

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОРМОПРОИЗВОДСТВО

© Сизова Ю.В., Борисова Е.Е.

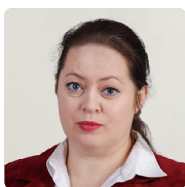


Юлия Валерьевна Сизова

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет
Княгинино, Российская Федерация

e-mail: sizova_yuliya@bk.ru

ORCID: 0000-0002-2727-607X



Елена Егоровна Борисова

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет
Княгинино, Российская Федерация

e-mail: borisova.lena1978@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-4339-222X

В статье рассмотрена дифференциация и влияние на стратегию размещения сельскохозяйственных культур зон Нижегородской области – Северной, Центральной и Южной. На основе сводной таблицы, включающей гидротермический коэффициент, сумму активных температур выше 10 °С, почвенный покров и состав возделываемых культур, показано, что каждая зона обладает специфическим набором агроклиматических ресурсов, определяющих структуру севооборота в хозяйстве. Установлено, что в Северной зоне (гидротермический коэффициент 1,59, дерново-подзолистые супесчаные почвы, 1800–2000 °С) приоритет принадлежит культурам, адаптированным к избыточному увлажнению почвы: озимая рожь, овес, лен-долгунец, клевер. В Центральной зоне (гидротермический коэффициент 1,32, серые лесные и дерново-подзолистые суглинистые почвы, 2000–2200 °С) возделывается универсальный набор культур при оптимальном влагообеспечении: озимая и яровая пшеница, ячмень, картофель, соя, кукуруза на силос. В Южной зоне (гидротермический коэффициент 1,15, темно-серые лесные почвы и оподзоленные черноземы, 2200–2300 °С) максимальный агрономический эффект обеспечивают засухоустойчивые и теплолюбивые культуры: кукуруза на зерно, сахарная свекла, подсолнечник, люцерна, суданская трава. Показано, что гидротермический коэффициент в условиях Нижегородской области выполняет зонально-дифференцирующую функцию. Так, в Северной зоне он указывает на риск переувлажнения и необходимость осушительных мероприятий, в Центральной – определяет оптимальные сроки укосов и баланс между кормовой и семенной продуктивностью, в Южной – служит инструментом раннего предупреждения засухи и обоснования адаптивных технологий. Зональный подход к использованию гидротермического коэффициента позволяет прогнозировать урожайность и своевременно корректировать систему кормопроизводства с учетом климатических условий каждой природной зоны области.

Кормопроизводство, природно-климатические условия, зоны, сельскохозяйственные культуры, гидротермический коэффициент, Нижегородская область, сумма активных температур, адаптивные технологии, почвенный покров.

Введение

Эффективность сельскохозяйственного производства, в том числе кормопроизводства, в значительной степени определяется климатическими условиями территории. Нижегородская область – субъект Российской Федерации, расположенный в центре европейской части России, входящий в состав Приволжского федерального округа. Область является крупным сельскохозяйственным регионом Нечерноземья, специализация отраслей сельского хозяйства которого включает: в растениеводстве – производство зерна, в животноводстве – молочное и мясное скотоводство, свиноводство и птицеводство.

Климат Нижегородской области умеренно континентальный с выраженной сезонностью, что создает благоприятные условия для развития разнообразных почвенно-климатических зон, что влияет на кормопроизводство и хозяйственную деятельность региона (Косолапов, Трофимов, 2013; Сиротенко, Павлова, 2010; Кутузова, 2022).

При этом природно-климатические условия Нижегородской области не являются равномерно распределенными в границах региона, отличаясь по климатическим и агроклиматическим условиям расположения районов хозяйствования. Это определяет необходимость зонально-дифференцированного подхода к организации кормопроизводства. Главной рекой Нижегородской области является Волга, которая делит область на две части – Левобережье (Заволжье) и Правобережье, которые сильно отличаются друг от друга по природно-климатическим условиям.

В регионе выделяются Заволжская возвышенность и Волжская низменная равнина. Эти две территории являются наиболее крупными природными комплексами в области – провинции низменного лесного Заволжья и холмистого лесостеп-

ного Правобережья (Любов, Недосеко, 2022).

Тенденцию потепления климата в Нижегородской области подтверждают многолетние наблюдения в городе Арзамас, являющегося фактически географическим центром Нижегородского Правобережья. В среднем за 2010–2020 гг. среднегодовая температура по области была около 5,5 °С, что указывает на умеренно холодный климат. О сезонной неравномерности осадков свидетельствуют изменения их количества от 25 мм в феврале до 68 мм в июле. Самые сухие месяцы: февраль–март и ноябрь–декабрь – по 25–33 мм осадков. Самый влажный месяц – июль (68 мм осадков). Ноябрь приобрел черты типично осеннего месяца, когда на фоне положительных температур довольно часто отсутствует снежный покров. Месяц март по температурному режиму становится весенним месяцем (со среднемесячной температурой воздуха около 0 °С или чуть выше). При этом заметно сократилась продолжительность зимнего сезона (Любов, 2023).

