторяемости зим с опасной для озимых культур минимальной температурой почвы на глубине узла кущения  | Увеличение интенсивности и частоты засух, особенно в южных регионах страны, вызывающих снижение урожайности и деградацию почвы |
| Улучшение условий уборки зерновых культур, улучшение условий уборки свеклы, поздних сортов картофеля вследствие более позднего начала осенних заморозков. | Увеличение повторяемости и продолжительности интенсивности волн тепла, возможность заморозков в период цветения                |
| Увеличение продолжительности пожнивного периода   | Появление новых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур   |
| Более раннее окончание весенних заморозков (за исключением Гомельской области) и увеличение продолжительности беззаморозкового периода.                   | Увеличение интенсивности осадков, приводящее к эрозии почв или повреждением растений   |

|  |  |
|--|--|
|  | Недостаточная влагообеспеченность в вегетационный период, увеличение спроса на воду ухудшение условий формирования урожая средних и поздних сортов картофеля, льна, капусты, второго укоса трав из-за сухой и жаркой второй половины лета. |
|--|--|

Экспертные оценки показывают, что погодные и климатические условия приводят к изменению валового продукта сельского хозяйства в Беларуси, как минимум на 15-20%, производства мяса и молока - на 10-15%, затрат на производство крупного рогатого скота и свиней - на 5-15%. В последние 20 лет в Беларуси четко проявляется следующая экономически значимая особенность: средний валовой сбор зерна в республике примерно 7-8 млн тонн, но в неблагоприятные по погодным условиям годы снижается до 5,5-6 млн тонн, а в благоприятные - достигает 9,5 млн тонн. Потери зерна могут составлять примерно 700 млн долларов США. Специалисты предсказывают неизбежность перестройки всех систем ведения сельского хозяйства в результате смещения зон в северном направлении на значительные расстояния. По информации Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь осуществляются конкретные мероприятия по адаптации сельского хозяйства к изменению климата. За последние годы в республике значительно увеличились посевные площади кукурузы под зерно. В хозяйствах Брестской и Гомельской области за последние годы внедряется в производство озимый ячмень, уборку его начинают на 2-3 недели раньше других культур. Это тоже благодаря увеличению сумм температур в июне-июле. Возросли посевные площади рапса на семена. В южных областях ежегодно проводится посев сои (до 5 тыс. га), расширились посевы подсолнечника, овощного горошка, сахарной кукурузы, спаржевой фасоли. Освоено выращивание ранних теплолюбивых сортов картофеля. Продолжаются работы по созданию промышленных плантаций винограда; ведутся работы по расширению площадей бахчевых культур. В пространственном выражении в Республике Беларусь уже произошло изменение границ агроклиматических областей: Северная агроклиматическая область распалась, а на юге Полесья образовалась Новая, более теплая агроклиматическая область (рисунок 1). Изменение границ агроклиматических областей требует правильных оценок складывающихся агроклиматических условий внутри каждой области.

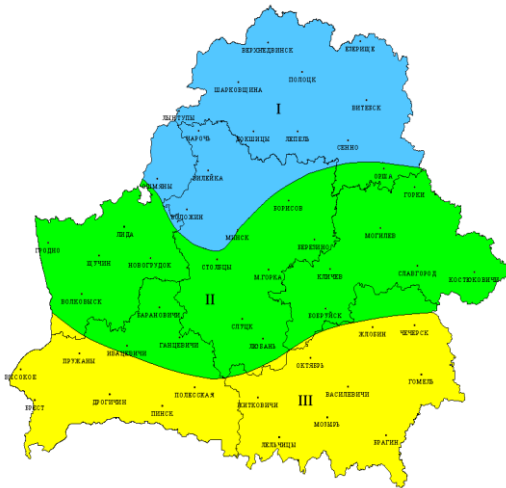
## **2 Изменения границ агроклиматических областей на территории Республики Беларусь за 1989-2015 годы. Построение карты с новыми границами агроклиматических зон (агроклиматических областей)**

Исходными данными для выполнения работы явились: данные государственного климатического кадастра, сформированные в результате многолетних метеорологических наблюдений государственной сети гидрометеорологических наблюдений за период потепления (1989-2015). Агроклиматические и климатические показатели, по которым выбраны критерии агроклиматического районирования по условиям теплообеспеченности и влагообеспеченности, рассчитаны в соответствии с существующими методами обработки климатической и агроклиматической

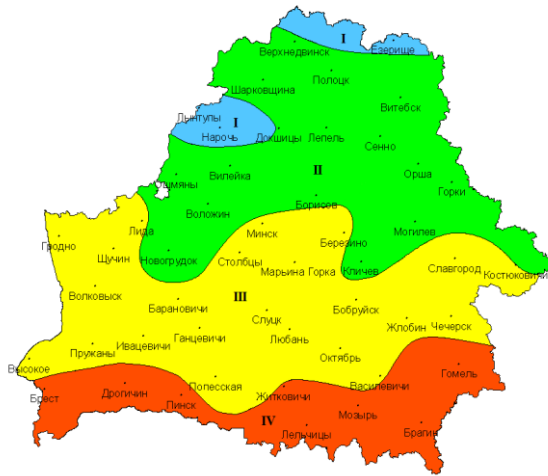
информации. В качестве показателя агроклиматического районирования по теплообеспеченности использовались суммы температур воздуха за период с температурами выше  $10^{\circ}\text{C}$ ; по влагообеспеченности ГТК Селянинова – условный показатель увлажнения за период май- июль. Период май - июль считается наиболее критическим периодом для развития большинства сельскохозяйственных культур, в первую очередь зерновых. ГТК представляет отношение суммы осадков за определенный период к сумме температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  за тот же период, уменьшенной в 10 раз. По гидротермическому коэффициенту увлажнения (ГТК) характеризуют следующие условия увлажнения территории: больше 1,6 – влажные, от 1,6 до 1,3 – оптимальные, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливые, от 1,0 до 0,7 – засушливые, от 0,7 до 0,4 – очень засушливые, от 0,4 до 0,2 – сухие, от 0,2 и меньше – очень сухие. При построении карты агроклиматического районирования использовался картографический метод исследования.

В 1973 году была разработана принципиально новая схема агроклиматического районирования территории Беларуси, в которой для выделения агроклиматических областей использованы суммы температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  (рисунок 1). Согласно этой классификации, территория Беларуси была разделена на три агроклиматические области: Северную, Центральную и Южную. В условиях современного изменения климата агроклиматические ресурсы территорий меняются. Меняются и границы агроклиматических зон (областей). Впервые изменение границ агроклиматических областей Беларуси в результате современных изменений климата и появление Новой агроклиматической области отмечено в (Мельник В.И., 2004). Теплая погода в периоды активной вегетации последующих лет (особенно аномально жаркое лето в 2010, 2014, 2015 годах) еще более изменили границы агроклиматических областей и расширили границы Новой агроклиматической области. Ее граница в Гомельской области сместилась на север, особенно на юго-востоке области.

а)



б)



Сумма температур воздуха выше 10°C



**Рисунок 1 - Изменение границ агроклиматических областей Беларуси:**

**а) Границы агроклиматических областей по А.Х. Шкляру (1973 г).**

**б) Границы агроклиматических областей за период потепления 1989-2015г.г.**

**I – Северная, II – Центральная, III – Южная, IV – Новая.**

Границы Центральной агроклиматической области сместились на север и сейчас она находится в пределах Поозерской физико-географической провинции, исключая ее крайний север; участок на юго-западе, занимает северную часть Западно-Белорусской провинции; северо-восток Предполесской провинции и практически всю Восточно-Белорусской провинции, за исключением ее южной части, хотя ранее она простиралась в виде удлиненной полосы с юго-запада на северо-восток, и на юге была ограничена Полесской провинцией (Приложение 1). Южная агроклиматическая область сместила свои северные границы за пределы Полесской провинции и теперь она занимает южную половину Западно-Белорусской провинции, южную и западную часть Предполесской провинции и крайний юг Восточно-Белорусской провинции, южная ее граница проходит по левобережью Припяти и далее на восток, к северной части Приднепровской низменности. Новая агроклиматическая область, занимает южную часть Полесской провинции и характеризуется самой короткой и теплой в пределах Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом. По оценкам многих ученых глобальное потепление в ближайшие десятилетия будет продолжаться, поэтому можно ожидать дальнейшего смещения к северу границ агроклиматических областей с более высокими температурами, что подтверждено расчетами, приведенными в главе 8.



Следовательно, для принятия управленческих решений необходимо внимательно следить за динамикой процесса изменения границ агроклиматических областей. Данное построение агроклиматических зон характеризует современное изменение климата в Республике Беларусь и оценку агроклиматических ресурсов за этот период потепления (1989-2015гг). В дальнейшем, в связи с прогнозируемым изменением климата и уточнением Стратегии развития сельского хозяйства, границы агроклиматических зон должны уточняться не реже одного раза за десятилетие.

### **3 Оценка климата и агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период потепления в пределах уточненных агроклиматических областей по рассчитанным показателям**

Климат Беларуси определяют как переходный от морского к континентальному и называют умеренно-континентальным. Среднегодовая температура воздуха составляет 7,1 °С. Среднегодовые температуры изменяются от 6,4°С в Витебской области до 7,8°С в Брестской области. Самый теплый месяц июль – 18,9 °С, самый холодный январь – минус 3,9 °С. Средние месячные температуры колеблются в июле от 17,7°С на северо-западе до 20,4 °С на юго-востоке. В январе – от минус 2,1 °С на юго-западе до минус 5,3 °С на северо-востоке. Годовая сумма осадков составляет 652 мм. Наибольшее количество осадков выпадает на Новогрудской возвышенности в среднем 745 мм, наименьшее на западе страны – в Гродно за год в среднем выпадает 548 мм осадков. Около 70 % годовой суммы осадков приходится на теплый период когда выпадают ливневые дожди. В годовом ходе максимум осадков выпадает в июле (71-117 мм), минимум – в феврале (28-50мм). Снежный покров на территории республики лежит от 64 дней на юго-западе до 115дней на северо-востоке.

Агроклиматические ресурсы территории характеризуются тремя основными показателями: количеством тепла и влаги в вегетационный период и условиями перезимовки сельскохозяйственных культур. Для территории Беларуси характерны достаточно благоприятные для развития сельского хозяйства агроклиматические условия. Однако значительные колебания погодных условий приводят временами к возникновению явлений, неблагоприятно отражающихся на развитии растений, а иногда к частичному их повреждению и даже полной гибели. К наиболее опасным явлениям погоды на территории Беларуси относятся: в теплый период – заморозки, засушливые явления, связанные с длительным отсутствием дождя и высокими температурами воздуха, обильные ливневые осадки, часто сопровождаемые градом и шквалистыми ветрами, продолжительные дождливые периоды, ухудшающие состояние растений из-за переувлажнения почвы; в холодный период года – оттепели, сильные морозы, притертая ледяная корка; в ранневесенние периоды – вымокание, выпревание, возвраты холодов и др.

По термическим ресурсам периода активной вегетации (суммы температур воздуха выше 10°C), территория Беларуси разделена на 4 агроклиматические области: северную, центральную и южную и новую. Основные показатели агроклиматических областей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика агроклиматических ресурсов агроклиматических областей за современный период потепления (1989-2015гг).

| Агроклиматические области   |                                   |                  | Северная I  | Центральная II | Южная III   | Новая IV    |
|---|-----------------------------------|------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
|   |                                   |                  |             |                |             |             |
| Средняя температура воздуха за месяц (°C)                                   | Самый теплый (июль)               | Крайние значения | 17,7 – 18,2 | 18,1 – 19,0    | 18,6 – 19,6 | 19,6 – 20,4 |
|   |                                   | Средние значения | 17,9        | 18,5           | 19,0        | 19,8        |
|   | Самый холодный (январь)           | Крайние значения | -5,0...-4,0 | -5,3...-3,9    | -5,0...-2,5 | -3,9...-2,1 |
|   |                                   | Средние значения | -4,4        | -4,4           | -3,6        | -3,3        |
| Продолжительность периода (дни) со среднесуточной температурой воздуха выше | 0°C                               | Крайние значения | 240 – 252   | 240 – 253      | 246 – 274   | 257 – 280   |
|   |                                   | Средние значения | 247         | 248            | 259         | 263         |
|   | +5°C                              | Крайние значения | 194 – 196   | 194 – 202      | 199 – 216   | 209 – 222   |
|   |                                   | Средние значения | 195         | 198            | 207         | 213         |
|   | +10°C                             | Крайние значения | 143 – 144   | 145 – 153      | 152 – 162   | 161 – 168   |
|   |                                   | Средние значения | 143         | 149            | 156         | 163         |
|   | +15°C                             | Крайние значения | 77 – 80     | 82 – 95        | 93 – 107    | 106 – 114   |
|   |                                   | Средние значения | 79          | 89             | 99          | 109         |
| Продолжительность беззаморозкового периода в воздухе (дни)                  | Крайние значения                  | 143 – 147        | 142 – 171   | 134 – 168      | 148 – 178   |             |
|   | Средние значения                  | 145              | 156         | 157            | 164         |             |
| Сумма температур за период выше и равной                                    | +5°C                              | Крайние значения | 2529 – 2548 | 2585 – 2748    | 2752 – 2973 | 2973 – 3142 |
|   |                                   | Средние значения | 2541        | 2674           | 2856        | 3034        |
|   | +10°C                             | Крайние значения | 2140 – 2167 | 2208 – 2383    | 2401 – 2599 | 2607 – 2746 |
|   |                                   | Средние значения | 2156        | 2302           | 2478        | 2667        |
| Количество осадков (мм)   | за год                            | Крайние значения | 709 – 733   | 606 – 745      | 548 – 692   | 563 – 733   |
|   |                                   | Средние значения | 721         | 671            | 630         | 638         |
|   | За теплый период (апрель-октябрь) | Крайние значения | 465 – 475   | 417 – 497      | 379 – 468   | 388 – 497   |
|   |                                   | Средние значения | 471         | 457            | 432         | 439         |
| Продолжительность периода со среднесуточной температурой ниже 0°C (дни)     | Крайние значения                  | 113 – 125        | 112 – 125   | 91 – 119       | 85 – 108    |             |
|   | Средние значения                  | 118              | 117         | 107            | 102         |             |

|                                |                  |           |          |          |         |
|--------------------------------|------------------|-----------|----------|----------|---------|
| Число дней со снежным покровом | Крайние значения | 103 – 115 | 91 – 114 | 64 – 106 | 72 – 90 |
|                                | Средние значения | 108       | 103      | 87       | 80      |

#### **4 Пространственное распределение климатических и агроклиматических показателей (картирование и оценка рассчитанных показателей).**

В Приложении 2 приведены краткая характеристика и пространственное распределение основных агроклиматических и климатических показателей, рассчитанных по данным станций государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь за период потепления. Указанные показатели могут использоваться для оценки условий произрастания сельскохозяйственных культур за период потепления 1989- 2015 годы.

#### **5 Опыт стран ЕС в области регионального зонирования в условиях изменения климата, используемых в различных зонах для выращивания сельскохозяйственных культур.**

Согласно многим исследованиям, в том числе, Пятому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), опубликованному в 2014 году, последствия влияния изменения климата на сельское хозяйство в Европе, в основном, отрицательные, в том числе в отношении урожайности, плодородия почвы, использования пестицидов и истощения питательных веществ. Эти последствия более очевидны в северных и южных частях Европы, чем в центральной части, где проблемы, вызванные изменением климата, умеренны. При прогнозируемом повышении температуры воздуха на 5°C к 2080 году южная Европа понесет колоссальные потери урожая (до -25%). Страны центральной и западной Европы столкнутся с потерями урожая отдельных культур (пшеница) к 2050 году. В Северной Европе возможно повышение урожайности в связи с расширением территорий, пригодных для сельского хозяйства и новыми возможностями, но одновременно ухудшатся условия для выращивания озимых сортов. Смещение посевных дат и продления периода сбора урожая принесут временную прибыль фермерам, но ранние посеы могут также пострадать от низкой готовности почв для возделывания, а плодородие почв может пострадать из-за поздних заморозков (IPCC WGII AR5 Chapter 23, 2014 г.).

Поскольку это представляет опасность как для сельского хозяйства, так и для экономики Европейского Союза в целом, они были учтены в стратегии адаптации ЕС к изменению климата, которая была принята и опубликована в 2013 году). Общая цель стратегии - сделать Европу более устойчивой к изменению климата во всех сферах деятельности. Подходы адаптации к климатическим изменениям сместились от непосредственного реагирования на катастрофы к предупреждению, предотвращению и управлению рисками. Более

конкретные меры включены в общеевропейскую и национальные стратегии развития отдельных отраслей: сельского хозяйства, энергетики, лесного хозяйства, транспорта, здравоохранения и др.

Адаптационные меры **Франции**, отраженные в Государственной стратегии адаптации к изменению климата и плану действий к ней, направлены на пересмотр практики использования воды и управления сельскохозяйственными территориями. Особое внимание уделяется вопросам борьбы с наводнениями, улучшения состояния почв и их плодородия, устойчивому развитию водных ресурсов. Этим изменениям будет уделено внимание также в стратегии развития сельского хозяйства.

Похожий подход использует **Италия**, уделяя особое внимание борьбе с ущербом от засух и смягчению дефицита воды. Охрана и рациональное использование водных ресурсов поставлены в центр стратегии развития сельского хозяйства, лесного хозяйства и планирования на местном уровне.

**Румыния** разработала Государственный план действий по изменению климата и план мер адаптации, согласно которым было проведено исследование агроклиматического потенциала страны в условиях изменения климата. Возникла необходимость разработки новой агроклиматической карты Румынии с новыми границами и классификацией уязвимых регионов к экстремальным погодным явлениям.

**Финляндия**, наряду с негативными изменениями, рассматривает потепления климата как позитивную тенденцию для своей территории и возможность расширить и диверсифицировать сельскохозяйственное производство: для этого планируется улучшить и сделать более гибким землепользование, внедрить новые технологии и методы в сельском хозяйстве. В исследовании Института глобальных исследований Чешской академии наук («Modeling shifts in agroclimate and crop cultivar response under climate change») для оценки сдвигов в пригодности агроклиматических условий для выращивания основных сельскохозяйственных культур в Финляндии (яровой ячмень) использован набор из 10 агроклиматических показателей (таблица 3 и рисунок 2 и 3).

Таблица 3 - Десять основных показателей, использованных для моделирования в программе N-AgriCLIM.

| Агроклиматический показатель   | Способ измерения (единицы)   | Определение  |
|--|--|--|
| Потенциал биомассы и развитие сельскохозяйственных культур                                     | Сумма эффективной глобальной радиации (МДж)                                    | Сумма глобальной радиации дней со среднесуточной температурой > 5 °С, суточной минимальной температурой > 0 °С, ETA * / соотношение ETR > 0,4 и без снежного покрова   |
| Временной период, подходящий для роста растений  | Сумма дней эффективных роста (дни)   | Количество дней со среднесуточной температурой > 5 °С, суточной минимальной температурой > 0 °С, ETA * / соотношение ETR > 0,4 и без снежного покрова  |
| Ограничения низких температур  | Дата последнего мороза (дата, начиная с 1-го января)                           | Последнее появление ежедневной минимальной температуры <-0.1 °С в до 30 июня   |
| Условия посева, которые будут влиять на вегетационный период                                   | Задержка сева (день) <sup>a</sup>  | День года, когда 10-дневной период скользящей среднесуточной температуры превышает пороговое значение температуры 8 °С выражается как отклонение от 1-го мая   |
|  | Доля подходящих дней для посева в период с 26 апреля по 20 мая (поздняя весна) | Все дни с содержанием почвенных вод в верхнем слое 0,1 м от 10% до 70% от водоудерживающей максимальной почвы, среднесуточная температура на определенный день и в предыдущий день > 5 °С, без снежного покрова и с осадками на определенный день <= 1 мм и осадки в предыдущий день <= 5 мм |
| Дефицит воды в период вегетации, что может привести к засухе                                   | Число дней с дефицитом воды в период с апреля по июнь (дни)                    | Все дни, в течение данного периода с ETA / ETR из <0,4   |
|  | Число дней с дефицитом воды в период с июня по август (дни)                    | Все дни, в течение данного периода с ETA / ETR из <0,4   |
|  | Дождь после посева (мм)  | Сумма осадков 3-7 недель после посева  |
| Формирование потенциального количества зерна и определение потенциала урожайности <sup>b</sup> | Период очень высокой температуры (дни)   | Количество дней с максимальной температурой 28 °С или выше за 1 неделю до 2-х недель после начала  |
|  | Среднесуточная норма накопления температуры при наливе зерна                   | Скорость накопления сумм температур выше 0 °С (в день) от начала до спелости   |

\* ETA и ETR –соответственно, значение фактической эваотранспирации согласно рекомендациям ФАО (Allen и соавт., 1998 г.) для ярового ячменя.

<sup>a</sup>Carter and Saarikko (1996).

<sup>b</sup>Nakala и др. (2012).

## Рисунок 2 – Результаты моделирования десяти основных показателей для Финляндии.

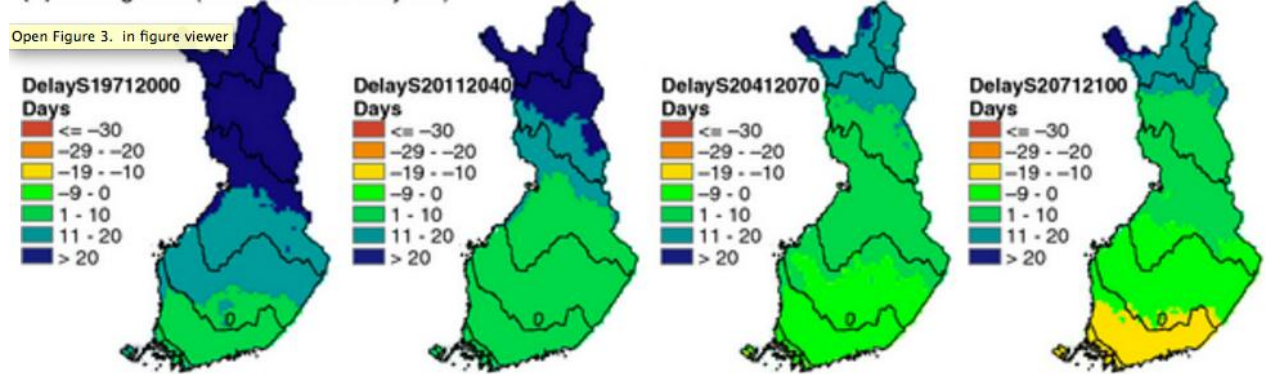
Начало посева (задержка в днях по сравнению с 1 мая)

1971-2000

2011-2040

2041-2070

2071-2100



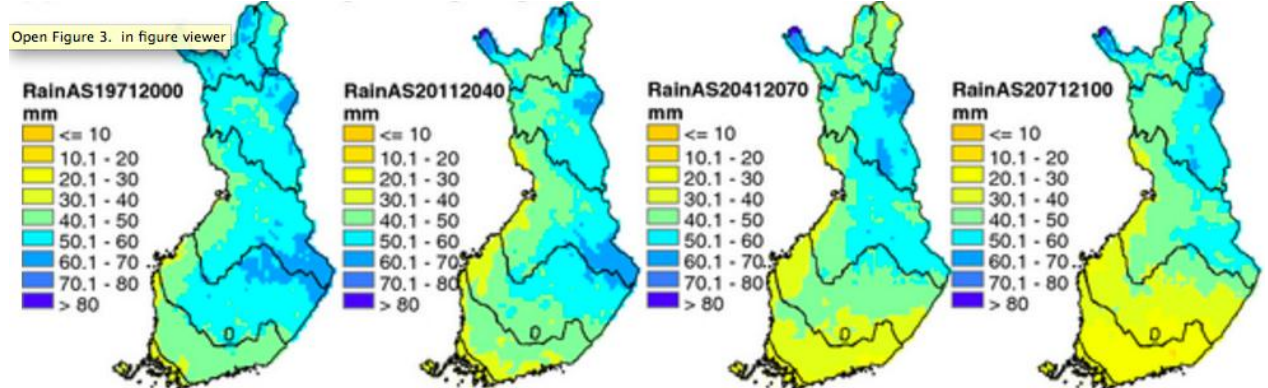
Осадки 3-7 недель после посева, указывающие на засуху (дождь после посева, мм)

1971-2000

2011-2040

2041-2070

2071-2100



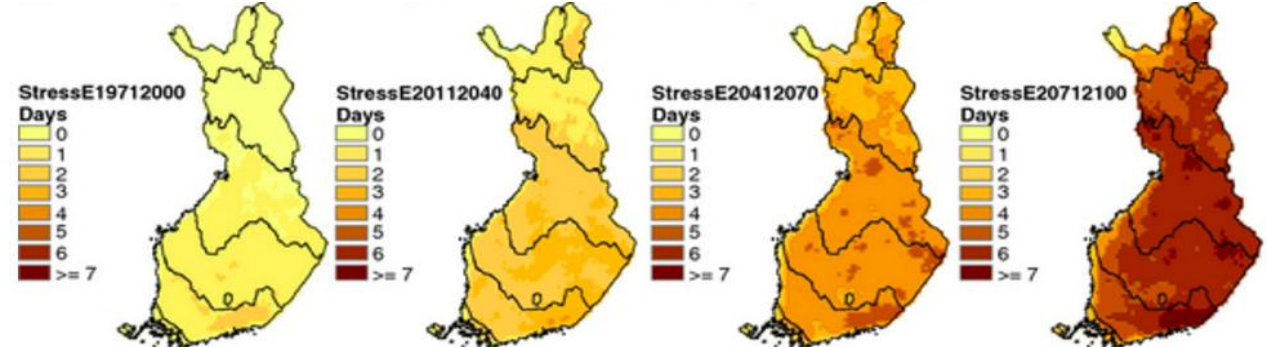
Период очень высокой температуры (больше 28°C) (дни)

1971-200

2011-2040

2041-2070

2071-2100



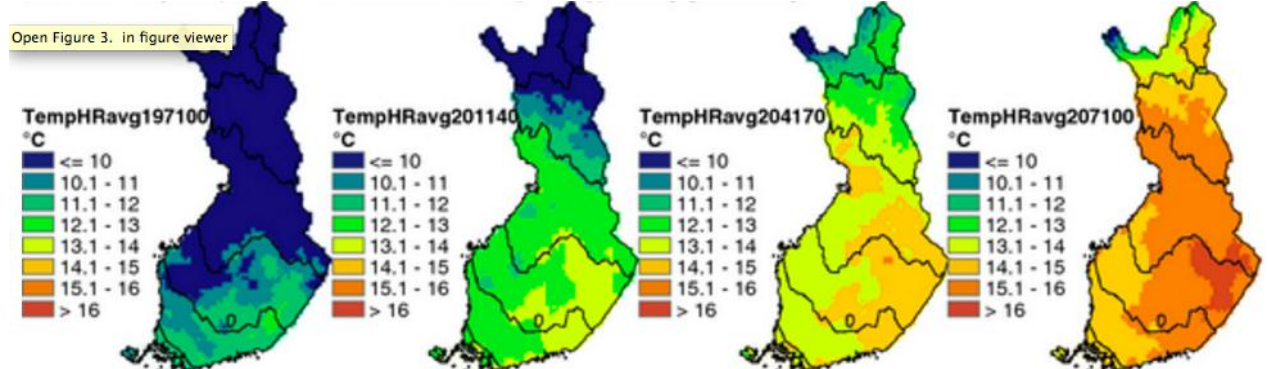
Среднесуточная норма накопления температуры (на каждый день) при наливе зерна

