



СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

Проект

Минск 2017



Составление и общая редакция: Н. Денисов, к. г. н. (Экологическая сеть «Зой», Швейцария) при участии и по материалам

Е. Бертош (Белорусский НИЦ «Экология» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь),

Р. Вавера, Ph. D. (Государственный НИИ почвоведения и растениеводства, Республика Польша)

Л. Гертман (Центральный НИИ комплексного использования водных ресурсов Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь),

Е. Козыры, Ph. D. (Государственный НИИ почвоведения и растениеводства, Республика Польша)

Е. Малаховской (Белгосстрах),

В. Мельника, к. г. н. (Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь),

О. Митакович (Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы)

Н. Поречиной (Центр экологических решений, Республика Беларусь),

М. Фалолеевой, к. г. н. (МОО «ЭКОПРОЕКТ», Республика Беларусь / EVRESCO, Ирландия),

И. Филютича (Институт энергетики НАН Республики Беларусь),

Е. Якимович, к. с.-х. н. (Институт защиты растений НАН Республики Беларусь),

В. Яцухно, к. с.-х. н. (Белорусский государственный университет)

с широким использованием результатов работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East «Поддержка действий, направленных на смягчение воздействия на изменение климата и адаптацию к последствиям изменения климата в странах Восточного Партнерства и России»:

- Поддержка разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь (контракт CEEF2016-062-BL);
- Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата (контракт CEEF2016-071-BL);
- Оценка уязвимости сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата и определения возможного ущерба в краткосрочной и долгосрочной перспективе (контракт CEEF2016-072-BL);
- Анализ практического опыта и разработки рекомендаций по адаптации сельскохозяйственного сектора к климатическим изменениям (на примере защиты растений) с учетом опыта Европейского союза (контракт CEEF2016-073-BL).

Дизайн обложки: Каролин Даниэль (Экологическая сеть «Зой», Швейцария).

Общая координация и организационная поддержка: М. Козельцев, к. э. н., О. Тарасевич.

Указанные работы и подготовка Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата выполнены при финансовой поддержке Европейской Комиссии.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ВВЕДЕНИЕ	4
2	СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛАРУСИ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ КЛИМАТА	5
2.1	Общая характеристика отраслей сельского хозяйства Беларуси	5
2.2	Зависимость сельского хозяйства от климатических изменений	9
3	ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛАРУСИ	14
3.1	Исторические тенденции	14
3.2	Ожидаемое изменение климата и его последствия	20
4	НАПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ	30
4.1	Общие положения	30
4.2	Отраслевые аспекты адаптации: растениеводство и водная мелиорация	32
4.3	Отраслевые аспекты адаптации: животноводство и рыбоводство	35
4.4	Территориальные аспекты адаптации: приоритеты областей Беларуси	37
4.5	Институциональные аспекты адаптации: «органическое» сельское хозяйство	39
4.6	Институциональные аспекты адаптации: наука и инновации	40
4.7	Институциональные аспекты адаптации: страхование рисков	42
5	МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ МЕР АДАПТАЦИИ	44
	ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ	47

1 ВВЕДЕНИЕ

По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, потепление климата в Европе идет более высокими темпами, чем в среднем по миру. В Беларуси на конец XX – XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних ста тридцати лет. Особенность нынешнего потепления не только в небывалой его продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, величина которой за последние двадцать пять лет в среднем превысила климатическую норму на 1,2°C (Мельник, 2006).

Последствия изменения климата оказывают существенное влияние на сельское хозяйство, которое в значительной степени зависит от погодных и климатических условий, и, соответственно, на продовольственную безопасность страны. Какими бы успешными ни были усилия по снижению выбросов парниковых газов в глобальном масштабе и какой бы ни оказалась в будущем действительная реализация сценариев глобального изменения климата, из-за отсроченных последствий выбросов парниковых газов его влияние в ближайшие десятилетия будет увеличиваться. Поэтому у нас нет иного выбора, кроме принятия адаптационных мер для смягчения неизбежных климатических воздействий и их экономических, экологических и социальных издержек. Применение согласованных и гибких подходов к адаптации и внедрение соответствующих мер окажется в конечном счете дешевле, чем плата за издержки из-за несвоевременной или неэффективной адаптации.

Рациональное использование земель – приоритетное направление политики устойчивого развития и обеспечения экологической безопасности Республики Беларусь, а сохранение устойчивости сельского хозяйства является одним из условий стабильности страны. Среди наиболее значимых программных документов в области государственной политики, направленных на минимизацию воздействий изменения климата на отрасли экономики, включая сельское хозяйство, необходимо выделить Государственную программу мер по смягчению последствий изменения климата на 2013 - 2020 годы. Программа содержит ряд направлений адаптации сельского хозяйства, включая:

- разработку технологий возделывания засухоустойчивых и теплолюбивых культур;
- адаптацию видового состава кормовых культур к изменяющимся климатическим условиям и связанную с этим оптимизацию структуры посевных площадей;
- совершенствование наблюдений за изменением климата, снижение воздействия на климат и адаптацию к изменяющемуся климату;
- минимизацию риска снижения сельскохозяйственного производства, включая снижение продуктивности сельскохозяйственных животных, урожайности и валовых сборов сельскохозяйственных культур.

Однако с учетом важности сельскохозяйственной отрасли для экономики, социальной сферы и будущего Беларуси назрела необходимость создания специальных программных документов для проведения систематической государственной политики в этой сфере. Детально разработанные и внедренные в практику сельского хозяйства меры адаптации окажут существенную помощь решению проблем, с которыми сегодня сталкивается отрасль и страна.

Разработка настоящей Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата – первый шаг на этом пути.

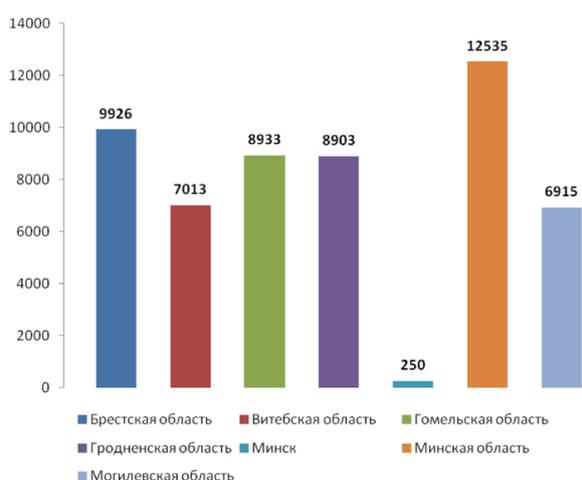
2 СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛАРУСИ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ КЛИМАТА

2.1 Общая характеристика отраслей сельского хозяйства Беларуси¹

Сельское хозяйство – важная отрасль экономики Республики Беларусь, которая вместе с лесным и охотничьим хозяйством обеспечивает около 8% ВВП страны, 17,1% инвестиций в основной капитал и около 10% занятости населения. Общая площадь земель в сельскохозяйственном обороте составляет почти 9 миллионов гектаров или более 40% территории страны. На одного жителя Беларуси приходится 0,9 гектаров сельскохозяйственных и в том числе 0,6 гектаров пахотных земель. В аграрном секторе трудится более 330 тысяч работников или 8% от общей численности занятых в экономике республики. В сельской местности проживает 23% населения страны².

Основными видами продукции белорусского сельского хозяйства являются молоко, мясо скота и птицы, зерно, картофель, овощи, сахарная свекла и лён для промышленной переработки. Ее производством занимаются сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, а также население. Приоритетным направлением развития агропромышленного комплекса Беларуси было и остается крупнотоварное производство. Сельскохозяйственные организации, включая фермерские хозяйства, производят около 78% продукции отрасли, на долю населения приходится 22%. На сельскохозяйственные организации приходится около 87% сельскохозяйственных угодий, на фермерские хозяйства – 1,7%, у населения находится около 10%, у прочих землепользователей – 1,3%.

Оставляя позади крестьянские (фермерские) хозяйства по объемам производства, сельскохозяйственные организации проигрывают им в эффективности. Это касается значительного объема их поддержки государством в разных формах при фактически равном уровне урожайности с гектара (36,7 против 36). По последнему показателю в отношении производства картофеля и овощей фермерские хозяйства оставляют позади себя как хозяйства населения, так и сельскохозяйственные организации.



В региональном отношении наибольшую значимость сельское хозяйство представляет для Минской области, где добавленная стоимость его производства составляла в 2014 году 1,6% от ВВП. Вслед за ней идут Брестская и Гомельская области (1,3% и 1,2% соответственно).

Рисунок 2.3 Валовая добавленная стоимость сельского хозяйства, миллионы рублей в текущих ценах в 2014 году (Козыра и др., 2017 по данным Национального статистического комитета).

¹ Раздел подготовлен по материалам Козельцев, 2016.

² Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (www.mshp.gov.by)

Растениеводство

Растениеводство Беларуси специализируется на выращивании традиционных для умеренных широт культур с преобладанием зерновых (преимущественно ячмень, пшеница, тритикале), а также картофеля, кормовые и технические культуры.

Основу сельскохозяйственного производства зерновых составляют крупные и средние сельскохозяйственные производства (доля которых в общем объеме составляет около 95%). Доля выращивания картофеля в хозяйствах населения составляет около 80%, овощей – 67% (Национальный статистический комитет, 2015).

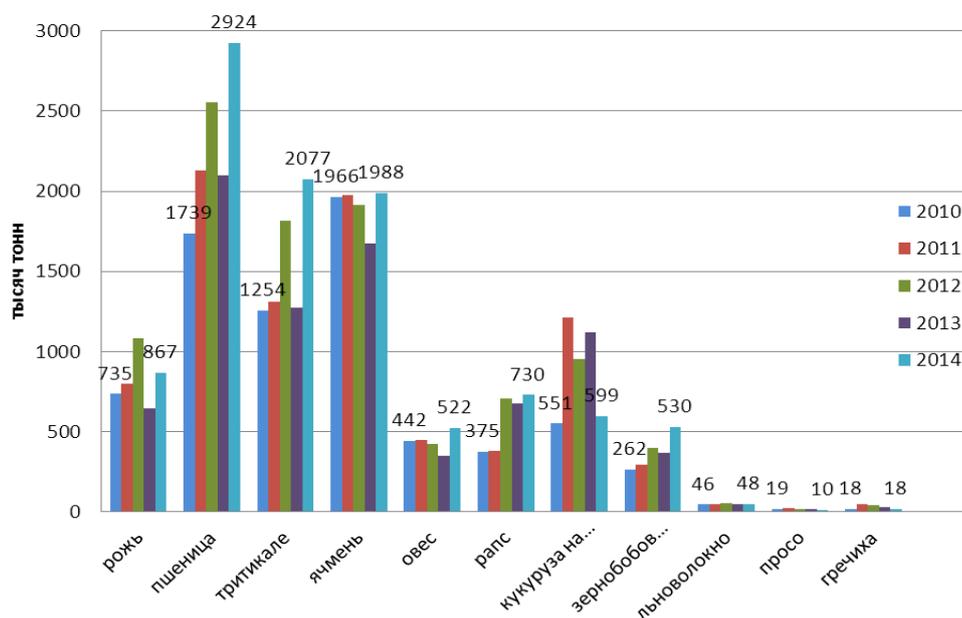


Рисунок 2.1.1 Динамика валовых сборов основных культур в хозяйствах всех категорий (Национальный статистический комитет, 2015)

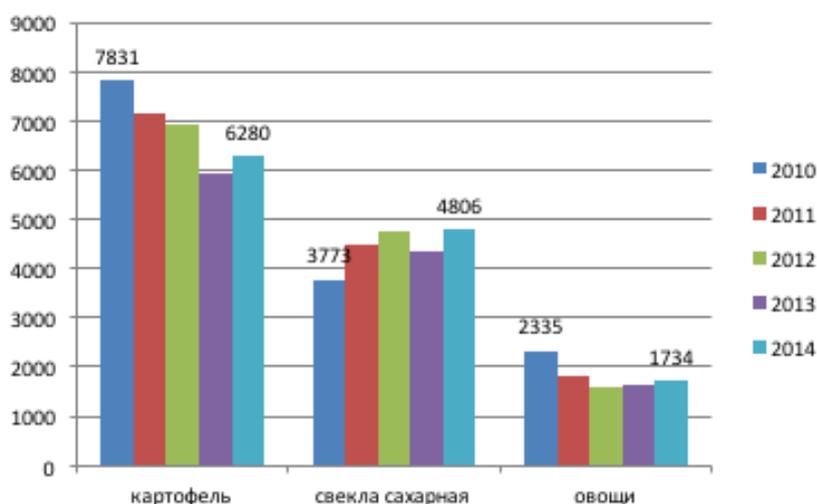


Рисунок 2.1.2 Динамика валовых сборов картофеля, свеклы и других овощей в хозяйствах всех категорий (Национальный статистический комитет, 2015)

В последние годы наблюдается тенденция к сокращению производства картофеля за счет сокращения картофельных полей. Картофель в частном секторе идет в основном на продовольственные цели, семена и на корм скоту, а выращенный в сельскохозяйственных организациях – на внутренний и внешний рынки как товарная продукция. Товарное картофелеводство характеризуется высокой экономической эффективностью.

Садоводство

В хозяйствах всех категорий республики имеется 104,5 тысяч гектаров плодово-ягодных насаждений, в том числе в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах – 43,8 тысяч гектаров, или 42% от общей площади. В общем объеме плодово-ягодных насаждений общественного сектора республики (43,8 тысяч гектаров) семечковые культуры (яблоня, груша, алыча) занимают 88%, косточковые – 1% (вишня, слива), ягодные – 11% от общей площади.

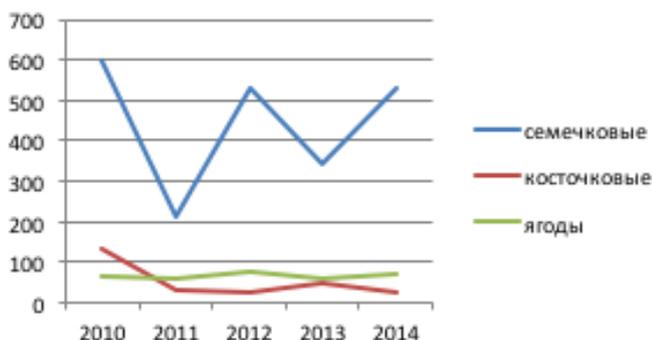


Рисунок 2.1.4 Динамика валового сбора плодов и ягод хозяйств всех категории (в тысячах тонн) (Национальный статистический комитет, 2015)

Животноводство

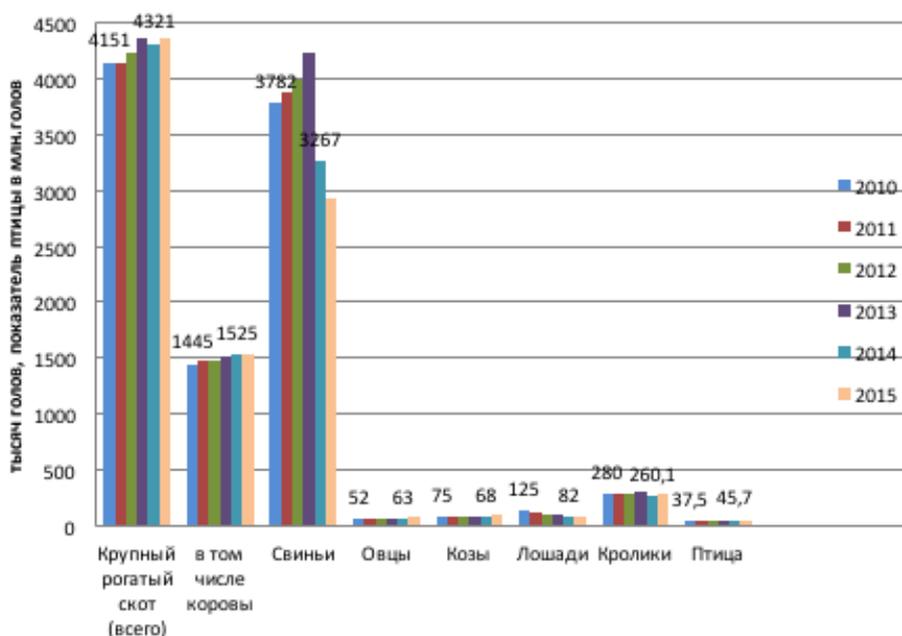


Рисунок 2.1.3 Динамика поголовья скота в хозяйствах всех категорий (на начало года) (Национальный статистический комитет, 2015)

Животноводство производит более 50% продукции сельского хозяйства Республики Беларусь и формирует и основу экспортного потенциала белорусского агропромышленного комплекса. Традиционно Беларусь специализируется на производстве молока, выращивании крупного рогатого скота, свиней и птицы³. На долю скотоводства приходится более половины стоимости валовой продукции животноводства. Основная часть поголовья крупного рогатого скота сосредоточена в сельскохозяйственных организациях – 96% (в том числе коров – 90%). Молочное скотоводство – одна из ведущих отраслей животноводства, здесь используется треть затрачиваемых материальных и денежных средств. Более 55% заготавливаемого объема молока поставляется на внешний рынок в виде молочной продукции. Птицеводство – одна из самых интенсивных отраслей в республике, в год на душу населения производится 29 килограмм мяса птицы и 417 яиц.