Изменения климата влияют не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на качество товарной продукции растениеводства. В результате агрометеорологических исследований выявлено большое количество физико-статистических зависимостей между характеристиками условий погоды и показателями, определяющими качество сельскохозяйственной продукции. Этот научный потенциал до сих пор практически не используется для оценок влияния наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство (Дыня и др., 2012; Азарова, 2019; Прядыльщикова и др., 2022; Генералов, 2023; Сиротенко, Павлова, 2023).

Для стабилизации и увеличения валового сбора зерна необходимо создавать устойчивые к стрессовым факторам как

абиотические (температурный, водный режимы; потребность и способность к выносу элементов питания, устойчивость к применению современных средств защиты растений, повышенных доз минеральных удобрений и т. д.), так и биотические (резистентность к болезням и вредителям) новые сорта зерновых культур (в т. ч. пшеницы), которые должны быть адаптированы к конкретным почвенно-

климатическим условиям региона своего районирования (Есаулко и др., 2022).

Целью исследования является обоснование зональных подходов к размещению сельскохозяйственных культур в Нижегородской области на основе анализа агроклиматических различий между Северной, Центральной и Южной зонами.

Материалы и методика

Объектом исследования является природно-географическое положение Нижегородской области и его влияние на дифференциацию кормопроизводства.

Исследование выполнено на основе данных метеостанций «Шахунья» (Северная зона, Заволжье), «Работки» (Центральная зона, переходная) и «Починки» (Южная зона, Правобережье) в среднем за период с 2023 по 2025 год.

Результаты и обсуждение

Сезонные изменения климата в Нижегородской области, такие как температура, осадки, влажность и солнечные часы, важны для оценки климатических условий региона и планирования сельскохозяйственной деятельности.

Ключевым прогностическим показателем, связывающим климатические условия с продуктивностью кормовых культур, является гидротермический коэффициент (ГТК). В условиях Нижегородской области, в которой климат меняется от избыточно влажного (север) до периодически засушливого (юг области), ГТК

позволяет дифференцировать стратегии кормопроизводства и прогнозировать урожайность с учетом зональных особенностей.

Гидротермический коэффициент, предложенный Г.Т. Селяниновым, количественно характеризует «эффективное увлажнение» территории, сопоставляя сумму осадков за период активной вегетации с суммой температур выше 10 °С. Для кормопроизводства значение ГТК не ограничивается климатической классификацией, он напрямую связан с возможностью прогнозировать урожайность трав, сена и силосных культур (Косолапов и др., 2011; Косолапов, Трофимов, 2013).

Для сравнительной оценки суммы активных температур и осадков в Северной (Заволжье), Центральной (переходная) и Южной (Правобережье) зон Нижегородской области был проведен анализ данных метеостанций «Шахунья», «Работки» и «Починки». Обобщенные агроклиматические показатели за период с 2023 по 2025 гг. приведены на *рис. 1*.

Зональные различия в теплообеспеченности закономерно отражаются и на продолжительности вегетационного периода: в северной зоне (Заволжье) она

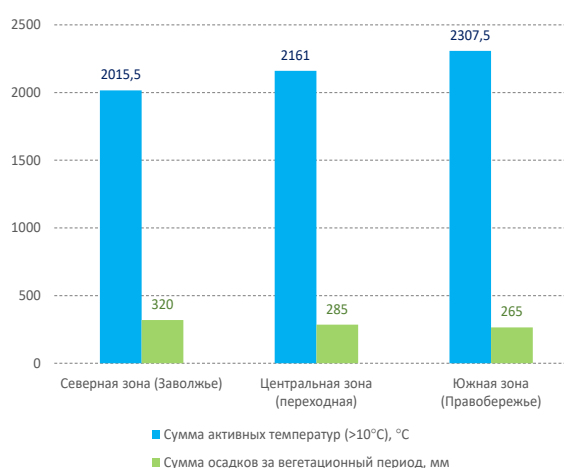


Рис. 1. Агроклиматические условия исследуемых зон Нижегородской области

Источник: Паспорт гидрометеорологической службы Нижегородской области. Нижний Новгород: ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС». 2024.

составляет 168 дней, в центральной (переходной) – 172 дня, в южной (Правобережье) – 176 дней. Разница между крайними зонами достигает 8 дней, что имеет существенное значение для выбора сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур.