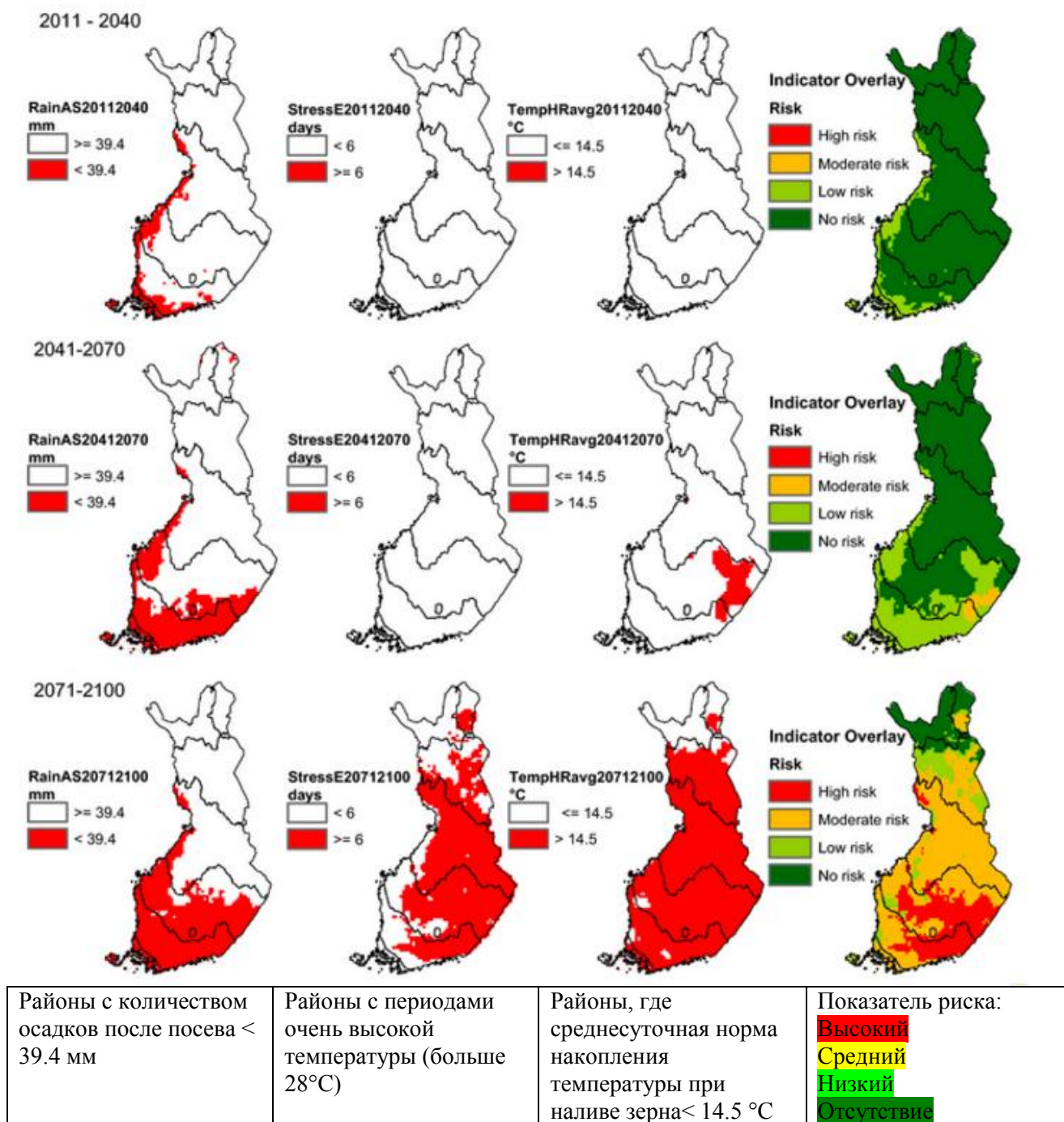
1971-200

2011-2040

2041-2070

2071-2100



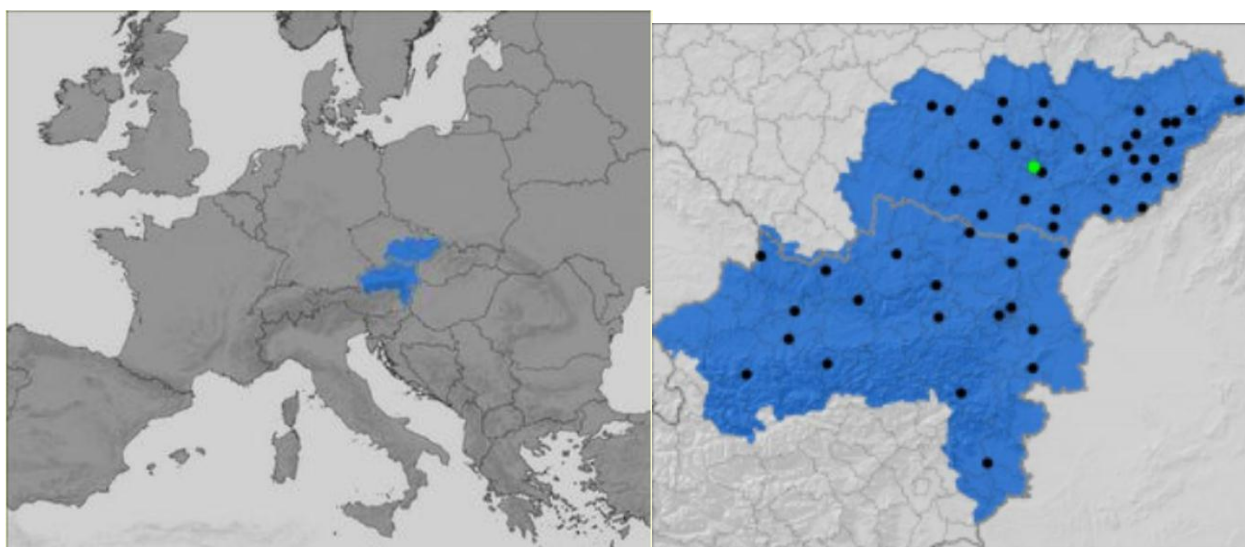


**Рисунок 3 - Результаты моделирования десяти основных показателей для Финляндии.**

**В Польше** с недавних пор посевные площади рапса, тритикале, кукурузы были значительно увеличены, в то же время посевные площади картофеля, ржи и сахарной свеклы были сокращены. Анализ температурных условий для культур показал, что повышение температуры значительно изменяет условия созревания кукурузы и общих многолетних культур, что позволяет изменять начало сроков посева. Повышение температуры может оказывать существенное влияние на развитие не только растений, но и насекомых, живущих на сельскохозяйственных культурах. Используя климатические сценарии на период 2021-2051гг. и 2071-2100 гг., были проанализированы температурные

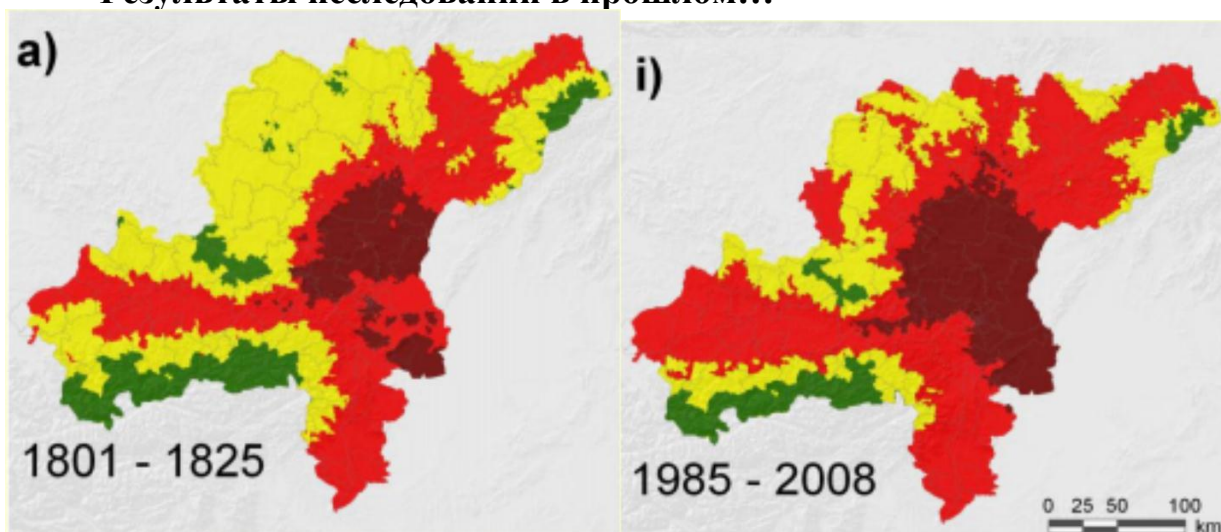
изменения и обеспеченность водой для сельского хозяйства Польши. При этом учитывались такие характеристики как продолжительность вегетационного периода, осадки, фенология растений. Анализ показал увеличение количества лет с чрезмерными осадками в течение вегетационного сезона в период 2021-2050 гг. и противоположную тенденцию таких условий в соответствии со сценарием на 2071-2100 гг.. Из-за высокой изменчивости погоды будет увеличиваться количество лет со значительными потерями урожая, однако изменение средней урожайности будет незначительным.

Институт глобальных исследований Чешской академии наук (г. Брно) провел ряд исследований для части территории **Чехии**, на основе которых были построены карты агроклиматических условий за 1801-2008 гг. и их прогнозируемые изменения до 2050 года согласно разным моделям (рис. 4).



- Территория исследования
- г. Брно
- Станции наблюдения

**Результаты исследований в прошлом...**

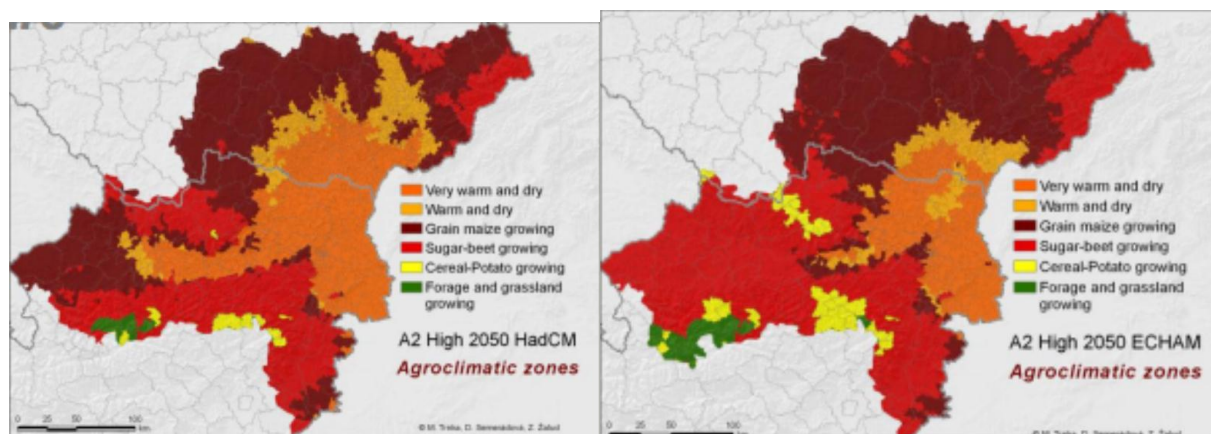




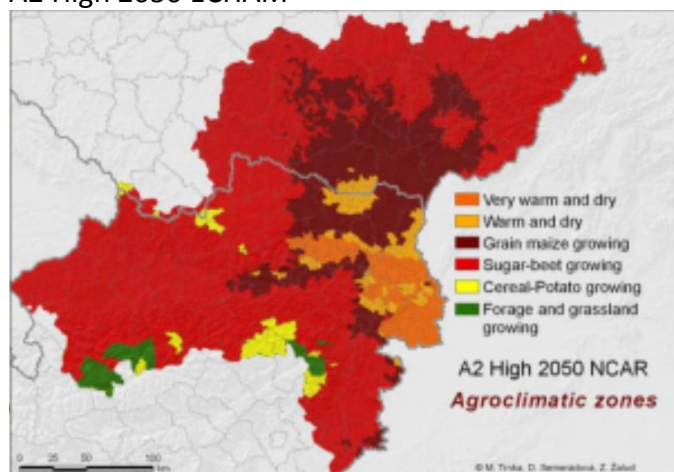
## Ожидаемые изменения в будущем...

A2 High 2050 HadCM

A2 High 2050 ECHAM



A2 High 2050 ECHAM



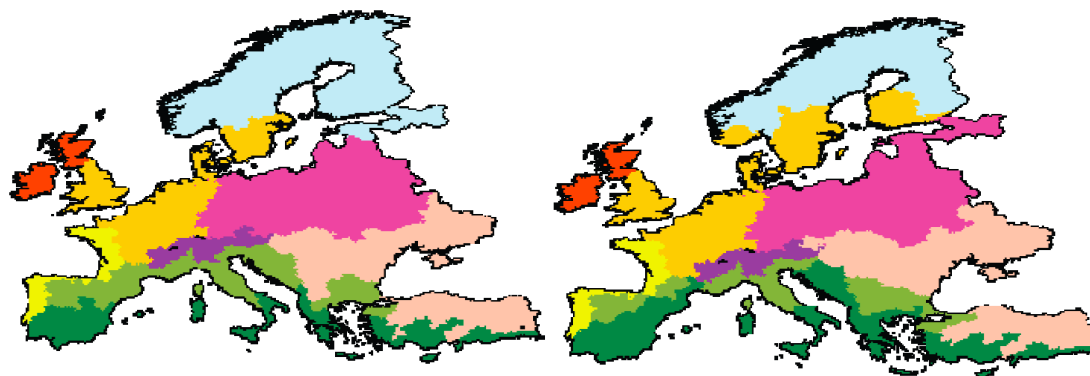
- Очень жарко и сухо
- Жарко и сухо
- Зона выращивания кукурузы
- Зона выращивания сахарной свёклы
- Зона выращивания зерновых и картофеля
- Зона выращивания кормовых культур и пастбища

Рисунок 4 – Исследование прошлых и будущих изменений в пределах одной агроклиматической зоны Чехии

Для построения карты ожидаемого смещения агроклиматических зон Европы Политехнический университет Мадрида проанализировал в 2007 году значения температуры и осадков по данным 247 метеорологических станций в 9 агроклиматических зонах. ( Universidad de Politécica de Madrid, 2007).

Агроклиматические зоны в 2006 году

Агроклиматические зоны в 2080 году



Условные обозначения:

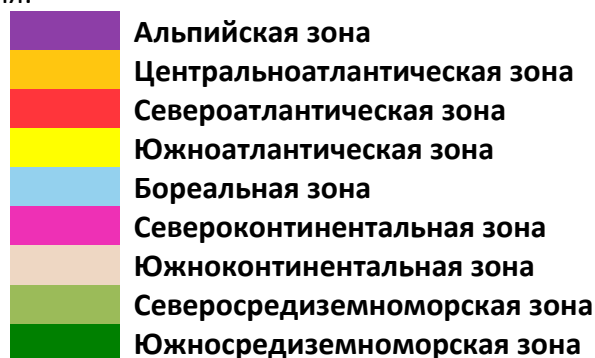


Рисунок 5 – Смещения агроклиматических зон Европы

Было показано, что климатические изменения могут сдвинуть границы зоны, оптимальных для выращивания конкретных культур в странах Европы, а изменение углеродно-азотного цикла может значительно усилить эрозию почв и повлиять на качество воды во всех зонах. Повышение температуры, как правило, ускоряет созревание однолетних культур, тем самым уменьшая их общий потенциал урожайности. В свою очередь, такие изменения в производительности и зональности могут повлиять на сельскохозяйственное производство Европейском союзе в целом и на его долю в международной торговле. В таблице 4 представлен анализ риска и сельскохозяйственного потенциала в современных агроклиматических зонах Европы.

Таблица 4 - Анализ риска и сельскохозяйственного потенциала в современных агроклиматических зонах Европы

| Описание  | А | ЦА | СА | ЮА | Б | СК | ЮК | СС | ЮС |
|---|---|----|----|----|---|----|----|----|----|
| <b>Риск</b>   |   |    |    |    |   |    |    |    |    |
| Изменения посевных площадей из-за ухудшения условий ведения сельского хозяйства |   | С  | С  | С  | С | С  | С  | С  | В  |
| Снижение урожайности сельскохозяйственных культур                               |   | С  | С  | С  | С | С  | С  | С  | С  |
| Рост ущерба от сельскохозяйственных вредителей, болезней, сорняков              | В | С  | В  | В  | В | В  | С  | В  | В  |
| Снижение качества зерна   |   |    | С  | С  | С | С  |    | С  | В  |
| Рост опасности наводнений   | В |    | В  |    | В |    | В  |    |    |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Рост опасности засухи и дефицита воды   |   | В | В | В | В | В | В | В | В |
| Рост потребности в орошении   |   |   |   | С |   | В |   | В | В |
| Ухудшение качества воды   | В | В | В |   | В |   | В |   |   |
| Эрозия почв, засоление, опустынивание   | В |   |   | С |   | В | В | В | В |
| Таяние ледников и вечной мерзлоты   | С |   |   |   |   |   | В |   |   |
| Ухудшение условий производства животноводческой продукции   | В | В | В | Н | В | Н | В | Н | С |
| Повышение уровня моря   | В | В | В | В | В |   |   | В | В |
| <b>Потенциал</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Изменения территорий выращивания зерновых культур, приводящие к увеличению оптимальных условиях ведения сельского хозяйства | В | В | В | С | В | В | В | С |   |
| Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур   | С | В | С | С | С |   | В |   |   |
| Рост обеспеченности водой   | В | С | В | В | В |   |   |   |   |
| Снижение затрат на энергопотребление для оранжерей  | С |   |   | С | С | С |   | С |   |
| Повышение продуктивности животноводства   | В | В | В |   | В |   | В |   |   |

|           |                                     |
|-----------|-------------------------------------|
| <b>А</b>  | <b>Альпийская зона</b>              |
| <b>ЦА</b> | <b>Центральноатлантическая зона</b> |
| <b>СА</b> | <b>Североатлантическая зона</b>     |
| <b>ЮА</b> | <b>Южноатлантическая зона</b>       |
| <b>Б</b>  | <b>Бореальная зона</b>              |
| <b>СК</b> | <b>Североконтинентальная зона</b>   |
| <b>ЮК</b> | <b>Южноконтинентальная зона</b>     |
| <b>СС</b> | <b>Северосредиземноморская зона</b> |
| <b>ЮС</b> | <b>Южносредиземноморская зона</b>   |

|          |                |
|----------|----------------|
| <b>В</b> | <b>Высокий</b> |
| <b>С</b> | <b>Средний</b> |
| <b>Н</b> | <b>Низкий</b>  |

В ряде стран Европы, особенно в северных, для анализа возможного воздействия изменения климата на сельское хозяйство и адаптации к этим изменениям используются разные подходы и показатели. Учитывается также многолетний опыт стран ЕС в области практической адаптации сельского хозяйства к изменчивому климату. Так, в исследовании (Olesen и Бинди, 2002 г.) наряду с вегетационным периодом использовались такие показатели как начало и окончание заморозков, наличие солнечной радиации, число дней с морозом и снегом. В ряде случаев применяются показатели числа дней с различным количеством осадков.

Изменение климата принципиально влияет на выращивание сельскохозяйственных культур в следующих случаях:

- (1) непосредственно через воздействие повышенной концентрации CO<sub>2</sub> на продуктивность сельскохозяйственных культур и использования ресурсов (Kimball et al., 2002 г.; Эйнсворт и Лонг, 2005 г.),

- (2) непосредственно через воздействие температуры, осадков, влажности, солнечной радиации и т.д. на развитие и рост культур (Olesen и Bindi, 2002 г.),
- (3) косвенно через сдвиги границ территорий, пригодных для выращивания различных культур, в первую очередь за счет расширения на север территорий с пригодной для возделывания культур продолжительностью теплого периода (Кенни и др., 1993 г.; Картер и др., 1996 г.; Fronzek и Картер, 2007 г.),
- (4) непосредственно через повреждения и потери урожая, вызванные чрезвычайными и опасными погодными явлениями, такими как периоды экстремальной жары, град, сильный ветер, наводнения и засухи,
- (5) косвенно, через изменение питания растений и появления сорняков, новых вредителей и болезней.

В упоминавшемся выше исследовании Мадридского политехнического университета проанализированы существовавшие на 2007 год исследования последствий изменения климата для сельского хозяйства (таблица 5). Критерии классификации исследований включали освещение в них конкретных опросов изменения климата, воздействия на сельскохозяйственное производство и продовольственную безопасность, а также уровень неопределенности потенциального воздействия.

Таблица 5 – Классификация исследований, использованных для оценки воздействий изменения климата на сельское хозяйство

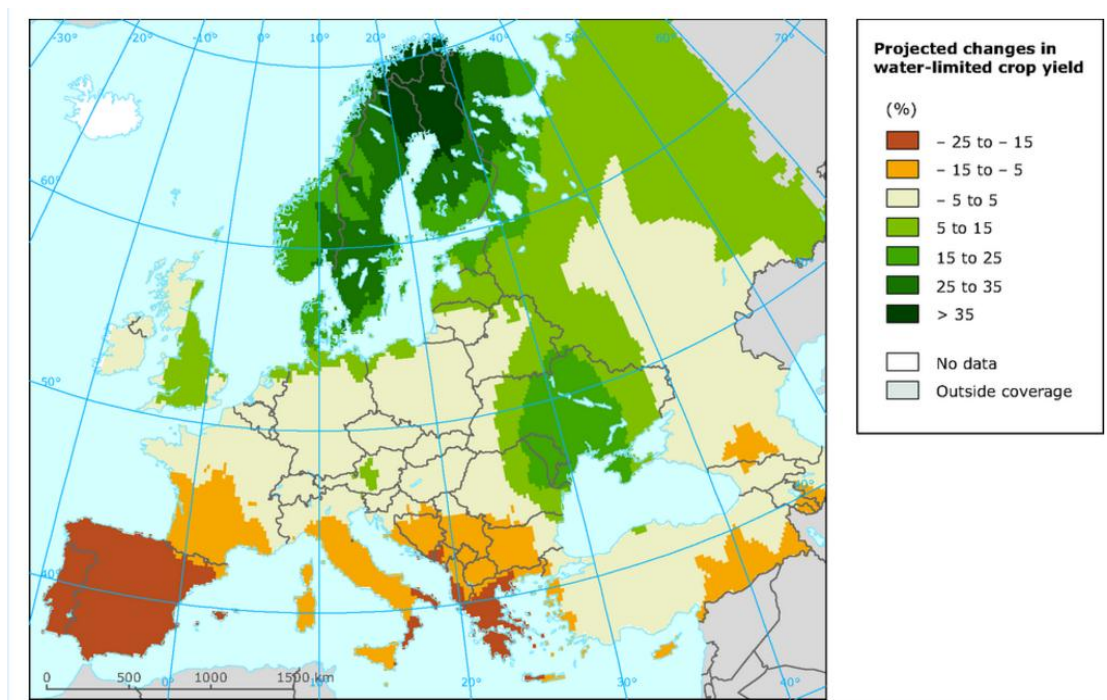
| <b>Категория</b>   | <b>Цель анализа</b> | <b>Основные факторы, включенные в анализ</b>   | <b>Количество научных исследований</b>   |
|--|---------------------|--|--|
| Изменение климата и связанные с ними изменения в сельскохозяйственном производстве | Ключевые проблемы   | Углекислый газ в атмосфере (CO <sub>2</sub> )<br>Озон в атмосфере (O <sub>3</sub> )<br>Повышение уровня моря<br>Экстремальные погодные явления<br>Интенсивность осадков<br>Температура воздуха<br>Периоды сильной жары   | 35 исследований опубликовано в научных журналах,<br>4 доклада подготовлены ЕАОС, МГЭИК |
| Влияние изменения климата на главные определяющие сельскохозяйственные виды        | Риск                | Водные ресурсы<br>Необходимость орошения<br>Продуктивность лесонасаждений<br>Предотвращение лесных пожаров<br>Изменения в количестве сельскохозяйственных вредителей и болезней<br>Потеря биоразнообразия<br>Изменения плодородия почв, засоленность и эрозия<br>Изменение урожайности<br>Изменение условий роста урожая<br>Изменение оптимальных условий для животноводства<br>Землепользование | 35 исследований опубликовано в научных журналах,<br>4 доклада подготовлены ЕАОС, МГЭИК |

|   |         |  |   |
|---|---------|--|---|
|   |         | Изменения в распределении урожая<br>Увеличение расходов при<br>чрезвычайных ситуациях и ликвидации<br>их последствий |   |
| Воздействие изменения<br>климата на<br>сельскохозяйственные<br>регионы Европы | Регионы | Альпийский<br>Атлантический<br>Бореальный<br>Континентальный<br>Средиземноморский<br>По всей Европе                  | 35 исследований<br>опубликовано в<br>научных<br>журналах,<br>4 доклада<br>подготовлены<br>ЕАОС, МГЭИК |

В недавно опубликованном специальном докладе «Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: an indicator – based report» (ЕЕА 2017), подготовленным Европейским агентством по окружающей среде и рядом специализированных институтов Европейского Союза, указан обширный перечень тематических изданий по проблеме изменения климата европейского континента, в том числе обзоры по отдельным компонентам природной среды и некоторых нормативно-правовых документов. Так, согласно докладу, применительно к особенностям влияния изменения климата на растениеводство предлагается использовать четыре ключевых показателя для оценки изменения продуктивности сельскохозяйственных культур:

- (1) увеличение вегетационного периода произрастания сельскохозяйственных культур;
- (2) временное изменение фенофаз развития сельскохозяйственных культур в годовом цикле;
- (3) водоограничивающий фактор продуктивности сельскохозяйственных культур;
- (4) потребность воды для получения максимальной урожайности культур.

В частности, исследование в докладе прогнозируемого изменения урожайности с ограниченными водными ресурсами обобщает возможные изменения урожайности по всей Европе к 2050 году (по сравнению с периодом 1961-1990 гг.). Для моделирования изменений был использован ансамбль моделей 12 GCMs согласно сценарию A1B.