Рыбоводство

Рыбохозяйственная деятельность в Республике Беларусь представлена двумя основными направлениями: разведением и выращиванием рыбы в искусственных условиях и ловлей рыбы в рыболовных угодьях. В последние годы белорусы потребляют 160 – 180 тысяч тонн рыбопродуктов, что составляет 16 – 18 килограмм на душу населения в год и не отличается от среднемирового показателя 16,7 килограмм. Аквакультура страны включает прудовое рыбоводство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и установках замкнутого водообеспечения.

На ближайшую перспективу до 2020 года основная стратегия развития рыбохозяйственной деятельности в стране – повышение эффективности выращивания и конкурентоспособности рыбопродукции на имеющихся и создаваемых мощностях для обеспечения населения свежей рыбой как традиционных (каarp, белый амур, толстолобик), так и «ценных» видов (форель, осетр и др.). В прудовом рыбоводстве основной упор предстоит сделать на рост экономической эффективности, обеспечивающий сохранение достигнутой продуктивности при минимизации затрат, формирующих себестоимость продукции. В промышленном рыбоводстве – на завершение начатого строительства рыбоводных комплексов и выход их на проектную мощность, позволяющую получить намеченные объемы производства. Актуальным остается вопрос определения рационального объема производства, позволяющего реализовать рыбную продукцию без существенных потерь и роста затрат в процессе хранения и реализации и при рациональном наполнении внутреннего рынка.

Недостаточно используемым ресурсом остается пастбищное рыбоводство на базе приспособленных для его задач естественных и искусственных водоемов, позволяющее получать качественную рыбопродукцию при существенно меньших по сравнению с прудовым рыбоводством затратах.

Пчеловодство

Пчеловодство – древний промысел населения Беларуси с тысячелетними традициями. В настоящее время в пчеловодстве страны преобладает индивидуальное мелкое производство, в котором находится 82,4% от общего количества пчелосемей.

³ Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (www.mshp.gov.by)

2.2 Зависимость сельского хозяйства от климатических изменений⁴

Изменение климата вызывает как отрицательные, так и положительные последствия с точки зрения результатов сельскохозяйственного производства. Колебания урожайности в зависимости от погодных условий являются объективной реальностью и происходят несмотря на общий рост культуры земледелия.



Рисунок 2.2.1 Условия повышения эффективности сельского хозяйства (Козельцев, 2016)

Важнейшим условием повышения эффективности сельского хозяйства является достижение его устойчивости по отношению к погодно-климатическим изменениям. По оценкам, на долю отрасли приходится более 40% ущерба от неблагоприятных погодных и климатических условий в экономике Беларуси.



Рисунок 2.2.2 Оценка распределения ущерба от неблагоприятных гидрометеорологических явлений по отраслям хозяйства Беларуси (Экологическая сеть «Зой» и ПРООН, 2015 по данным Шестого национального сообщения РКИК ООН)

⁴ Раздел подготовлен на основе материалов Мельник, 2006, Козельцев, 2016, Якимович и др. 2017.

Широкий круг специалистов и организаций, участвовавших в консультациях о последствиях изменения климата в бассейне реки Неман, отнес сельское хозяйство к числу наиболее уязвимых отраслей (ЕЭК ООН и ПРООН в Беларуси, 2015).

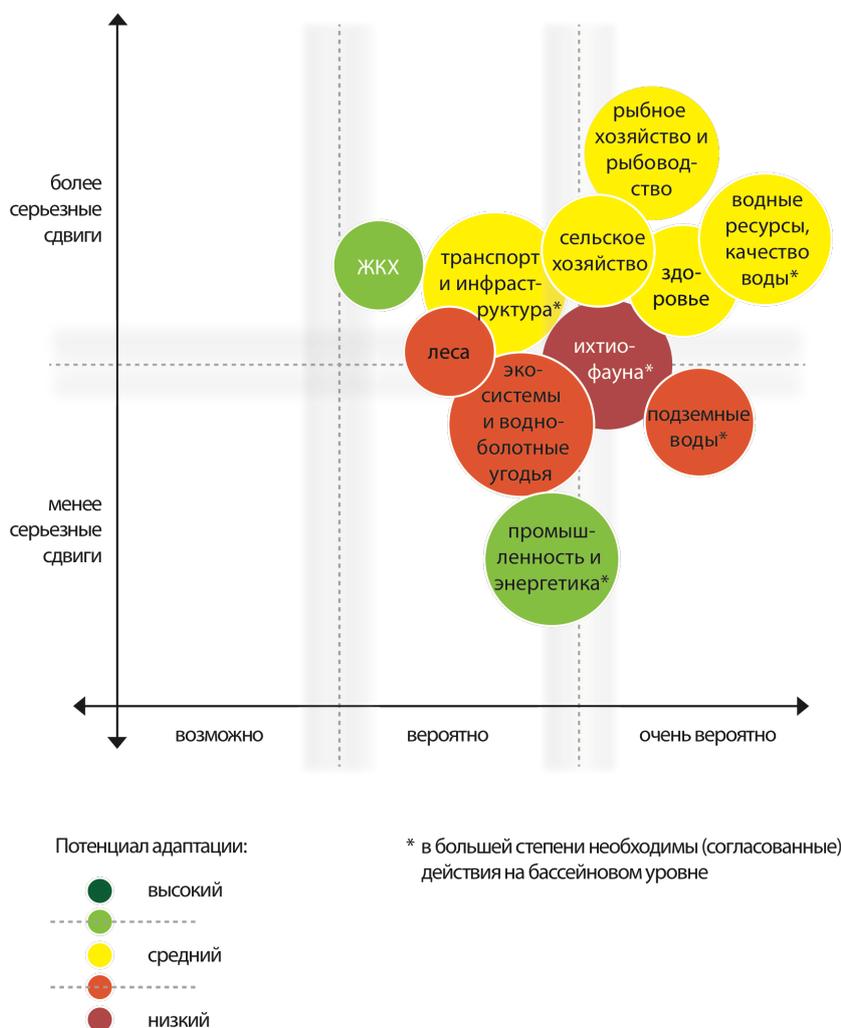


Рисунок 2.2.3 Вероятные последствия изменения климата в бассейне р. Неман
(ЕЭК ООН и ПРООН в Беларуси, 2015)

Сельское хозяйство Беларуси находится в зоне «рискованного земледелия», и климатические колебания условий приводят к изменению его валового продукта на 15 – 20%, производства мяса и молока – на 10 – 15%, затрат на производство крупного рогатого скота и свиней – на 5 – 15%. В зависимости от складывающихся погодных условий валовой сбор зерна может меняться от 5,5 до 9,5 миллионов тонн и в отдельные годы составляет около 60% от минимального уровня продовольственной безопасности страны.

Специалисты выделяют следующие наиболее существенно влияющие на ведение сельского хозяйства метеорологические явления: бездождевые и дождевые периоды, высокие и низкие температуры, засухи, заморозки, оттепели, ледяную корку, обильные дожди, грозы, смерчи и

шквалы, «двухъядерные зимы» (Логинов, 2010). Отдельные из этих явлений можно прогнозировать с большой заблаговременностью и долей вероятности. Некоторые из них возникают стихийно и могут наносить значительный ущерб.

Наибольший ущерб сельскохозяйственному производству наносит засуха. В сильнозасушливые годы урожайность зерновых с зернобобовыми может снижаться на 10 – 20%, а в годы исключительно жестокой засухи, которая сегодня наблюдается раз в 100 лет, урожайность может снизиться на 30 – 40%.

На состояние зимующих культур оказывают влияние неравномерность залегания снежного покрова на полях и резкие колебания температуры, обуславливающие вымерзание или выпревание посевов. Например, озимые выпревают в зимы с устойчивым (не менее 30 – 40 дней) снежным покровом высотой 30 сантиметров и более, промерзанием почвы на глубину 50 сантиметров и близкой к 0°C температурой на глубине узла кущения. В таких условиях растения усиленно расходуют углеводы на дыхание, а к концу зимы истощаются и гибнут.

Рост теплообеспеченности в определенных пределах способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, однако при значительном росте среднегодовой температуры сельское хозяйство в южных и восточных районах страны столкнется с постоянной проблемой недостаточной влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, пересыханием пахотного слоя и другими проявлениями засухи. Затраты на производство зерновых культур во время масштабных засушливых явлений возрастают по сравнению с благоприятными годами на 15 – 20%, что приводит к снижению производительности труда приблизительно на такую же величину.

Таблица 2.2.1 Положительные и отрицательные последствия изменения климата для растениеводства (по Мельник, 2006; Якимович и др., 2017 с дополнениями)

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ	ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ
Более ранняя весна и более долгий вегетационный период	Чаще экстремальные и неблагоприятные гидрометеорологические условия
Больше тепла для сельскохозяйственных растений	Рост максимальной температуры воздуха
Продвижение на север зоны выращивания теплолюбивых культур	Чаще и интенсивнее засухи, особенно на юге
Возможность расширения посевов кукурузы на зерно, проса, сои, ярового рапса и др.	Чаще и продолжительнее периоды экстремальной жары («волны тепла»)
Улучшение условий для выращивания пожнивных и поукосных культур	Общий рост пожарной опасности в прилегающих к полям лесах и торфяниках
Улучшение условий перезимовки сельскохозяйственных культур и сеяных многолетних трав	Возможность заморозков в период цветения
Рост эффективности мер повышения плодородия почв	Чаще и длительнее зимние оттепели (возможно повреждение озимых)
Более поздние осенние заморозки (упрощает уборку зерновых, свеклы, картофеля)	Дефицит воды в вегетационный период, снижение уровня грунтовых вод и ухудшение условий увлажнения почв
	Ухудшение условий произрастания льна, второго укоса трав из-за роста сухости второй половины лета

Менее частые зимы с опасной для озимых температурой почвы	Потери урожайности озимых вследствие сокращения осадков в сентябре
Более раннее окончание весенних заморозков, более долгий беззаморозковый период	Рост затрат для перехода на поливное овощеводство
Более долгий пожнивной период	Рост экстремальных осадков, эрозия почв и повреждение растений более интенсивными осадками
Возможность внедрения урожайных умерено позднеспелых сортов (гибридов) зерновых культур и овощей	Новые вредители и болезни растений, улучшения условий перезимовки вредителей, развития сорной растительности
Смещение сроков сева яровых культур на более раннее время	Ослабление закалки растений, увеличение вероятности их повреждения от вымокания, перепада температур, заболеваний
Улучшение условий и сокращение сроков уборки урожая	Значительное увеличение финансовых и трудовых затрат на семена, удобрения, пересев, страхование посевов
Более раннее наступление первого укоса	

Животноводство также подвержено влиянию изменения климата. Высокие летние температуры могут увеличивать смертность животных в результате теплового стресса и других явлений. Чтобы справиться с перепадами температур, животным нужно регулировать метаболизм, из-за чего может снижаться производство мяса, молока, яиц. Практически продуктивность скота (удельное производство мясомолочной продукции) будет возрастать в теплые зимние сезоны и уменьшаться в теплые летние сезоны.

Таблица 2.2.2 Положительные и отрицательные последствия изменения климата для животноводства и рыбоводства Республики Беларусь
(по Мельник, 2006; Якимович и др., 2017 с дополнениями)

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ	ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ
Увеличение продолжительности пастбищного периода	Опасность теплового стресса, падения продуктивности, рост потребности в воде
Снижение стоимости обогрева помещений зимой	Рост расходов на вентилирование и электроснабжение помещений
Увеличение производства кормов	Затруднение выпаса и производства кормов на переувлажненных почвах при росте количества осадков
	Появление новых инфекций, паразитов и чужеродных видов
	Изменение температурного режима и ухудшение состояния рыбоводных водоемов, недостаток воды для подпитки
	Сокращение нерестилищ, изменение состава ихтиофауны

Эффективность рыбоводства во многом определяется водным и температурным режимами используемых водных объектов, которые прямо или косвенно связаны с изменением климата. Изменение условий среды (температуры воды, растворенного кислорода, ледового режима) приводит к изменениям в рыбопродуктивности и в видовом составе (что одновременно может создавать возможности для разведения новых видов рыб). Вероятны изменения в ихтиофауне и сокращение рыбного биоразнообразия и вследствие исчезновения или сокращения площади нерестилищ. Негативное воздействие на ловлю рыбы в рыболовных угодьях может оказать появление чужеродных видов-вселенцев. В связи с сокращением стока и понижением уровней поверхностных вод и с перераспределением воды между отраслями хозяйства возможен дефицит водных ресурсов для рыбохозяйственных предприятий.

В пчеловодстве жаркая и сухая погода будет способствовать повышению сахаристости нектара и значительному снижению выделения его растениями, появлению заболеваний и более раннему их возникновению, а также сокращению активности пчел. Увеличение повторяемости и продолжительности зимних оттепелей может привести к сокращению популяции пчел, что, в свою очередь, приведет к снижению опыления сельскохозяйственных растений.

При этом само по себе сельское хозяйство – один из важных источников выбросов парниковых газов в атмосферу. Даже без учета землепользования, его изменений и потребления топлива сельскохозяйственным транспортом отрасль отвечает за 20% выбросов парниковых газов в Беларуси. Поэтому перспективный путь развития сельского хозяйства должен одновременно повышать устойчивость и продуктивность отрасли в условиях климатических изменений и снижать ее отрицательное воздействие на глобальную климатическую систему.

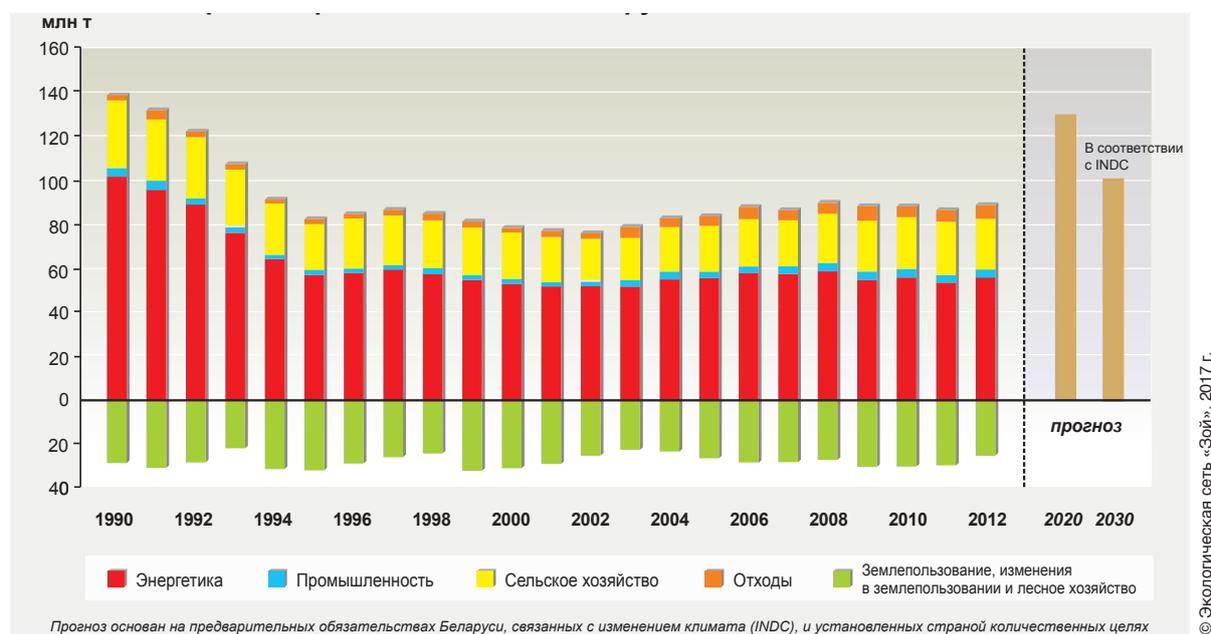


Рисунок 2.2.4 Выбросы парниковых газов в Беларуси и их ожидаемое изменение
(Экологическая сеть «Зой», 2017 по данным официальной отчетности перед РКИК ООН)

3 ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛАРУСИ

3.1 Исторические тенденции⁵

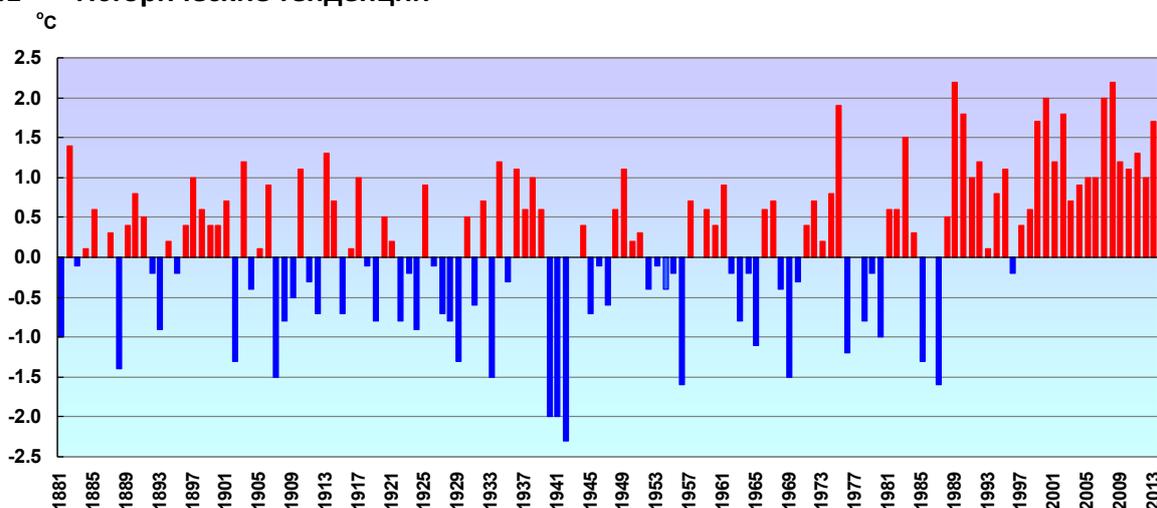


Рисунок 3.1.1 Отклонение средней по Беларуси среднегодовой температуры воздуха от климатической нормы (Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

На конец XX – XXI века в Беларуси пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти ста тридцати лет. Особенность нынешнего потепления состоит не только в его небывалой продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, которая в среднем превысила климатическую норму на 1,2°C. Из двадцати самых теплых лет послевоенного периода, начиная с 1945 года, восемнадцать пришлось на 1989 – 2013 годы. Повышение температуры воздуха произошло практически в каждом месяце, наиболее значительно – зимой и в начале весны.