Анализ данных рисунка 1 показывает, что в пределах одной Нижегородской области с севера на юг закономерно меняются агроклиматические условия. Рост суммы активных температур повышается с 2015,5 до 2307,5 °С, что сопровождается снижением осадков с 320 до 265 мм и приводит к последовательному уменьшению ГТК с 1,59 до 1,15. Изменение коэффициента обозначает переход от зоны избыточного увлажнения (Северная зона) через промежуточные условия к зоне обеспеченного увлажнения у ее нижней границы (Южная зона), в связи с чем также меняется главный лимитирующий фактор кормопроизводства. Так, если в Северной зоне, где ГТК равен 1,59, основным ограничителем является азотное питание и необходимость борьбы с последствиями переувлажнения, то в Южной зоне с ГТК, равным 1,15, на первое место выходит дефицит влаги, требующий перестройки всей системы земледелия в сторону влагосбережения и подбора засухоустойчивых культур. В центральной зоне значение ГТК составило 1,32, что указывает на влажные условия, но без избытка. Именно в данной зоне формируется максимальная продуктивность люцерны серповидной до 8,33 т/га, а также созданы оптимальные условия для укоса злаковых трав.

Значение ГТК в Заволжье (1,59) указывает избыточную влажную зону, что создает риск переувлажнения почвы, вымывания питательных веществ и полегания трав. Для кормопроизводства это означает необходимость осушительных мероприятий и подбора культур. Люцерна в таких условиях может снижать семенную продуктивность, поэтому ее целесообразно

использовать преимущественно на кормовые цели.

Таким образом, разница между северной и южной зонами по ГТК составляет 0,44 (1,59 против 1,15). При этом осадки различаются всего на 55 мм (320 против 265), но сумма активных температур – на 292°С (2015,5 против 2307,5). Это наглядно демонстрирует главный принцип – Южная зона получает меньше осадков при более высоких температурах, что создает двойной дефицит влаги. Именно поэтому ГТК является более информативным показателем для кормопроизводства, чем простая сумма осадков.

Понимание этих зональных различий позволяет разработать дифференцированные агротехнические рекомендации для каждой зоны, что является основой для повышения продуктивности и устойчивости кормопроизводства в условиях изменчивого климата Нижегородской области.

Полученные значения ГТК задают зональную шкалу увлажнения, которая напрямую определяет стратегию возделывания конкретных кормовых культур в каждой зоне Нижегородской области. Однако для практики ведения кормопроизводства важно понимать, что среднее значение ГТК за вегетационный период является лишь общим фоном. Внутри сезона увлажнение распределяется неравномерно, и разные кормовые культуры индивидуально реагируют на его динамику. Особенно это касается многолетних трав, продуктивность которых формируется по укосам, и пропашных культур с критическими фазами развития в середине лета.

Согласно данным В.М. Косолапова и соавторов, значения ГТК для возделывания кормовых культур в пожнивных и поукосных посевах: оптимальные – 1,4–1,6 и выше, удовлетворительные – 1,0–1,4, неудовлетворительные – менее 0,6 (Косолапов и др., 2014).

Показатель влагообеспеченности, напротив, снижается с севера на юг. Сумма осадков за вегетационный период уменьшается с 320 мм в Заволжье до 265 мм в Правобережье (разница 55 мм, или 17%). Это связано с преобладающим переносом влажных воздушных масс с запада и северо-запада: северные районы области получают больше осадков, тогда как южные испытывают их дефицит.

Таким образом, северная зона характеризуется умеренным теплом и избыточным увлажнением, Центральная – оптимальным сочетанием тепла и влаги, южная – максимальным теплом при недостатке осадков. Это определяет различия в наборе возделываемых культур, сроках сева и агротехнологиях. В Заволжье предпочтительны влаголюбивые и холодостойкие культуры.

В соответствии с зональной спецификой влаго- и теплообеспеченности подбор сельскохозяйственных культур и их сортов осуществляется дифференцированно по трем агроландшафтным зонам Нижегородской области.

Северная зона (ГТК – 1,59) характеризуется избыточным увлажнением, пониженным температурным фоном и преобладанием дерново-подзолистых почв с кислой реакцией среды. В данных условиях наибольшую адаптивность проявляют культуры, толерантные к избыточному увлажнению и почвенной кислотности. Основной зерновой культурой является озимая рожь. Среди районированных наибольший интерес представляют сорта, обладающие высокой зимостойкостью и устойчивостью к снежной плесени, такие как Фаленская-4, Кировская-89, Вятка-2 и Флора. Из яровых зерновых культур ведущим является овес – влаголюбивая культура, хорошо переносящая прохладный климат и кислые почвы; рекомендованы сорта Аргамак, Кречет, Конкур, Кентер и Драгун. Яровой ячмень представлен со-

ртами Нур, Памяти Чепелева, Деспина и Надежный, которые характеризуются высокой экологической пластичностью. Из зернобобовых культур предпочтение отдается гороху (сорта Синбир, Тус, Альбумен, Аист) и вике яровой (сорта Льговская-22, Спутница). Обязательным агротехническим приемом для кислых почв Северной зоны является известкование с доведением pH до 5,5–6,0, после которого существенно расширяются возможности выращивания яровой пшеницы и гороха. При отсутствии известкования наибольшей устойчивостью обладают озимая рожь, овес и вика.