**Рисунок 6 - Прогнозируемые изменения урожайности с ограниченными водными ресурсами к 2050 году в Европе.**

Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России (Росгидрометом) в 2014 году издан второй оценочный доклад об изменении климата и прогнозируемых последствиях на территории Российской Федерации. При подготовке оценки воздействия на сельское хозяйство в основном применялись общепринятые агроклиматические показатели. В расчетах использовались прогнозные данные о приземной температуре воздуха и атмосферных осадках для трех временных интервалов: 2011–2030 гг., 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг. В качестве базового периода был принят период 1981–2000 гг.

Характеристики термического режима включают следующие агроклиматические показатели: (1) суммы активных температур (выше 10°C) за период, (2) продолжительность периода вегетации (число дней с температурой выше 5°C, (3) даты перехода температуры через 5°C. Другие рассматриваемые показатели включают среднюю температуру января, как один из показателей условий перезимовки сельскохозяйственной продукции, и среднюю температуру периода вегетации, как показателя напряженности вегетационного периода. Характеристики режима увлажнения включают следующие показатели: (1) сумма осадков за вегетационный период, (2) фактическое и потенциальное испарение, (3) гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), (4) влагозапасы пахотного слоя почвы (0–20см) на дату возобновления вегетации, (5) влагозапасы почвенного слоя (0–100 см) на середину июля, (6) число дней вегетационного периода с влажностью пахотного слоя почвы 10 мм и ниже.

При расчетах оценок изменения продуктивности по климатическим сценариям в докладе рассматривались два показателя продуктивности –

урожайность яровых зерновых культур и биоклиматический потенциал (возможная суммарная урожайность биомассы кормовых многоукосных трав). Также использовались расчеты распространения ареалов вредителей, в частности колорадского жука, в связи с изменением климата.

При расчете возможного воздействия изменения климата на агроклиматическую зональность в Беларуси предполагается использование таких показателей как сезонные изменения температуры воздуха и осадков, продолжительности вегетационного периода, сумм температур выше 0°C, +5°C, +10°C, показателя увлажнения - ГТК Селянинова, запасы влаги в почве и др., что в целом соответствует европейским подходам и подходам Российской Федерации.

## **6 Оценка агроклиматических условий произрастания основных сельскохозяйственных культур в пределах выделенных агроклиматических областей за 1989-2015 гг.**

Агроклиматические ресурсы территории обычно характеризуются тремя основными показателями: количеством тепла и влаги в вегетационный период и условиями перезимовки озимых, трав и плодово-ягодных культур. Теплообеспеченность определяет потенциальные природные ресурсы сельского хозяйства, обуславливающие набор сельскохозяйственных культур по их требованиям к теплу, а также формирование их продуктивности. Возделывание сельскохозяйственной культуры считается рентабельным, если потребность культуры в тепле, необходимом для её полного цикла развития, обеспечивается не менее чем в 80% лет. При обеспеченности теплом в 60-70% лет необходимо проведение мероприятий, направленных на улучшение термических условий периода вегетации (использование закрытого грунта, выращивание рассады и др.). На территории Беларуси во всех агроклиматических зонах полностью обеспечены теплом озимые (рожь, пшеница, тритикале, ячмень), яровые зерновые (пшеница, ячмень, овёс, гречиха), рапс, горох, картофель, лен, капуста, свекла.

**Северная агроклиматическая область** представлена двумя небольшими территориями, расположенными на крайнем севере Витебской области и на крайнем юго-западе Витебской и северо-западе Минской областей. По характеру увлажнения территория Северной агроклиматической области относится к достаточному и избыточному увлажнению. В условиях невысоких температур и избыточного увлажнения, формируются хорошо увлажненные и переувлажненные почвы.

Все сорта ранних яровых культур обеспечены теплом и влагой. В весенний период часто отмечается переувлажнение почв. Вследствие этого, отмечается более низкая урожайность, чем в среднем по республике. Наиболее продуктивно возделывание культур на супесчаных и легких суглинистых почвах. Успешно возделываются различные по срокам спелости сорта картофеля. Даже позднеспелые сорта обеспечены теплом в 100% лет. Агроклиматические ресурсы территории благоприятны для получения высоких

урожаев льна-долгунца, выращивания кормовых культур, в первую очередь многолетних и однолетних трав. Из овощных столовая свекла, морковь, капуста белокочанная. Возделывание кукурузы целесообразно только на силос, так как раннеспелые сорта, исходя из обеспеченности кукурузы теплом, достигают фазы «полная спелость» лишь в 44% лет. В целом в Северной агроклиматической области можно успешно развивать производство основных сельскохозяйственных культур.

**Центральная агроклиматическая область** характеризуется умеренной с частыми оттепелями зимой, теплым вегетационным периодом, умеренным увлажнением. Центральная агроклиматическая область более теплая и менее влажная, чем Северная агроклиматическая область. Агроклиматические условия благоприятные для возделывания большинства культур и позволяют на ее территории выращивать сельскохозяйственные культуры: озимые и яровые зерновые, озимый и яровой рапс, гречиху, картофель, сахарную свеклу, лен, кукурузу, однолетние и многолетние травы, репчатый лук, столовую свёклу, морковь, капусту, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок.

Условия для перезимовки озимых культур благоприятные. Озимые зерновые и травы редко страдают от вымерзания. Больше всего от вымерзания повреждается озимый рапс, как правило, из-за чередования оттепельного характера погоды и последующего понижения температуры воздуха до  $-10 - 15^{\circ}\text{C}$ . За период изменения климата наиболее масштабная гибель озимых культур из-за вымерзания наблюдалась зимой 2002-2003 гг. и 2005-2006 гг. Вымерзание рапса на больших площадях отмечалось также в зимний период 2009-2010 гг., 2010-2011 гг., а также в 2014-2015 гг. и 2015-2016 гг. В последние десятилетия, в связи с изменением климата, в период уборки отмечается тенденция увеличения числа сухих дней, максимальной температуры воздуха и уменьшения количества осадков, что улучшает условия уборки зерновых культур. На территории Центральной агроклиматической области возможно получение вторых урожаев ряда кормовых культур в пожнивных посевах после рано убираемых на зерно зерновых культур и озимого рапса. Почвенно-климатические ресурсы области благоприятны для возделывания льна-долгунца. Благоприятны условия и для выращивания картофеля, урожай этой культуры выше, чем в Северной агроклиматической области. Урожайность картофеля обусловлена уровнем агротехники и погодными условиями в течение вегетационного периода. Погодные условия для уборки картофеля в большинстве лет складываются благоприятно. Ежегодно можно получать высокий урожай зеленой массы от всех сортов кукурузы. В последние годы отмечается увеличение сумм эффективных температур, это позволяет на юге и юго-западе Центральной агроклиматической области получать от раннеспелых гибридов кукурузы зрелое зерно.

Климат на юге, юго-западе и востоке Центральной агроклиматической зоны в основном благоприятен для получения высоких урожаев и качества сахарной свеклы. Непременным условием получения максимальной продуктивности сахарной свеклы является увеличение продолжительности ее вегетационного



периода, что достигается своевременным проведением сева. Уборку следует завершить до периода вероятного наступления устойчивой минимальной температуры воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  и промерзания почвы. В целом в Центральной агроклиматической области можно успешно развивать производство основных сельскохозяйственных культур, получать высокие урожаи сахарной свеклы и выращивать зрелое зерно кукурузы на юге и юго-западе области.

**Южная агроклиматическая область** характеризуется мягкой короткой зимой, наиболее длительным и теплым вегетационным периодом, неустойчивым увлажнением. Наилучшие агроклиматические условия для выращивания теплолюбивых культур. Южная агроклиматическая область более теплая и менее влажная, чем Центральная агроклиматическая область.

Агроклиматические условия южной области позволяют на ее территории выращивать сельскохозяйственные культуры: озимые и яровые зерновые, озимый и яровой рапс, гречиху, картофель, лен, сахарную свеклу, кукурузу, однолетние и многолетние травы. В открытом грунте выращивают репчатый лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок. Условия для перезимовки озимых культур и многолетних трав в целом благоприятные. На территории южной агроклиматической области возможно получение вторых урожаев ряда кормовых культур в пожнивных посевах после рано убираемых на зерно зерновых культур и озимого рапса. После уборки этих культур до наступления осенних холодов остается 70–80 дней с суммой активных температур ( $+5^{\circ}\text{C}$ ) более 900  $^{\circ}\text{C}$ . В качестве пожнивных в условиях центральной агроклиматической области можно возделывать крестоцветные культуры (редька масличная, озимый и яровой рапс, озимая и яровая сурепица, горчица белая, горохо-овсяная смесь, вико-овсяная смесь, райграсс однолетний, люпин кормовой). Благоприятны условия и для выращивания картофеля, кроме среднепоздних и поздних. Ежегодно можно получать высокий урожай зеленой массы всех сортов кукурузы и зерна скороспелых сортов. Климат на севере, северо-востоке и северо-западе южной агроклиматической зоны благоприятен для получения высоких урожаев сахарной свеклы. В целом в Южной агроклиматической области можно успешно развивать производство основных сельскохозяйственных культур, а также теплолюбивых (кукуруза, огурцы, томаты). В последнее время в ряде южных районов, особенно на легких почвах, влагообеспеченность основных сельскохозяйственных культур в 50-60% лет явно недостаточна из-за увеличения повторяемости засух и засушливых явлений.

**Новая агроклиматическая область** характеризуется самой короткой и теплой в пределах Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом, неустойчивым увлажнением. Новая агроклиматическая область за период потепления расширила свои границы и теперь занимает южную часть Полесской провинции. В административном отношении это южные районы Брестской и Гомельской областей. Число дней с температурой воздуха равной и выше  $25^{\circ}\text{C}$  в среднем по области составляет 56 дней. Это на 8 дней выше, чем в Южной агроклиматической зоне, на 19 дней выше Центральной области и на 25 дней – в Северной агроклиматической зоне.

Следует отметить, что отличительной особенностью Новой зоны являются частые продолжительные засухи и другие засушливые явления, которые приводят к истощению запасов почвенной влаги и нарушению водного баланса растений, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах. Агроклиматические условия этой области по теплообеспеченности в целом благоприятны как для возделывания основных сельскохозяйственных культур, так и некоторых южных теплолюбивых культур, которые ранее являлись нетипичными для этой зоны выращивания. К таким относятся кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые культуры и др. В сложившихся агроклиматических условиях урожай картофеля в этом регионе зачастую бывает пониженным. Высокая температура в период клубнеобразования (выше 23 °С), который наступает в третьей декаде июля, вызывает резкое замедление роста клубней. Достаточное количество сумм эффективных температур позволяет повсеместно получать качественное зрелое зерно кукурузы. В неблагоприятные для зерновых годы, когда они в ранние фазы подвержены засухе, урожайность кукурузы получается высокой. Ареал ее культивации постоянно увеличивается. Для получения высоких урожаев зерна сои решающими являются метеорологические условия июля-августа, а именно средняя суточная температура воздуха и относительная влажность воздуха 70-75% (минимум 60%). Метеорологические условия последних лет характеризуются как особенно экстремальные (лето жаркое и сухое). Это ускоряет прохождение фаз роста и развития растений, что, в целом, негативно сказывается на получении урожая сои, поскольку лимитирующим для нее является влагообеспеченность. Агроклиматические ресурсы Новой зоны хорошо подходят для выращивания подсолнечника. Он обладает мощной, хорошо развитой корневой системой, поэтому относительно устойчив к засухе, но при этом сильно истощает почву и требует высокого уровня агротехники. В Новой агроклиматической области, после уборки озимых культур до наступления осенних холодов остается 90–100 дней с суммой активных температур (свыше +5 °С) 950–1200°С, что достаточно для получения кормов от пожнивных культур. Сорго, культура, более засухоустойчивая, чем травы, зерновые и кукуруза (у них более развита корневая система и ниже транспирационный коэффициент), менее требовательна к плодородию почвы, требует меньшего количества удобрений, чем кукуруза. Используется для получения зеленого корма, силоса, зерна (последнее относится к зерновому сорго). Возможно двуукосное использование сорго.

## **7 Карта агроклиматического районирования территории Беларуси по условиям теплообеспеченности (суммы температур воздуха выше 10°С) и влагообеспеченности (ГТК Селянинова за май-июль) за период потепления 1989-2015 годы**

В ходе выполнения работы выполнялся анализ пространственного распределения различных вышеперечисленных показателей агроклиматических ресурсов. На данном этапе в качестве показателя

агроклиматического районирования по теплообеспеченности использована сумма температур воздуха за период с температурами выше 10 °С и ГТК Селянинова – как показатель ресурсов увлажнения за период май-июль, который считается наиболее критическим периодом для развития большинства сельскохозяйственных культур.

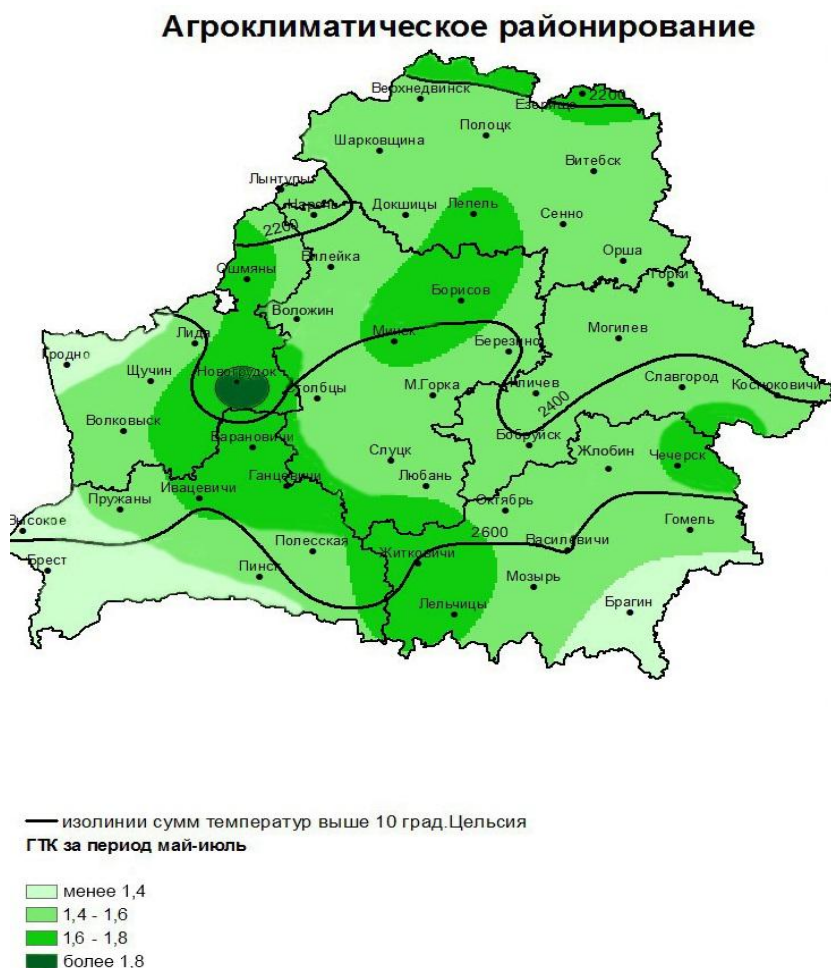


Рисунок 7 – Карта агроклиматического районирования территории Беларуси по условиям теплообеспеченности (суммы температур воздуха выше 10°С) и влагообеспеченности (ГТК Селянинова за май-июль) за период потепления 1989-2015гг.

## 8. Последствия изменения климата

**8.1 Анализ использования климатических моделей.** В Беларуси в течение длительного времени проводятся исследования изменения климата с учетом использования (интерпретации результатов) различных моделей и выполняется оценка их достоверности. На основе методики, описанной в работах [Мелешко В.П., Катцов В.М., Школьник И.М., и др. 2007.], было проведено сравнение результатов нескольких моделей ОЦА с экспериментальными данными по Беларуси за период 1961-1990 гг., выбранный базовым (Логинов, В.Ф.

Микуцкий, 2000). Оказалось, что модель HadCM2 (Великобритания) наилучшим образом моделирует данные базового периода, основной вариант внешнего воздействия - совместное увеличение парниковых газов и сульфатных аэрозолей на 0,5 % в год. Сценарные оценки изменения параметров величин осадков и температуры воздуха, полученные авторами по модели HadCM2 на горизонт «середина XXI столетия», приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Сценарии возможного изменения средних годовых показателей климата Беларуси на XXI век согласно модели HadCM2 (Великобритания)

| Параметр                             | Воздействие | Временной срез |               |
|--------------------------------------|-------------|----------------|---------------|
|                                      |             | 2010-2039 гг.  | 2040-2069 гг. |
| Средняя температура воздуха, °С      | ПГ          | 1,4            | 2,3           |
|                                      | ПС          | 1,0            | 1,8           |
| Максимальная температура воздуха, °С | ПГ          | 1,3            | 2,2           |
|                                      | ПС          | 0,9            | 1,8           |
| Минимальная температура воздуха, °С  | ПГ          | 1,5            | 2,5           |
|                                      | ПС          | 1,1            | 2,0           |
| Осадки, мм/месяц                     | ПГ          | 1,5            | 2,7           |
|                                      | ПС          | 1,5            | 2,1           |
| Скорость ветра, м/с                  | пг          | 0,06           | 0,11          |
|                                      | ПС          | -0,01          | -0,01         |

Примечание. ПГ - воздействие только парниковых газов; ПС - совместное воздействие парниковых газов и сульфатных аэрозолей

Прогнозы, сделанные на период 2010-2039 гг., показывают увеличение среднегодовой температуры воздуха на 1°С (при учете ПС). Увеличение сумм температур выше 0, 5 и 10 °С ожидаются примерно одинаковыми и составляют приблизительно 200-220°С увеличение сумм для 15 °С значительно выше. Прогнозные оценки агроклиматических показателей следующие: начало периодов с температурой выше 10°С можно ожидать весной на 3-7 дней раньше, а осенью - на 2-6 дней позже, что обеспечит увеличение продолжительности периода почти на две недели в период 2010- 2039 гг.

В последние годы наиболее обстоятельное моделирование климата России и ближнего зарубежья, включая Беларусь, было выполнено группой ученых В. П. Мелешко, В.М. Катцовым, В.А. Говорковой и др. Главной геофизической обсерваторией им. А. И. Воейкова. В таблице 7 приведены изменения среднегодовой температуры приземного воздуха и соответствующие стандартные отклонения (°С) для разных эпох XXI столетия и различных сценариев, а в таблице 8 - изменения сезонной температуры для тех же эпох и групп сценариев.

**Таблица 7- Изменения среднегодовой температуры приземного воздуха и соответствующие стандартные отклонения (°C) в начале (2011-2030 гг.), середине (2041-2060 гг.) и конце (2080-2099 гг.) 21-го века - сценарии В1 (14 моделей), А1В (15 моделей) и А2 (16 моделей)**

| Регион   | Период        |             |         |               |         |             |               |         |         |
|----------|---------------|-------------|---------|---------------|---------|-------------|---------------|---------|---------|
|          | 2011-2030 гг. |             |         | 2041-2060 гг. |         |             | 2080-2099 гг. |         |         |
|          | В1            | А1В         | А2      | В1            | А1В     | А2          | В1            | А1В     | А2      |
| Беларусь | 1,1*0.5       | 1,1<br>±0.7 | 0,9±0.5 | 2,0±0.8       | 2,4±0.5 | 2,1<br>±0.6 | 2,6±1.0       | 3,8±1.1 | 4,4±1.0 |

Примечание. В этой и последующих таблицах подстрочный индекс - стандартное отклонение для ансамбля моделей, характеризующее межмодельный разброс.

**Таблица 8 – Изменения сезонной температуры приземного воздуха и соответствующие стандартные отклонения (°C) в начале (2011–2030 гг.), середине (2041–2060 гг.) и конце (2080–2099 гг.) 21-го века – сценарий А1В (15 моделей)**

| Период        |         |         |         |               |         |         |         |               |         |         |         |
|---------------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|
| 2011–2030 гг. |         |         |         | 2041–2060 гг. |         |         |         | 2080–2099 гг. |         |         |         |
| зима          | весна   | лето    | осень   | зима          | весна   | лето    | осень   | зима          | весна   | лето    | осень   |
| 1,3±0,9       | 1,0±0,9 | 1,0±0,6 | 0,9±0,5 | 3,1±1,0       | 2,3±0,9 | 2,2±1,0 | 2,2±0,7 | 4,7±1,6       | 3,5±1,1 | 3,4±1,2 | 3,4±1,1 |

В последние годы появились расчеты для оценок изменения климата в работах Гидромета (Партасенок И.С., Мельник В.И., Гайер Б., 2015) с использованием расчетов региональной модели COSMO в Institute of Coastal Research of HZG. В основе реконструкции климатических данных использованы данные реанализа NCEP/NCAR Reanalysis 1 (National Center Environment Prediction & National Center for Atmospheric Research). Выполненные расчеты показали наличие расхождений по расчетным и наблюдаемым рядам сезонных и годовых значений температуры воздуха и осадков, которые варьируют в зависимости от сезона, но показали возможность использования их для оценки долговременных изменений климата. Выполнены расчеты изменения температуры воздуха и осадков для территории Беларуси для периода 2011–2100 гг. на основе данных консорциума EURO-CORDEX и сценариев антропогенных воздействий RCP8,5. При этом в качестве исходных данных был принят период 1970-2000гг. (Partasenok I., Geyer B., Melnik V, 2016) Согласно расчетам к концу столетия ожидается увеличение средней годовой и сезонной температуры воздуха. Значимое увеличение осадков прогнозируется для зимнего и весеннего сезонов. К концу столетия ожидается увеличение вегетационного периода до одного месяца. В качестве исходных данных был принят период 1970-2000гг.

**8.2 Изменения климатических и агроклиматических характеристик по модельным оценкам.** В настоящей работе для получения оценок изменения климатических характеристик использованы модельные расчеты будущего изменения климата, которые были выбраны ведущими специалистами ГГО и ИГКЭ России из множества моделей, подготовленных на пятом этапе работы по Всемирной программе исследования климата (CMIP5 – Coupled Model Intercomparison Project)(Diffenbaugh, Field, 2013). В работе рассматривается

влияние последствий изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур на территории Российской Федерации на протяжении XXI века для среднего сценария антропогенного радиационного воздействия – RCP4.5 (Representative Concentration Pathways)(Taylor et al., 2012, Peters, 2012), что соответствует концентрации углекислого газа (650 p.p.m). Сценарий RCP8.5 («жесткий сценарий») соответствует концентрации 1370 p.p.m.

Также были использованы данные второго оценочного доклада Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (Резюме, 2014 год) с интерпретацией данных для территории Беларуси (выполнены в рамках проекта Clima East, Мельник В.И). При подготовке раздела, связанного с влиянием изменения климата на сельское хозяйство, в основном применялись общепринятые агроклиматические и агроклиматические показатели. В расчетах использовались данные о приземной температуре воздуха и атмосферных осадках для трех интервалов: 2011–2030 гг., 2021–2040 гг. и 2041–2060 гг. В модельных расчетах и оценках влияния последствий изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур Росгидрометом в качестве базового был принят период 1981–2000 гг. Это является важным в оценках изменения климатических характеристик: чем более поздний базовый период принят для расчета тем точнее последующие расчетные данные. В связи с тем, что для оценок современного состояния климата в Беларуси принят период 1989-2015гг., были рассчитаны поправки (разности) к рассчитанным по моделям климатическим показателям и в последующем все прогнозные показатели для территории Беларуси были рассчитаны по отношению к базовому периоду (1989-2015)гг.

Основные показатели сезонных изменений температуры и осадков, а также основных агроклиматических характеристик по отношению к периоду 1989-2015 гг. приведены в таблицах 9,10.

**Таблица 9- изменение сезонной температуры воздуха °С и осадков(мм), полученные для территории Беларуси с использованием данных из ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989-2015 гг. для сценария RCP4.5**

| Период    | Температура |       |      |       | Осадки |       |      |       |
|-----------|-------------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
|           | зима        | весна | лето | осень | зима   | весна | лето | осень |
| 2011-2030 | 0,9         | 0,9   | 0,5  | 0,7   | 4      | -1    | 1    | 0     |
| 2021-2040 | 1,4         | 1,3   | 0,9  | 1,0   | 7      | 0     | 1    | 7     |
| 2041-2060 | 2,4         | 2,1   | 1,6  | 1,7   | 9      | 1     | 1    | 8     |

**Таблица 10-изменение агроклиматических характеристик полученные для территории Беларуси с использованием данных из ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989-2015 гг. для сценария RCP4.5**

| Период    | Отклонение продолжительности периода, дни |      |       | Сумма температур воздуха |       | Изменение ГТК |
|-----------|---|------|-------|--------------------------|-------|---------------|
|           | ≥0°C                                      | ≥5°C | ≥10°C | ≥5°C                     | ≥10°C |               |
| 2011-2030 | 10  | 7    | 9     | 172                      | 186   | -0,09-0,1     |
| 2021-2040 | 15  | 10   | 12    | 270                      | 273   | -0,1-0,2      |
| 2041-2060 | 35  | 18   | 19    | 466                      | 480   | -0,2 - 0,3    |

### 8.3 Оценки изменения агроклиматических характеристик для различных сценариев изменения климата. Сроки посева сельскохозяйственных культур.

Анализ данных показывает существенное изменение агроклиматических характеристик: особенно это касается увеличения продолжительности теплого периода с суммой температур воздуха  $\geq 0^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность этого периода к 2041-2060 гг. в среднем возрастет на 35 дней и будет колебаться от 280 до 310 дней, а на крайнем юго-западе в районе г. Бреста средняя продолжительность теплого периода с суммой температур  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  составит 365 дней. т.е. зимы не будет. Увеличится также продолжительность вегетационного ( $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ) и периода активной вегетации ( $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ) соответственно в среднем на 18 и 19 дней. Суммы температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  к 2041-2060 гг. вырастут в среднем на  $480^{\circ}\text{C}$  и достигнут  $2700 - 2800^{\circ}\text{C}$  на севере и  $3050 - 3250^{\circ}\text{C}$  на юге страны. По теплообеспеченности нынешняя Новая агроклиматическая область будет занимать всю Витебскую область.

Большинство моделей рассчитывают незначительное увеличение осадков в осенний и зимний период (таблица 10). В весенний и летний период количество осадков практически не изменится, но влагообеспеченность в летний период будет уменьшаться за счет повышения температуры воздуха и транспирации растений. ГТК для периода май-июль уменьшится и будет составлять на примерно трети территории 1,0 -1,2, что характеризует засушливые и слабо засушливые условия. На территории, при среднем ГТК 1,0 вероятность засушливых и очень засушливых условий составит не менее 50%. Для песчаных и супесчаных почв должны быть постоянные мероприятия по сохранению запасов влаги или подбору засухоустойчивых культур.