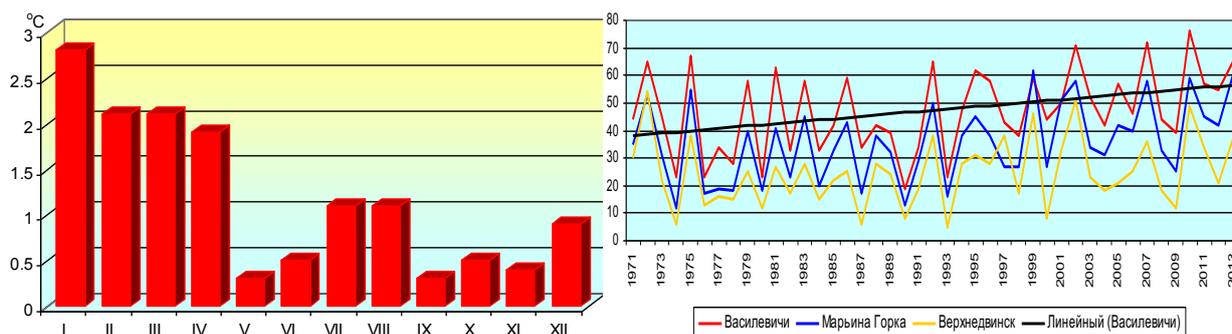


Рисунок 3.1.2 Отклонение среднемесячной температуры воздуха от среднемноголетних значений за 1989 – 2013 годы (Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

Рисунок 3.1.3 Число жарких дней (с максимальной температурой воздуха +25°C и выше) в 1971 – 2013 годах (Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

⁵ Раздел подготовлен по материалам Мельник, 2013, Мельник и др., 2017, Якимович и др., 2017.

На территории Беларуси отмечается тенденция увеличения продолжительности безморозкового периода. Последние исследования Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды показали, что, по сравнению с 1951 – 1990 годами, на большинстве станций уменьшилась повторяемость лет с весенними и осенними заморозками (исключение составляет Гомельская область, где повторяемость весенних заморозков в мае в целом возросла). За последние двадцать пять лет увеличилась повторяемость лет с заморозками во второй декаде мая на большинстве метеостанций страны и повсеместно – в Гомельской и Могилевской областях. Осенью в период потепления наблюдается уменьшение повторяемости заморозков в сентябре – третьей декаде октября, что является положительным фактором для сельского хозяйства.

Таблица 3.1.1 Изменения основных показателей заморозков в воздухе по территории Республики Беларусь в 1989 – 2013 годах по сравнению с 1951 – 1990 годами
(Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

ОБЛАСТИ	Разность дат наступления заморозков		Удлинение периода без заморозков
	Последнего весной	Первого осенью	
Витебская	5	4	9
Гродненская	7	3	10
Минская	5	3	8
Могилевская	2	2	4
Брестская	4	2	6
Гомельская	2	1	3

Повышение температуры первых весенних месяцев приводят к более раннему сходу снежного покрова и переходу температуры воздуха через 0°C в сторону повышения. В среднем за рассматриваемый период этот переход происходил на 10 – 15 дней раньше средних многолетних значений. Продолжительность периода со снежным покровом сократилась на 10 – 15 дней, а глубина промерзания почвы уменьшилась на 6 – 10 сантиметров. Изменились даты начала и окончания переходов среднесуточной температуры воздуха и через другие характерные пределы, а также продолжительность периодов между этими датами. Так, на декаду раньше начинается вегетационный период, соответственно на 12 дней увеличилась и его продолжительность.

Таблица 3.1.2 Переход среднесуточной температуры воздуха через характерные пределы
(Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

КЛИМАТИЧЕСКАЯ НОРМА			ПЕРИОД 1989 – 2013 ГГ.		
Начало	Окончание	Продолжительность	Начало	Окончание	Продолжительность
Переход через 0°C					
25.03	19.11	239 дней	16.03	23.11	251 дней
Переход через 5°C					
13.04	23.10	193 дней	5.04	28.10	205 дней
Переход через 10°C					
2.05	25.09	146 дней	27.04	28.09	153 дней
Переход через 15°C					
31.05	30.08	91 дней	30.05	2.09	95 дней

В последние десятилетия в большинстве регионов Беларуси обнаружено снижение на 2 – 6% количества атмосферных осадков (только в северной части отмечен его незначительный рост).

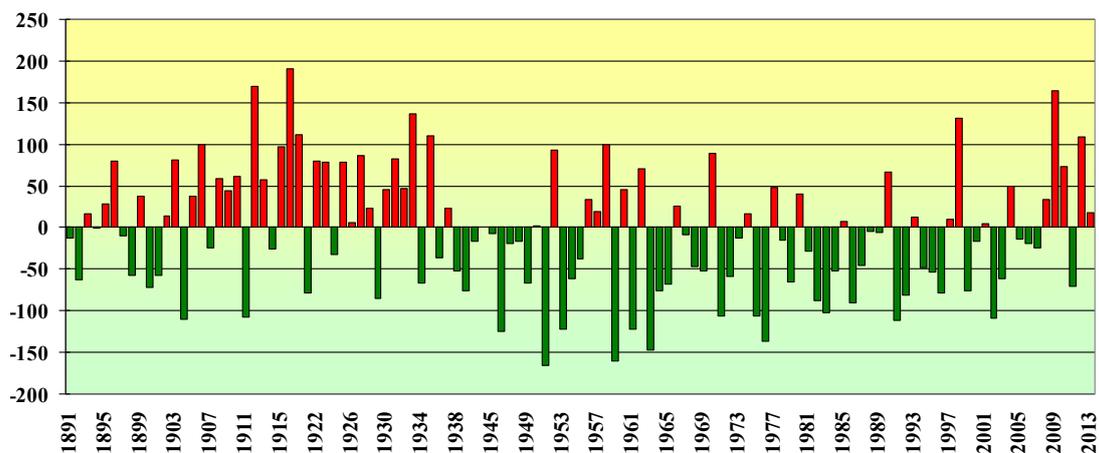


Рисунок 3.1.4 Отклонение годовой суммы осадков (мм) от климатической нормы
(Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

В теплое время осадков выпадает меньше нормы в апреле, июне и, особенно, в августе. Несколько больше нормы выпадает осадков в феврале, марте и октябре.

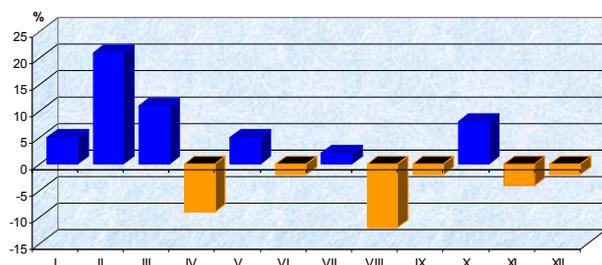


Рисунок 3.1.5 Отклонение (%) месячной суммы осадков за 1989 – 2013 годы от климатической нормы
(Мельник, 2013 по данным Гидромета Беларуси)

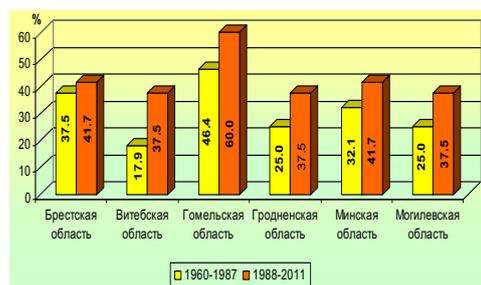


Рисунок 3.1.6 Повторяемость засух до и после потепления климата
(Мельник, 2013 по данным В.Ф. Логинова)

Все чаще в Беларуси происходят экстремальные погодные явления, засухи 2010 и 2015 годов и последующие жаркие годы подтверждает эту тенденцию. Число засух увеличилось во всех без исключения областях, особенно на юге страны.

Кроме увеличения повторяемости засух и засушливых явлений, тенденция повышения частоты экстремальных и неблагоприятных гидрометеорологических условий проявляется в росте повторяемости, продолжительности и интенсивности периодов экстремальной жары («волн тепла»), уменьшении числа дней с малым количеством осадков и увеличении интенсивности осадков (приводящем к эрозии почв и повреждению сельскохозяйственных растений).

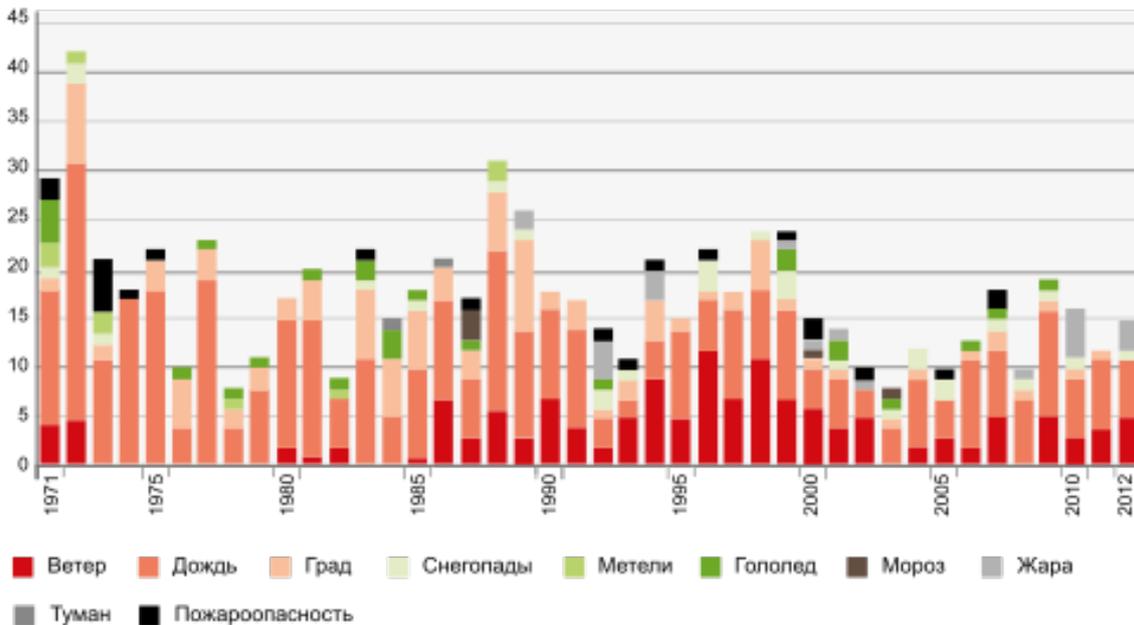


Рисунок 3.1.7 Распределение числа случаев опасных явлений за 1971 – 2012 годы (Экологическая сеть «Зой» и ПРООН в Беларуси, 2015 по данным Гидромета Беларуси)

С точки зрения сельского хозяйства, тенденция потепления в зимний период неоднозначна. Существенные положительные стороны включают, прежде всего, большую продолжительность вегетационного периода и рост обеспеченности теплом, что может создать более благоприятные условия для выращивания ряда культур. Отрицательные последствия связаны с увеличением повторяемости и продолжительности зимних оттепелей и связанным с этим ростом вероятности повреждения озимых культур в результате вымокания, выпревания, снежной плесени и т. д. Кроме того, озимые сельскохозяйственные культуры умеренных широт нуждаются в периоде низких температур (яровизации) в начале зимнего периода.

Опасность представляет и резкое понижение температуры воздуха до критических значений при отсутствии снежного покрова, которое может привести к вымерзанию и гибели посевов и влечет снижение урожайности культур.

Вследствие увеличения жарких периодов второй половины лета наблюдается ухудшение условий формирования урожая средних и поздних сортов картофеля, льна, капусты, второго укоса трав.

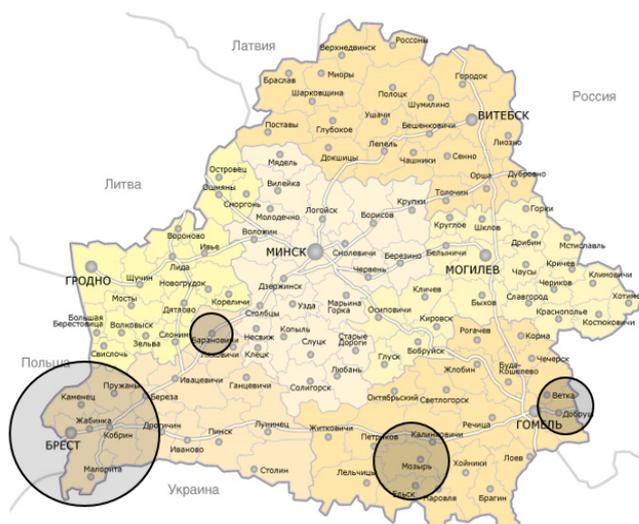
Острый дефицит воды в 2014 – 2015 годах привел к сокращению площадей для нагула рыбы и увеличению на 30% зарастания рыбоводных прудов.

Изменения климатических условий в Республике Беларусь повлекли за собой определенные перемены в фитосанитарной обстановке в том числе в посевах зерновых культур. Отклонение температуры и количества осадков от фиксируемых ранее способствовало изменению вредоносности обычных для территории страны вредных организмов и появлению новых, ранее не представлявших практической опасности:

- за последние десять лет в посевах озимой пшеницы и тритикале в шести вегетационных сезонах случались эпифитотии заболевания снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett) с развитием до 85,2% и гибелью растений до 76,0%;
- усилилось развитие почвенных грибов – возбудителей корневой гнили рода *Fusarium* Link., которые в случае их доминирования угнетают развитие полезных видов грибов и микрофлоры;
- увеличилась стрессоустойчивость полевых популяций токсинообразующих грибов-фузариев зерна злаковых культур и кукурузы. Их штаммы при заражении колоса могут продуцировать микотоксины, которые являются сильнейшими канцерогенами;
- появились не отмечавшиеся ранее заболевания зерновых культур – например, пиренофороза (желтая пятнистость), возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler. В дальнейшем предполагается усиление вредоносности этой болезни;
- из-за повышенного температурного фона в зимний период в посевах озимой пшеницы и озимого тритикале отмечается поражение листового аппарата желтой ржавчиной (*Puccinia striiformis* Westend.) и повышение распространенности и степени поражения зерновых культур другими видами ржавчины – бурой (*Puccinia recondita* Roberge ex Desm.), корончатой (*Puccinia coronifera*) и карликовой (*Puccinia hordei* G.H. Otth.);
- зафиксировано интенсивное развитие болезней, возбудители которых положительно реагируют на повышение суммы температур – темно-бурой пятнистости (*Bipolaris sorokoniana* (Sacc.) Shoemaker), мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC.) Speer) и др.

Потепление оказывает большое влияние на продвижение в Республику Беларусь теплолюбивых вредителей растений – например, диабротики (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte). В 2016 году впервые зарегистрирована инвазия нового для Беларуси вредителя – обыкновенной хлебной жужелицы (*Zabrus tenebrioides* Goeze).

Увеличивается вредоносность вредителей: в 2013, 2015 и 2016 годах во многих районах Брестской и Гомельской областей в агроценозах озимого тритикале, пшеницы, ячменя и ржи



отмечено нарастание численности и увеличение вредоносности озимой совки (*Agrotis segetum* Schiff.), чему способствовал повышенный температурный фон в осенний период.

Рисунок 3.1.8 Арел озимой совки на территории Беларуси в посевах озимых зерновых культур в 2015 году (Якимович и др., 2017 по данным маршрутных обследований)

В последние годы увеличивается распространенность злаковых мух. Теплая, продолжительная осень благоприятствовала массовому заселению в период всходов озимых зерновых культур и поврежденности растений шведскими мухами (*Oscinella* sp.). В связи с потеплениями климата и расширением посевных площадей под кукурузой отмечено массовое развитие стеблевого мотылька (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) в Гомельской и Брестской областях, где выявлены устойчивые очаги его высокой численности и вредоносности.

Тенденция роста температуры воздуха и почвы в июле – августе, участившиеся засухи, иссушение пахотного горизонта способствуют массовому размножению и накоплению как почвенных, так и малораспространенных и не имевших ранее практического значения видов фитофагов. На отдельных посевах тритикале и озимой пшеницы в хозяйствах Брестской области выявлены очаги с высокой численностью и вредоносностью опомизы пшеничной (*Oromyza florum* F.). В связи с потеплением климата наблюдаются изменения в доминировании видов пьявиц. Так, ареал пьявицы красногрудой, основными местообитаниями которой являются агроценозы зерновых культур на легких почвах южных областей, расширяется на севере Беларуси. В 2012 – 2015 годах наибольшее распространение в посевах северной частей страны на дерново-подзолистых и суглинистых почвах получила пьявица синяя, которого из фонового стала доминирующим видом (в 2016 году доминировала пьявица красногрудая). Основные очаги высокой численности пьявиц отмечены в посевах Гомельской, Минской и в отдельных районах Могилевской и Гродненской областей.