Были также рассчитаны показатели изменения сезонной температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и осадков (мм), а также агроклиматических характеристик для периода 2041-2060, полученные для территории Беларуси с использованием данных из ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989-2015 гг. для «жесткого сценария» сценария RCP8.5, хотя он и мало вероятен (таблицы 11,12).

**Таблица 11 - Изменения сезонной температуры воздуха  $^{\circ}\text{C}$  и осадков(мм) полученные для территории Беларуси с использованием данных из ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989-2015 гг. для сценария RCP8.5**

| Период    | Температура |       |      |       | Осадки |       |      |       |
|-----------|-------------|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
|           | зима        | весна | лето | осень | зима   | весна | лето | осень |
| 2041-2060 | 3,1         | 2,6   | 2,3  | 2,5   | 10     | 4     | -3   | 4     |

**Таблица 12 - Изменение агроклиматических характеристик полученные для территории Беларуси с использованием данных из ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989-2015 гг. для сценария RCP8.5**

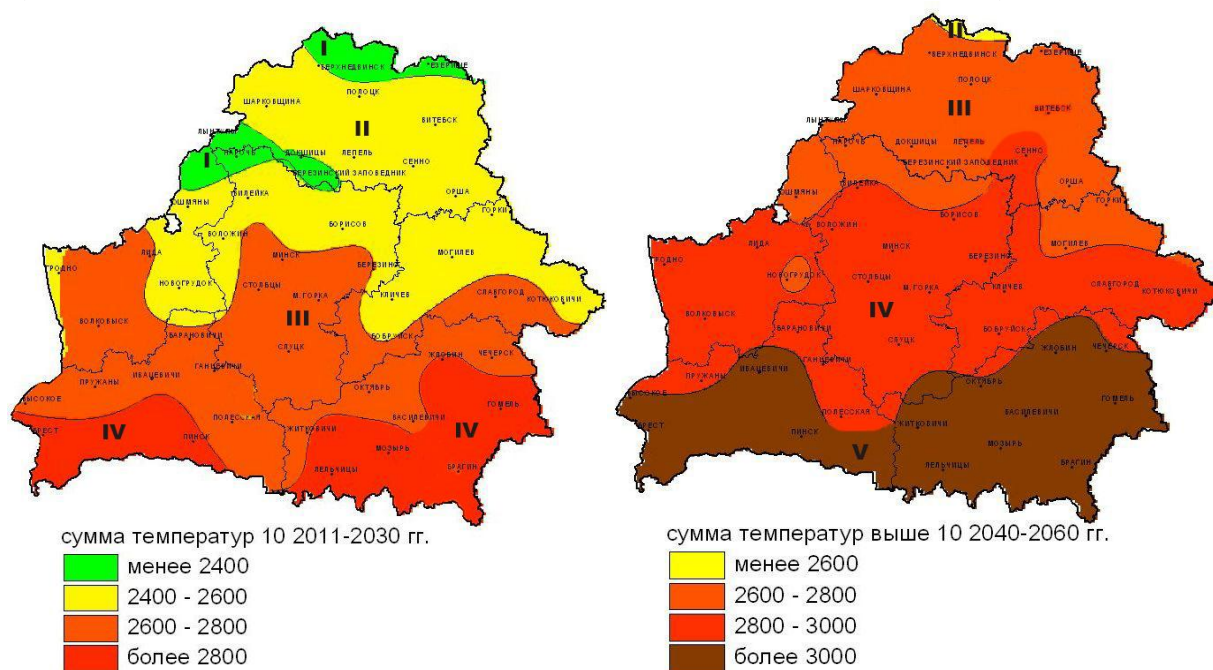
| Период    | Отклонение продолжительности периода, дни |                          |                           | Сумма температур воздуха |                           | Изменение ГТК |
|-----------|---|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|
|           | $\geq 0^{\circ}\text{C}$                  | $\geq 5^{\circ}\text{C}$ | $\geq 10^{\circ}\text{C}$ | $\geq 5^{\circ}\text{C}$ | $\geq 10^{\circ}\text{C}$ |               |
| 2041-2060 | 54  | 24                       | 26                        | 645                      | 660                       | -0,3-0,4      |

Как следует из анализа таблиц 11,12 при таком варианте сценария теплообеспеченность вегетационного периода еще больше увеличиться, а в летний период, вследствие высоких температур и недостатка влаги засушливость территории будет возрастать, что потребует внесения изменений в технологии возделывания ряда культур.

По полученным разностям были рассчитаны прогнозные показатели по основным агроклиматическим показателям (суммы температур выше 10°C и ГТК) на период 2011-2030, 2021-2040гг., 2041-2060 гг. и по ним были построены карты пространственного распределения указанных характеристик (рис. 8,9). На рисунке 8 представлены границы новых агроклиматических областей, образовавшихся в результате потепления к 2030 и 2050 году. Так, бывшая Центральная область в 2015 году к 2030-му году фактически распадется, а ее место займет бывшая Южная область. При этом практически на всей территории Беларуси возможно будет возделывание кукурузы на зерно, подсолнечника. Новая агроклиматическая область продвинется далеко на север и займет место Южной, а на юге страны появятся еще более теплые агроклиматические области с суммами температур более 2800°C. Как и следовало ожидать в результате потепления будет происходить дальнейшее смещение границ агроклиматических зон. Влагообеспеченность в период активной вегетации будет ухудшаться в результате существенного роста температур и увеличения транспирации растений (рисунок 9).

а)

б)



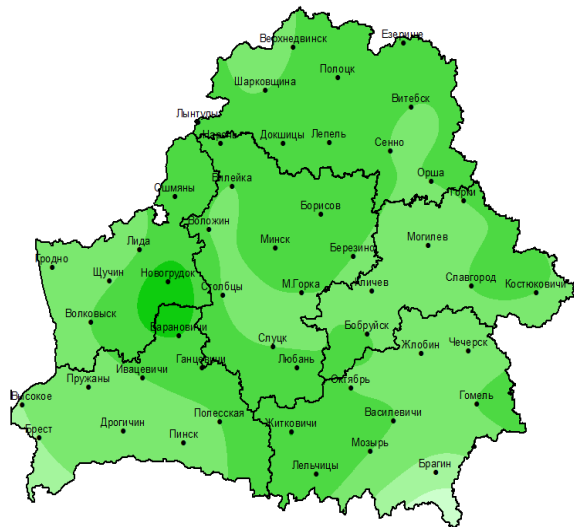
**Рисунок 8 – Новые границы агроклиматических зон (областей) по теплообеспеченности для сценария RCP4.5**

**а) за период 2011-2030 гг. б) за период 2041-2060гг.**

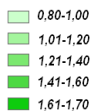
**бывшие агроклиматические зоны в 2015 году: I – Центральная, II – Южная, III – Новая, IV, V- агроклиматические зоны, которых не было в 2015 году.**



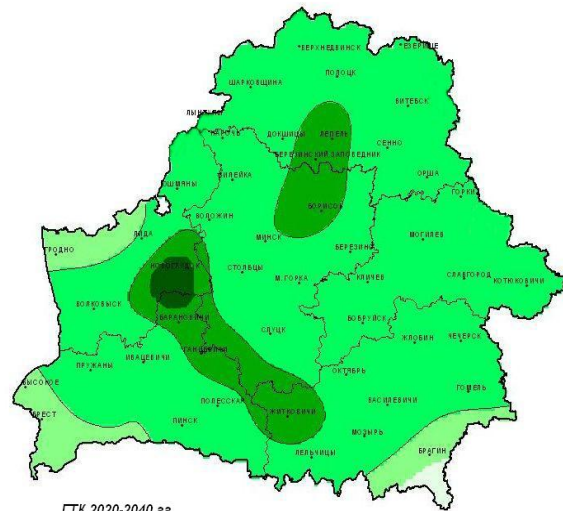
а)



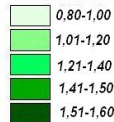
ГТК 2011-2030 гг.



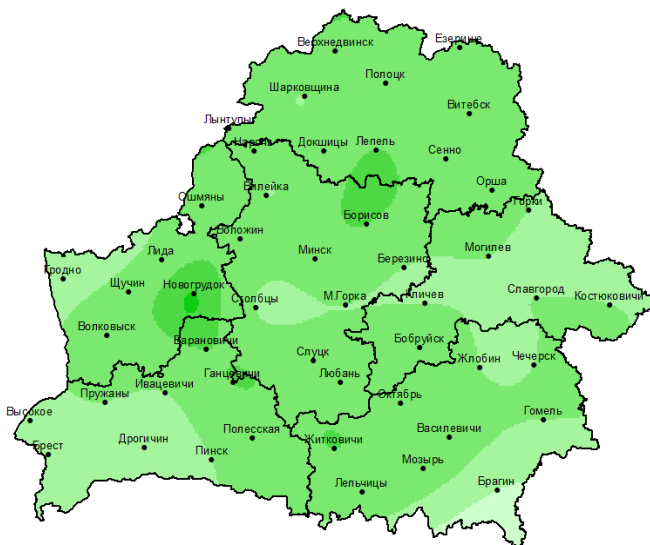
б)



ГТК 2020-2040 гг.



в)



ГТК 2040-2060 гг.



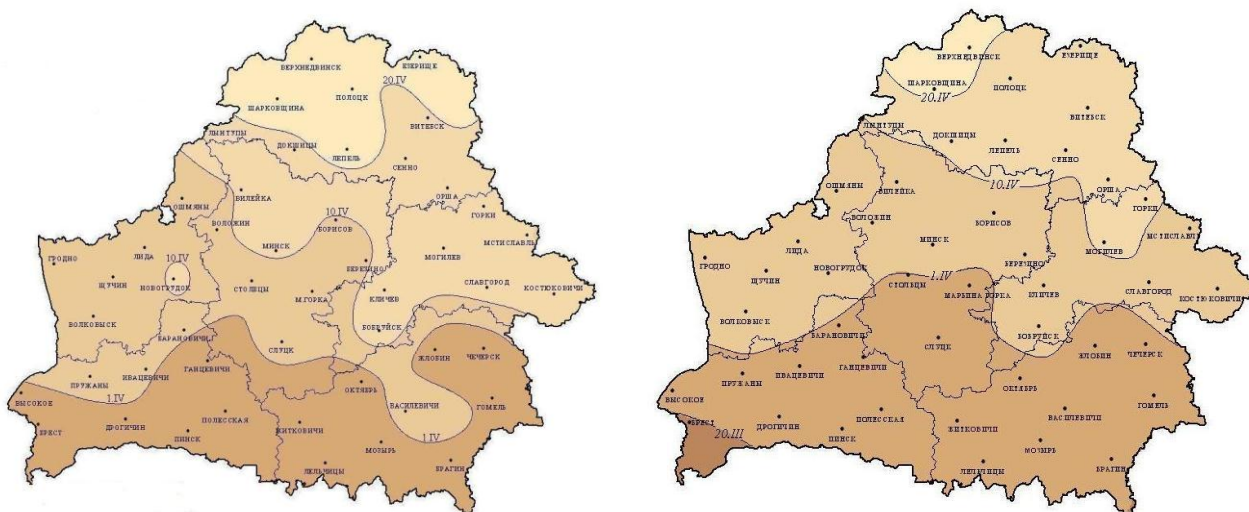
**Рисунок 9 - Увлажнение территории Беларуси по ГТК для сценария RCP4.5 а) за период 2011-2030; б) за период 2021-2040; в) за период 2041-2060гг.**

Просыхание почвы до мягкопластичного состояния, позволяющее приступить к ее обработке и началу сева ранних яровых культур, по многолетним данным наступает практически на всей территории Брестской и Гомельской областей ранее 1 апреля. На севере страны – в третью декаду апреля. Расчеты,

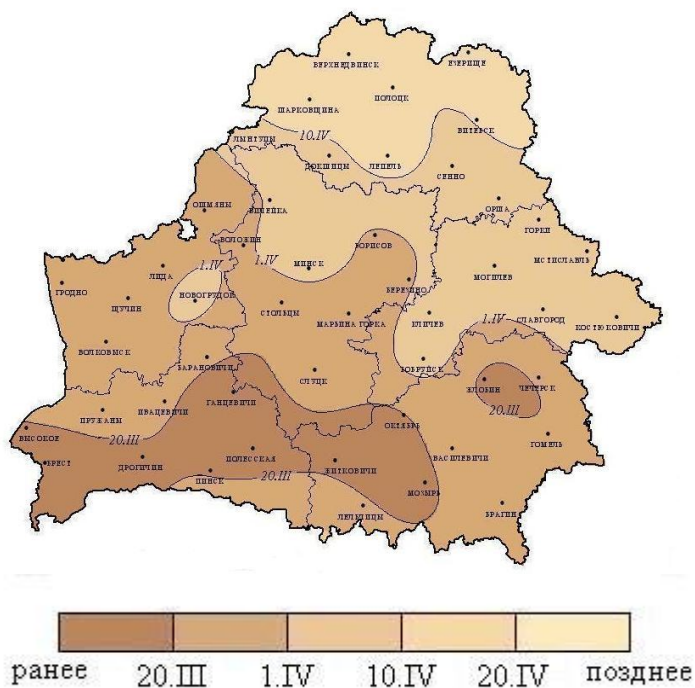
выполненные для сценария RCP4.5, показывают, что по прогнозным данным к 2050 году сроки сева на юге республики будут начинаться в среднем на 20, а в северной ее части на 10 дней раньше по сравнению с современным периодом.

а)

б)



в)



**а** – по среднегодовым данным за 1989-2015 гг.,  
**б** – по прогнозным данным за 2011-2030 гг.,  
**в** – по прогнозным данным за 2040-2060 гг.

**Рисунок 10 – Наступление мягкопластичного состояния почвы (начало сроков сева ранних яровых культур) по сценарию RCP4.5**

Прогнозируемый рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур может способствовать росту сельскохозяйственного потенциала. В данном случае снижение уровня увлажненности территории не должно существенно сказаться на урожайности зерновых культур, за исключением аномально засушливых лет, а также наиболее уязвимых почв.

Большинство Глобальных климатических моделей (ГКМ) указывают на возрастание максимальных и минимальных значений температуры, увеличение числа жарких дней – практически для всей суши; рост количества случаев интенсивных осадков и уменьшение числа дней с малым количеством осадков – для многих регионов суши во внетропических широтах Северного полушария, уменьшение числа холодных дней – практически для всей суши, сокращение амплитуды суточного хода температуры – для большинства регионов суши. Все эти выводы характерны и для Беларуси. Относительно возможных изменений ряда других экстремальных явлений (например, штормов в средних широтах) современные ГКМ не позволяют делать уверенных предположений.

Анализ результатов расчетов по земледельческой зоне на территории России показывает, что при климатических изменениях согласно ансамблевому варианту (сценарий RCP 4.5), биоклиматический потенциал в первой трети текущего столетия увеличится на 8% по сравнению с современным уровнем, а к концу столетия – на 25%. Расчеты выполненные для центрального и северо - западного округа России (наиболее близкие для Беларуси) показывают также рост продуктивности зерновых для всех рассматриваемых периодов. С большой долей вероятности можно утверждать, что для сценария (сценарий RCP 4.5) , увеличение продуктивности зерновых в Беларуси будет иметь место при условии реализации данного сценария. Для сценария RCP8.5 увеличение будет менее значительным. Указанный рост продуктивности культур возможен при проведении определенных адаптационных мероприятий. Однако в дальнейшем, к концу XXI века, при увеличении среднегодовой температуры воздуха, биоклиматический потенциал и продуктивность зерновых культур могут существенно уменьшиться по сравнению с современным уровнем. Ожидаемое снижение продуктивности зерновых к концу столетия при этом сценарии будущих климатических изменений может достигнуть 16%.

К потерям сельскохозяйственной продукции приведет ожидаемое на протяжении всего XXI века постепенное расширение в северном и восточном направлениях границ ареалов и зон массового размножения и вредоносности различных сельскохозяйственных вредителей, в том числе колорадского жука().

## **9 Научное обоснование и определение индикаторов уязвимости почв к изменениям климата на основе анализа международного и национального опыта**

Усиливающиеся последствия изменения климата, в том числе возрастание количества, продолжительности интенсивности засух и засушливых явлений, ассоциируются с потерями и снижением эффективности сельскохозяйственного производства, непосредственной нехваткой водных

ресурсов для питьевых, хозяйственных и бытовых целей, нарушением функционирования и снижением продуктивности природных экосистем, усилением процессов деградации земель и другими неблагоприятными ситуациями. Формирование засух разной интенсивности и продолжительности обусловлено множеством факторов, при которых происходит переход от метеорологической засухи к почвенной, в результате которой растения погибают или уменьшается их урожай. Начало почвенной засухи по времени может значительно отличаться от начала метеорологической в зависимости от имеющихся влагозапасов. Возникновению засух способствует влияние дополнительных факторов, препятствующих накоплению запасов влаги в почве: зимой – недостаток снега, ранней весной – неблагоприятные условия впитывания талых вод (бурное снеготаяние, промерзшая или бесструктурная почва, наличие ледяных корок). Проявление засух и засушливых явлений отрицательно отражается на изменении биохимических, физических, химических свойств, в первую очередь, обрабатываемых почв, а также усиливает тенденцию аридизации территории и ухудшение водного режима сельскохозяйственных угодий путем резкого увеличения испарения с пахотного горизонта, истощает запасы гумуса, разрушает микроагрегатный состав почв и др.. Все это ведет к резкому падению биопродуктивной способности почв, уменьшению и даже гибели сельскохозяйственных культур.

Почва как природное образование в зависимости от ее, прежде всего, водно-физических свойств, обладает свойством смягчения отрицательных воздействий климатических изменений, в частности проявления засух и засушливых явлений. Успешное выполнение подобной функции во многом зависит от степени уязвимости почв, которая трактуется как «склонность и предрасположенность к неблагоприятным климатическим воздействиям». При этом следует иметь в виду, что на уязвимость почв оказывают влияние не только их внутренние свойства, особенности и структурный состав, но имеют существенное значение внешние социально-экономические и экологические факторы, которые во многом определяют способность почв противостоять изменяющимся климатическим условиям.

В данном контексте актуальным является определение системы индикаторов и установление определенного набора показателей, необходимых для количественной оценки уязвимости почв, который отражал бы каждый из ранее указанных аспектов (таблица 14). Несомненно, предложенный перечень индикаторов и показателей не полностью охватывает все аспекты уязвимости, но в то же время позволяет достаточно полно идентифицировать те регионы Беларуси, которые подвержены наибольшему риску негативной трансформации под влиянием климатических изменений. Это дает возможность определить приоритетные действия по проведению адаптационных мероприятий к таким изменениям.

Таблица 14 – Используемые критерии и индикаторы для оценки уязвимости почв Беларуси к проявлению засух и засушливых явлений

| Критерии   | Аспекты уязвимости   | Индикаторы   |
|--|--|--|
| Климатическое воздействие  | Экологический аспект                                       | Температура воздуха, осадки, испарение и тренды их изменчивости, проявление и усиление экстремальных погодных условий  |
| Антропогенное воздействие (факторы, усиливающие воздействие климата)         | Территориально-организационный и агрохозяйственный аспекты | Структура земельного фонда, соотношение земель различного функционального назначения<br>Интенсивность использования сельскохозяйственных земель.<br>Доля почв, подверженных водной и ветровой эрозии.<br>Доля мелиорированных (осушенных) земель.<br>Степень лесистости территории.<br>Содержание гумуса в почвах и его динамика.<br>Запасы углерода в агроэкосистемах, включая почвы.<br>Водно-физические и агрохимические показатели почв и тенденции их изменения.  |
| Адаптационный потенциал (способность к адаптации к климатическим изменениям) | Социально-экономический аспект                             | Отраслевая структура и специализация сельскохозяйственного производства. Результаты индикационной оценки объемов и эффективности производства сельскохозяйственной продукции.<br>Продуктивность сельскохозяйственных культур.<br>Количество трудовых, материальных и энергетических ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве.<br>Доля населения сельских регионов с уровнем среднедушевых <sup>располагаемых</sup> ресурсов ниже бюджета прожиточного минимума.<br>Количество добытой (изъятой) воды, приходящей на 1 чел., /м <sup>3</sup> /чел.).<br>Индекс демографической нагрузки.<br>Доля сельскохозяйственных земель, используемых в органическом земледелии. |
|  | Институциональный  | Международные обязательства в области борьбы с засухами и засушливыми явлениями.<br>Национальная нормативно-правовая база.<br>Система мониторинга и оперативного оповещения.<br>Государственная политика и управление в области регулирования и охраны климата, рационального использования и охраны земельных и почвенных ресурсов  |

Одной из важных задач, направленной на обеспечение объективного отражения климатических изменений и их последствий, является гармонизация баз данных и унификация индикаторов (показателей), характеризующих такие изменения. В рамках реализации проекта был выполнен сравнительный анализ существующих международных и используемых национальных индикаторов с целью определения преимущества и перспективности их использования при оценке изменения климата с учетом природных и агрохозяйственных условий Беларуси.

**9.1 Существующие оценки засух и засушливых явлений в Республике Беларусь.** Несмотря на то, что территория Республики Беларусь расположена в

зоне достаточного увлажнения, проблема засух и засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности основных сельскохозяйственных культур, а в ряде случаев к деградации земель и негативному изменению ландшафтов, является своевременной и весьма актуальной. За последние десятилетия вероятность возникновения засух и их продолжительность увеличились как за счет глобального изменения (потепления) климата, так и за счет антропогенного воздействия на природную среду (мелиорация земель, нарушение естественного растительного покрова, водоотведение, урбанизация и др.). На фоне более частых и длительных по времени засушливых явлений заметным фактором деградации торфяных почв и лесных земель становятся торфяные и лесные пожары. В будущем, при непринятии своевременных мер, есть угроза быстрого роста экологического и экономического ущерба в результате засух и засушливых явлений, что может отразиться на устойчивом развитии республики. Для оценки засух и засушливых явлений в республике используются различные количественные критерии, учитывающие такие параметры как максимальная температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха, почвы, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), бездождные периоды (периоды, когда в течение не менее 10 дней подряд суточные суммы осадков не превышали 1 мм), продуктивные влагозапасы пахотного слоя 10 мм и менее), число дней с относительной влажностью воздуха  $\leq 30\%$ . Указанные выше критерии засух (гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), бездождные периоды и др.) в основном используются в исследованиях для оценки засух и расчетов их повторяемости в целом по территории на основании многолетних данных наблюдений. Для оценки фактической информации о наблюдаемых опасных гидрометеорологических явлениях и прогнозной информации об ожидаемых опасных гидрометеорологических явлениях, включая засуху (экстренной информации) в оперативной работе специалистов гидрометеорологов используются критерии, приведенные в Постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 23 января 2007 года № 75.

Засуха атмосферная - отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд во время вегетации сельскохозяйственных культур при максимальной температуре воздуха выше  $+25^{\circ}\text{C}$  не менее чем в половине дней выше указанного периода.

Засуха почвенная - запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см не более 10 мм на протяжении не менее трех декад подряд в вегетационный период.

За начало засухи на территории Беларуси принимается период, когда по указанным выше критериям, засуха отмечается хотя бы в одной области и занимает более 30% ее площади. Систематизация засух за последние 48 лет (1968-2016 гг.) выполненная в Гидромете, показала, что наибольшее число засух, которые отмечались хотя бы в одной области и занимали более 30% ее площади, наблюдается в мае-июле – примерно 90%. В половине лет из 20 (1989-2010 гг.) в республике отмечались засушливые условия на протяжении

двух и более месяцев в период активной вегетации растений. Засушливые условия, отразившиеся на сельскохозяйственном производстве, отмечены в ряде областей республики в 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1999, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 гг. Анализ данных показывает, что засухи, охватывающие несколько районов на территории Беларуси не редкость. Повторяемость засух увеличивается с северо–запада на юго–восток. В Гомельской области, например, повторяемость засух с площадью охвата не менее 30% области составляет 50%, т.е. примерно 1раз в 2года, в Брестской - 1раз в 2-3 года.

#### **10.Типизация и создание общенациональной карты уязвимости почв Беларуси к засухам и засушливым явлениям**

При проведении оценки уязвимости почв Беларуси была использована обширная база картографической информации. В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям использованы показатели запасов почвенной влаги. В отличие от климатических условий, которые отличаются определенным своим фоновым проявлением, водный режим почв формируется, помимо климата, под влиянием положения в рельефе, а также обуславливается строением почвообразующих пород, гранулометрическим составом, генетическими особенностями почвообразования и др. О разнообразии почвенного покрова Беларуси свидетельствует тот факт, что только на почвенной карте масштаба 1:500 000 представлено более 3500 контуров генетически разнородных почв (рисунок 12). На недавно опубликованной карте почв Беларуси в классификации FAO-WRB, основанной на среднемасштабной карте в национальной классификации, представлено 13 таксонов. Сельскохозяйственные и лесные земли Беларуси охватывают примерно 80 % площади страны, на которых преобладают дерново-подзолистые (27,2 %) и дерново-подзолистые заболоченные почвы (41,2 %) (рисунок 13). Для количественной характеристики влажности почвы, которая даст представление о почвенной разновидности как носителе информации о влагообеспечивающей способности и уязвимости ее к засухе, использованы результаты натурных специализированных наблюдений и измерений влажности почвы на различной глубине. Исследования были проведены республиканской гидрометеорологической службой на 84 участках с почвами различного генезиса в течение 28 лет и составляло более 500 тыс. определений проб влажности. Это дало возможность с количественной определенностью типизировать характеристики увлажнения почв и определять их гидрологические особенности и режимы (Романова Т.А, 2015).

В качестве операционных единиц увлаженности почв использованы две гидрологические почвенные константы: предельная полевая влажность (ППВ) и влажность разрыва капиллярной связи (ВРК).