В последнее время на юге Беларуси отмечают теплые малоснежные зимы, когда не регистрируется температура почвы ниже $-6,5^{\circ}\text{C}$. Поэтому наряду с доминантными там почвообитающими вредителями (личинки жуков щелкунов, озимой совки, майских жуков и др.) серьезную опасность для зерновых культур стал представлять жук-красун или хрущ полевой (*Anisoplia segetum* Hrbst., *A. floricola* F.), более 80% личинок которого обычно погибает при промерзании почвы на глубину 15 – 20 сантиметров.

3.2 Ожидаемое изменение климата и его последствия⁶

Большинство глобальных климатических моделей указывают на ожидание возрастание в будущем 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 во внетропических широтах Северного полушария, уменьшение числа холодных дней – практически для всей суши, сокращение амплитуды суточного хода температуры – для большинства регионов. Все эти выводы характерны и для Беларуси.

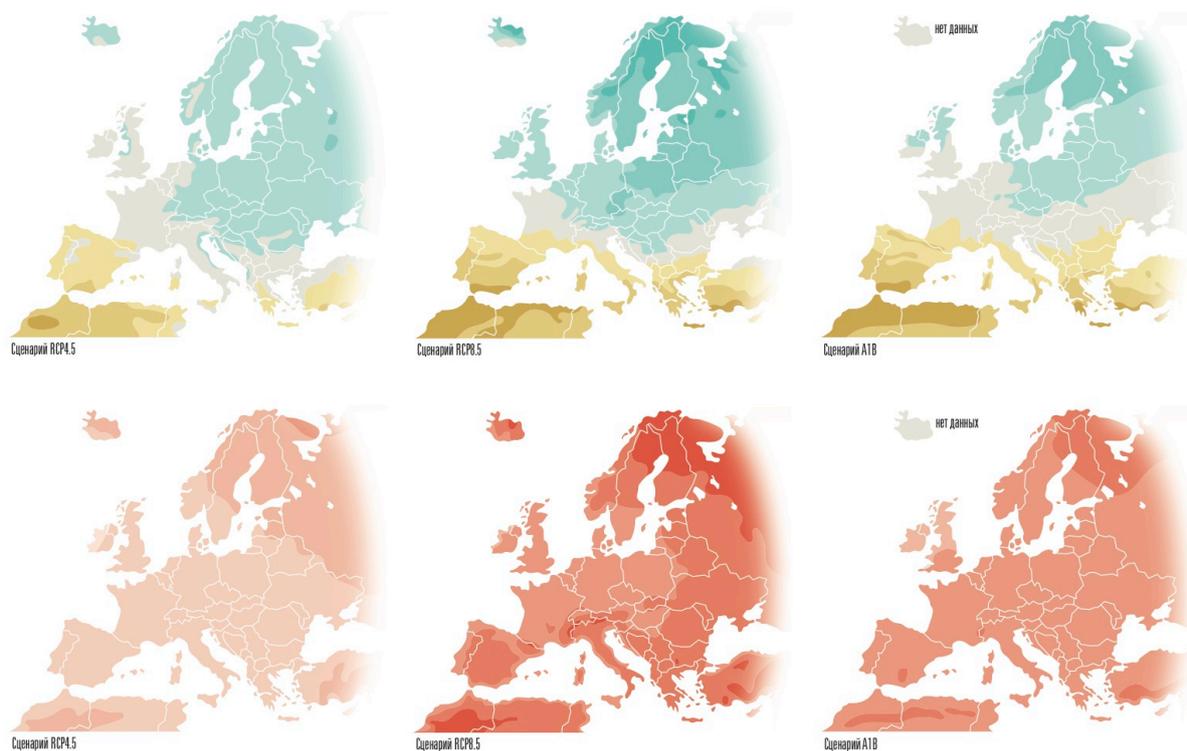
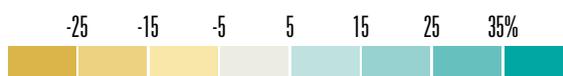


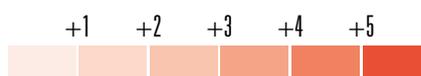
Рисунок 3.2.1 Ожидаемое изменение климата в Европе (ЕЭК ООН и ОБСЕ, 2015 по данным Jacob et al., 2014)

Расчеты для 2071 – 2100 годов по сравнению с 1971 – 2000 годами по ансамблю моделей EURO-CORDEX согласно «репрезентативным траекториям концентрации» парниковых газов в атмосфере RCP 4.5 и RCP 8.5 и сценарию выбросов парниковых газов SRES A1B (слева направо).

Ожидаемое изменение годового количества осадков (%) в 2071-2100 гг. по сравнению с 1971-2000 гг.



Ожидаемое изменение среднегодовой температуры воздуха (°C) в 2071-2100 гг. по сравнению с 1971-2000 гг.



Анализ расчетов на основе умеренного и достаточно вероятного сценария изменения климата RCP4.5 показывает существенное ожидаемое изменение агроклиматических характеристик к середине века: особенно это касается увеличения продолжительности теплого периода с суммой температур воздуха $\geq 0^{\circ}\text{C}$. Его продолжительность возрастет к 2041 – 2060 годам в

⁶ Раздел подготовлен по материалам Мельник и др., 2017, Якимович и др., 2017, Козыра и др., 2017

среднем на 35 дней и будет колебаться в диапазоне от 280 до 310 дней, а на крайнем юго-западе в районе Бреста составит 365 дней (что приведет к исчезновению там зимы в классическом понимании). Увеличится также продолжительность вегетационного периода ($\geq 5^{\circ}\text{C}$) и периода активной вегетации ($\geq 10^{\circ}\text{C}$), соответственно, в среднем на 18 и 19 дней. Сумма температур выше 10°C вырастет к 2041 – 2060 годам в среднем на 480°C и достигнет $2700 - 2800^{\circ}\text{C}$ на севере и $3050 - 3250^{\circ}\text{C}$ на юге страны (см. ниже рис. 3.2.8).

Таблица 3.2.1 Изменение сезонной температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и осадков (мм), полученные для территории Беларуси с использованием ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989 – 2015 годов для сценария RCP4.5 (Мельник и др., 2017)

Период, годы	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

Большинство расчетов указывает на вероятное незначительное увеличение количества осадков в осенний и зимний периоды. Весной и летом оно практически не изменится, но влагообеспеченность в летний период будет уменьшаться за счет повышения температуры воздуха и транспирации растениями. Увлажнение территории Беларуси по гидротермическому коэффициенту Селянинова за май – июль уменьшится и на примерно трети территории страны будет составлять 1,0 – 1,2, что характерно для засушливых и слабозасушливых условий. При среднем значении коэффициента 1,0 вероятность засушливых и очень засушливых условий составит не менее 50% (что потребует постоянных мероприятий на песчаных и супесчаных почвах для сохранения запасов влаги или подбора для них засухоустойчивых культур).

Таблица 3.2.2 Изменение агроклиматических характеристик, полученные для территории Беларуси с использованием ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989 – 2015 годов для сценария RCP4.5 (Мельник и др., 2017)

Период, годы	Отклонение продолжительности периода, дни			Сумма температур воздуха		Изменение ГТК
	$\geq 0^{\circ}\text{C}$	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	$\geq 5^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	
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

Расчеты сезонной температуры воздуха, осадков и агроклиматических характеристик для более «жесткого» сценария глобального изменения климата RCP8.5 показывают, что в этом случае теплообеспеченность вегетационного периода еще больше увеличится, а в летний период вследствие высоких температур и недостатка влаги засушливость территории будет возрастать.

Таблица 3.2.3 Изменения сезонной температуры воздуха (°C) и осадков (мм), полученные для территории Беларуси с использованием ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989 – 2015 годов для сценария RCP8.5 (Мельник и др., 2017)

Период, годы	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 3.2.4 Изменение агроклиматических характеристик полученные для территории Беларуси с использованием ансамбля 31 модели CMIP5 по отношению к базовому периоду 1989 – 2015 годов для сценария RCP8.5 Мельник и др., 2017)

Период, годы	Отклонение продолжительности периода, дни			Сумма температур воздуха		Изменение ГТК
	≥0°C	≥5°C	≥10°C	≥5°C	≥10°C	
2041 – 2060	54	24	26	645	660	-0,3 – 0,4

Связанный с ожидаемыми изменениями гидрометеорологических характеристик прогноз изменения стока рек на период до 2035 года позволяет говорить о возможных разнонаправленных изменениях (ЦНИИКИВР, 2016).

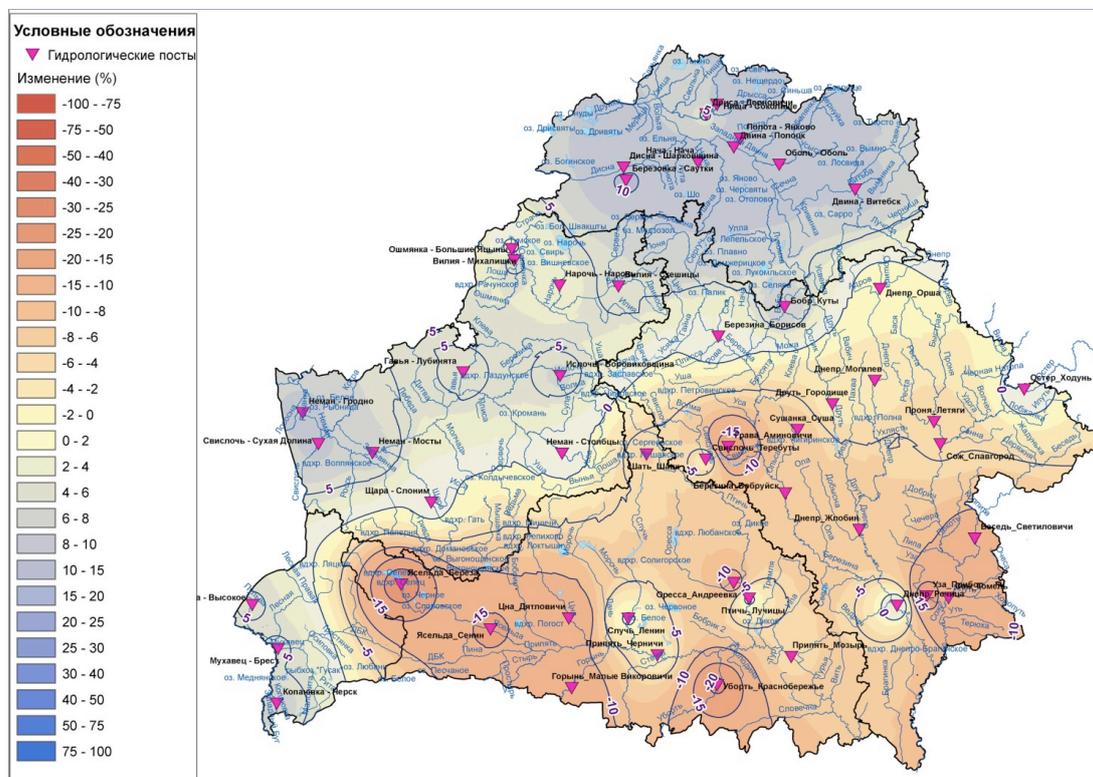
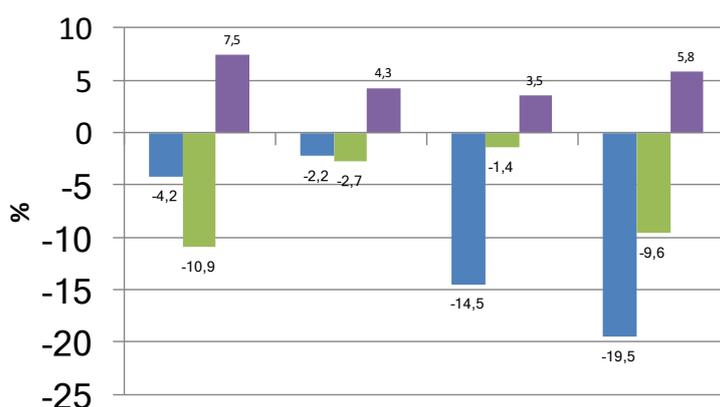


Рисунок 3.2.2 Прогноз изменения среднегодового стока к 2035 году (ЦНИИКИВР, 2016)

На юге и юго-востоке Беларуси ожидается снижение среднегодового стока рек, на севере и северо-востоке возможно его увеличение. Ожидается, что зимний сток рек в целом по стране будет увеличиваться благодаря оттепелям и активному снеготаянию (одновременно прогнозируется уменьшение мощности снежного покрова в зимний период и снижение накопления влаги в почве). Особенностью весеннего сезона будет значительное уменьшение стока весеннего половодья на юге и востоке страны. Особенно значительное снижение весеннего стока ожидается в верховьях Припяти и ее притоков (до 30 – 25%) и в бассейне Березины (до 20%). Значительное снижение стока рек летом – на 20%, а в отдельных регионах – до 40% практически по всей территории, кроме севера Беларуси, связано с ожидаемыми увеличением температуры воздуха и снижением количества осадков. Осенний сезон также характеризуется вероятным снижением стока рек – местами до 15%.

При достаточном увлажнении в условиях вероятного изменения количества и режима выпадения осадков и характеристик водного стока, прогнозируемый рост обеспеченности сельскохозяйственных культур теплом и продолжительности вегетационного периода будет способствовать расширению и улучшению структуры растениеводства и росту сельскохозяйственного потенциала. Укрупненный анализ результатов расчетов по земледельческой зоне на территории России показывает, что при климатических изменениях согласно сценарию RCP4.5 биоклиматический потенциал в первой трети столетия увеличится на 8% по сравнению с современным уровнем, а к концу столетия – на 25%. Расчеты для центрального и северо-западного округа России (наиболее близкого к условиям Беларуси) показывают рост продуктивности зерновых для всех рассматриваемых периодов.

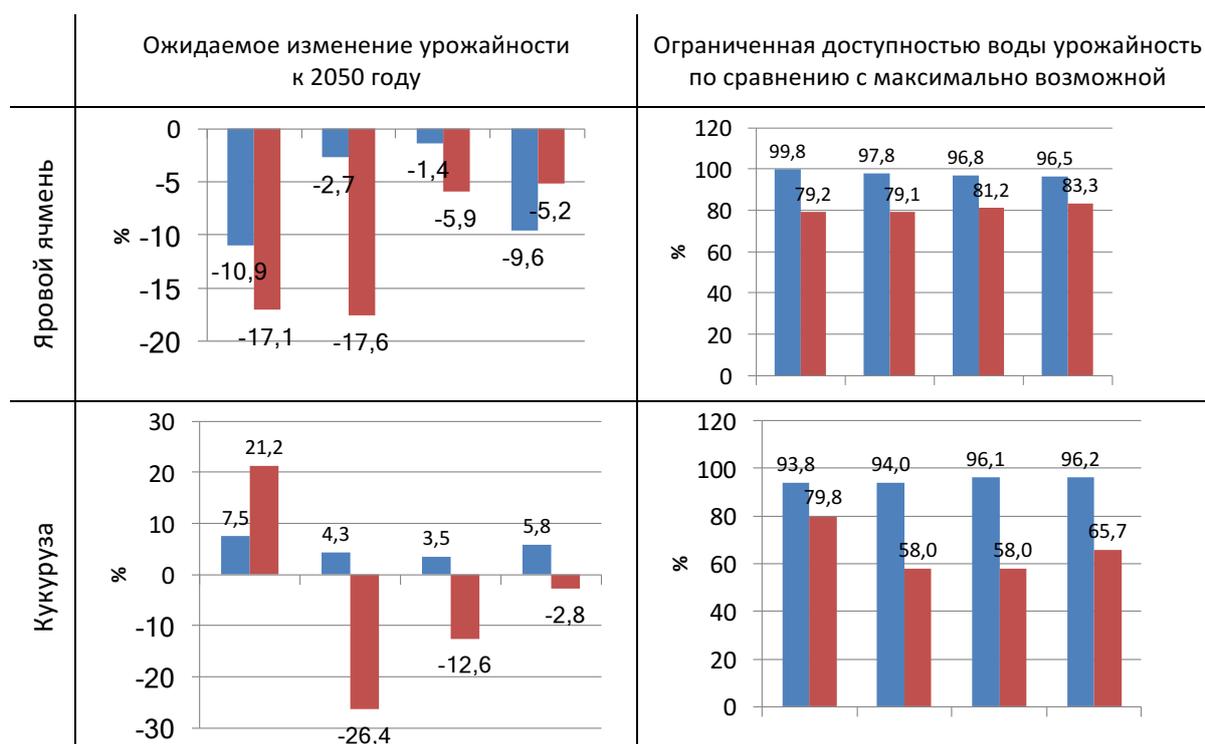
Для сценария RCP8.5 это увеличение будет менее значительным. При увеличении среднегодовой температуры более, чем на 2°C и сохранении современного состояния сельского хозяйства возможно падение урожайности зерновых к 2030 году на 5 – 6%, которое может быть преодолено путем смены сортов на более позднеспелые и другими мерами адаптации. Однако при дальнейшем развитии глобального потепления сельское хозяйство южных и восточных районов страны столкнется с проблемой недостаточной влагообеспеченности и засух, и к концу XXI века биоклиматический потенциал и продуктивность зерновых могут существенно уменьшиться по сравнению с современным уровнем – до 16% к концу столетия.



На графике слева направо: Нарочь, Орша, Слуцк, Мозырь.
Цвет: синий – рапс, зеленый – яровой ячмень, фиолетовый – кукуруза

Рисунок 3.2.3 Ожидаемое для сценария RCP4.5 изменения урожайности на суглинистых почвах к 2050 году по сравнению с 2010 годом (Козыра и др., 2017)

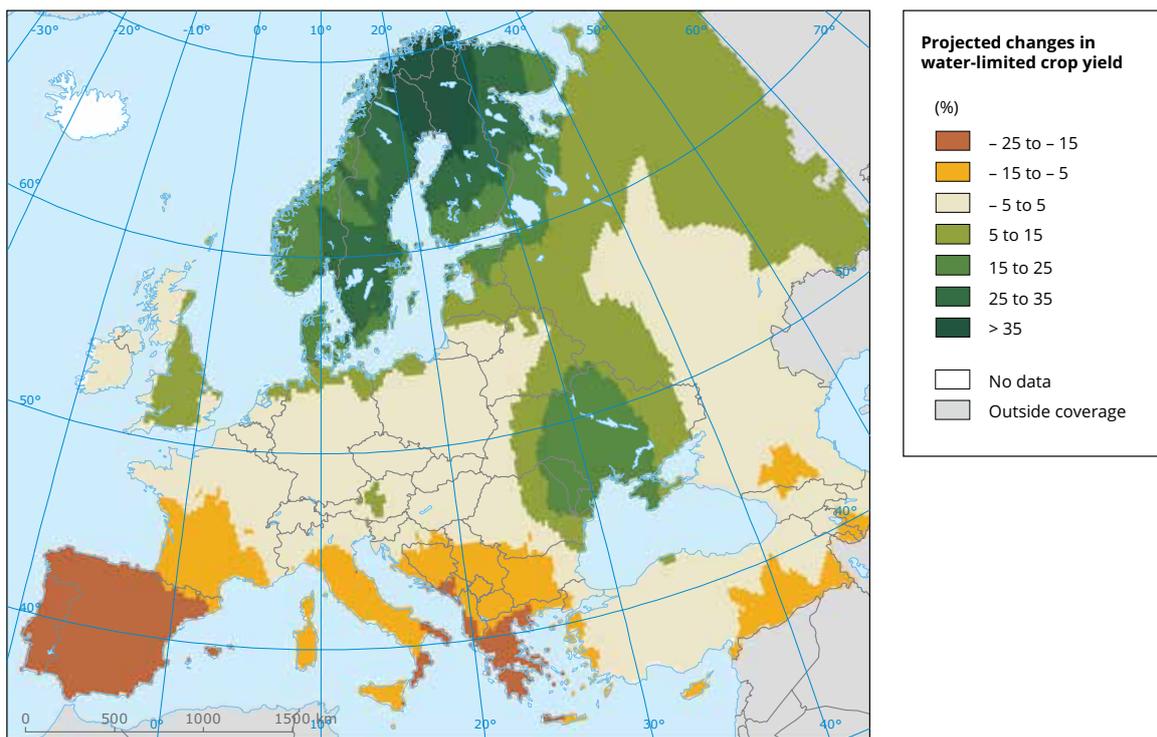
Однако дифференцированный анализ ожидаемой сельскохозяйственной продуктивности (рис. 3.2.3 – 3.2.4) показывает, что и в условиях сценария RCP4.5 недостаточность увлажнения за счет дефицита осадков и стока может на практике значительно снизить эффект потенциального роста урожайности за счет потепления. Моделирование для нескольких участков в различных частях Беларуси (Нарочь, Орша, Слуцк и Мозырь) показало, что изменения могут значительно отличаться для различных культур, почвенных условий и в зависимости от обеспеченности влагой. В наихудшем случае снижение к 2050 году урожайности ячменя, рапса и кукурузы на песчаных почвах может достигнуть 15 – 25% от уровня 2010 года. В наилучшем случае урожайность кукурузы на северо-западе страны может вырасти на 10 – 20%. Падение урожайности рапса и ячменя из-за недостаточной обеспеченности влагой ожидается на всех выбранных для моделирования участках.



На графиках слева направо: Нарочь, Орша, Слуцк, Мозырь.
Цвет: красный – песчаные почвы, синий – суглинистые почвы

Рисунок 3.2.4 Ожидаемое для сценария RCP4.5 изменения урожайности и соотношения максимальной и ограниченной влагозапасом урожайности ярового ячменя и кукурузы на различных почвах к 2050 году по сравнению с 2010 годом (Козыра и др., 2017)

Аналогично, анализ в условиях реализации глобального сценария выбросов парниковых газов SRES A1B для ограниченной влагозапасом комбинированной урожайности (с учетом современного распространения культур) пшеницы, кукурузы и сои в Европе показывает ее возможное изменения на территории Беларуси от -5% до +15% к 2050 году по сравнению с 1961 – 1990 годами (European Environment Agency, 2017).



Расчеты по 12 климатическим моделям, сценарий SRES A1B.

Рис 3.2.5 Среднее изменение (%) в Западной и Центральной Европе ограниченной влагозапасом урожайности пшеницы, кукурузы и сои в 2050 году по сравнению с 1961 – 1990 годами (European Environment Agency, 2017 по данным Iglesias et al., 2012, Ciscar et al., 2011)

К потерям сельскохозяйственной продукции будет приводить и постепенное расширение в северном и восточном направлениях границ ареалов и зон массового размножения и вредоносности вредителей, в том числе колорадского жука. Прогнозируется высокая вероятность акклиматизации на территории Беларуси западного кукурузного жука (*Diabrotica virgifera* LeConte), оптимальные условия для которого складываются при сумме активных температур от 2400 – 2600°C.



Рисунок 3.2.3 Очаги инвазии западного кукурузного жука в Брестском районе в 2009 – 2014 годах (Якимович и др., 2017)

Вероятное изменение агрофенологических характеристик иллюстрирует пространственный анализ почвенных условий на территории Беларуси для сценария RCP4.5. Расчеты показывают, что к 2050 году сроки сева ранних яровых культур, обусловленные просыханием почвы до мягкопластичного состояния, будут начинаться на юге страны в среднем на 20, а на севере – на 10 дней раньше, чем в настоящее время.

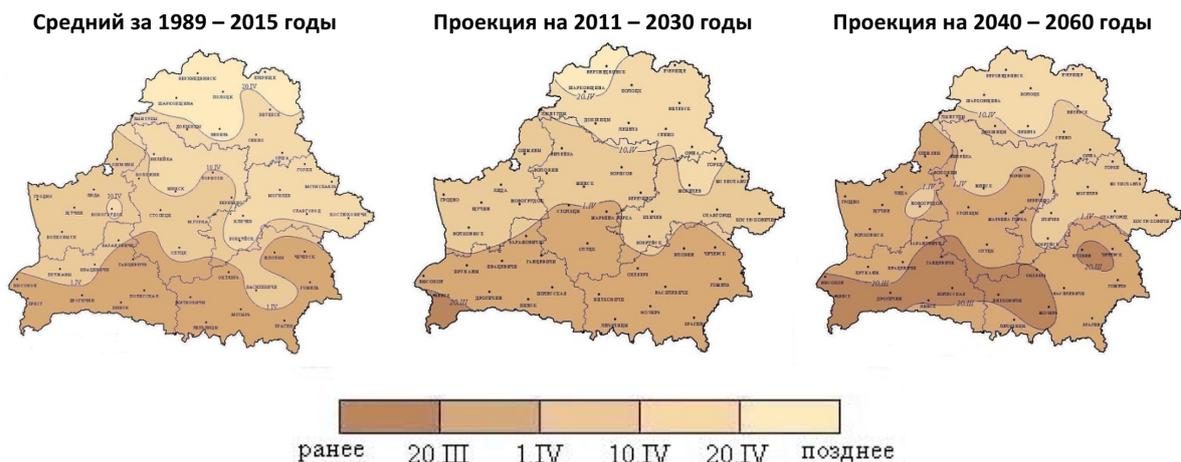


Рисунок 3.2.6 Срок наступления мягкопластичного состояния почвы (начало сева ранних яровых культур) для сценария RCP4.5 (Мельник и др., 2017)

Для комплексного изучения смены на территории Беларуси крупных агроклиматических зон по рассчитанным прогнозным агроклиматическим показателям (сумме температур выше 10°C и гидротермическому коэффициенту Селянинова за вегетационный период) были построены карты пространственного распределения этих характеристик.

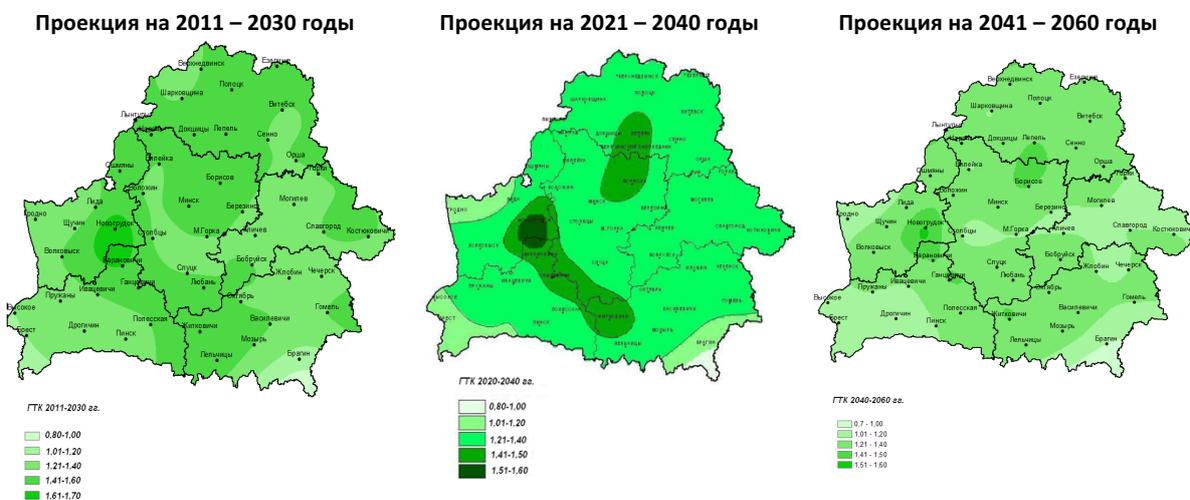


Рисунок 3.2.7 Распределение увлажнения территории Беларуси по гидротермическому коэффициенту Селянинова за вегетационный период для сценария RCP4.5 (Мельник и др., 2017)

Их анализ показывает, что в результате ожидаемого потепления согласно сценарию RCP4.5, к 2030 году бывшая Центральная агроклиматическая область с суммой активных температур 2200 – 2400°C фактически распадется, а ее место займет бывшая Южная область (2200 – 2600°C). При этом практически на всей территории Беларуси возможно будет возделывание кукурузы на зерно и подсолнечника. Новая агроклиматическая область (2600 – 2800°C), возникшая на юге страны к концу прошлого века, продвинется далеко на север и займет современное место

Южной, а на ее месте появятся еще более теплые области с суммой активных температур, превышающей 2800°C и даже 3000°C.

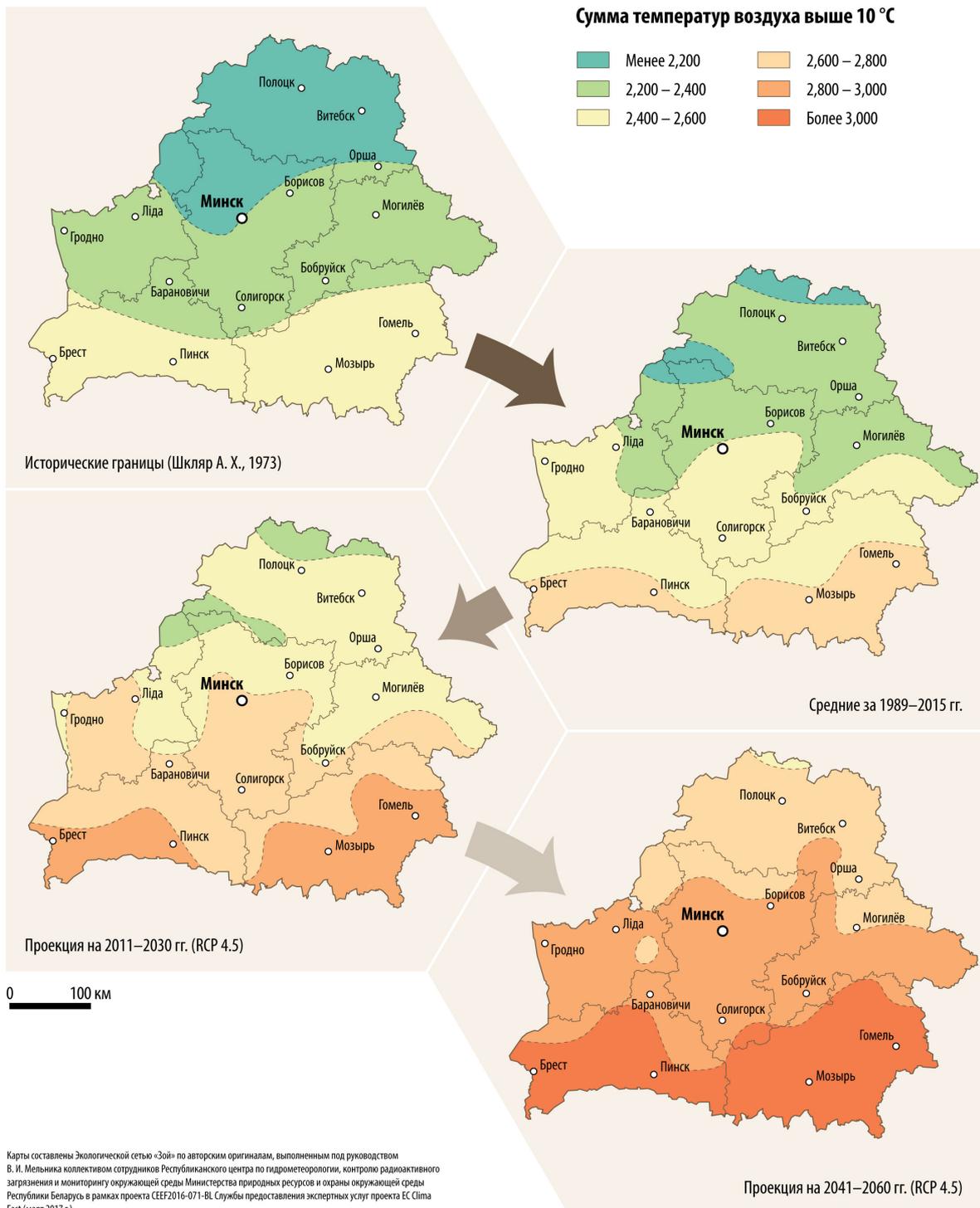


Рисунок 3.2.8 Историческое и ожидаемое для сценария RCP4.5 изменение границ агроклиматических зон Беларуси (по данным Мельник и др., 2017)

Таблица 3.2.5 Характеристика сельского хозяйства и современные географические аналоги (курсивом) агроклиматических областей Беларуси (по данным Мельник и др., 2017)

< 2200 °С	<p>Зерновые (озимые и ранние яровые), картофель; лен-долгунец, кормовые культуры (многолетние и однолетние травы), овощи (столовая свекла, морковь, капуста белокочанная), кукуруза на силос</p> <p><i>Север Витебской области</i></p>
2200 – 2400 °С	<p>Зерновые (озимые и яровые, в т. ч. гречиха, кукуруза, зернобобовые), картофель, лен-долгунец, рапс (озимый и яровой), сахарная свекла, кормовые культуры (многолетние и однолетние травы), овощи в открытом и закрытом грунте</p> <p><i>Центр Могилевской, Минской, Гродненской областей</i></p>
2400 – 2600 °С	<p>Зерновые (озимые и яровые, в т. ч. гречиха, кукуруза, включая зерна скороспелых сортов, зернобобовые), картофель (кроме среднепоздних и поздних сортов), лен, кормовые культуры (однолетние и многолетние травы), рапс (озимый и яровой), сахарная свекла, овощи (морковь, лук, овощной горошек, помидоры, огурцы, чеснок)</p> <p><i>Центр, запад, восток, юг Беларуси (кроме крайнего юга), центр Украины (Винница, Киев), юг европейской части России (Пенза, Воронеж)</i></p>
2600 – 2800 °С	<p>Зерновые (в т. ч. кукуруза, соя, гречиха, просо), подсолнечник, сахарная свекла, овощи в открытом и закрытом грунте (репчатый лук, столовая свёкла, морковь, капуста, овощной горошек, помидоры, огурцы, чеснок, спаржевая фасоль, цветная капуста, брокколи, баклажаны), садоводство, кормовые культуры</p> <p><i>Юг Брестской и Гомельской областей, центр Украины (Черкассы, Сумы), юг европейской части России (Самара)</i></p>
2800 – 3000 °С	<p>Зерновые (яровая и озимая пшеница и рожь, просо, ячмень, овес, гречиха, кукуруза), горох, подсолнечник, сахарная свекла, рапс, соя, овощи, бахчевые, фрукты, кормовые культуры</p> <p><i>Центр Украины (Полтава, Харьков, Кировоград, Луганск), юг европейской части России (Саратов, Волгоград)</i></p>
> 3000 °С	<p>Зерновые (пшеница, ячмень, зернобобовые, кукуруза, сорго, просо), соя, сахарная свекла, рапс, овощи, фрукты (в т. ч. виноград), бахчевые, кормовые культуры</p> <p><i>Восток Украины (Донецк, Луганск), Предкарпатье (Черновцы, Тернополь), юг европейской части России (Ростов-на-Дону, Краснодар)</i></p>

Результаты анализа уязвимости почв в рассмотренных агроклиматических зонах свидетельствуют о постепенном увеличении в будущем доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв в зонах с суммой температур более 2800⁰С. Эта тенденция затронет, в первую очередь, южные и, частично, центральные регионы Беларуси со значительной долей легких минеральных и осушенных почв.