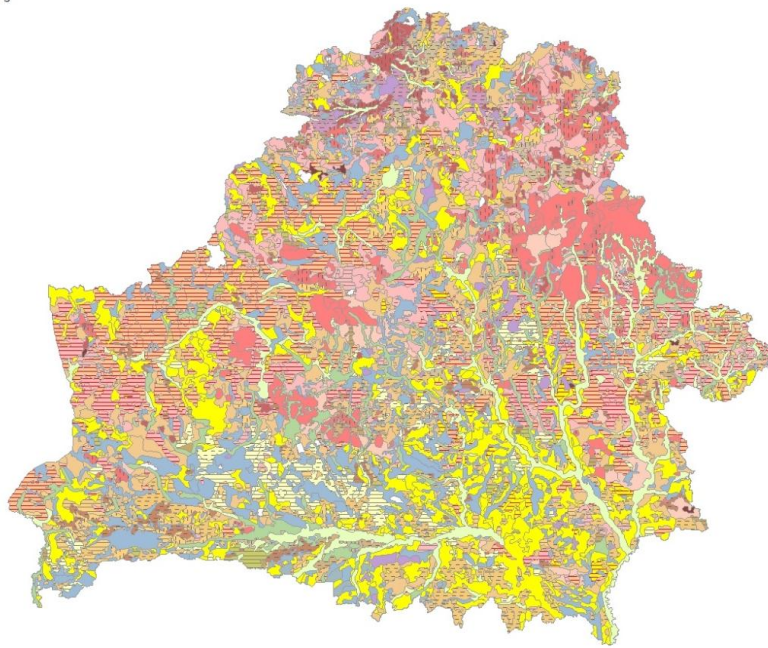
*Под ППВ понимается наибольшее количество подвешенной влаги, т.е. влаги, которая может удержаться в почве без стекания вниз при отсутствии капиллярной связи с грунтовой водой.*

*ВРК – влажность почвы, при которой нарушается сплошное заполнение капилляров почвы водой и которая характеризует нижний предел влажности почвы, оптимальный для растений. ВРК означает начальную степень повреждения растений от засухи и засушливых явлений и служит важным критерием, определяющим степень уязвимости почв к таким явлениям.*

Таким образом, в качестве меры (оценки) увлажненности почвы определенного генезиса и гранулометрического состава принято число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0-20 см превышает ППВ и меньше ВРК. Использование вышеуказанных гидрологических показателей почв для оценки степени их уязвимости к засухам и засушливым явлениям позволяет достоверно характеризовать водообеспечивающую способность каждой почвенной разновидности в среднемноголетнем измерении.

На первом этапе данные группировались только по степеням гидроморфизма почв без учета генетического типа и гранулометрического состава. По каждой группе подсчитывалось среднее арифметическое число случаев превышения ППВ в слое 0-20 см за год и за период апрель-октябрь. Одновременно отмечались случаи, когда влажность почвы составляла меньше 60 % ППВ, то есть, была ниже ВРК. Это позволило установить различия, которые четко отражают генетическую природу увлажненности, т.е. степень гидроморфизма почв, несмотря на то, что в группировке участвовал весь спектр почв по гранулометрическому составу (таблица 15).





0 25 000 50 000 100 000 150 000 200 000 Метры

- Условные обозначения**
- ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ**
- 1. Дерново-карбонатные на глинах и суглинках
  - 2. Дерново-карбонатные на суглинках и песках
- ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ**
- 3. Дерново-подзолистые слабо- и среднеподзолистые почвы в сочетании с дерново-подзолистыми на глинах и суглинках
  - 4. Дерново-подзолистая средне- и слабоподзолистая местами слабоподзолистая почва на суглинках и легких карбонатных суглинках
  - 5. Дерново-слабо- подзолистая средне- и слабоподзолистая почва в сочетании с ферриформными и окисными почвами на суглинках
  - 6. Дерново-слабо-подзолистая слабоподзолистая почва на легких карбонатных суглинках подзолистая почва
  - 7. Дерново-подзолистая средне- и слабоподзолистая почва на водно-ледниковых легкая суглинках подзолистая почва
  - 8. Дерново-подзолистая слабоподзолистая почва на водно-ледниковых легкая суглинках подзолистая почва
  - 9. Дерново-подзолистая слабоподзолистая почва на суглинках водно-ледниковых и мерзлотных подзолистых почвах
  - 10. Дерново-подзолистая слабоподзолистая почва на водно-ледниковых и мерзлотных суглинках подзолистых почвах
  - 11. Дерново-подзолистая слабоподзолистая почва на песках, подзолистых мерзлотных суглинках
  - 12. Дерново-подзолистая слабоподзолистая почва на морозных песках
- ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ЗАВОЛОЧНЫЕ ПОЧВЫ**
- 13. Дерново-подзолистые заволочные и избыточно увлажняемые почвы на мерзлотных глинах и суглинках
  - 14. Дерново-подзолистые временно и избыточно увлажняемые на легких суглинках
  - 15. Дерново-подзолистые временно и избыточно увлажняемые на суглинках (карбонатных и водно-ледниковых), подзолистых карбонатных суглинках, легких суглинках
  - 16. Дерново-подзолистые временно и избыточно увлажняемые почвы на песках подзолистых, мерзлотных и др.)
- Травяные**
- 17. Дерново-подзолисто-степная на глинах и легких средне-подзолистых суглинках, с выщелоченными карбо-натными глинами и тяжелыми суглинками
  - 18. Дерново-подзолисто-степная почва на выщелоченных суглинках
  - 19. Дерново-подзолисто-степная почва на нормальных водно-ледниковых суглинках, подзолистых песках
  - 20. Дерново-подзолисто-степная на суглинках, подзолистых суглинках тяжелых и легких
  - 21. Дерново-подзолисто-степная почва на суглинках и песках
  - 22. Дерново-подзолисто-степная мелиоративно-зудимая на песках и суглинках
- Травяно-луговые**
- 23. Дерново-подзолисто-степная, часто с выщелоченными на средне-подзолистых суглинках и суглинках, подзолистых торфяно-болотных почвах
  - 24. Дерново-подзолисто-степная, часто с выщелоченными на легких и средних суглинках и суглинках, подзолистых нормальных суглинках, ржавых песках
  - 25. Дерново-подзолисто-степная почва на выщелоченных песках
- Дерновые**
- 26. Дерново-подзолисто-степная мелиоративно-зудимая почва, часто с выщелоченными на средне-подзолистых суглинках и суглинках, подзолистых нормальных суглинках, ржавых песках
  - 27. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на окисленных и водно-ледниковых суглинках, подзолистых нормальных суглинках
  - 28. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на суглинках, подзолистых нормальных суглинках или песках
  - 29. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на суглинках, подзолистых нормальных суглинках или песках
  - 30. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на суглинках, подзолистых нормальных суглинках или песках
  - 31. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на суглинках, подзолистых нормальных суглинках или песках
  - 32. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва, частями с выщелоченными на суглинках, подзолистых нормальных суглинках или песках
  - 33. Дерново-луговая и дерново-карбонатно-луговая почва на песках
  - 34. Дерново-луговой ко-оплеванье на суглинках и суглинках, подзолистых песках
- Торфяно-болотные почвЫ**
- 35. Низинные торфяно-болотные, торфяно-степные и торфяно-болотные почвы
  - 36. Низинные эдификторы торфяно-степные, торфяно-степные и торфяно-болотные торфяно-болотные почвы
  - 37. Верховные торфяно-степные, торфяно-степные и торфяно-болотные почвы
- АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ (ПОЙМЕННЫЕ), ДЕРНОВЫЕ И ДЕРНОВО-ЗАВОЛОЧНЫЕ**
- 38. Аллювиальные дерново-луговые и степные почвы на речных аллювиях (суглинках, суглинках и песках)
  - 39. Аллювиальные торфяно-степные, торфяно-степные и торфяно-болотные аллювиально-торфяно-болотные почвы
- АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ПОЧВЫ**
- 40. Комплекс разрыхленных и выщелоченных почв в верхах и балках

Рисунок 12 – Карта почв Беларуси (национальная система классификации)

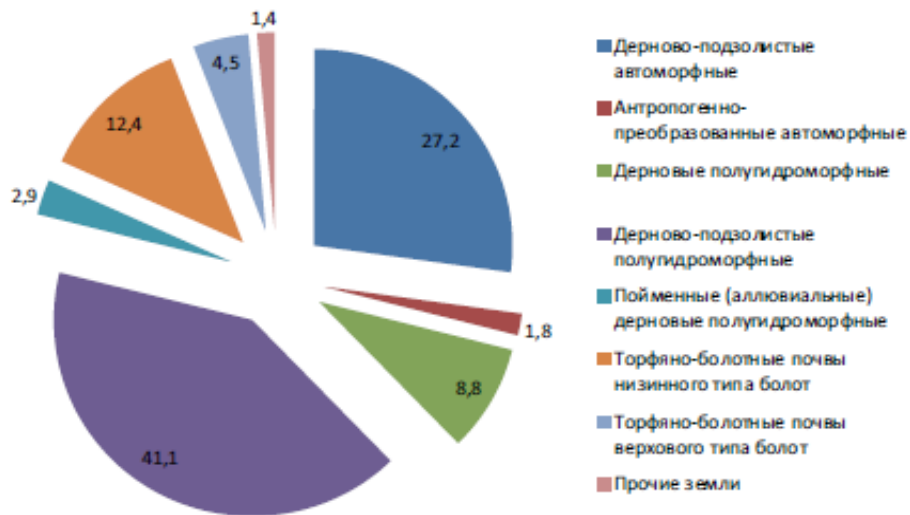


Рисунок 13 – Почвы сельскохозяйственных и лесных земель Беларуси

Таблица 15 – Среднемноголетняя увлажненность почв разной степени гидроморфизма

| Степень гидроморфизма почв                      | Число дней с содержанием общей влаги в слое 0-20 см >ППВ и <ВРК |                          |      |
|---|---|--------------------------|------|
|   | >ППВ за год   | за период апрель-октябрь |      |
|   |   | >ППВ                     | <ВРК |
| Автоморфные*                                    | 10  |                          |      |
| Оглеенные внизу и оглеенные на контакте         | 30  | 5                        | 122  |
| Временно избыточно увлажняемые (слабоглееватые) | 60  | 32                       | 82   |
| Глееватые                                       | 100   | 72                       | 46   |
| Глеевые   | 230   | 118                      | 11   |

Примечание: \* - минимальной степени увлажнения

Как следует из данных таблицы 15 отмечены существенные различия средней многолетней увлажненности почв обнаруживаются и за год, и за вегетационный период. Повышенные показатели, относящиеся к глеевым почвам, объяснимы тем, что в данной таблице в эту группу включены дерново-подзолисто-глеевые и дерновые глеевые почвы, последние с более высоким содержанием гумуса.

Большой массив имеющихся данных дал возможность разделить почвы по степени влагообеспеченности, исходя из их гранулометрического состава, гидроморфизма и строения почвообразующих пород. При этом особое внимание было уделено такому показателю как ВРК и количеству дней в вегетационный период, в течение которых почва характеризуется ниже его величины. Из таблицы 16 следует, что наиболее уязвимыми к засухам и засушливым явлениям являются дерново-подзолистые автоморфные песчаные и рыхлосупесчаные почвы, подстилаемые песками, на которых количество дней с влажностью меньше влажности ВРК достигает за многолетний период 170 дней, а максимальное число дней - составляет 190 дней. Достаточно распространенными почвами являются сильно и среднеуязвимые. К ним относятся, прежде всего, почвы более связного гранулометрического состава, имеющие более короткий период иссушения, составляющий от 90 до 120 дней вегетационный период. Наконец, слабоуязвимые почвы приурочены к периодически или постоянно переувлажненным их вариантам, занимающие, как правило, отрицательные формы рельефа с близкими к поверхности уровнями грунтовых вод, и находящаяся, как правило, под естественной растительностью. Разработанная и прилагаемая матрица (Приложение 3) позволяет более наглядно и оперативно определять степень уязвимости весь спектр почв республики к проявлению засух и засушливых явлений. При чем ее содержание можно использовать для группировки почв как на национальном, так и на региональном, субрегиональном и локальном уровнях организации почвенного покрова.

Используя приведенную в данном отчете карту почв Беларуси (рисунок 12), а также карту современного землепользования республики была составлена общенациональная карта уязвимости групп почв Республики Беларусь к засухам и засушливым явлениям (рисунок 14). Как следует из ее содержания, отмечены существенные территориальные различия в размещении и концентрации почв разной степени уязвимости к проявлению засух и засушливых явлений, что обусловлено пространственной рассредоточенностью различных по генезу, гранулометрическому составу и гидроморфизма почв. Кроме того, на их свойства существенную роль оказало длительное влияние хозяйственной деятельности. Последнее привело к изменению влагообеспеченности почв, прежде всего под влиянием гидротехнической мелиорации земель, сведение лесов и распашки лесных земель, развитию деградации почв в результате интенсификации аграрного землепользования. Все это отразилось на изменении влагозапасов почв, что на фоне повышения температур воздуха, увеличения испарения способствовало увеличению уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям.

Таблица 16 – Группы почв Беларуси по степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям

| Группы почв   |  | Число дней вегетативного периода (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0-20 см |      |  | Степень уязвимости почв |
|---|--|---|------|--|-------------------------|
|   |  | >ППВ  | <ВРК | максимальное количество дней с недостатком влаги |                         |
| Дерново-подзолистые автоморфные и оглеенные внизу и на контакте | Песчаные и рыхлосупесчаные, подстилаемые песками | 10  | 170  | 190  | наиболее уязвимые       |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 10  | 120  | 170  | сильно уязвимые         |
|   | Суглинистые моренные                             | 10  | 100  | 120  | средне уязвимые         |
|   | Суглинистые лессовидные                          | 10  | 100  | 130  | средне уязвимые         |
|   | Тяжелосуглинистые и глинистые                    | 20  | 80   | 90   | слабо уязвимые          |
| Дерново-подзолистые слабоглеватые                               | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками      | 20  | 120  | 140  | средне уязвимые         |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 30  | 90   | 110  | средне уязвимые         |
|   | Суглинистые моренные                             | 40  | 80   | 100  | средне уязвимые         |
|   | Суглинистые лессовидные                          | 30  | 80   | 100  | средне уязвимые         |
|   | Тяжелосуглинистые и глинистые                    | 40  | 50   | 80   | слабо уязвимые          |
| Дерновые глееватые и глеевые                                    | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками      | 20  | 90   | 100  | средне уязвимые         |
|   | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной      | 30  | 90   | 80   | слабо уязвимые          |
|   | Суглинистые моренные                             | 80  | 30   | 40   | слабо                   |

|                          |   |     |    |    |                               |
|--------------------------|---|-----|----|----|-------------------------------|
|                          | Суглинистые лессовидные                         | 90  | 20 | 40 | уязвимые<br>слабо<br>уязвимые |
|                          | Тяжелосуглинистые и глинистые                   | 90  | 30 | 35 | слабо<br>уязвимые             |
| Торфяно-болотные         | Торфяно-болотные неосушенные                    | 240 | 0  | 0  | слабо<br>уязвимые             |
|                          | Торфяно-болотные осушенные                      | 110 | 10 | 15 | слабо<br>уязвимые             |
| Аллювиальные (пойменные) | Аллювиальные почвы высокой и гривистой поймы    | 90  | 10 | 15 | слабо<br>уязвимые             |
|                          | Аллювиальные почвы средней и притеррасной поймы | 220 | 5  | 10 | слабо<br>уязвимые             |

**Примечание:** ППВ – предельная полевая влажность; ВРК – влажность разрыва капиллярной связи.

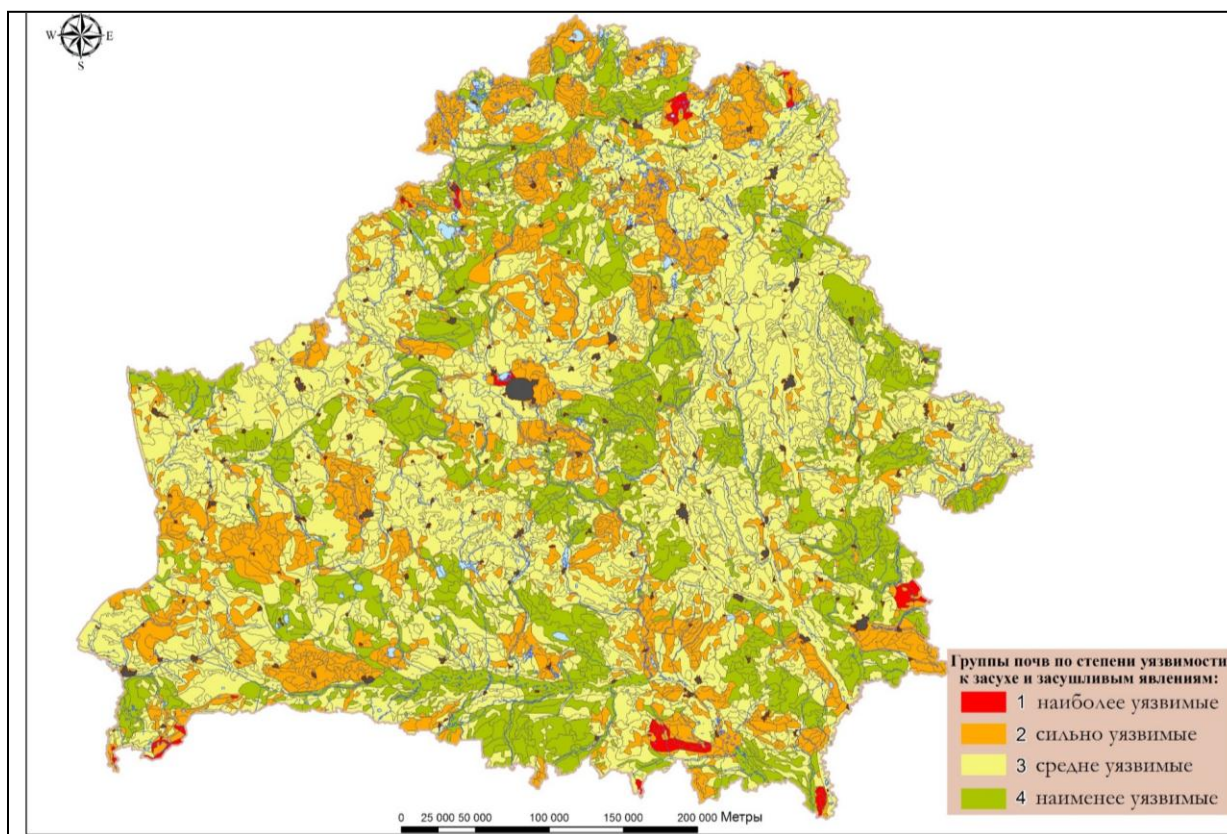


Рисунок 14 – Карта группировки почв Беларуси по степени уязвимости к засухе и засушливым явлениям

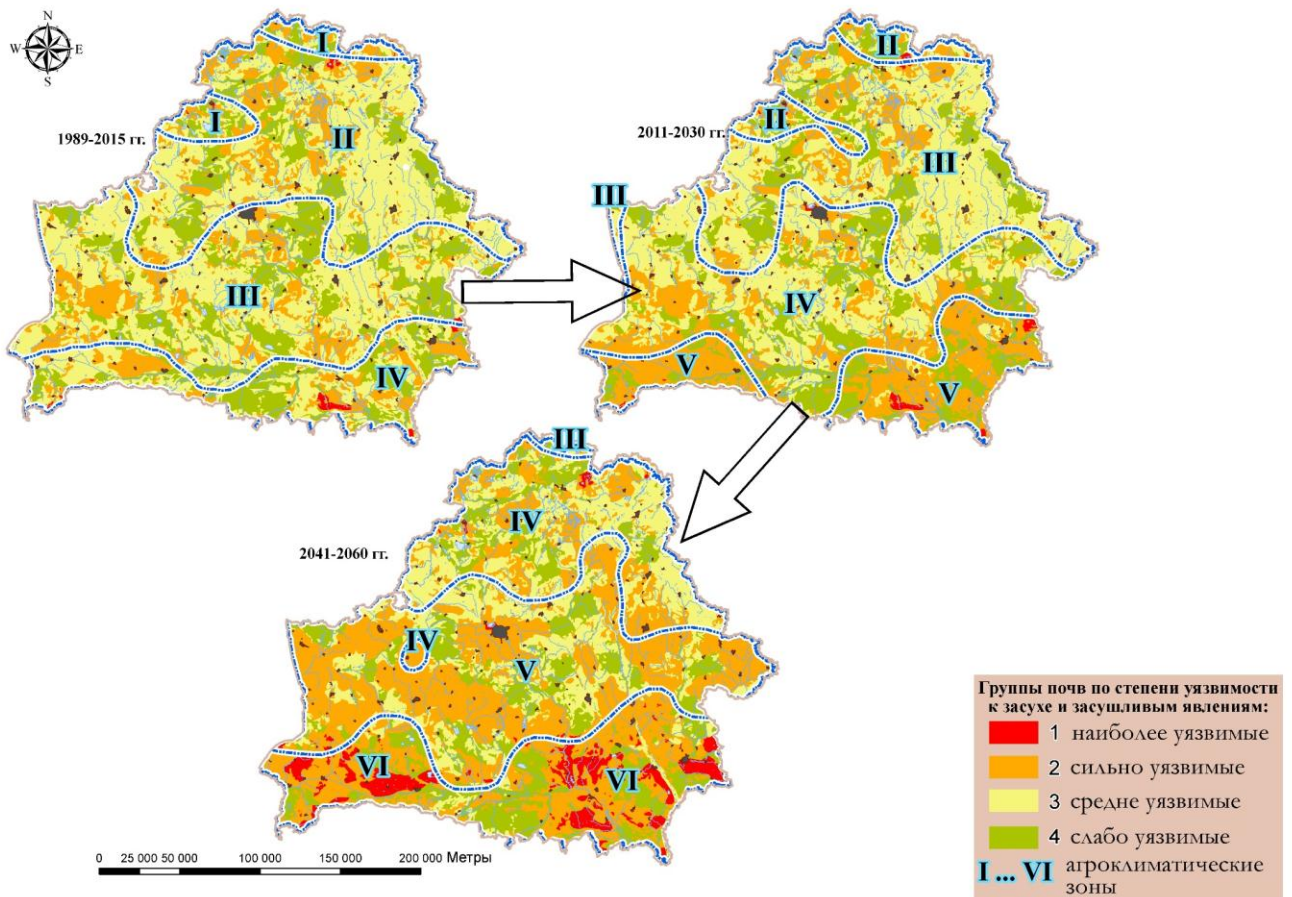
Относительно высокая концентрация разной степени уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям приурочена к южным регионам республики, и прежде всего, Полесском регионе. Это объясняется не только преобладанием здесь легких по гранулометрическому составу почв, наличием высокой доли здесь песчаных и рыхлосупесчаных почв, но также широким распространением осушенных минеральных (1,2 млн. га) и торфяных (0,7 млн. га) почв. Интенсивное использование привело к глубокой трансформации и формированию на их месте

органоминеральных почв, что в совокупности с учащением и ростом интенсивности засух привело к усилению уязвимости к данному климатическому явлению региона в целом.

В рамках выполненного проекта были определены площади разной степени уязвимости почв, выраженные в %, занимаемые в настоящее время (1989-2015 гг.) в существующих и прогнозных агроклиматических зонах (2015-2030 гг, 2041–2060 гг.) (рисунок 15). Для этого были использованы карты агроклиматических зон с указанием сумм температур выше 10<sup>0</sup>С, (рисунок 8). Полученные результаты иллюстрируются таблицей 17 и свидетельствуют о постепенном увеличении доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв в агроклиматических зонах с повышением сумм температур свыше 10<sup>0</sup>С. Это касается агроклиматических зон с диапазоном сумм температур более 2800-3000 и более 3000<sup>0</sup>С. Расширение площадей таких почв будет происходить за счет, главным образом, перехода сильноуязвимых почв в категории наиболее уязвимых и среднеуязвимых – в сильноуязвимых. Эта тенденция затронет в первую очередь южные и частично центральные регионы Беларуси, которые характеризуются наличием в них значительной доли легких минеральных и осушенных почв. При этом будет отмечаться повсеместное уменьшение доли почв всех степеней уязвимости в агроклиматических зонах с суммой температур 2200–2400 и 2400–2600<sup>0</sup>С, т.е на севере территории. Приведенные данные свидетельствуют об усилении уязвимости почв в прогнозируемом варианте изменения климата и повышении температуры воздуха. Это подтверждает необходимость проведения системы адаптационных мер, направленных на снижение их уязвимости к климатическим изменениям.

Таблица 17 – Распределение групп почв разной степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям по агроклиматическим зонам Беларуси, % (существующее положение и прогнозный вариант)

| Агроклиматические зоны с суммой температур свыше 10 °С | Степень уязвимости почв |         |         |        |
|--|-------------------------|---------|---------|--------|
|  | наиболее уязвимая       | сильная | средняя | слабая |
| Агроклиматические зоны 1989-2015 гг.                   |                         |         |         |        |
| менее 2200   | 0,08                    | 1,52    | 1,48    | 1,32   |
| 2200-2400  | 0,12                    | 7,14    | 21,92   | 6,81   |
| 2400-2600  | 0,07                    | 8,09    | 23,00   | 10,35  |
| 2600-2800  | 0,37                    | 4,27    | 7,15    | 5,61   |
| Агроклиматические зоны 2011-2030 гг.                   |                         |         |         |        |
| 2200-2400  | 0,12                    | 1,54    | 1,62    | 1,67   |
| 2400-2600  | 0,04                    | 7,48    | 23,84   | 7,01   |
| 2600-2800  | 0,12                    | 10,19   | 18,31   | 10,54  |
| 2800-3000  | 0,42                    | 11,94   | 0,58    | 4,63   |
| Агроклиматические зоны 2041-2060 гг.                   |                         |         |         |        |
| 2400-2600  | 0,00                    | 0,20    | 0,16    | 0,09   |
| 2600-2800  | 0,16                    | 8,62    | 12,81   | 4,34   |
| 2800-3000  | 0,27                    | 24,48   | 12,15   | 7,49   |
| более 3000   | 4,92                    | 14,55   | 1,72    | 8,04   |



**Рисунок 15 - Распределение разной степени уязвимости почв Беларуси к засухам и засушливым явлениям в агроклиматических зонах**

## **11 Воздействие изменений климата на сельское хозяйство по областям и административным районам**

Обобщенный материал исследований по прогнозам изменения условий ведения сельского хозяйства на территории Беларуси представлен в таблицах «Воздействие изменений климата на сельское хозяйство». Таблицы, составленные для каждой из областей Республики Беларусь, иллюстрируют возможные изменения агроклиматических характеристик для трех прогнозных периодов: настоящее время - 1989 – 2015 гг., ближайшее будущее - 2011-2030 гг., более отдаленное будущее - 2041-2060 гг. В связи с большими объемами данных, информация по областям Республики Беларусь приведены в Приложении 4. Таблицы носят обзорный характер и отражают распределение агроклиматических зон по территории областей и административных районов; прогнозируемые изменения в условиях увлажнения почв; подверженность почв засухам (по Гомельской и Брестской областям указаны конкретные районы наиболее уязвимые от засух); состав сельскохозяйственных культур которые, согласно прогнозам, можно будет выращивать на территории области. Также приводятся общие прогнозы относительно возможных изменений в условиях для животноводства и дополнительные риски для сельского хозяйства Беларуси, связанные с изменением климата. При составлении таблиц использован метод географических аналогов – для каждой из зон указаны территории, на которых в настоящее время существуют

сходные агроклиматические условия. При этом надо учесть, что это выделение носит несколько условный характер, так как при этом не учитываются типы почв, особенности условий увлажнения в период вегетации и др. Но выделение географических аналогов дает возможность в целом оценить потенциал территории, в первую очередь, по теплообеспеченности.

## 12. Заключение

Последствия изменения климата в Беларуси, начиная с 1989 года (теплые зимы, раннее наступление весенних процессов, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, увеличение повторяемости засух, волн тепла, высоких температур воздуха и др.) оказывают существенное влияние на сектор сельского хозяйства и достаточно хорошо изучены. Изменение климата вызывает как отрицательные, так и положительные последствия с точки зрения результатов сельскохозяйственного производства. При этом, поскольку происходят изменения сложившегося уклада, то адаптироваться надо к обоим видам последствий. Рост теплообеспеченности в определенных пределах способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, но при значительном росте среднегодовой температуры сельское хозяйство в южных и восточных районах Республики Беларусь уже сталкивается с проблемой недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, пересыханием пахотного слоя и другими проявлениями засух. В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка степени уязвимости почв Беларуси к негативному воздействию проявления засух и засушливых явлений и других погодно-климатических факторов как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях.

Уточнены границы агроклиматических областей на территории Республики Беларусь по суммам температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  за период потепления (1989-2015) с учетом особенностей физико-географического районирования территории Беларуси. Определены критерии (показатели) агроклиматического районирования территории по теплообеспеченности (суммы температур воздуха выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  за период активной вегетации) и влагообеспеченности (гидротермический коэффициент Селянинова за май-июль). По указанным показателям построена окончательная карта агроклиматического районирования с уточненными границами агроклиматических зон (областей) за период потепления, которая показывает существенное изменение границ агроклиматических областей, появление Новой агроклиматической области.

Рассчитаны агроклиматические и климатические характеристики по станциям государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь, характеризующие современное состояние климата в пределах выделенных агроклиматических областей (Таблица 2), Приложение 2) и даны оценки условий произрастания основных сельскохозяйственных культур в пределах выделенных агроклиматических областей.

Изучен опыт стран ЕС в области регионального зонирования в условиях изменения климата, используемых в различных зонах для выращивания

сельскохозяйственных культур. Показано, что при расчете современного состояния климата и возможного воздействия изменения климата на агроклиматическую зональность в Беларуси используемые климатические и агроклиматические показатели сезонные изменения температуры воздуха и осадков, продолжительности вегетационного периода, сумм температур выше 0°C, +5°C, +10°C, показателя увлажнения - ГТК Селянинова, запасы влаги и др., в целом соответствуют показателям применяемым Европейским Союзом, а также Российской Федерации.

Большинство Глобальных климатических моделей (ГКМ) указывают на возрастание максимальных и минимальных значений температуры, увеличение числа жарких дней – практически для всей суши; рост количества случаев интенсивных осадков и уменьшение числа дней с малым количеством осадков – для многих регионов суши во внетропических широтах Северного полушария, уменьшение числа холодных дней – практически для всей суши, сокращение амплитуды суточного хода температуры – для большинства регионов суши. Все эти выводы характерны и для Беларуси.

Для сценария RCP4.5 рассчитаны прогнозные показатели по основным агроклиматическим показателям (суммы температур выше 10°C и ГТК) на период 2011-2030, 2021-2040 гг., 2041-2060 гг. и по ним были построены карты пространственного распределения указанных характеристик, представлены границы новых агроклиматических областей, образовавшихся в результате потепления к 2030 и 2050 году. Так, бывшая Центральная область в 2015 году к 2030-му году фактически распадется, а ее место займет бывшая Южная область. При этом практически на всей территории Беларуси возможно будет возделывание кукурузы на зерно, подсолнечника. Новая агроклиматическая область продвинется далеко на север и займет место Южной, а на юге страны появятся еще более теплые агроклиматические области с суммами температур более 2800°C. Как и следовало ожидать в результате потепления будет происходить дальнейшее смещение границ агроклиматических зон. Влагообеспеченность в период активной вегетации будет ухудшаться в результате существенного роста температур и увеличения транспирации растений.

Расчеты, выполненные для сценария RCP4.5, показывают, что по прогнозным данным к 2050 году сроки сева ранних яровых культур на юге республики будут начинаться в среднем на 20, а в северной ее части на 10 дней раньше по сравнению с современным периодом.

Анализ данных показывает существенное изменение агроклиматических характеристик: особенно это касается увеличения продолжительности теплого периода с суммой температур воздуха  $\geq 0^\circ\text{C}$ . Продолжительность этого периода к 2041-2060 гг. в среднем возрастет на 35 дней и будет колебаться от 280 до 310 дней, а на крайнем юго-западе в районе г. Бреста средняя продолжительность теплого периода с суммой температур  $\geq 0^\circ\text{C}$  составит 365 дней. т.е. зимы не будет. Увеличится также продолжительность вегетационного ( $\geq 5^\circ\text{C}$ ) и периода активной вегетации ( $\geq 10^\circ\text{C}$ ) соответственно в среднем на 18 и 19 дней. Суммы температур выше 10°C к 2041-2060 гг. вырастут в среднем на 480°C и достигнут 2700 -2800°C



на севере и 3050-3250°С на юге страны. По теплообеспеченности нынешняя Новая агроклиматическая область будет занимать всю Витебскую область.

Выполнена оценка воздействий изменения климата на сельское хозяйство по административным районам. Указаны виды возможных сельскохозяйственных культур для возделывания при различных условиях теплообеспеченности и влагообеспеченности. Для областей при различных климатических условиях определены Географические аналоги (территории, на которых наблюдаются сходные климатические характеристики, в основном по суммам температур выше 10°С). При этом надо учесть, что это выделение носит несколько условный характер, так как при этом не учитываются типы почв, особенности условий увлажнения в период вегетации и др. Но выделение географических аналогов дает возможность оценить потенциал территории.

На территории, при среднем ГТК 1,0 вероятность засушливых и очень засушливых условий составит не менее 50%. Для песчаных и супесчаных почв должны быть постоянные мероприятия по сохранению запасов влаги или подбору засухоустойчивых культур. К числу практических задач по адаптации сельского хозяйства к климатическим изменениям является проведение оптимизации аграрного земледелия республики, направленной на исключение из состава обрабатываемых низкоплодородных почв (с баллом бонитета менее 23) и наиболее уязвимых к засухам земель. Целесообразна их передача под залесение, что будет содействовать более эффективному их использованию и смягчению последствий изменения климата, что нашло отражение в постановлении Совета Министров Республики Беларусь № 79 от 20.01.2000 г. «О мерах по эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения».

Прогнозируемое потепление климата приведет к **изменению плодородия почв**. Степень влияния климата на почвы зависит от типа почв. Для тяжелых, сильно увлажненных почв Поозерья потепление климата может оказать положительное влияние на их продуктивность, тогда как легкие почвы Полесья станут менее продуктивными. Имеются основания считать, что в условиях меняющегося климата ожидаются изменения запасов органического углерода в пахотных почвах.

В рамках выполненного проекта были определены площади разной степени уязвимости почв, выраженные в %, занимаемые в настоящее время (1989-2015 гг.) в существующих и прогнозных агроклиматических зонах (2015-2030 гг., 2041–2060 гг.). Полученные результаты свидетельствуют о постепенном увеличении доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв в агроклиматических зонах с повышением сумм температур свыше 10°С. Это касается агроклиматических зон с диапазоном сумм температур более 2800-3000 и более 3000°С. Расширение площадей таких почв будет происходить за счет, главным образом, перехода сильноуязвимых почв в категории наиболее уязвимых и среднеуязвимых – в сильноуязвимых. Эта тенденция затронет в первую очередь южные (Гомельская и Брестская области и частично центральные регионы Беларуси, которые характеризуются наличием в них значительной доли легких минеральных и осушенных почв. При этом будет отмечаться повсеместное уменьшение доли почв

всех степеней уязвимости в агроклиматических зонах с суммой температур 2200–2400 и 2400–2600<sup>0</sup>С, на севере территории. Это говорит о том, что Витебская область в связи с потеплением будет иметь определенные преимущества. Приведенные данные свидетельствуют об усилении уязвимости почв в прогнозируемом варианте изменения климата и повышении температуры воздуха. Это подтверждает необходимость проведения системы адаптационных мер, направленных на снижение их уязвимости к климатическим изменениям.

В целом в ряде районов на территории Беларуси могут сложиться более благоприятные условия для сельского хозяйства (в частности, растениеводства) по показателям обеспеченности теплом. Продолжится улучшение условий перезимовки озимых культур, более раннее наступление весенних процессов и сроков сева яровых культур; ускорение созревания зерновых культур и сроков их уборки. Рост продуктивности сельскохозяйственного производства может быть обеспечен за счет внедрения и расширения посевов более теплолюбивых и более урожайных культур, таких как кукуруза на зерно, подсолнечника, свеклы, более теплолюбивых кормовых (сои, люцерны и др.) Посевы пожнивных культур укрепят кормовую базу животноводства.

В то же время, ожидается ухудшение показателей влагообеспеченности почв, повышение риска засух. Эти, а также другие факторы (негативное воздействие высоких температур, распространение вредителей и инвазивных видов, риск наводнений, пожаров и т.д.) могут стать серьезными ограничивающими факторами для использования новых возможностей.

Планомерная работа по оценке рисков и разработке мероприятий по адаптации сельского хозяйства должна быть нацелена на максимальное использование возможностей и минимизацию рисков как в настоящем, так и в будущем.

В дальнейшем, в связи с прогнозируемым изменением климата и уточнением Стратегии развития сельского хозяйства, границы агроклиматических зон должны уточняться не реже одного раза за десятилетие.

### **12.1 Основные меры по адаптации сельского хозяйства по полученным прогнозным показателям климатических изменений**

Основой адаптации сельского хозяйства Беларуси к климатическим изменениям в XXI веке должны стать:

- 1) дальнейшее развитие аграрного сектора экономики ;
- 2) оптимизация соотношения посевов озимых и яровых культур
- 3) увеличение площадей зерновых культур (пшеницы, ржи и ячменя, тритикале) как более урожайных при потеплении климата;
- 4) увеличение посевных площадей теплолюбивых высокоинтенсивных сельскохозяйственных культур: кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы, сои и др.;
- 5) увеличение посевов пожнивных и энергетических культур;
- 6) расширение площадей садовых насаждений;
- 7) внедрение влагосберегающих технологий и расширение площадей орошаемого земледелия;

- 8) увеличение площади посевов засухоустойчивых культур, многолетних трав;
- 9) усиление научно-исследовательской работы в области изучения экологических свойств сельскохозяйственных вредителей и патогенов и выявления изменений этих свойств под действием меняющихся климатических условий.
- 10) усиление и развитие деятельности служб защиты растений, особенно на границах современных ареалов распространения основных климатозависимых вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур.
- 11) усиление научно-исследовательской работы в области изучения агроклиматического районирования новых культур, развития модельных оценок влияния изменения климата на сельскохозяйственное производство.
- 12) Принятие научно – обоснованных мер по использованию наиболее уязвимых к засухам почв в Гомельской, Брестской областях (облесение, использование многолетних засухоустойчивых сеяных трав и др.).

## **12.2 Предложения по применению почвенной информации при обосновании практических мер по адаптации сельского хозяйства к изменению климата и формированию устойчивого аграрного землепользования**

Исходя из ключевой роли, которую играют почвы в обеспечении продовольственной безопасности, предоставлении экосистемных услуг, сохранении биоразнообразия, а также выполнения климаторегулирующих функций, к числу первоочередных мероприятий следует отнести:

- Совершенствование нормативно-правовой базы в области устойчивого землепользования. Для чего в развитие положений Кодекса Республики Беларусь о земле целесообразны разработка и принятие Закона Республики Беларусь «Об охране земель/почв» ввести нормы обеспечения и регулирования политики и мер по адаптации к изменяющемуся климату с учетом структурных и функциональных особенностей почв и почвенного покрова.
- Разработка нормативов технологических регламентов в земледелии и растениеводстве, направленных на реализацию принципов и мер по их адаптации и условиям изменяющегося климата должна учитывать различия почвенно-климатических условий и степень уязвимости почв к засухам, засушливым и другим климатическим явлениям.
- При формировании планов и программ развития агропромышленного комплекса (АПК) обязательно предусматривать комплекс адаптационных мер по влагосбережению, максимальному сохранению и повышению содержания органического вещества почв, оптимизации структуры угодий, посевных площадей, насыщению сельскохозяйственными культурами, устойчивыми к дефициту влаги в них и переносящих продолжительность бездождевого периода.
- Поскольку климат рассматривается как один из основных факторов почвообразования, необходимы корректировка и более углубленное изучение его роли в протекании почвенных процессов, а также формировании свойств почв, характеризующих их состояние и плодородие.

- Особое внимание уделить разработке влияния и динамики климаторесурсного потенциала Беларуси на продуктивность сельскохозяйственных культур на различных почвах с целью более объективного установления и экономической оценки потерь в результате климатических изменений.
- Для успешного выполнения обязательств Республики Беларусь в рамках выполнения Рамочной конвенции ООН по изменению климата, Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель необходима активизация научно-методического обеспечения и расширения экспериментального изучения и инвентаризации стока и эмиссии парниковых газов, в частности CO<sub>2</sub>, агроэкосистемами, включая почвами, с целью определения вклада в их общий баланс и влияние на климат.
- Совершенствование автоматизированной оперативной системы оценки засух, включая их влияние на почвы, с возможностью более объективной оценки величин снижения продуктивности сельскохозяйственных культур.
- При крупномасштабном почвенном картографировании и землеустроительном проектировании особое внимание уделить выявлению наиболее уязвимых почв к засухам и засушливым явлениям, а также определению сельскохозяйственных земель, нуждающихся в орошении агрофитоценозов.
- Широкое внедрение эколого-биоорганических севооборотов с насыщением бобовыми сидератами, крестоцветными культурами, позволяющими обеспечить не только повышение плодородия почв и получение экологически чистых продуктов растениеводства, но и смягчить влияние климатических изменений на продуцирование агроэкосистем, в том числе позитивно снизить парниковый эффект.
- При выполнении агротехнологических операций в земледелии, оставлять в почве корневые и пожнивные остатки после уборки сельскохозяйственных культур, что эквивалентно по действию на 1 га 20-25 т качественного навоза, а также увеличить площади предшественников для зерновых культур.
- Создать и использовать новые климатоадаптивные агротехнологии обработки почв и возделывания растений, поддерживающих почвенный потенциал и благоприятно влияющие на влагосодержание, почвенные организмы и флору.
- Научно обосновать и создать систему расчетных прикладных моделей применительно к почвенным и климатическим условиям Беларуси, позволяющим в оперативном режиме определить и спрогнозировать влияние климатических факторов на динамику продуктивности сельскохозяйственных культур.
- В связи с расширением и интенсификацией засух и засушливых явлений на территории Беларуси, назрела необходимость их мониторинга и пространственного распределения с помощью спутниковых систем, с применением методов дистанционного зондирования и диагностики. Полученные результаты при этом необходимо оперативно доводить до сведения органов управления, широкой общественности, конкретных землепользователей.
- Требуется совершенствования комплексный мониторинг изменения климата, в том числе влияние таких изменений на отдельные природные компоненты (почвы,

растительности, воды, животный мир) и интеграция его результатов в Национальную систему мониторинга окружающей среды.

- Произвести углубленную количественную оценку климатических факторов при разработке бонитировки почв и кадастровой оценки земель республики.
- Разработать общереспубликанскую методику эколого-экономической оценки почв как объекта экосистемных услуг и использование ее результатов при страховании от неблагоприятных климатических явлений.

## Список использованных источников

1. Агроклиматический справочник. Под редакцией Н.А. Малишевской. – Минск, «Урожай», 1970. – 248 с.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Москва-2014.
3. Герменчук М.Г., Мельник В.И, Комаровская Е.В. Изменения основных климатических параметров и повторяемость опасных гидрометеорологических явлений в Республике Беларусь» [Текст]//Материалы постоянно действующего семинара при Парламентском Собрании Союза Беларуси и России по вопросам строительства Союзного государства: Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси – Мн., 2010. – С.135-146.
4. Гольберг М.А., Волобуева Г.В., Фалей А.А.. Опасные явления погоды и урожай [Текст].– Минск, Ураджай, 1988.
5. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии [Текст].– Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
6. Ермохин М.В., Пугачевский А.В. Современная динамика южной границы сплошного распространения ели (*PiceaabiesKarst.*) в Беларуси [Текст]// Весці Нац. акад. НавукБеларусі. Сер.біял. навук. – 2009. – №1. – С. 51-55.
7. Изменения климата и их последствия: научное издание [Текст]/ В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.И. Мельник и др.; Под общ.ред. В.Ф.Логинова: Инт-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Минск: ОДО «Тонпик», 2003. – 330 с.
8. Каган Р.Л., Федорченко Е.И. О восстановлении годового хода элементов метеорологических рядов [Текст]. – Труды ГГО –1975. – Вып. 348. – С. 99-111.
9. Кайгарадау А.І. Клімат БССР, заходняй Беларусі і сумежных краін [Тэкст]. – Менск, 1934. Т. II.
10. Кауричев И.С. Романова Т.А., Сорокина Н.П. Структура почвенного покрова и типизация земель. – Москва:изд-во МСХА, 1992. – 150 с.
11. Клебанович Н.В. Почвы Беларуси – наше богатство // Земля Беларуси. – Минск, 2015. – 144 с.
12. Климат Минска. Под ред. М.А. Гольберга [Текст]. – Минск, «Вышэйшая школа», 1976. – 288 с.
13. Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. – Минск: «Гонник», 2006. – 106 с.
14. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и последствия. – Минск: Тетрасистем. – 496 с.
15. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия [Текст]. – Минск, «ТетраСистемс», 2008.– 494с.
16. Логинов В.Ф. Изменение площадей агроклиматических областей на территории Беларуси [Текст]/ В.Ф. Логинов, Т.Г. Табальчук// Природопользование. Сб. науч.тр. – 2014. – Вып. 25. – С. 47-52.
17. Логинов В.Ф. Проблемы повышения адаптивной способности Республики Беларусь к изменениям климата [Текст]/ В.Ф. Логинов, В.В. Коляда//Природопользование. Сб. науч.тр. – 2015. – Вып. 28. – С. 5-13.
18. Мелешко В.П., Катцов В.М., Школьник И.М.,и др. Изменения и изменчивость климата Северной Евразии в XXI веке: оценки основанные на ансамбле МОЦАО [Текст]// Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям: Материалы Междунар. конф. по проблемам гидрометеорологической безопасности. – М., 2007. – С. 97.
19. Мельник В.И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси [Текст]: автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.00.23. Бел. гос. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.
20. Мельник В.И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь [Текст]. Материалы Международной научно-практической конференции

- «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания», 6-7 апреля 2016, Брест, Республика Беларусь. – С. 228-235.
21. Мельник В.И. Особенности изменения климата на территории Республики Беларусь за последние десятилетия [Текст]/В.И Мельник В.И, Е.В. Комаровская // Сборник научных трудов «Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы». – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2011.– С. 77-84.
  22. Мельник В.И. Оценка позитивных и негативных последствий потепления климата для условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории Беларуси [Текст]/В.И Мельник В.И, Е.В. Комаровская //Сборник докладов научно-практической конференции «Десять лет сотрудничества России и Беларуси в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды и перспективы его дальнейшего развития» 12-14 декабря 2006г. г. Москва.– С. 218-221.
  23. Научно-методическое обоснование требований по оптимизации государственной сети гидрометеорологических наблюдений в связи с внедрением новых технологий наблюдений и прогноза» (этап 2015 год).– Отчет по НИР заключительный, Гидромет, 2015. – 75с.
  24. Ольсен JE, Трнки М., Kersebaum КЦ, Skjelvåg АО, Сеген Б., Peltonen-Сайнио П. Росси Ф., Козыра Дж, Micale Ф., 2011. Воздействия и адаптация европейских систем производства сельскохозяйственных культур к изменению климата. Европейский журнал агрономии 34, 96-112.
  25. Отчет о научно-исследовательской работе «Оценка влияния урбанизации и мелиорации на климатические, водные, земельные и лесные ресурсы Беларуси» (заключительный),1-й этап, Гидромет, Минск- 2016.- 100с.
  26. Партасенок И.С., Гайер Б., Мельник В.И.. »Исследования возможных сценариев изменений климата Беларуси на базе ансамблевого подхода», // Труды Гидрометеорологического-научно-исследовательского центра Росгидромета, вып.358, с. 99-111, Москва, 2015г.
  27. Проект ClimaEAST /Поддержка в разработке национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь.//Первый этап: разработка концепции национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Беларуси,2015 год -20с.
  28. Романова Т.А., Червань А.Н., Андреева В.А. Теоретические основы и практическая значимость исследования структуры почвенного покрова //Почвоведение, № 3, 2011. С.300-310.
  29. Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков [Текст] – Швейцария, ВМО, 2012. – 18 с.
  30. Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А. Агроклиматология [Текст]. – Ленинград, Гидрометиздат, 1973. – 344 с.
  31. Сиротенко О.Д. Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования /Методическое пособие. М.: Росгидромет, 2007. – 77 с.
  32. СТБ 17.10.01-01-2 012 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Термины и определения. Госстандарт, Минск, 2012. – 84 с.
  33. Стратегия и Национальный план действий по деградации земель (включая почвы) на 2016-2020 гг. – Минск, 2015. – 56 с.
  34. Страшная А.И., Тищенко В.А., Береза О.В., Богомолова Н.А. О возможности использования стандартизированного индекса осадков для выявления засух и в прогнозах количественной оценки урожайности зерновых и зернобобовых культур [Текст]./ Труды Гидрометцентра России, вып. 357. Под редакцией д-ра физ.-мат. наук М.А. Толстых. М, ФГБУ "Гидрометцентр России", 2015. – С.81-97.
  35. Труды Главной Геофизической Обсерватории им. А.И.Воекова ,вып.569- Санкт-Петербург,2013
  36. Шестое Национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата / РУП «БелНИЦ «Экология», Минск, 2015. – 306 с.

37. Шкляр А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве[Текст] – Мн: Вышэйшая школа, 1973. – 300 с.
38. Яцухно В.М. О месте и роли почв в осуществлении Республики Беларусь международных природоохранных конвенций. Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия, 2015. – С. 340–343.
39. Agroclimatic conditions in Europe under Climate Change, Mendel University, г. Брно, Чехия, 2011, <http://www.shmu.sk/File/akcie/Trnka%20Miroslav,%20Agroclimatic%20conditions%20in%20Europe%20under%20climate%20change.pdf>
40. Brooks N., Adger W., Kelly P. The determinants of vulnerability and adaptive capacity of the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15, 2005. – P. 151-163.
41. Climate change impacts and adaptation, 2015, European Environmental Agency, 2015.
42. EEA, 2017. Climate change, impact and vulnerability in Europe 2016: an indicator – based report, European Environmental Agency, Luxembourg– 268 pp.
43. Czech Globe Global Change Research Institute CAS, г. Брно, Чехия, <http://www.czechglobe.cz/en/contacts/152/>
44. CzechGlobe Global Change Research Institute CAS, г. Брно, Чехия, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ece3.782/full>
45. European Climate Adaptation Platform, <http://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/sector-policies/agriculture>
46. Falloon P., Betts K. Climate impacts on European agricultural and water management in the context of adaptation and mitigation. The importance of an integrated approach. *Science of the total Environment*, 2010. – 408 (2). – P. 667–687.
47. IPCC WGII AR5 Chapter 23, 2014 г.
48. IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Group I and II of IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. – 582 p.
49. Justin van Wart, Lenny G.J. van Bussel, Joost Wolf, Rachel Licker, Patricio Grassini, Andrew Nelson, Hendrik Boogaarde, James Gerber, Nathaniel D. Mueller, Lieven Claessens, Martin K. van Ittersum, Kenneth G. Cassman, Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential, 2012.
50. Melnik V.I. and Komarovskaya E.V. Features of Climate Change on the Territory of the Republic of Belarus[Text]. Materials of 7-th Conference on BALTEX, Borgholm, Island of Öland, Sweden, 2013.– Pp.80-81.
51. Melnik V.I. and Sokolovskaya Y.A Heat waves in Belarus/1<sup>st</sup> Baltic Earth Conference Multiple drivers for Earth system changes in the Baltic Sea region Nida, Lithuania, June, 2016.
52. Moor F.C., Lollell D.V. Adaptation potential of European agriculture in response to climate change. *Nature Climate Change*, 4 (7), 2014. – P. 610–614.
53. Revised World Soil Charter 2015. FAO, Roma. - P. 9.
54. Robinson D.A., Lebron I. On natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economy*, 70, 2010. – P. 137–148.
55. Universidad de Politécnica de Madrid, 2007. Adaptation to climate change in the agriculture sector. AEA Energy & Environment
56. Water-limited crop yield, European Environmental Agency, 2016, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/crop-yield-variability-2/assessment>
57. Partasenok I., Geyer B., Melnik V. Projection of climate changes in Belarus according to ensemble models. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Baltic Earth Conference “Multiple drivers for Earth system changes in the Baltic Sea region”, 2016, Nida, Lithuania
58. Watson I.E., Iwamura I, Butt N. Mapping vulnerability and conservation adaptation strategies under climate change. *Nature Climate Change*, 3(11). – P. 989–994.



**Схема**  
**физико-географического районирования территории Беларуси с учетом расположения**  
**пунктов Государственной сети гидрометеорологических наблюдений, данные, которых**  
**использовались в исследованиях (выделены красными точками)**



**Рисунок 3 – Схема физико-географического районирования с учетом наблюдательной сети**

Провинции выделены согласно орографическим ступеням, которые отражают различный генезис рельефа, особенности климата, почвенно-растительного покрова, направленность физико-географических процессов. Белорусская Поозерская провинция выделена согласно возрасту формирования рельефа и соответствует области распространения поозерского (валдайского) оледенения. Западно-Белорусская провинция охватывает систему возвышенностей; Восточно-Белорусская – представляет собой возвышенную равнину с абсолютными отметками 180-230 метров; Полесская – низину с отметками ниже 150 метров; Предполесская – переходную орографическую ступень с высотами 150-190 метров.