Таблица 3.2.6 Распределение (%) групп почв разной степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям по агроклиматическим зонам Беларуси (Мельник и др., 2017)

Агроклиматические зоны с суммой температур свыше 10 °С	Степень уязвимости почв			
	наибольшая	сильная	средняя	слабая
1989 – 2015 годы				
< 2200°С	0,08	1,52	1,48	1,32
2200 – 2400°С	0,12	7,14	21,92	6,81
2400 – 2600°С	0,07	8,09	23,00	10,35
2600 – 2800°С	0,37	4,27	7,15	5,61
2011 – 2030 годы (сценарий RCP4.5)				
2200 – 2400°С	0,12	1,54	1,62	1,67
2400 – 2600°С	0,04	7,48	23,84	7,01
2600 – 2800°С	0,12	10,19	18,31	10,54
2800 – 3000°С	0,42	11,94	0,58	4,63
2041 – 2060 годы (сценарий RCP4.5)				
2400 – 2600°С	0,00	0,20	0,16	0,09
2600 – 2800°С	0,16	8,62	12,81	4,34
2800 – 3000°С	0,27	24,48	12,15	7,49
> 3000°С	4,92	14,55	1,72	8,04

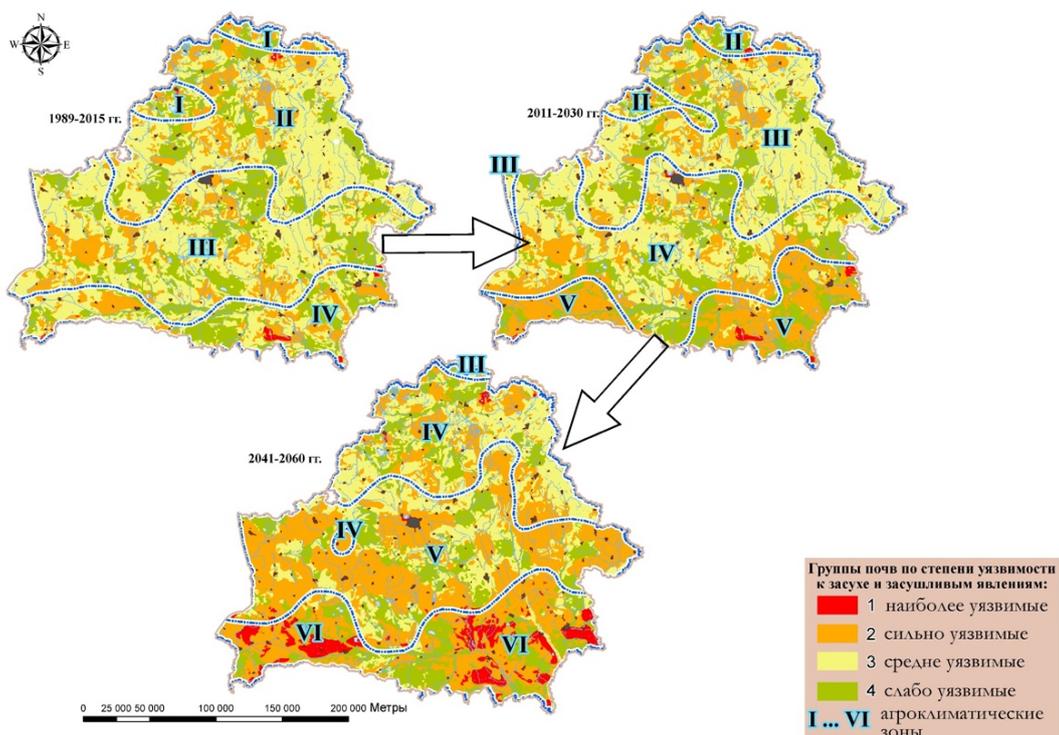


Рисунок 3.2.9 Современная и будущая (сценарий RCP4.5) уязвимость почв Беларуси к засухам и засушливым явлениям (Мельник и др., 2017)

4 НАПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛАРУСИ

4.1 Общие положения⁷

Среди наиболее важных программных документов Республики Беларусь, определяющих государственную политику в области изменения климата и минимизацию его воздействия на отрасли экономики, включая сельское хозяйство, необходимо отметить

- Государственную программу социально-экономического развития страны до 2020 года⁸, в которой определены основные направления государственной политики в области изменения климата и некоторые вопросы адаптации к климатическим изменениям;
- Государственную программу устойчивого развития села на 2011 – 2015 годы⁹;
- Государственную программу развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы¹⁰;
- Стратегию в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года¹¹, которая, определяет приоритетные направления государственной политики в области охраны окружающей среды и, наряду с решением других задач, минимизацию воздействия на климат и адаптацию к его изменениям;
- Стратегию развития гидрометеорологической деятельности и деятельности в области мониторинга природной среды Республики Беларусь на период до 2030 года¹²;
- и, наконец, упомянутую выше Государственную программу мер по смягчению последствий изменения климата на 2013 – 2020 годы, в рамках которой запланирован ряд мероприятий и научных исследований по проблемам изменения климата и мер адаптации, включая сельское хозяйство¹³.

В рамках реализации положений этих программных документов, уже сегодня на территории Беларуси проводятся конкретные мероприятия по адаптации сельского хозяйства к изменению климата. За последние годы значительно увеличились посевные площади кукурузы под зерно, построены и действуют кукурузокалибровочные предприятия, и в настоящее время страна практически полностью обеспечивает себя семенами кукурузы. Возросли посевные площади рапса на семена. В южных областях страны внедряется озимый ячмень, ежегодно проводится посев сои, расширились посевы подсолнечника, овощного горошка, сахарной кукурузы, спаржевой фасоли. Освоено промышленное выращивание лука в однолетней культуре, ранних теплолюбивых сортов картофеля. Продолжаются работы по созданию промышленных плантаций винограда. Ведутся работы по расширению площадей бахчевых культур.

⁷ Раздел подготовлен с использованием материалов Мельник, 2015, Козельцев, 2016, Якимович и др., 2017, Козыра и др., 2017.

⁸ Одобрена Национальной комиссией по устойчивому развитию Республики Беларусь, протокол № 11/15. ПР от 06.05.2014.

⁹ Утверждена указом Президента Республики Беларусь № 342 от 01.08.2011.

¹⁰ Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 19 от 11.03.2016.

¹¹ Одобрена решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 8-Р от 28.01.2011.

¹² Утверждена решением коллегии Минприроды № 124 от 20.12.2014.

¹³ Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 510 от 21.06.2013 в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь № 444 от 08.05.2014.

Направлениями дальнейшей адаптации сельского хозяйства Беларуси к климатическим изменениям в XXI веке должны стать, в частности,

- ▶ углубленная оценка изменения климатических и агроклиматических характеристик за период потепления и новое агроклиматическое районирование территории страны для учета изменения агроклиматические условий произрастания сельскохозяйственных культур в практике ведения сельского хозяйства на всех уровнях;
- ▶ изменения землепользования с учетом чувствительности и уязвимости сельскохозяйственных почв к усилению засух и засушливых явлений, уплотнению, водной и ветровой эрозии (в том числе повышение уровня ландшафтного разнообразия, в особенности на территориях, подверженных ветровой эрозии), пересмотр системы кадастровой оценки земель с учетом изменений климата;
- ▶ внедрение влагосберегающих технологий и расширение площадей орошаемого земледелия, модернизация оросительных и дренажных сетей и инфраструктуры с учетом ожидаемого изменения и сезонного перераспределения водного стока, внедрение системы комплексного управления водными ресурсами страны с учетом приоритетов их использования в интересах различных отраслей;
- ▶ оптимизация посевов, сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов, а также породного состава, питания и условий содержания сельскохозяйственных животных с учетом меняющихся климатических условий; усиление и развитие деятельности служб защиты растений, особенно на границах современных ареалов распространения основных климатозависимых вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур;
- ▶ усиление научно-исследовательской и инновационной деятельности в области влияния изменения климата на сельское хозяйство, мониторинга климатических изменений, неблагоприятных погодных явлений, поверхностных и подземных вод и состояния почв и оперативного распространения информации о них, повышение информированности органов власти, крупных и частных хозяйств и населения о проблемах изменения климата, возможностях и путях адаптации к нему;
- ▶ развитие институциональной базы адаптации к изменению климата, в т. ч. совершенствование нормативно-правового обеспечения и экономического стимулирования адаптации в сельском хозяйстве, усиление взаимодействия государственных органов и других заинтересованных сторон путем создания постоянно действующих межотраслевых механизмов для подготовки и внедрения конкретных рекомендаций и мер в этой области;
- ▶ увеличение количества фермерских хозяйств, перераспределение земельных участков с учетом специализации сельскохозяйственного производства и увеличения доли частного сектора в сельском хозяйстве, создание условий для привлечения бизнеса к участию в деятельности по смягчению и адаптации к изменению климата;
- ▶ внедрение новых прогрессивных направлений сельскохозяйственного производства (в т. ч. экологически чистого «органического» сельского хозяйства) и планирование дальнейшего развития отрасли с учетом изменения условий ведения сельского хозяйства в других странах, эволюции рынка сельскохозяйственной продукции и внешнеэкономической конъюнктуры.

Отдельные из перечисленных направлений, более подробно разработанные в рамках проекта Европейской Комиссии Clima East в Беларуси, рассмотрены в следующих разделах.

4.2 Отраслевые аспекты адаптации: растениеводство и водная мелиорация¹⁴

Использование благоприятных последствий потепления климата возможно только в сочетании с проведением адаптационных мер, направленных на предотвращение (снижение) потерь от его негативных последствий. Для эффективной адаптации растениеводства Беларуси необходим комплексный, многофакторный подход. Первостепенную значимость приобретает разработка комплексной стратегии экономически целесообразной адаптивной интенсификации системы земледелия в целом, одной из задач которой должно стать улучшение плодородия и фитосанитарного состояния почв при эффективном использовании возобновляемых и малозатратных природных процессов. При достаточном нормативном и материально-техническом обеспечении этот путь позволит получать экономически оправданную, экологически безопасную качественную растениеводческую продукцию.

Необходимо расширять сеть участков, на которых ведется селекционная работа, и коренным образом улучшить методический уровень проведения полевых исследований. Для повышения информативности и управляемости селекционных процессов следует оперативно внедрять современные информационные технологии.

Одной из важнейших задач является совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Оптимальные сроки сева и проведение агротехнических мероприятий по уходу за посевами, качественная и влагосберегающая обработка почвы позволят повысить устойчивость сельскохозяйственных культур к изменяющимся погодноклиматическим условиям. В связи с улучшением теплообеспеченности и с целью уменьшения негативного влияния засушливых явлений целесообразно в структуре посевных площадей увеличение доли более теплолюбивых и засухоустойчивых культур. В группе зерновых культур следует отдать предпочтение озимым, способным в максимальной степени использовать весенние запасы почвенной влаги и меньше страдающим от летней засухи, чем яровые.

Общие меры адаптации растениеводства

- ▶ Повышение общей культуры земледелия и агротехническая модернизация за счет размещения посевов по лучшим предшественникам в системе севооборотов; возделывания высокоурожайных сортов интенсивного типа с хорошим качеством зерна; улучшения обеспечения растений минеральными элементами питания с учетом их содержания в почве; дробного применения азотных удобрений в период вегетации по данным почвенной и растительной диагностики.
- ▶ Своевременное и качественное выполнение технологических приемов, направленных на защиту почв от эрозии, накопление влаги, создание благоприятных физических условий развития сельскохозяйственных культур.
- ▶ Радикальное изменение травосеяния, использование улучшенных сенокосов и культурных пастбищ, гарантированное самообеспечение семенами трав.
- ▶ Оперативное внедрение засухоустойчивых культур, в том числе малораспространенных и нетрадиционных для Беларуси, таких как просо, чумиза, диплоидная рожь, лядвенец, люцерна, донник, озимая сурепица, сорго-суданковые гибриды и др.
- ▶ Эффективное использование ранневесенних запасов влаги (т. н. «уход от засухи») путем смещения сроков сева яровых культур на более раннее время).

¹⁴ Раздел подготовлен по материалам Якимович и др., 2017.

- ▶ Нарращивание осеннего внесения органических удобрений (навоза, компоста), использование многолетних бобовых трав и пожнивных культур как компенсаторов дефицита органических веществ и средства улучшения влагоудерживающей способности почв, их водного и теплового режима.
- ▶ Использование современных технологий орошения культурных пастбищ и посадок овощей для гарантированного обеспечения высоких урожаев.
- ▶ Повышение влагоаккумулирующей способности почв (в особенности легких песчаных) путем внедрения агротехнических приемов, минимизирующих поверхностное испарение и деградацию плодородного слоя.
- ▶ Расширение на юге Беларуси семеноводства теплолюбивых культур (кукурузы, люцерны, клевера гибридного, свеклы кормовой и др.) для потребностей страны.

Одним из наиболее важных последствий изменения климата для сельского хозяйства станет его влияние на частоту случаев возникновения, масштабы распространения и тяжесть болезней растений, что требует корректировки организации деятельности по защите растений с учетом сроков, преимуществ и эффективности химических, физических и биологических мер борьбы с заболеваниями. В целом задача по адаптации мер борьбы с болезнями к изменению климата, по всей вероятности, не будет существенно отличаться от адаптации к достижениям научно-технического прогресса и изменениям экономической структуры, которые уже требуются в текущей деятельности в рамках концепции комплексной защиты растений. В новых условиях еще в большей степени будут необходимы разнообразные, гибкие и устойчивые системы растениеводства, способные эффективно функционировать в меняющихся условиях.

Меры адаптации защиты растений

- ▶ Усиление комплекса мероприятий, направленных на охрану территории Беларуси от завоза и распространения карантинных для республики вредителей, возбудителей болезней и сорняков.
- ▶ Возможное увеличение применения средств защиты растений в связи с ожидаемым повышением уязвимости сельскохозяйственных культур к воздействию вредителей и болезней.
- ▶ Замена традиционных пестицидов новыми средствами защиты растений, более интенсивное развитие работ, связанных с поиском, созданием и скринингом нового поколения химических средств защиты растений, биологически активных веществ, продуцируемых живыми организмами и их синтетических аналогов, обладающих высокой экологической безопасностью и эффективностью против вредителей, фитопатогенов и сорных растений.
- ▶ Более интенсивное развитие экологически ориентированных мероприятий по ограничению вредоносности вредителей, болезней и сорняков (разработка экологических порогов вредоносности, посев сидеральных культур, уточнение количества обработок и т. д.), в том числе путем введения строгой регламентации и контроля применения пестицидов и химической обработки посевов.
- ▶ Внедрение системы «точного» земледелия для экономически эффективного и экологически безопасного применения средств защиты растений путем регулирования препаратов по их норме внесения и количеству с использованием информационных технологий, позволяющих рассчитывать внесение средств защиты растений с учетом уровня засоренности, распространения болезней и вредителей.

- ▶ Изучение, разработка и производственное освоение методов и систем обеспечения устойчивости агроэкоценозов к биотическим стрессам, оптимизации и стабилизации фитосанитарного состояния сельскохозяйственных угодий с использованием информационных технологий.
- ▶ Развитие исследований по разработке более совершенных, оперативных и автоматизированных методов выявления вредителей, возбудителей болезней и сорняков, диагностики и учета их численности, обработки данных, мониторинга и прогнозирования.

С учетом ожидаемого изменения климата чрезвычайно высокую роль в адаптации к нему сельского хозяйства и, в первую очередь, растениеводства будет играть водная мелиорация. Весьма вероятно необходимость расширения оросительной сети, реконструкции и модернизации ее инфраструктуры. Аналогично потребуются модернизация систем отведения избытка вод для предотвращения и снижения ущерба от учащающихся паводков и наводнений.

Важным является прогнозирование тенденций развития негативных процессов и деградации орошаемых угодий, их воздействия на прилегающие территории, определение характера сезонной, годовой и многолетней динамики уровня, минерализации и химического состава грунтовых вод с учетом климатических изменений. Должен постоянно проводиться контроль динамики влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетационного периода, оценка мелиоративной обстановки в динамике ее развития, прогноз возможных изменений в последующие годы.

Наличие долгосрочных прогнозов и учет направленности изменения климата позволяет своевременно проводить необходимые мероприятия для аккумуляции воды или, наоборот, отведению избыточных вод с помощью систем мелиорации, однако изменение соответствующих проектных параметров должно найти отражение в инженерно-строительной нормативной документации.

Меры адаптации в области водной мелиорации и защиты от наводнений

- ▶ Модернизация и оптимизация системы мелиорации земель с учетом долгосрочных тенденций изменения климата и приоритетов водопользования в рамках комплексной стратегии управления водными ресурсами Беларуси.
- ▶ Вовлечение речных пойм в хозяйственное использование с учетом вероятности их затопления в условиях изменении климата, информирование населения и местных властей о долгосрочном риске затопления пойменных территорий и законодательное усиление личной ответственности за их использование и страхование ущерба от наводнений.
- ▶ Организация оперативного оповещения населения и местных властей об опасности наводнений с использованием современных информационных технологий.
- ▶ Расширение практики восстановления естественных русел и пойм рек как экономически и экологически эффективной меры защиты от наводнений и снижения ущерба от них.
- ▶ Перевод в другие категории земель, для которых из экологических и экономических соображений нецелесообразна реконструкция мелиоративных систем и сооружений.
- ▶ Восстановление земель, нарушенных в результате широкомасштабной осушительной мелиорации (уменьшение площадей с разрушенным плодородным слоем, применение лесомелиорации для уменьшения ветровой эрозии, контроль за состоянием осушенных торфяников в пожароопасные периоды и др.).