**Продолжение приложения 1**

**Физико-географические провинции, округа и районы Беларуси**

| Округ  | Район                             | Номер района |
|--|-----------------------------------|--------------|
| 1  | 2                                 | 3            |
| <b>Белорусская Поозерская провинция (4 округа, 12 районов)</b> |                                   |              |
| I) Витебское Поозерье  | Нешердо-Городокская возвышенность | 1            |
|  | Суражская низина,                 | 2            |
|  | Витебская возвышенность           | 3            |
|  | Лучоская низина                   | 4            |
| II) Браславское Поозерье                                       | Освейско-Браславские гряды        | 5            |
| III) Подвинье  | Дисненская низина                 | 6            |
|  | Полоцкая низина                   | 7            |
|  | Шумилинская равнина               | 8            |
| IV) Нарочано-Ушачское Поозерье                                 | Чашникская равнина                | 9            |
|  | Ушачско-Лепельская возвышенность  | 10           |
|  | Свенцяньские гряды                | 11           |
|  | Нарочанская равнина               | 12           |
| <b>Западно-Белорусская провинция (3 округа, 14 районов)</b>    |                                   |              |
| I) Центральный округ   | Вилейская равнина                 | 13           |

|  |                                 |    |
|--|---------------------------------|----|
| Белорусской гряды                                    | Ошмянская возвышенность         | 14 |
|  | Минская возвышенность           | 15 |
|  | Верхнеберезинская низина        | 16 |
|  | Борисовская возвышенная равнина | 17 |
| II) Понеманье  | Средненеманская низина          | 18 |
|  | Верхненеманская низина          | 19 |
|  | Лидская равнина                 | 20 |
|  | Столбцовская равнина            | 21 |
| III) Юго-западный округ<br>Белорусской гряды         | Гродненская возвышенность       | 22 |
|  | Волковысская возвышенность      | 23 |
|  | Слонимская возвышенная равнина  | 24 |
|  | Новогрудская возвышенность      | 25 |
|  | Копыльская гряда                | 26 |
| <b>Предполесская провинция (2 округа, 8 районов)</b> |                                 |    |
| I) Западное Предполесье                              | Пружанская равнина              | 27 |
|  | Барановичская равнина           | 28 |
|  | Слуцкая равнина                 | 29 |
| II) Восточное Предполесье                            | Пуховичская равнина             | 30 |
|  | Центральнoберезинская равнина   | 31 |
|  | Бобруйская равнина              | 32 |
|  | Аловская равнина                | 33 |
|  | Чечерская равнина,              | 34 |
| <b>Полесская провинция (4 округа, 11 районов)</b>    |                                 |    |
| I) Брестское Полесье                                 | Высоковская равнина             | 35 |
|  | Малоритская равнина             | 36 |
|  | Равнина Загородье               | 37 |
| II) Припятское Полесье                               | Ясельдинско-Случская низина     | 38 |
|  | Среднеприпятская низина         | 39 |

**Продолжение приложения 1**

| 1   | 2                                       | 3  |
|---|---|----|
| III) Мозырское Полесье                                    | Мозырско-Лельчицкая равнина             | 40 |
|   | Хойницко-Брагинская возвышенная равнина | 41 |
| IV) Гомельское Полесье                                    | Копаткевичская равнина                  | 42 |
|   | Василевичская низина                    | 43 |
|   | Речицко-Сожская низина,                 | 44 |
|   | Комаринская низина                      | 45 |
| <b>Восточно-Белорусская провинция (1 округ, 4 района)</b> |   |    |
| I) Поднепровье  | Оршанская возвышенность                 | 46 |
|   | Горецко-Мстиславская возвышенность      | 47 |
|   | Оршанско-Могилевская равнина            | 48 |
|   | Костюковичская равнина                  | 49 |

## Приложение 2

### Краткая характеристика и пространственное распределение основных агроклиматических и климатических показателей

#### 2.1 Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С к большим значениям принимают за начало весны, к меньшим – за начало зимы. Через 0 °С весной температура переходит в первой декаде марта на юго-западе и к концу второй декады марта на северо-востоке. Осенний переход начинается с середины ноября на северо-востоке и заканчивается в начале декабря на юго-западе. Изолинии продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С имеют общее направление с северо-востока на юго-запад (рисунок 4.1 ). Продолжительность указанного периода изменяется от 240 дней на северо-востоке до 280 дней на юго-западе. Самый короткий период со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С наблюдается в Витебской и Могилевской областях – в среднем по области 246 и 247 дней соответственно, самый продолжительный в Брестской области – в среднем по области 268 дней.

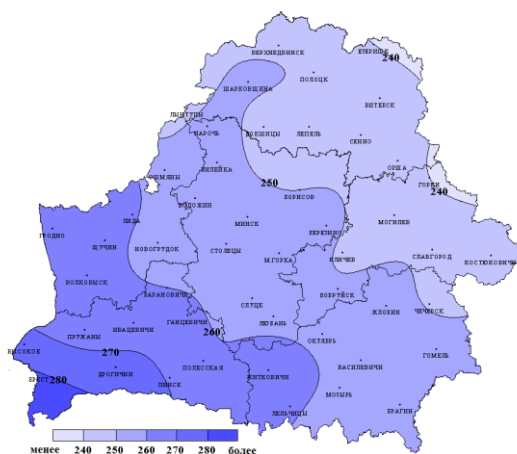


Рисунок 2.1 – Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С

### 2.2 Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С

Весенний переход средней суточной температуры воздуха через 5 °С обуславливает начало вегетационного периода у трав, озимых культур и большинства древесных пород, с наступлением этих температур связано начало полевых работ. Через 5 °С весной температуры переходят в среднем через три недели после перехода через 0 °С. Начало вегетации на юго-западе приходится на конец марта, а к концу первой декады апреля средняя суточная температура воздуха переходит через 5 °С на северо-востоке страны. Заканчивается вегетационный период на северо-востоке во второй декаде октября, на юго-западе – в начале ноября. Изолинии продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С имеют общее направление с северо-востока на юго-запад (рисунок 2.2). Продолжительность этого периода изменяется от 194 дней на северо-востоке до 222 дней на юго-западе.

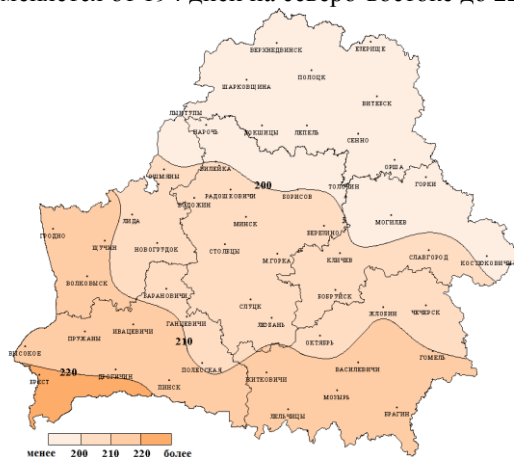


Рисунок 2.2 – Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С

Самый короткий период со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С наблюдается в Витебской области – в среднем по области 197 дней, самый продолжительный в Брестской области – в среднем по области 213 дней.

### 2.3 Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С

Ростовые процессы у большинства сельскохозяйственных культур активизируются при температуре выше 10 °С. Период с такой температурой воздуха называют периодом активной вегетации растений. В южной части республики весной переход температуры воздуха через 10 °С осуществляется в начале третьей декады апреля, на севере – в первой декаде мая. Осенний переход средней суточной температуры воздуха через 10 °С начинается с северных и северо-восточных районов в третьей декаде сентября, на юго-западе он происходит в начале первой декады октября. Расположение изолиний продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С близко к широтному, они имеют общее направление с севера на юг (рисунок 2.3). Продолжительность этого периода изменяется от 143 дней на севере и северо-западе до 168 дней на юго-западе.



Рисунок 2.3 – Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С

Самый короткий период со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С наблюдается в Витебской области – в среднем по области 147 дней, самый продолжительный на юге страны – в Брестской и Гомельской областях – в среднем по области 161 день.

#### 2.4 Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С к меньшим значениям принимают за начало зимы, к большим – за начало весны. Осенний переход начинается с середины ноября на северо-востоке и заканчивается в начале декабря на юго-западе. Через 0 °С весной температура переходит в первой декаде марта на юго-западе и к концу второй декады марта на северо-востоке. Изолинии продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С имеют общее направление с северо-востока на юго-запад (рисунок 2.4). Продолжительность указанного периода изменяется от 85 дней на юго-западе до 125 дней на северо-востоке.

Самый длинный период со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С наблюдается в Могилевской и Витебской областях – в среднем по области 118 и 119 дней соответственно, самый короткий в Брестской области – в среднем по области 97 дней.

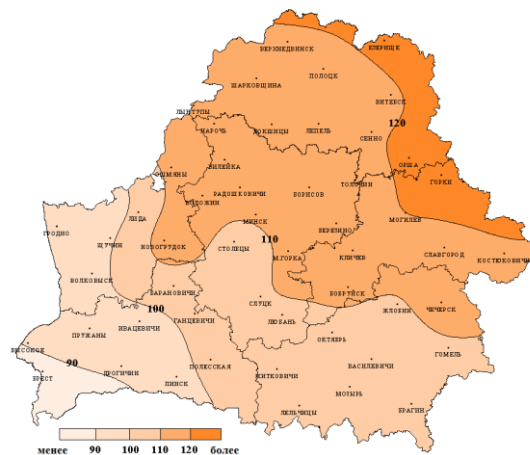


Рисунок 2.4 – Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С

#### 2.5 Сумма температур за вегетационный период выше 5 °С

Вегетационный период – это период со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С. Теплообеспеченность вегетационного периода определяется суммой накопленных температур за этот период. Распределение изолиний сумм температур за вегетационный период близко к широтному (рисунок 2.5) и изменяются от 2529 °С на северо-западе до 3142 °С на крайнем юго-западе, и разница температур более 600 °С.

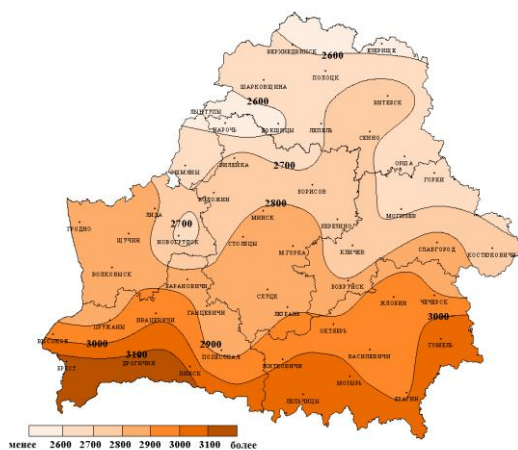


Рисунок 2.5 – Сумма температур за вегетационный период выше 5 °С

Рельеф оказывает влияние на суммы температур вегетационного периода и периода активной вегетации, по мере повышения местности над уровнем моря суммы температур уменьшаются.

### 2.6 Сумма температур за вегетационный период выше 10 °С

Период со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С является периодом активной вегетации. Теплообеспеченность периода активной вегетации определяется суммой накопленных температур за этот период. Распределение изолиний сумм температур за период активной вегетации, как и за вегетационный период, близко к широтному (рисунок 2.6) и изменяются от 2140 °С на северо-западе до 2746 °С на юго-востоке, и разница температур более 600 °С.

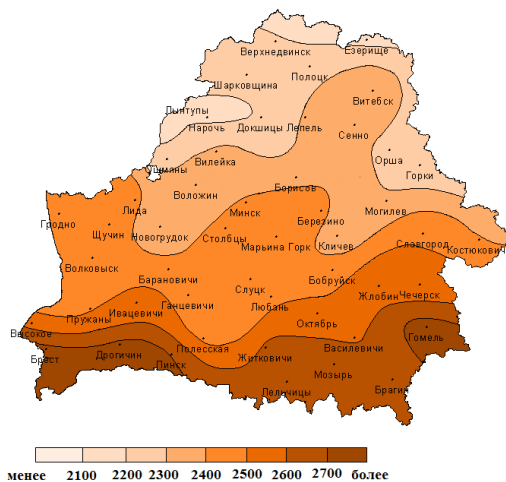


Рисунок 2.6 – Сумма температур за вегетационный период выше 10 °С

### 2.7 Число дней с температурой воздуха выше 25 °С

Повышение температуры воздуха выше определенных пределов отрицательно сказывается на росте и развитии сельскохозяйственных культур. В качестве критической температуры воздуха в Беларуси, неблагоприятной для развития растений, принята максимальная температура воздуха 25 °С и выше. Распределение изолиний числа дней с температурой воздуха выше 25 °С близко к широтному, больше всего таких дней отмечается на юго-востоке страны - до 64 дней на юге, меньше всего – на севере – 30 дней (рисунок 2.7). На фоне этой общей закономерности отмечается уменьшение числа дней с высокими температурами на возвышенных частях республики.

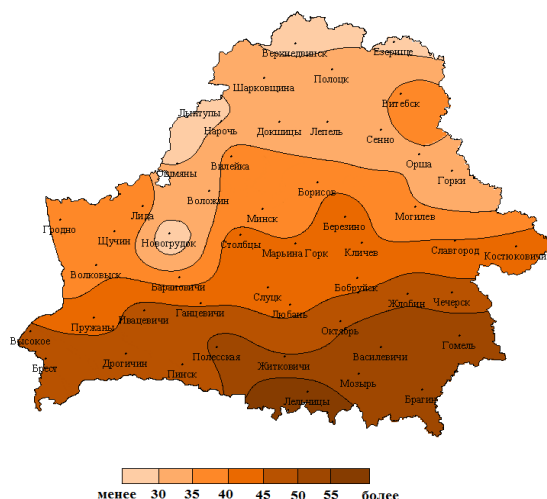


Рисунок 2.7– Число дней с температурой воздуха выше 25 °С

### 2.8 Атмосферные осадки и увлажнение территории

Основным источником пополнения водных запасов и влаги в почве являются атмосферные осадки. По количеству выпадающих осадков Беларусь относится к зоне достаточного увлажнения. Распределение количества осадков по территории Беларуси определяется рядом факторов, главные из которых: особенности циркуляции атмосферы, рельеф местности, характер подстилающей поверхности. В зависимости от вида атмосферных осадков год делится на два периода: холодный (ноябрь-март) с преобладанием твердых и смешанных осадков и теплый (апрель-октябрь) преимущественно с жидкими осадками.

### 2.9 Количество осадков (мм) за год

В среднем за год на большей части территории Беларуси выпадает 600-700 мм осадков. На возвышенностях страны осадков несколько больше 650-700 мм, причем отдельные возвышенности, такие как Новогрудская, Свенцянская, Городокская, Витебская получают более 700 мм осадков. Максимальные суммы осадков за год характерны для станций Новогрудок и Витебск – в среднем 745 мм в год. Низменности, как южные, так и северные получают в основном 600-650 мм осадков. Минимальное среднее многолетнее количество осадков отмечено на западе страны - в Гродно за год в среднем выпадает 548 мм осадков (рисунок 2.8).

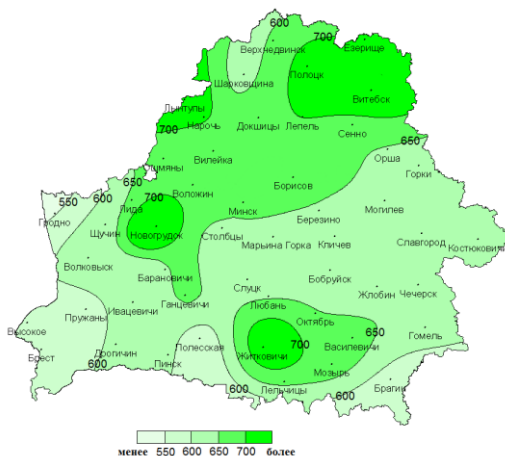


Рисунок 2.8 -Количество осадков (мм) за год

### 2.10 Количество осадков за теплый период (апрель-октябрь)

По характеру выпадающих осадков год делят на два период – теплый (апрель - октябрь) и холодный (ноябрь-март). На теплый период приходится около 70% всей годовой суммы осадков. Распределение осадков по территории в теплый период года близко к картине распределения годовых сумм. На возвышенностях страны осадков несколько больше 450 мм, на низменностях менее 450 мм. Западные и юго-восточные окраины собирают менее 400 мм осадков. Максимальные суммы осадков за теплый период характерны для станции Новогрудок – в среднем 497 мм за теплый период. Минимальное среднее многолетнее количество осадков отмечено на западе страны – в Гродно за год в среднем выпадает 379 мм осадков (рисунок 2.9).

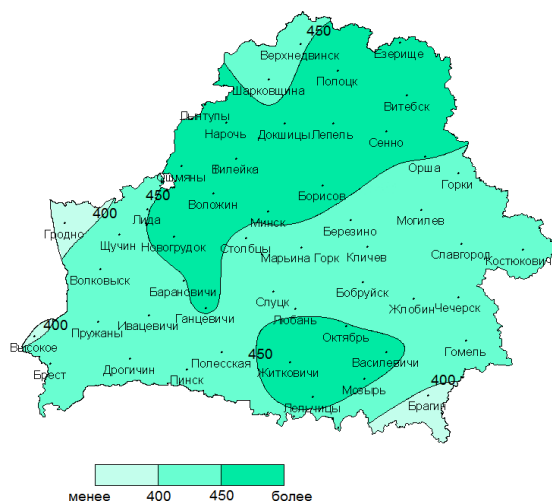


Рисунок 2.9– Количество осадков (мм) за теплый период (апрель - октябрь)

### 2.11 Количество дней со снежным покровом

Снежный покров является важной характеристикой климата. В Беларуси снежный покров залегает в среднем от 64 дней на крайнем западе страны до 115 дней на северо-востоке (рисунок 2.10)

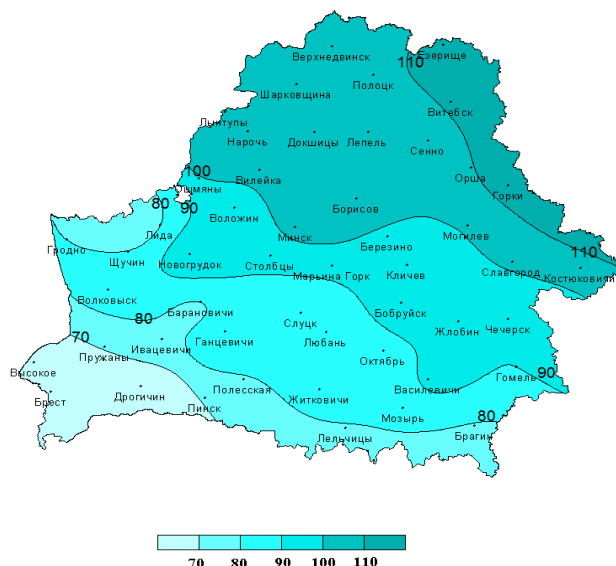


Рисунок 2.10 - Количество дней со снежным покровом

### 2.11 Гидротермический коэффициент увлажнения за май-июль

Несмотря на то, что Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, временная и пространственная неравномерность распределения осадков по ее территории обуславливает образование, как засушливых явлений, так и избыточного увлажнения. Среднее многолетнее количество осадков дает представление о 50 %-ной обеспеченности территории осадками больше или меньше этой величины. Однако оценка условий увлажнения только по количеству выпавших осадков недостаточна, так как в различных районах республики может выпадать одинаковое количество осадков, но влагообеспеченность посевов будет разной из-за различной испаряемости, которая зависит от температуры воздуха. Для оценки условий увлажнения применяют предложенный Г.Т. Селяниновым показатель увлажнения, называемый гидротермическим коэффициентом (ГТК). На территории Беларуси ГТК за период май-июль колеблется от 1,2 до 1,8 (рисунок 2.11) и наиболее полно отражает условия увлажнения для большинства сельскохозяйственных культур, в первую очередь зерновых, критический период роста и развития которых приходится на указанный период (май-июль).

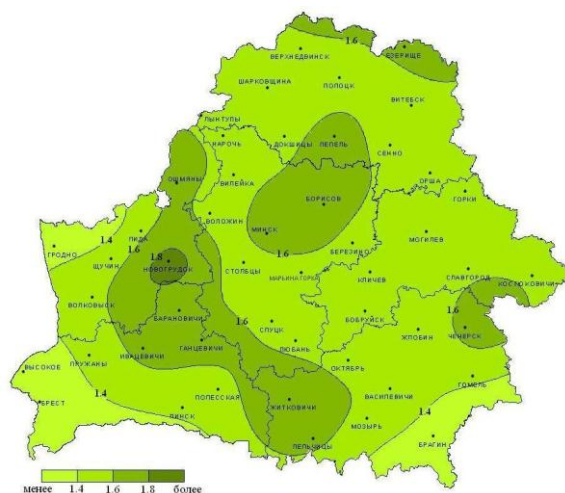


Рисунок 2.11 – Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянину за май-июль

**2.12 Гидротермический коэффициент увлажнения за август** На территории Беларуси ГТК за август колеблется от 1,2 до 1,6 (рисунок 2.12) и характеризует условия влагообеспеченности произрастания позднеспелых сортов картофеля, льна, многолетних трав, овощных культур и условия уборки основных зерновых культур (благоприятные условия).

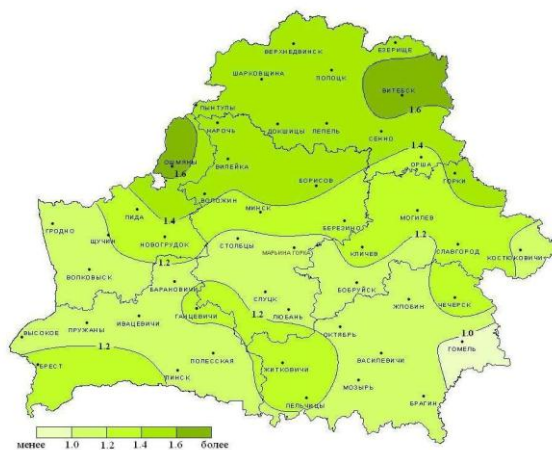


Рисунок 2.12 – Гидротермический коэффициент по Г.Т.Селянину за август



Приложение 3

Матрица групп почв Беларуси по степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям

(число дней за вегетационный период (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0-20 см > ППВ и < ВРК)

| Степень уязвимости почв | Группы почв   |   |                      |                         |                                |   |   |                      |                         |                                |   |   |                      |                         |                                |                              |                            |  |   |
|-------------------------|---|---|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---|---|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---|---|----------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|---|
|                         | Дерново-подзолистые автоморфные и оглеенные внизу и на контакте |   |                      |                         |                                | Дерново-подзолистые слабо глееватые               |   |                      |                         |                                | Дерновые глееватые и глеевые                |   |                      |                         |                                | Торфяно-болотные             |                            | Аллювиальные (пойменные)                     |   |
|                         | Песчаные и рыхлосупесчаные, подстилаемые песками                | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | Суглинистые моренные | Суглинистые лессовидные | Тяжело суглинистые и глинистые | Песчаные и связносупесчаные, подстилаемые песками | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | Суглинистые моренные | Суглинистые лессовидные | Тяжело суглинистые и глинистые | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | Суглинистые моренные | Суглинистые лессовидные | Тяжело суглинистые и глинистые | Торфяно-болотные неосушенные | Торфяно-болотные осушенные | Аллювиальные почвы высокой и гривистой поймы | Аллювиальные почвы средней, низкой и притеррасной поймы |
| Наиболее уязвимые       | X   |   |                      |                         |                                |   |   |                      |                         |                                |   |   |                      |                         |                                |                              |                            |  |   |
| Сильно уязвимые         |   | X   |                      |                         |                                | X   |   |                      |                         |                                |   |   |                      |                         |                                |                              |                            |  |   |
| Средне уязвимые         |   |   | X                    | X                       |                                |   | X   | X                    |                         | X                              | X   |   |                      |                         |                                | X                            |                            |  |   |
| Слабо уязвимые          |   |   |                      |                         | X                              |   |   |                      | X                       |                                |   | X   | X                    | X                       | X                              |                              | X                          | X  |   |

Примечание: ППВ – предельная полевая влагоемкость, ВРК – влажность разрыва капиллярной каймы

Воздействие изменений климата на сельское хозяйство по областям и административным районам Республики Беларусь

Брестская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.

| Период  | 1989 - 2015   |   | 2011-2030   |   |              | 2041-2060   |             |
|---|---|---|---|---|--------------|---|-------------|
|   | Южная   | Новая   | Южная   | Новая   | 2.800-3.000  | 2.800-3.000   | Более 3.000 |
| Агроклиматическая зона                          | Преобладает   | Южная часть (р-ны Малоритский, Кобринский, Дрогичинский, частично р-ны Брестский, Жабинковский, Березовский, Ивановский, Пинский, Столинский) | Крайний юг (частично Барановичский р-н)   | Южная часть (р-ны Брестский, Жабинковский, Малоритский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, частично р-ны Брестский, Пинский, Столинский) | Преобладает  | Север, северо-запад (р-ны барановичский, Ганцевичский, Лунинецкий, частично р-ны Пружанский, Каменецкий)            | Преобладает |
| Сумма температур воздуха выше 10 <sup>0</sup> С | 2.400-2.600   | 2.600-2.800   | 2.400-2.600   | 2.600-2.800   | 2.800- 3.000 | 2.800- 3.000  | Более 3.000 |
| Условия увлажнения (ГТК Селянинова)             | Преобладают оптимальные условия - ГТК <1.4-1.6; часть территории слабозасушливые (юго-запад) ГТК <1.4 |   | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.6; увлажненность увеличивается с юго-запада на северо-восток, фрагменты слабозасушливых на юго-востоке - ГТК 1.0-1.2 и влажных на северо-западе - ГТК 1.6-1.7 |   |              | Слабозасушливые на западе, юге, в центре - ГТК 1.0-1.2, оптимальные на севере, вотоке, северо-востоке - ГТК 1.2-1.5 |             |

|                              |  |   |   |  |  |  |   |
|------------------------------|--|---|---|--|--|--|---|
| <b>Виды с/х производства</b> | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые, кукуруза, соя, гречиха, подсолнечник, просо, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (репчатый лук, столовая свёкла, морковь, капуста, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок. в небольших объёмах — спаржевая фасоль, цветная капуста, брокколи, баклажаны), садоводство. | Зерновые, кукуруза, соя, гречиха, подсолнечник, просо, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (репчатый лук, столовая свёкла, морковь, капуста, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок. в небольших объёмах — спаржевая фасоль, цветная капуста, брокколи, баклажаны), садоводство.                                   | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. | Зерновые, просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя. Овощи, бахчевые, фрукты. Кормовые культуры.   | Зерновые, просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя. Овощи, бахчевые, фрукты. Кормовые культуры. | Зерновые (пшеница, ячмень), зернобобовые, кукуруза, сорго, просо, соя, сахарная свекла, рапс. Овощи, фрукты (в т.ч. виноград), бахчевые. Кормовые культуры. |
|                              | Молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, птицеводство, свиноводство.   |   | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства. |  |  |  |   |
| <b>Ожидаемые изменения</b>   |  |   | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев. Возможный рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей.  |  | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей.<br>При условии успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |  |   |
|                              |  |   | Рост продуктивности зерновых  |  | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Рост продуктивности зерновых. Возможность выращивать южные культуры, в т.ч. на орошаемых площадях.   |  |   |
|                              |  |   | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые, овощи в открытом грунте и фрукты (томаты, баклажаны, виноград, вишня, черешня, яблоки, груши)  |  |  |  |   |

|  |   |              |   |  |   |   |   |
|--|---|--------------|---|--|---|---|---|
| <b>Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям</b>   | Основная часть территории Брестской области занята средне- и сильноуязвимыми к засухам и засушливым явлениям почвами и представлены в основном дерново-подзолистыми автоморфными, слабogleеватыми, а также осушенными супесчаными и песчаными и торфяными почвами водно-ледниковых и озерно-аллювиальных равнин. Проявление на них (особенно районы Малоритский, Березовский, Брестский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, Ивацевичский, Пинский) почвенных засух и засушливых явлений – практически ежегодное явление, что сдерживает эффективность деятельности аграрной отрасли и создают угрозу экологической безопасности региона. |              |   |  |   |   |   |
| <b>Другие риски</b>  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений (в т.ч. в районах рр. Припять и Ясельда)*. Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.ч. за счет новых видов из южных регионов). Рост распространения инвазивных видов растений и животных.   |              |   |  |   |   |   |
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |   |              | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга).<br>Центральная Украина (Киев, Винница). Южная часть Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области.<br>Центральная Украина (Киев, Винница). Южная часть Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) | Восток Украины (Донецк, Луганск), Предкарпатье (Черновцы, Тернополь). Юг Европейской части России (Ростов-на-Дону, Краснодар) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Южная</b>  | <b>Новая</b> | <b>Южная</b>  | <b>Новая</b>   | <b>2.800-3.000</b>  | <b>2.800-3.000</b>  | <b>Более 3.000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b>  |              | <b>2011-2030</b>  |  |   | <b>2041-2060</b>  |   |

\* Оценка и прогноз изменения стока рек Днепр и Припять с учетом адаптации к изменению климата: отчет о НИР / ЦНИИКИВР, рук. Корнеев В.Н. - № ГР 20163206 – Минск – 2016.

**Витебская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.**

| Период                                     | 1989 - 2015  |   | 2011-2030  |   | 2041-2060   |  |  |
|--|--|---|--|---|---|--|--|
| <b>Агроклиматическая зона</b>              | <b>Северная</b>  | <b>Центральная</b>  | <b>Центральная</b>   | <b>Южная</b>  | <b>Южная</b>  | <b>Новая</b>   | <b>2.800-3.000</b>   |
|  | Север, юго-запад (частично р-ны Верхнедвинский, Россонский, Городокский, Поставский, Докшицкий)  | Преобладает   | Север, юго-запад (Россонский р-н, частично Верхнедвинский, Городокский, Поставский, Докшицкий, Лепельский)   | Преобладает   | Крайний север (частично р-ны Верхнедвинский, Россонский)  | Преобладает  | Юг (частично р-ны Чашницкий, Бешенковичский, Сененский, Толочинский)   |
| <i>Сумма температур воздуха выше 10°C</i>  | Менее 2.200  | 2.200-2.400   | 2.200-2.400  | 2.400-2.600   | 2.400-2.600   | 2.600-2.800  | 2.800- 3.000   |
| <i>Условия увлажнения (ГТК Селянинова)</i> | Оптимальные, реже влажные - ГТК 1.4-1.6(<)   |   | Оптимальные - ГТК 1.2-1.6)   |   | Слабозасушливы - ГТК 1.0 - 1.2; оптимальные (юг, местами) - ГТК 1.2 - 1.4; засушливые (фрагменты) - ГТК 0.7-1.0   |  |  |
| <b>Виды с/х производства</b>               | Зерновые (озимые и ранние яровые); картофель; лен-долгунец; кормовые культуры (многолетние и однолетние травы); овощи (столовая свекла, морковь, капуста белокочанная); кукуруза на силос. | Зерновые (озимые и яровые), картофель, лен-долгунец, кормовые (многолетние и однолетние травы), овощи. Условия лучше по сравнению с Северной зоной. | Зерновые (озимые и яровые), картофель, лен-долгунец, кормовые, рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте. | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь), просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя, Овощи, бахчевые, фрукты. |

|   |  |   |   |  |   |
|---|--|---|---|--|---|
|   | Молочно-мясное животноводство; свиноводство; птицеводство.   | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства. |   |  |   |
| Ожидаемые изменения                                     |  | В целом более благоприятные условия для выращивания с/х культур. Возможность выращивать более теплолюбивые (южные) виды.  | <b>Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев кормовых культур. Снижение влагообеспеченности и почв.</b> | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев кормовых культур. Снижение влагообеспеченности почв. | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. При условии успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |
|   |  | Рост продуктивности зерновых  |   |  | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Рост продуктивности зерновых.   |
|   |  | Условия для выращивания: рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза, сахарная свекла, овощи в открытом грунте (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок), сахарная свекла   |   |  | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые   |
| Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям | На территории Витебской области преобладают слабо- и среднеуязвимые к засухам и засушливым явлениям почвы. Они представлены дерново-подзолистыми автоморфными, реже временно избыточно увлажненными (слабоглееватыми) почвами, сформированными на рыхлых почвообразующих породах водно-ледниковых (зандровых) равнин и сочетаниями хорошо дренированных почв на связных породах конечно-моренных гряд и возвышенностей. Повышение риска уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям и ограничение потенциала развития сельского хозяйства возможно в будущем в связи с изменением агроклиматических условий. |   |   |  |   |
| Другие риски  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений. Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.ч. за счет новых видов из южных регионов). Рост распространения инвазивных видов растений и животных.  |   |   |  |   |

|  |                    |                    |  |  |  |   |   |
|--|--------------------|--------------------|--|--|--|---|---|
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |                    |                    | Центральная часть Могилевской, Минской, Гродненской областей | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга).<br>Центральная Украина (Киев, Винница).<br>Южные области Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга).<br>Центральная Украина (Киев, Винница).<br>Южные области Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области.<br>Центральная часть Украины (Черкассы, Сумы).<br>Юг Европейской части Европейской части России (Самара) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Северная</b>    | <b>Центральная</b> | <b>Центральная</b>   | <b>Южная</b>   | <b>Южная</b>   | <b>Новая</b>  | <b>2.800-3.000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b> |                    | <b>2011-2030</b>   |  | <b>2041-2060</b>   |   |   |

Гомельская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.

| Период                                     | 1989 - 2015  |   | 2011-2030  |              | 2041-2060  |   |
|--|--|---|--|--------------|--|---|
| Агроклиматическая зона                     | Южная  | Новая   | Новая  | 2.800-3.000  | 2.800-3.000  | Более 3.000   |
|  | Центральная и северная части (р-ны Ветковский, Чечерский, Кормянский, Рогачевский, Буда-Кошелевский, Жлобинский, Светлогорский, Октябрьский, Петриковский, частично р-ны Калинковичский, Житковичский) | Центральная и южная части (р-ны Гомельский, Добрушский, Лоевский, Брагинский, Речицкий, Хойникский, Наровлянский, Ельский, Мозырский, Лельчицкий, частично р-ны Калинковичский, Житковичский) | Центральная и северная части (р-ны Ветковский, Чечерский, Кормянский, Рогачевский, Октябрьский, частично р-ны Буда-Кошелевский, Жлобинский, Светлогорский, Петриковский, Калинковичский, Лельчицкий, Житковичский) | Преобладает  | Преобладает  | Фрагменты в северной, западной частях (частично р-ны Кормянский, Чечерский, Рогачевский, Светлогорский, Житковичский) |
| <i>Сумма температур воздуха выше 10°C</i>  | 2.400-2.600  | 2.600-2.800   | 2.600-2.800  | 2.800- 3.000 | 2.800- 3.000   | Более 3.000   |
| <i>Условия увлажнения (ГТК Селянинова)</i> | Преобладают оптимальные условия - ГТК <1.4-1.6; часть территории влажные (северо-восток, запад) - ГТК 1.6-1.8, слабозасушливые ГТК <1.4  |   | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.5; на юге и юго-востоке слабозасушливые и засушливые - ГТК 0.8-1.2   |              | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.5; на юге, юго-востоке, северо-востоке слабозасушливые - ГТК 1.0-1.2, на крайнем юго-востоке засушливые - ГТК <1.0 |   |



|  |  |   |   |   |  |   |
|--|--|---|---|---|--|---|
| <b>Виды с/х производства</b>                                   | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок)   | Зерновые, кукуруза, соя, гречиха, подсолнечник, просо, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (репчатый лук, столовая свёкла, морковь, капуста, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок. в небольших объёмах — спаржевая фасоль, цветная капуста, брокколи, баклажаны), садоводство. | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство.  | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь), просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя. Овощи, бахчевые, фрукты.  | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь), просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя. Овощи, бахчевые, фрукты. | Зерновые (пшеница, ячмень), зернобобовые, кукуруза, сорго, просо, соя, сахарная свекла, рапс. Овощи, фрукты (в т.ч. виноград), бахчевые. Кормовые культуры. |
|  | Молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, птицеводство, свиноводство.   |   | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства. |   |  |   |
| <b>Ожидаемые изменения</b>                                     |  |   | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей.  | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. При условии успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |  |   |
|  |  |   | Рост продуктивности зерновых  | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Рост продуктивности зерновых. Возможность выращивать южные культуры, в т.ч. на орошаемых площадях.  |  |   |
|  |  |   | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые, овощи в открытом грунте и фрукты (томаты, баклажаны, виноград, вишня, черешня, яблоки, груши)  |   |  |   |
| <b>Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям</b> | Аграрные регионы Гомельской области (особенно Ельский, Лельчицкий, Калинковичский, Наровлянский, Лоевский, Октябрьский, Светлогорский, Добрушский, Хойникский, Речицкий) в наибольшей степени подвержены засухам и засушливым явлениям и отличаются значительной концентрацией наиболее уязвимых и сильно уязвимых к засухам и засушливым явлениям почв, представленных дерново-подзолистыми песчаными и рыхлосупесчаными автоморфными почвами низких водоразделов, неглубоких депрессий, часто подверженных гидротехнической мелиорацией. Указанные регионы ежегодно подвержены частым и интенсивным засухам в вегетационный период, что усиливает и сдерживает устойчивое их развитие. |   |   |   |  |   |

|  |  |              |  |   |   |   |
|--|--|--------------|--|---|---|---|
| <b>Другие риски</b>  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений. Центральная часть (р-ны Рогачевский, Жлобинский, Речицкий, Гомельский) находятся в зоне риска наводнений в бассейне р. Днепр*. Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.д. за счет новых видов их южных регионов). Увеличение инвазивных видов растений и животных. |              |  |   |   |   |
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |  |              | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкасы, Сумы). Юг Европейской части Европейской части России (Самара) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) | Восток Украины (Донецк, Луганск), Предкарпатье (Черновцы, Тернополь). Юг Европейской части России (Ростов-на-Дону, Краснодар) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Южная</b>   | <b>Новая</b> | <b>Новая</b>   | <b>2.800-3.000</b>  | <b>2.800-3.000</b>  | <b>Более 3.000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b>   |              | <b>2011-2030</b>   |   | <b>2041-2060</b>  |   |

\* Оценка и прогноз изменения стока рек Днепр и Припять с учетом адаптации к изменению климата: отчет о НИР / ЦНИИКИВР, рук. Корнеев В.Н. - № ГР 20163206 – Минск – 2016.

Гродненская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.

| Период  | 1989 - 2015  |  |   | 2011-2030   |   |  | 2041-2060  |                    |
|---|--|--|---|---|---|--|--|--------------------|
| Агроклиматическая зона                          | <b>Северная</b>  | <b>Центральная</b>   | <b>Южная</b>  | <b>Центральная</b>  | <b>Южная</b>  | <b>Новая</b>   | <b>Новая</b>   | <b>2.800-3.000</b> |
|   | Север (частично р-ны Сморгонский, Остравецкий)   | Центральная и восточная часть (р-ны Ошмянский, Ивьевский, Новогрудский, Кореличский, частично р-ны Остравецкий, Сморгонский, Вороновский, Лидский, Дятловский)   | Преобладает   | Центральная и восточная часть (р-ны Остравецкий, частично Сморгонский р-н)  | Центральная и восточная часть, крайний запад (р-ны, Ивьевский, Новогрудский, Кореличский, частично р-ны Остравецкий, Сморгонский, Вороновский, Лидский, Дятловский, (частично р-ны Гродненский, Берестовицкий, Свислочский) | Центр, юг, запад (р-ны Волковысский, Зельвинский, Слонимский, Мостовский, Щучинский, частично р-ны Вороновский, Лидский, Гродненский, Волковысский, Свислочский) | Фрагмент на востоке (частично р-ны Новогрудский, Кореличский)  | Преобладает        |
| Сумма температур воздуха выше 10 <sup>0</sup> С | Менее 2.200  | 2.200-2.400  | 2.400-2.600   | 2.200-2.400   | 2.400-2.600   | 2.600-2.800  | 2.600-2.800  | 2.800- 3.000       |
| Условия увлажнения (ГТК Селянинова)             | Влажные (центр, юг, юго-восток) - ГТК 1.6-1.8<; оптимальные и слабозасушливые (центр, запад, крайний северо-восток) - ГТК <1.4-1.6 |  |   | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.6; местами влажные (северо-восток) - ГТК >1.6   |   |  | Преобладают слабозасушливые условия - ГТК 1.0-1.2; часть территории оптимальные (юго-восток, юго-запад, север) - ГТК 1.2-1.4   |                    |
| Виды с/х производства                           | Зерновые (озимые и яровые) и зернобобовые, картофель, лен, рапс, кормовые (многолетние и однолетние травы).                        | Зерновые, картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые, рапс, гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, | Зерновые (озимые и яровые) и зернобобовые, картофель, лен, рапс, кормовые (многолетние и однолетние травы). | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. Кормовые культуры.   | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. Кормовые культуры.  | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь, просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя, Овощи, бахчевые. Кормовые культуры. |                    |

|  |   |         |   |   |  |  |  |  |
|--|---|---------|---|---|--|--|--|--|
|  |   | чеснок) |   | огурцы, чеснок)   |  |  |  |  |
|  | Молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, птицеводство, свиноводство.  |         | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства. |   |  |  |  |  |
| <b>Ожидаемые изменения</b>                                     |   |         | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев кормовых культур. Снижение влагообеспеченности почв.  | Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей.<br>При условии успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |  |  |  |
|  |   |         | Рост продуктивности зерновых  |   |  | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Рост продуктивности зерновых, возможность выращивать южные культуры, в т.ч. на орошаемых площадях. |  |  |
|  |   |         | Условия для выращивания: гречиха, кукуруза, сахарная свекла, овощи в открытом грунте (овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок), сахарная свекла   |   | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые.   |  |  |  |
| <b>Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям</b> | Большая часть территории занята среднеуязвимыми к засухам почвами водоразделов на водно-ледниковых, донно-моренных и лессовидных отложениях и неглубоких депрессий. Распространены сильно уязвимые почвы на юге, юго-западе, фрагменты на севере, востоке, северо-западе, приуроченные к низким водоразделам водно-ледниковых равнин. |         |   |   |  |  |  |  |

|  |   |                    |              |  |  |   |   |   |
|--|---|--------------------|--------------|--|--|---|---|---|
| <b>Другие риски</b>  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений. Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.д. за счет новых видов их южных регионов). Рост распространения инвазивных видов растений и животных. |                    |              |  |  |   |   |   |
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |   |                    |              | Центральная часть Могилевской, Минской, Гродненской областей | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга). Центральная Украина (Киев, Винница). Южная часть Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкассы, Сумы). Юг Европейской части России (Самара) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкассы, Сумы). Юг Европейской части России (Самара) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Северная</b>   | <b>Центральная</b> | <b>Южная</b> | <b>Центральная</b>   | <b>Южная</b>   | <b>Новая</b>  | <b>Новая</b>  | <b>2.800-3.000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b>  |                    |              | <b>2011-2030</b>   |  |   | <b>2041-2060</b>  |   |

Могилевская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.

| Период  | 1989 - 2015   |   | 2011-2030   |  | 2041-2060  |  |
|---|---|---|---|--|--|--|
|   | Центральная   | Южная   | Южная   | Новая  | Новая  | 2.800-3.000  |
| Агроклиматическая зона                          | Преобладает   | Юг, юго-запад (р-ны Осиповичский, Глусский, Бобруйский, Кировский, Быховский, Славгородский, Краснопольский)  | Преобладает   | Юг, юго-запад (р-ны Глусский, Славгородский, Краснопольский, частично р-ны Осиповичский, Бобруйский, Кировский, Быховский, Костюковичский) | Север, северо-восток (р-ны Шкловский, Горецкий, Дрибинский, Мстиславский, частично р-ны Могилевский, Чаусский)               | Преобладает  |
| Сумма температур воздуха выше 10 <sup>0</sup> С | 2.200-2.400   | 2.400-2.600   | 2.400-2.601   | 2.600-2.800  | 2.600-2.800  | 2.800- 3.000   |
| Условия увлажнения (ГТК Селянинова)             | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.4-1.6; фрагментами влажные (юго-восток) - ГТК >1.6      |   | Преобладают оптимальные условия с переходом к слабозасушливым - ГТК 1.2-1.4; восточные и юго-западные части наиболее влажные - ГТК 1.4-1.6.   |  | Преобладают слабозасушливые условия - ГТК 1.0-1.2; часть территории оптимальные (юго-восток, юго-запад, север) - ГТК 1.2-1.4 |  |
| Виды с/х производства                           | Зерновые (озимые и яровые), картофель, лен-долгунец, кормовые (многолетние и однолетние травы). | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство.   | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство.                                 | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь), просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя, Овощи, бахчевые, фрукты. |

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
|  | Молочно-мясное животноводство; отдельные хозяйства - рыбоводство, коневодство, выращивание пушных зверей.   | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства (см. Географические аналоги) |   |   |
| <b>Ожидаемые изменения</b>                                     |   | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев кормовых культур. Снижение влагообеспеченности почв.  | Возможный рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. При успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |
|  |   | Рост продуктивности зерновых  |   | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Увеличение продуктивности зерновых, возможность выращивать южные культуры, в т.ч. на орошаемых площадях.  |
|  |   | Условия для выращивания: гречиха, кукуруза, сахарная свекла, овощи в открытом грунте (овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок), сахарная свекла   |   | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые.  |
| <b>Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям</b> | Среднеуязвимые к засухам и засушливым явлениям почвы занимают большую часть Могилевской области и представлены дерново-подзолистыми автоморфными, реже слабоглееватыми почвами, сформированными на рыхлых и связных породах водно-ледниковых, донно-моренных и лессовидных отложениях и неглубоких хорошо дренированных депрессиях. Сильно уязвимые почвы характеризуются фрагментарным размещением. Учитывая высокую степень сельскохозяйственного освоения и интенсивного использования сельскохозяйственных земель вероятность увеличения степени уязвимости почв очень велика в связи с изменением климата. |   |   |   |
| <b>Другие риски</b>  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений. Центральная часть (р-ны Шкловский, Могилевский, Чаусский. Быховский) находятся в зоне риска наводнений в бассейне р. Днепр, повышенный риск наводнений в Бобруйском р-не.* Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.д. за счет проникновения новых видов из южных регионов). Рост распространения инвазивных видов растений и животных.  |   |   |   |

|  |                    |              |  |   |   |   |
|--|--------------------|--------------|--|---|---|---|
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |                    |              | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга). Центральная Украина (Киев, Винница). Южные области Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкассы, Сумы). Юг Европейской части России (Самара) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкассы, Сумы). Юг Европейской части России (Самара) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Юг Европейской части России (Саратов, Волгоград) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Центральная</b> | <b>Южная</b> | <b>Южная</b>   | <b>Новая</b>  | <b>Новая</b>  | <b>2.800-3.000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b> |              | <b>2011-2030</b>   |   | <b>2041-2060</b>  |   |

\* Оценка и прогноз изменения стока рек Днепр и Припять с учетом адаптации к изменению климата: отчет о НИР / ЦНИИКИВР, рук. Корнеев В.Н. - № ГР 20163206 – Минск – 2016.



Минская область. Воздействие изменений климата на сельское хозяйство.

| Период                              | 1989 - 2015  |  |  | 2011-2030  |  |  | 2041-2060   |              |   |
|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|--------------|---|
| Агроклиматическая зона              | Северная   | Центральная  | Южная  | Центральная  | Южная  | Новая  | Новая   | 2.800-3.000  | Более 3.000   |
|                                     | Северо-запад (Мядельский р-н)  | Центральная, северная, северо-западная и северо-восточная части (р-ны Молодечненский, Воложинский, Вилейский, Логойский, Крупский, частично р-ны Минский, Борисовский, Березинский, Дзержинский, Столбцовский) | Центральная и южная части (р-ны Червенский, Пуховичский, Стародорожский, Любанский, Солигорский, Слуцкий, Копыльский, Клецкий, Узденский, Несвижский частично р-ны Минский, Борисовский, Березинский, Дзержинский, Столбцовский) | Небольшие фрагменты на северо-западе и севере (частично р-ны Мядельский и Борисовский)           | Северная, северо-восточная, западная, центральная части (Вилейский, Логойский, Борисовский, Крупский, частично р-ны Минский, Смолевичский, Березинский, Молодечненский, Воложинский, Столбцовский, Столбцовский) | Центральная и южная части (р-ны Червенский, Пуховичский, Стародорожский, Любанский, Солигорский, Слуцкий, Копыльский, Клецкий, Узденский, Дзержинский, Несвижский частично р-ны Минский, Смолевичский, Березинский, Молодечненский, Воложинский, Столбцовский) | Север, северо-запад (Мядельский р-н, частично р-ны Вилейский, Логойский, Борисовский)   | Преобладает  | Юг, юго-восток (частично р-ны Солигорский, Любанский) |
| Сумма температур воздуха выше 10°C  | Менее 2.200  | 2.200-2.400  | 2.400-2.600  | 2.200-2.400  | 2.400-2.600  | 2.600-2.800  | 2.600-2.800   | 2.800- 3.000 | Более 3.000   |
| Условия увлажнения (ГТК Селянинова) | Преобладают оптимальные условия - ГТК <1.4-1.6; часть территории влажные (центр, север, северо-восток, запад, юго-запад, юг) - ГТК 1.6-1.8 |  |  | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.6, с переходом к слабозасушливым в центральной части |  |  | Преобладают оптимальные условия - ГТК 1.2-1.5, с переходом к слабозасушливым, лучшие условия увлажнения в северной части; часть территории слабозасушливые (центр) - ГТК 1.0-1.2. |              |   |

|  |  |  |   |   |   |  |  |   |
|--|--|--|---|---|---|--|--|---|
| <b>Виды с/х производства</b>                                   | Зерновые (озимые и яровые) и зернобобовые, картофель, лен, рапс, кормовые (многолетние и однолетние травы).  | Зерновые (озимые и яровые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), сахарная свекла, овощи | Зерновые (озимые и яровые) и зернобобовые, картофель, лен, рапс, кормовые (многолетние и однолетние травы).   | Зерновые, картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), гречиха, кукуруза (в т.ч. зерна скороспелых сортов), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок) | Зерновые, кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. Кормовые культуры.   | Зерновые кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые, сахарная свекла, овощи, садоводство. Кормовые культуры. | Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь, просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза, горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя. Овощи, бахчевые, фрукты. Кормовые культуры. | Зерновые (пшеница, ячмень), зернобобовые, кукуруза, сорго, просо, соя, сахарная свекла, рапс. Овощи, фрукты (в т.ч. виноград), бахчевые. Кормовые культуры. |
|  | Молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, птицеводство, свиноводство.   |  | Возможны изменения в условиях содержания и продуктивности животноводства: положительные - в результате улучшения кормовой базы, отрицательные - в результате повышения температур, активности возбудителей заболеваний и др. Возможно постепенное снижение роли животноводства за счет создания лучших условий для растениеводства. |   |   |  |  |   |
| <b>Ожидаемые изменения</b>                                     | Наилучшие условия для выращивания теплолюбивых культур. Возможно получение вторых урожаев кормовых культур. Снижение влагообеспеченности почв.   |  |   | Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей.   | Более благоприятные условия для выращивания теплолюбивых культур. Рост засух и засушливых явлений. Увеличение орошаемых площадей. При условии успешной и своевременной адаптации возможно повышение продуктивности с/х. |  |  |   |
|  | Рост продуктивности зерновых   |  |   | Возможно снижение урожая картофеля, льна. Рост продуктивности зерновых. Возможность выращивать южные культуры, в т.ч. на орошаемых площадях.  |   |  |  |   |
|  | Условия для выращивания: гречиха, кукуруза, сахарная свекла, овощи в открытом грунте (овощной горошек, томаты, огурцы, чеснок), сахарная свекла  |  |   | Условия для выращивания: кукуруза (зерно), соя, подсолнечник, просо, сорговые, бахчевые, овощи и фрукты (томаты, баклажаны, виноград, вишня, черешня, яблоки, груши)  |   |  |  |   |
| <b>Уровень уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям</b> | Большая часть аграрных территорий Минской области занята среднеуязвимыми к засухам и засушливым явлениям почвами. Они представлены дерново-подзолистыми автоморфными и слабogleеватыми почвами, сформированными на рыхлых (песчаных и супесчаных породах) водно-ледниковых равнин и связных породах донно-моренных и лессовидных отложений. Сильно уязвимые почвы, в основном, встречаются в южных регионах области и почти ежегодно подвергаются засухам, что является сдерживающим фактором устойчивого аграрного землепользования и продовольственной безопасности. |  |   |   |   |  |  |   |

|  |  |                    |              |   |  |   |   |  |  |
|--|--|--------------------|--------------|---|--|---|---|--|--|
| <b>Другие риски</b>  | Рост частоты и интенсивности аномальных погодных явления (ливней, градов, ураганов). Повышение риска наводнений. Борисовский р-н находится в зоне повышенного риска наводнений в бассейне р. Днепр*.Повышение риска лесных пожаров. Рост популяции вредителей и возбудителей болезней растений и животных (в т.д. за счет новых видов их южных регионов). Рост распространения инвазивных видов растений и животных. |                    |              |   |  |   |   |  |  |
| <b>Географические аналоги</b><br>(территории, на которых в настоящее время наблюдаются сходные климатические характеристики) |  |                    |              | Центральная часть Могилевской, Гродненской областей | Центральная, западная восточная, южная часть Беларуси (кроме крайнего юга). Центральная Украина (Киев, Винница). Южная часть Европейской части России (Пенза, Воронеж) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкасссы, Сумы). Южные области Европейской части России (Самара) | Юг Брестской области. Юг Гомельской области. Центральная часть Украины (Черкасссы, Сумы). Южные области Европейской части России (Самара) | Центральная часть Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск). Южные области Европейской части России (Саратов, Волгоград) | Восток Украины (Донецк, Луганск), Предкарпатье (Черновцы, Тернополь). Южные области Европейской части России (Ростов-на-Дону, Краснодар) |
| <b>Агроклиматическая зона</b>  | <b>Северная</b>  | <b>Центральная</b> | <b>Южная</b> | <b>Центральная</b>                                  | <b>Южная</b>   | <b>Новая</b>  | <b>Новая</b>  | <b>2.800-3.000</b>   | <b>Более 3000</b>  |
| <b>Период</b>  | <b>1989 - 2015</b>   |                    |              |   | <b>2011-2030</b>   |   | <b>2041-2060</b>  |  |  |

\* Оценка и прогноз изменения стока рек Днепр и Припять с учетом адаптации к изменению климата: отчет о НИР / ЦНИИКИВР, рук. Корнеев В.Н. - № ГР 20163206 – Минск – 2016.