4.3 Отраслевые аспекты адаптации: животноводство и рыбоводство

Детальная проработка мер адаптации животноводства и рыбоводства в условиях Беларуси требует дополнительных исследований, не проводившихся в рамках подготовки настоящего документа. Приведенные ниже обобщенные меры адаптации в области интенсивного и пастбищного животноводства следуют рекомендациям Европейского тематического центра по изменению климата, устойчивости и адаптации к нему (European Environment Agency, 2017).

Меры адаптации в области интенсивного животноводства

- ▶ Улучшения вентилирования и других условий в местах содержания животных.
- ▶ Селекция с целью выведения пород животных, более устойчивых по отношению к тепловому стрессу, новым болезням и их переносчикам.
- ▶ Мониторинг состояния здоровья сельскохозяйственных животных, при необходимости – усиление ограниченного использования антибиотиков, новых кормов, пищевых добавок и методов лечения.
- ▶ Совершенствование кормовой базы и повышение эффективности усвоения питательных веществ из кормов с учетом прогноза их состава в условиях изменения климата.
- ▶ Повышение разнообразия местных кормов, использование местных кормов с высоким содержанием белка.
- ▶ Ограничение движения сельскохозяйственного транспорта для снижения опасности уплотнения почв.
- ▶ Повышение эффективности сбора, подачи и использования воды и, в целом, управления водными ресурсами для нужд интенсивного животноводства.

Меры адаптации в области пастбищного животноводства

- ▶ Селекция с целью выведения пород животных, более устойчивых по отношению к тепловому стрессу, новым болезням и их переносчикам.
- ▶ Мониторинг состояния здоровья сельскохозяйственных животных, при необходимости – усиление ограниченного использования антибиотиков и методов лечения.
- ▶ Оптимизация землепользования для снижения воздействия новых болезней и их переносчиков.
- ▶ Повышение эффективности усвоения питательных веществ с учетом прогноза состава кормовой базы в условиях изменения климата, определение необходимости в дополнительном питании.
- ▶ Оптимизация структуры сенокосов и пастбищ для повышения их устойчивости к экстремальным погодным условиям, в том числе использование смешанной структуры землепользования с участками лесной растительности, возможностью выращивания овощей и др.
- ▶ Совершенствование организации выпаса животных, обеспечение пастбищ искусственной и естественной защитой от солнца, ограничение выпаса во влажные периоды.
- ▶ Повышение эффективности сбора и подачи воды и управления водными ресурсами для нужд пастбищного животноводства.

Адаптация рыбоводства, в первую очередь, связана с повышением устойчивости рыбного стада по отношению к климатическим изменениям, а также с поддержанием достаточного для рыборазведения и рыболовства состояния используемых для этого естественных и искусственных водных объектов. Предлагаемые обобщенные меры (Якимович и др., 2017) предназначены для решения этих задач.

Меры адаптации в области рыбоводства

- ▶ Постоянный мониторинг ихтиофауны, ее изменений и состояния водной среды в связи с изменением климата.
- ▶ Использование возможностей селекции, разведения и использования новых видов рыбы для адаптации структуры ихтиофауны.
- ▶ Расширение сети искусственных водоемов и применения технологий аквакультуры.
- ▶ Технологические меры для поддержания необходимого качества воды в рыбоводных водоемах (аэрация, увеличения проточности, химические способы).
- ▶ Усиление охраны водных объектов, используемых для рыборазведения и рыболовства, а также их водоохранных зон для минимизации воздействия изменения климата на качество воды и состояние промысловой ихтиофауны.
- ▶ Эффективный надзор за водопользованием и его оптимизация.
- ▶ Нормативное регулирование ведения рыбного хозяйства с учетом изменения климата.

4.4 Территориальные аспекты адаптации: приоритеты областей Беларуси

Приведенная выше (рис. 3.2.8) карта смещения агроклиматических зон на территории Беларуси показывает, что к середине века местные условия сельскохозяйственного производства значительно изменятся. По относительно мягкому сценарию глобального потепления, к 2060 году современные условия юга страны года сохранятся только на ее крайнем севере (в Витебской области), в то время как на большей части Беларуси агроклиматические параметры будут близки к современным условиям центра и юга Украины, среднего и нижнего Поволжья, бассейнов Дона и Кубани. При том что часть ожидаемых изменений будет положительной с точки зрения сельского хозяйства, их использование будет возможно только при адекватной и достаточной адаптации к местным условиям, в первую очередь, с точки зрения качества земельного фонда и перспективной обеспеченности территорий водными ресурсами. В таблицах 4.4.1 – 4.4.3¹⁵ обобщены основные последствия изменения климата для областей Беларуси и соответствующие им приоритеты адаптации в целом и на конкретные периоды времени.

Таблица 4.4.1 Агроклиматические зоны и долгосрочные приоритеты адаптации сельского хозяйства в областях Беларуси

	ВИТ	ГРО	МИН	МОГ	БРЕ	ГОМ
Сдвиг агроклиматических зон						
Исходное состояние: 1989 – 2015 годы	●●	●●●	●●●	●●	●●	●●
Краткосрочная перспектива: 2011 – 2030 годы	●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●
Среднесрочная перспектива: 2031 – 2060 годы	●●●	●●	●●●	●●	●●	●●
► Адаптация к общим последствиям изменения климата						
росту частоты / интенсивности ливней, града, ураганов	●	●	●	●	●	●
повышению опасности наводнений	●	●	●	●	●	●
повышению опасности лесных пожаров	●	●	●	●	●	●
развитию вредителей и возбудителей болезней	●	●	●	●	●	●
инвазивным видам растений и животных	●	●	●	●	●	●
► Обводнение уязвимых к засухам почв						
с преобладанием среднеуязвимых почв		●	●	●		
с преобладанием сильноуязвимых почв					●	●
► Адаптация к возможному изменению условий сельскохозяйственного производства						
благоприятным условиям для теплолюбивых культур	●	●	●	●	●	●
росту продуктивности зерновых	●	●	●	●	●	●
улучшению кормовой базы животноводства		●	●	●	●	●
ухудшению условий для содержания животных		●	●	●	●	●

Примечание: названия областей даны в сокращении; сумма температур выше 10°C в агроклиматических зонах –

< 2200 °C	2200 – 2400 °C	2400 – 2600 °C	2600 – 2800 °C	2800 – 3000 °C	> 3000 °C
-----------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------

¹⁵ Таблицы раздела подготовлены при участии М. Фалалеевой по материалам Мельник и др., 2017.

Таблица 4.4.2 Приоритеты адаптации сельского хозяйства в областях Беларуси на 2011 – 2030 годы

Агроклиматические зоны ▶	ВИТ	ГРО	МИН	МОГ	БРЕ	ГОМ
	●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●
▶ Необходимость расширения орошения						
при снижении влагообеспеченности почв	●	●	●	●	●	●
при усилении засух и засушливых явлений		●	●	●	●	●
▶ Использование новых возможностей для выращивания						
- вторых урожаев кормовых культур	●	●	●	●	●	●
- гречихи	●	●	●	●		
- сахарной свеклы	●	●	●	●		
- кукурузы на зерно	●	●	●	●	●	●
- сои					●	●
- подсолнечника					●	●
- проса					●	●
- сорговых					●	●
- бахчевых					●	●
- фруктов и овощей в открытом грунте	●	●	●	●	●	●

Таблица 4.4.3 Приоритеты адаптации сельского хозяйства в областях Беларуси на 2041 – 2060 годы

Агроклиматические зоны ▶	ВИТ	ГРО	МИН	МОГ	БРЕ	ГОМ
	●●●	●●	●●●	●●	●●	●●
▶ Необходимость расширения орошения						
при усилении засух и засушливых явлений	●	●	●	●	●	●
▶ Адаптация к изменению условий растениеводства						
возможности повышение общей с-х продуктивности	●	●	●	●	●	●
возможности выращивать южные культуры	●	●	●	●	●	●
вероятному снижению урожайности картофеля, льна	●	●	●	●	●	●
▶ Использование новых возможностей для выращивания						
- вторых урожаев кормовых культур	●					
- гречихи	●					
- сахарной свеклы	●					
- кукурузы на зерно	●	●	●	●	●	●
- сои	●	●	●	●	●	●
- подсолнечника	●	●	●	●	●	●
- проса	●	●	●	●	●	●
- сорговых	●	●	●	●	●	●
- бахчевых	●	●	●	●	●	●
- фруктов и овощей в открытом грунте	●	●	●	●	●	●

Примечание: названия областей даны в сокращении; сумма температур выше 10°C в агроклиматических зонах –

< 2200 °С	2200 – 2400 °С	2400 – 2600 °С	2600 – 2800 °С	2800 – 3000 °С	> 3000 °С
-----------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------

4.5 Институциональные аспекты адаптации: «органическое» сельское хозяйство¹⁶

Экологически чистое «органическое» сельское хозяйство позволяет одновременно повысить экологическую устойчивость производства, качество окружающей среды и привлекательность сельскохозяйственной продукции на внешних рынках. Его приемы и практикующие их предприятия хорошо адаптированы к изменениям климата благодаря применению традиционных навыков и фермерского опыта. Накопленные в этой области знания и опыт снижают зависимость от ресурсов и важны для управления сложными агроэкосистемами, выведения адаптированных к местным условиям сортов семян и пород скота, производства удобрений (компост, навоз, сидераты) и недорогих средств защиты растений естественного происхождения. Обработка почвы «органическими» методами лучше адаптирует ее к экстремальным погодным условиям, позволяя ей удерживать больше дождевой влаги. Высокое разнообразие «органических» хозяйств (посевов, полей, севооборотов, ландшафтов, видов сельскохозяйственной деятельности и их сочетаний в пределах отдельных ферм) существенно увеличивает их устойчивость, в том числе с точки зрения профилактики распространения вредителей.

«Органическое» сельское хозяйство также обладает значительным потенциалом для сокращения выбросов парниковых газов благодаря сохранению в почве запасов углерода, сокращению эрозии, уменьшению плотности сельскохозяйственных животных, интеграция растениеводства с животноводством и пониженному расходу ископаемого топлива на гектар угодий и килограмм продукции за счет отказа от синтетических (в т. ч. азотных) удобрений.

в Беларуси существует значительный потенциал для расширения этого направления, частично реализуемый в проекте закона «О производстве и обращении органической продукции». Рабочая группа по развитию «органического» сельского хозяйства включает представителей заинтересованных организаций, научных учреждений и фермеров – производителей «органической» продукции.

Кроме совершенствования нормативно-правовой базы, дальнейшее развитие «органического» сельского хозяйства в стране требует опережающего развития научных исследований и внедрения их результатов в практику, а также переподготовки сельскохозяйственных производителей и информирования потенциальных покупателей «органической» продукции.

Меры адаптации посредством стимулирования «органического» сельского хозяйства

- ▶ Дальнейшее развитие законодательства и разработка государственных целевых программ в области «органического» сельского хозяйства.
- ▶ Создание системы сертификации в соответствии с требованиями Международной федерации движений в области «органического» сельского хозяйства (IFOAM) и государственной системы маркировки «органической» продукции.
- ▶ Развитие научных исследований в области «органического» сельского хозяйства.
- ▶ Подготовка учебных программ для средних и высших учебных заведений.
- ▶ Информационные кампании для фермеров и населения в средствах массовой информации.

¹⁶ Раздел подготовлен по материалам Н. Поречиной (<http://ecoidea.by/ru/organic-farming>) и Якимович и др., 2017.

4.6 Институциональные аспекты адаптации: наука и инновации¹⁷

Инновационный процесс в сельском хозяйстве имеет особенности, обусловленные тем, что отрасль базируется на использовании земельных ресурсов в качестве основного средства производства и на участии в производственном процессе живых организмов. В этой связи использование инноваций, связанных с адаптацией сельского хозяйства к изменению климата, должно способствовать разработке новых технологий для возделывания культурных растений, в особенности трудоемких, новых технологий содержания животных и т. п. В Республике Беларусь фундаментальные научные исследования, связанные с мерами по адаптации сельского хозяйства, выполняются главным образом в рамках государственных программ научных исследований (ГПНИ). Для решения наиболее значимых народнохозяйственных, экологических и социальных задач разрабатываются государственные научно-технические программы (ГНТП), особое место среди которых в рассматриваемом контексте занимает ГНТП «Агропромкомплекс» (подпрограмма «Агропромкомплекс – устойчивое развитие»).

Таблица 4.6.1 Основные результаты ГПНИ и ГНТП «Агропромкомплекс», связанные с адаптацией сельского хозяйства к последствиям изменения климата (2011 – 2015 годы)

Государственные программы научных исследований ▶	1	2	3	4
Учет агроклиматических условий при планировании сельскохозяйственного производства	•			•
Развитие селекции новых высокопродуктивных сортов и гибридов, устойчивых к заболеваниям, озимых культур, теплолюбивых, ветроустойчивых, засухоустойчивых культур в условиях изменения климата	•			•
Оценка, предупреждение и снижение последствий деградации почв в условиях изменения климата	•			•
Совершенствование систем орошения, управления водными ресурсами, технологий влагосберегающей обработки почвы	•			•
Разработка мер защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, сорняков и болезней		•		•
Развитие биотехнологий для восстановления почв, селекции озимых, теплолюбивых, ветроустойчивых, засухоустойчивых, устойчивых к заболеваниям культур, повышением эффективности удобрений в условиях изменения климата		•	•	
Селекция зимостойких, засухо- и ветроустойчивых кормовых культур непосредственно для нужд животноводства		•		•
Разработка ресурсосберегающих, низкочатратных технологий содержания сельскохозяйственных животных в условиях изменения климата, технологий разведения животных в сложных погодных условиях				•

1. ГПНИ «Инновационные технологии в АПК», 2011 – 2015 годы
2. ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», 2013 – 2015 годы (до 2013 года – ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал» на 2011 – 2015 годы)
3. ГПНИ «Фундаментальные основы биотехнологий», 2011 – 2015 годы
4. ГНТП «Агропромкомплекс»

Работы, связанные с адаптацией сельского хозяйства к изменению климата, также выполнялись в 2011 – 2015 годах в рамках ряда других ГНТП и отраслевых научно-технических программ.

¹⁷ Раздел подготовлен по материалам Митакович, 2017.

В 2016 – 2020 годах работы по селекции и разработке технологий возделывания сельскохозяйственных культур с улучшенными свойствами и продуктивностью, устойчивых к полеганию, биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, разработке ресурсосберегающих технологий, конструкций и методов расчета для строительства, реконструкции и технического обслуживания мелиоративных систем, разработке инновационных технологий репродукционного семеноводства овощных культур с использованием капельного полива продолжают в рамках ГНТП «Агропромкомплекс-2020» (подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество»). Продолжение фундаментальных исследований и научно-технических разработок в области адаптации сельского хозяйства возможно также в рамках ГПНИ «Химические технологии и материалы», «Биотехнологии», «Качество и эффективность агропромышленного производства», «Природопользование и экология» и ГНТП «Промышленные био- и нанотехнологии – 2020» и «Природопользование и экологические риски».

Меры адаптации путем развития научно-инновационной деятельности

- ▶ Продолжение и внедрение исследований по уже запланированным направлениям (селекция новых сортов, снижение деградации почв, совершенствование орошения, защита от вредителей, сорняков и болезней, развитие биотехнологий, производство кормов, технологии содержания и разведения животных в условиях изменения климата).
- ▶ Развитие фундаментальных и прикладных исследований по новым направлениям, получившим признание в международной практике (снижение выбросов вредных веществ в сельском хозяйстве, комплексное применение информационных технологий, развитие «точного» и интегрированного земледелия).
- ▶ Развитие внедрения результатов НИОКТР за счет методического обеспечения передачи и внедрения технологий (деятельность центров трансфера технологий, информационно-консультационных служб), популяризации интеллектуального творчества и инновационного предпринимательства в области сельского хозяйства, использования Государственного реестра НИОКТР и других ресурсов научной, научно-технической и инновационной информации.
- ▶ Расширение участия сельскохозяйственных предприятий в качестве соисполнителей НИОКТР и производителей новой продукции в ГНТП и проектах, финансируемых Белорусским инновационным фондом.
- ▶ Введение предельного уровня риска от объема финансирования научно-технических программ (что облегчит поиск исполнителей для НИОКТР, имеющих высокий риск недостижения результата, но задающих новые возможности развития отрасли).
- ▶ Введение льгот по налогу на прибыль для научных организаций аналогично ставке для других субъектов инновационной инфраструктуры (что будет стимулировать научно-техническую и инновационную деятельность по инициативе организаций, использующих инновации).
- ▶ Изучение зарубежного опыта поддержки инноваций и передачи знаний в сельском хозяйстве путем сотрудничества с профильными центрами, организации «контактно-кооперационных бирж», поддержки сотрудничества малых и средних предприятий и научных организаций с зарубежными партнерами, конкурсов «инновационных ваучеров».
- ▶ Улучшение доступа работников сельского хозяйства к инновационным технологиям и информации в области адаптации к изменению климата и гидрометеорологии.

4.7 Институциональные аспекты адаптации: страхование рисков¹⁸

Ведение любой предпринимательской деятельности происходит в условиях риска и неопределенности. Природно-климатический риск, присутствующий в агропромышленном производстве, значительно влияет на конечные результаты производственной деятельности. Ежегодный экономический ущерб сельскохозяйственному производству от стихийных бедствий не только сопоставим с финансовыми результатами деятельности хозяйств, но и периодически превышает их. В условиях меняющегося климата страхование как эффективный инструмент передачи рисков имеет важнейшее значение для повышения финансовой устойчивости и поддержания доходности сельскохозяйственных предприятий.

С 2009 года в Беларуси существует обязательное страхование урожая сельскохозяйственных культур, скота и птиц. Ввиду специфики развития сельского хозяйства в стране, обязательное страхование с государственной поддержкой играет в отрасли ведущую роль. Уровень развития в стране добровольного страхования сельскохозяйственных культур незначителен из-за высоких тарифов при небольшом покрытии страхованием возникающего ущерба.

Для обеспечения качественной страховой защитой сельскохозяйственного производства в условиях изменяющегося климата необходимо совершенствование законодательной базы в части обязательного сельскохозяйственного страхования при участии государства. При этом механизмы страхования должны не только позволять использовать средства страховых резервов при наступлении неблагоприятных климатических явлений, но и мотивировать производителей эффективно использовать принадлежащие им площади и ресурсы.

При оптимальном сочетании обязательной и добровольной форм в ближайшие 5 – 10 лет приоритетным должно быть обязательное сельскохозяйственное страхование, так как участие всех хозяйств в формировании страхового фонда позволит поддерживать минимальные тарифные ставки. При этом дополнительное страхование в добровольной форме даст крупным сельскохозяйственным предприятиям и фермерским хозяйствам возможность получить страховое покрытие своего сельскохозяйственного производства в большем объеме и по более широкому перечню страховых рисков.

Важным направлением совершенствования системы страхования имущества сельскохозяйственных организаций должна стать разработка новых, более совершенных, страховых продуктов, прежде всего, комплексного характера. В частности, условия страхования необходимо дополнить принципом компенсации дополнительных (косвенных) убытков, которые возникают в результате наступления страхового случая в отношении конкретного вида имущества, что позволит обеспечить более полную страховую защиту сельскохозяйственных организаций.

Существующая практика страхования обеспечивает страховую защиту исключительно в рамках одного года страхования, не покрывая риски, связанные с долгосрочной перспективой изменения климата на территории страны. Важным направлением может стать разработка и внедрение новой системы страхования, обеспечивающей страхование рисков, связанных с долгосрочными последствиями изменения климата в сельском хозяйстве. Внедрение перспективного страхования должно, в первую очередь, проводиться по инициативе и с поддержкой государства, с возможностью перевода таких договоров в перспективе в разряд добровольного страхования.

¹⁸ Раздел подготовлен по материалам Е. Малаховской (Минский филиал Белгосстраха).

Меры адаптации посредством разработки и внедрения новых вариантов страхования сельскохозяйственных рисков, связанных с климатическими изменениями

- ▶ Расширение перечня принимаемых на страхование рисков, а также снижение тарифов на страхование продуктов сельскохозяйственного производства от рисков, связанных с гибелью или значительным снижением продуктивности сельскохозяйственных культур, гибелью или болезнями скота и птицы вследствие долгосрочных климатических изменений (смещения агроклиматических зон, увеличения повторяемости засух и засушливых явлений, увеличения повторяемости, продолжительности и интенсивности периодов экстремальной жары («волн тепла»), уменьшения числа дней с малым количеством осадков или увеличения количества осадков, приводящих к эрозии почв и повреждению растений, увеличения повторяемости и продолжительности зимних оттепелей, появления новых видов вредителей).
- ▶ Страхование убытков, связанных с недополучением прибыли сельскохозяйственным предприятием в результате неправильно выбранной стратегии развития и адаптации хозяйства (например, при неудачных попытках внедрения биотехнологий и селекции новых сельскохозяйственных культур, в связи с неудачным внедрением технологий для повышения урожайности путем использования удобрений и средств защиты растений, из-за структурной перестройки сельскохозяйственных угодий и пахотных земель), а также с необходимостью покрывать производственные расходы в ситуации отсутствия прибыли.
- ▶ Детальное изучение с участием банков, лизинговых компаний и других заинтересованных финансовых организаций и с учетом государственной поддержки страховых компаний возможностей страхования финансовых рисков, связанных с расходами на ведение деятельности (непогашение полученных кредитов, займов, лизинговых обязательств) в условиях изменения климата.
- ▶ Изучения возможностей «индексного страхования» с возмещением прямых затрат по индексным (например, метеорологическим) критериям при одновременном совершенствовании нормативно-правовой базы и практики ее применения (в т. ч. в отношении механизмов субсидирования) путем изменения налогового и страхового законодательства, разработки и внедрения элементов дополнительной организационно-финансовой инфраструктуры.
- ▶ Постепенное создание институциональных условий для участия международных страховых компаний в перестраховании рисков сельскохозяйственного производства на территории Беларуси.

5 МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ МЕР АДАПТАЦИИ

Настоящая Стратегия адаптации Республики Беларусь к изменению климата подготовлена в рамках проекта международной технической помощи Европейской Комиссии и служит только одним из шагов на пути к системной адаптации этой важнейшей отрасли к будущим изменениям условий производства и реализации продукции. Для превращения ее в инструмент стратегического планирования и в практический план действий на стыке сельскохозяйственного развития и государственной политики в области изменения климата необходимы дальнейшие шаги, ключевые из которых описаны ниже.

Межведомственное взаимодействие и участие других заинтересованных сторон

Дальнейшие действия по разработке и – в будущем – реализации мер адаптации в сельском хозяйстве Беларуси потребует взаимодействия ключевых центральных органов власти: Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, в целом отвечающего за разработку и реализацию государственной политики в области изменения климата, и Министерства сельского хозяйства и продовольствия, отвечающего за стратегические и практические вопросы развития и агропромышленного комплекса страны. Кроме двух указанных ведомств, для разработки и решения конкретных (в первую очередь, институциональных) вопросов в сфере своей компетенции потребуются участие и других центральных органов власти (в т. ч. Министерства экономики, Министерства лесного хозяйства, Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства энергетики, Государственного комитета по имуществу).

С учетом того, что значительную часть мер адаптации необходимо будет планировать реализовывать в контексте конкретных областей и районов, важно участие в процессе соответствующих территориальных подразделений органов власти, включая областные комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды и комитеты по сельскому хозяйству и продовольствию. Консультации с территориальными органами должны стать важной частью конкретизации мер адаптации на областном и районном уровнях, которая в перспективе потребует также участия и представителей местной власти.

Крупные и мелкие сельскохозяйственные предприятия могут оказать реальную помощь как в отношении стратегических вопросов, так и в разработке, оценке и апробации конкретных мер адаптации на местном уровне. Привлечение сельскохозяйственного и продовольственного бизнеса также поможет задействовать в интересах адаптации сельского хозяйства не только творческий потенциал и влияние частного сектора, но и его финансовые ресурсы. Наконец, организации сельскохозяйственной и смежных наук и общественные организации, включая ассоциации мелких производителей, способны оказать поддержку по новым направлениям (например таким, как «органическое» земледелие) и – последние – в консультациях с частными хозяйствами и населением, непосредственная работа с которыми государственных органов часто затруднительна и высокзатратна.

По аналогии с действующей в области развития «органического» сельского хозяйства рабочей группой из представителей различных организаций, научных учреждений и фермеров, целесообразно рассмотреть возможность образования сначала межведомственной, а потом расширенной рабочей группы из представителей заинтересованных отраслей и секторов для систематического обсуждения вопросов адаптации сельского хозяйства к изменению климата и координации подготовки и выполнения плана действий по адаптации сельского хозяйства.

Такой постоянно действующий механизм можно будет также использовать для рассмотрения и обеспечения связи адаптации с вопросами комплексного развития сельских территорий, вопросами адаптации других отраслей (в частности, водного хозяйства и мелиорации), а также для регулярного пересмотра приоритетов адаптации с учетом развития ситуации, поступления новой информации и знаний об изменении климата о его последствиях.

Расширение и углубление содержания

Для полномасштабной разработки плана практических действий необходима более детальная проработка аспектов, не затронутых в рамках данной Стратегии и проекта Clima East. В первую очередь, это касается животноводства – одной из ведущих отраслей сельского хозяйства Беларуси – и рыбоводства: в то время как проведенный анализ растениеводства и защиты растений в принципе позволяет перейти на следующий уровень разработки и планирования конкретных мероприятий по адаптации, для животноводства и рыбоводства пока намечены только самые общие направления.

Аналогично, значительно более детальной проработки требуют институциональные аспекты адаптации сельского хозяйства, обеспечивающие необходимую нормативно-законодательную, организационную, финансово-экономическую, социальную и информационную базу. Из этих вопросов при подготовке Стратегии были рассмотрены подробно вопросы развития и стимулирования «органического» сельского хозяйства, научно-инновационной деятельности и новых механизмов страхования рисков сельскохозяйственного производства.

Наконец, в территориальном разрезе сделан первый шаг на пути детализации приоритетов адаптации регионов Беларуси. В перспективе необходим более подробный территориальный анализ вероятных последствий изменения климата с точки зрения особенностей сельскохозяйственного производства в конкретных областях и в дальнейшем перенос этого анализа для планирования практических мер адаптации сельского хозяйства на районный и местный уровни. Продуктивно включение соответствующих долгосрочных (например, развитие определенных направлений растениеводства, озеленения и т.п.) и краткосрочных действий (вплоть до создания дружин быстрого реагирования при наводнениях) в планы адаптации к изменению климата на уровне сельских советов (см., например, Международное общественное объединение «Экопроект», 2016).

Экономический анализ и разработка мероприятий

Стратегия содержит обобщенные рекомендации по отдельным направлениям и мерам адаптации сельского хозяйства к изменению климата. Для их практического внедрения в рамках каждой из мер необходима разработка конкретных мероприятий с оценкой их длительности, территориального охвата, механизмов реализации и необходимых (в т. ч. финансовых) ресурсов. Подробная проработка этих аспектов с четким распределением ответственности позволит приступить к планированию и внедрению конкретных мероприятий в рамках общего плана действий.

Обобщенную оценку стоимости реализации мер было бы полезно сопоставить с ожидаемым ущербом и недополученной прибылью в сельском хозяйстве от изменения климата в отсутствие адаптации, хотя в мировой практике точность таких оценок остается недостаточной. Выполненные в рамках проекта расчеты (Козыра и др., 2017) позволяют сделать лишь укрупненную оценку возможных негативных последствий для сельского хозяйства Беларуси в

связи с прогнозируемыми тенденциями изменения климата. В частности, при снижении урожайности технических культур к 2050 году на 5 – 20% возможная недополученная выручка для сельскохозяйственных предприятий страны может составить 18 – 71 миллионов рублей в текущих ценах. Для зерновых культур возможные экономические потери при снижении урожайности зерновых на 3 – 11% они составят 48 – 178 миллионов рублей в год в текущих ценах. Выполнить детальную оценку ущерба для других секторов растениеводства, а также животноводства в рамках текущего проекта было затруднительно, но очевидно, что в отсутствие должных мер адаптации отрасли совокупный негативный эффект от последствий изменения климата может составить значительную величину. Выполненные оценки по недополученному урожаю только для двух культур (рапса и зерновых) уже превосходят текущий прямой ущерб от чрезвычайных ситуаций и сопоставимы с размером страховых выплат отрасли в целом.

Финансовое и нормативно-правовое обеспечение

Финансирование плана действий по реализации Стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь возможно осуществить за счет бюджетных средств, средств, получаемых от приносящей доходы деятельности, и других источников, разрешенных законодательством. Определенную роль могут играть международные механизмы технической и финансовой помощи в области адаптации к изменению климата, коренная реформа которых связана со вступлением в силу в 2016 году Парижского соглашения в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Для реализации направлений Стратегии и плана действий потребуются совершенствование и дальнейшее развитие нормативно-правовой базы в области сельскохозяйственного производства, гидрометеорологической деятельности, охраны окружающей среды и использования природных ресурсов. В перспективе разработка новых нормативно-правовых актов и внесение изменений и дополнений в действующее законодательство должны содействовать внедрению адаптационных мер как неотъемлемой части отраслевого планирования, включая создание механизмов «климатического анализа» отраслевых проектов, планов и программ.

Наконец, важным аспектом совершенствования нормативно-правовой базы будет поэтапное согласование деятельности по адаптации сельского хозяйства со снижением выбросов парниковых газов вследствие деятельности агропромышленного комплекса и использования земельных ресурсов страны.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Европейская экономическая комиссия ООН и Организация по безопасности и сотрудничеству в Европе. Стратегические направления адаптации бассейна реки Днестр к изменению климата. Сост. Н. Денисов. Женева – Киев – Кишинев, 2015, 72 с.

Европейская экономическая комиссия ООН и Программа развития ООН в Беларуси. Стратегические направления адаптации бассейна реки Неман к изменению климата. Сост. В. Н. Корнеев, А. А. Волчек и др. Брест, 2015, 68 с.

Козельцев М. (ред.). Разработка концепции Национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата. ПРОЕКТ. Подготовлен в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт CEEF2014-005-BL). Минск, 2016, 25 с.

Козыра Е., Вавер Р., Филютин И., Бертош Е. Оценка уязвимости сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата и определение возможного ущерба в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Отчет о выполнении работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт CEEF2016-072-BL), Минск, 2017, 83 с.

Логинов В. Ф. Изменения климата в Беларуси и их последствия для ключевых ситуаций экономики (сельское и водное хозяйство). — Минск: РУП «БелНИЦэкология», 2010, 151 с.

Международное общественное объединение «ЭКОПРОЕКТ». Оценка уязвимости Споровского сельского совета к изменениям климата. Стратегические направления и мероприятия по адаптации к изменениям климата на местном уровне (документ для обсуждения). Минск, 2016, 46 с.

Мельник В. И. Оценка позитивных и негативных последствий потепления климата для условий произрастания сельскохозяйственных культур на территории Беларуси / В. И. Мельник, 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 2006 г., Москва, с. 218-221.

Мельник В. И. Изменение климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в Республике Беларусь // Труды ФГБУ «ВНИИСХМ», 2013, вып. 38, с. 249-256.

Мельник В. И. (ред.) Разработка концепции Национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата. Краткое содержание проекта концепции (для открытого обсуждения общественностью). Подготовлено в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт CEEF2014-005-BL), Минск – Гомель – Пулавы, 2015, 15 с.

Мельник В., Яцухно В., Денисов Н., Николаева Л., Фалолеева М. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь. Отчет о выполнении работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт CEEF2016-071-BL), Минск – Женева, 2017, 83 с.

Митакович О. Значимые научные исследования и разработки (инновации) в области сельского хозяйства и развития агропромышленного комплекса, связанные с проблемами изменения климата. Отчет для Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East, Минск, 2017, 41 с.

Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Статистический сборник Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2015. Редакционная коллегия: И.В. Медведева - председатель, И.С. Кангро, Ж.Н. Василевская, Е.И. Кухаревич, О.А. Довнар, Е.М. Палковская, А.И. Боричевский, З.В. Якубовская. Минск, 2015, 318 с.

Форум восточных стран по климатическим изменениям. Национальный доклад: уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси. Минск, 2014, 44 с.

ЦНИИКИВР. Оценка и прогноз изменения стока рек Днепр и Припять с учетом адаптации к изменению климата: отчет о НИР, рук. Корнеев В. Н. - № ГР 20163206. Минск, 2016, 25 с.

Экологическая сеть «Зой». Республика Беларусь. Климат: факты и политика. Женева, 2017, 4 с.

Экологическая сеть «Зой» и Программа развития ООН в Беларуси. Что означает изменение климата для Беларуси? (информационный плакат). Женева – Минск, 2015

Якимович Е., Гертман Л., Козыра Е. Анализ практического опыта и разработка рекомендаций по адаптации сельскохозяйственного сектора к климатическим изменениям (на примере защиты растений) с учетом опыта Европейского союза. Отчет о выполнении работ в рамках Службы предоставления экспертных услуг проекта Clima East (контракт CEEF2016-073-BL), Минск, 2017, 34 с.

Ciscar, J.-C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabo, L., Van Regemorter, D., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O. B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C. M., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J. and Soria, A. Physical and economic consequences of climate change in Europe // Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108(7), 2 678–2 683 (doi: 10.1073 / pnas.1011612108).

European Environment Agency. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. Copenhagen, 2017, 424 pp.

Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S. and Moneo, M. A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe // Climatic Change 112(1), 2012, 29–46 (doi: 10.1007 / s10584-011-0338-8).

Jacob D., J. Petersen, B. Eggert, A. Alias, O. B. Christensen, L.M.Bouwer, A.Braun, A.Colette, M.Dequé, G.Georgievski, E. Georgopoulou, A. Gobiet, L. Menut, G. Nikulin, A. Haensler, N. Hempelmann, C. Jones, K. Keuler, S. Kovats, N. Kroner, S. Kotlarski, A. Kriegsmann, E. Martin, E. van Meijgaard, C. Moseley, S. Pfeifer, S. Preuschmann, C. Radermacher, K. Radtke, D. Rechid, M. Rounsevell, P. Samuelsson, S. Somot, J.-F. Soussana, C. Teichmann, R. Valentini, R. Vautard, B. Weber, P. Yiou. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research // Regional Environmental Change, 2014, 14:563–578 (doi: 10.1007 / s10113-013-0499-2)