Центральная зона (ГТК – 1,32) характеризуется достаточным увлажнением, умеренным температурным режимом и преобладанием серых лесных почв. В данных условиях значительно расширяется ассортимент возделываемых культур по сравнению с Северной зоной. Ведущее положение занимает озимая пшеница, сменяющая озимую рожь в качестве основной зерновой культуры. Рекомендованы сорта Московская-56, Немчиновская-85, Московская-82 и Московская-39, обеспечивающие стабильную урожайность на серых лесных почвах. Яровой ячмень представлен сортами Нур, Деспина, Надежный и Памяти Чепелева; яровая пшеница – сортами Награда, Симбирцит и Баженка. Из зернобобовых культур возделываются горох (Синбир, Тус, Шеврон, Ульяновец) и овес (Аргамак, Кречет, Кентер, Драгун). За счет лучшего теплообеспечения в Центральной зоне становится возможным выращивание кукурузы на силос с использованием гибридов РОСС 130 МВ, Сибирский-135 и Воронежский-158 СВ, а также сои ультраранних и ранних сортов (Мезенка, Лидер-1), обеспечивающих стабильную урожайность при соблюдении сроков сева. Картофель представлен сортами Удача, Невский, Гала и Ред Скарлетт, формирующими вы-

сокие и стабильные урожаи в условиях достаточного влагообеспечения.

Южная зона (ГТК – 1,1) характеризуется недостаточным увлажнением и повышенным риском засух, однако обладает наибольшим теплообеспечением в области и самыми плодородными почвами – темно-серыми лесными и оподзоленными черноземами. В данных условиях максимально раскрывается потенциал теплолюбивых и засухоустойчивых культур. Основной зерновой культурой остается озимая пшеница, при этом приоритет отдается засухоустойчивым сортам Немчиновская-85 и Поэма, а также сортам Московская-56 и Памяти Федина. Принципиальным отличием Южной зоны является возможность вызревания кукурузы на зерно с использованием гибридов ФАО до 200 (Ладожский-202, КС-178 СВ). Из технических культур возделываются подсолнечник (Скороспелый-87, Енисей, Бузулук), сахарная свекла (Рамонская-06, гибриды KWS) и яровой рапс (Яркий, Лагонда, Ярило). Соя представлена ультраранними и ранними сортами Мезенка, СК Альта и Сенатор, обеспечивающими урожайность до 45 ц/га на черноземах Большеболдинского района. В качестве кормовых культур возделываются суданская трава и сорго-суданковые гибриды (Кинельская-100, Чишминский-84), а также многолетние бобовые травы – люцерна (Сарга, Пастбищная-88, Таисия) и эспарцет (Песчаный-1251), обладающие высокой засухоустойчивостью и адаптированные к черноземным почвам. Засухоустойчивость является критически важным селекционным признаком при подборе сортов для данной зоны.

В Правобережье – теплолюбивые и засухоустойчивые. Наибольший показатель отмечен в южной зоне. Температурные условия считаются хорошими, если растения обеспечены теплом на 80% и более. Малотребовательны к теплу озимые рожь

и пшеница, овес, ячмень, раннеспелые и среднеспелые сорта гороха, лен-долгунец. В пределах области им достаточно тепла, необходимого для созревания.

Наиболее требовательные к теплу и ограниченные в своем распространении – просо, кукуруза, поздние сорта картофеля. Для них нужны дополнительные меры, направленные на улучшение температурных условий вегетационного периода: выбор более теплого участка, подбор скороспелых сортов и т. д.

На жизнеспособность и урожайность озимых культур и многолетних трав влияют условия перезимовки. Зимний режим начинается с устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха ниже 0 °С, чаще всего в сроки с 26 октября по 1 ноября. В этот период обычно появляется устойчивый снежный покров на севере области, а на уровне Нижнего Новгорода – около 20 ноября. Уровень снега определяет условия перезимовки озимых культур и многолетних трав, пополняет запасы почвенной влаги к началу вегетации. Возрастание его продолжается в течение зимы, достигая наибольшей высоты, обычно, в конце февраля – первой половине марта.

Наиболее холодным периодом зимы бывает, как правило, вторая половина января и первая половина февраля. Достаточно надежная защита от вымерзания озимых и многолетних трав – снежный покров высотой 30 см. Промерзание почвы начинается в ноябре с установлением среднесуточной температуры воздуха -5 °С. Средняя глубина промерзания в заволжских районах достигает 60–80 см, в правобережных 70–100 см, а максимальная в большинстве районов – 1,5–2 м.

Начало посевных работ и их ход определяются погодными условиями весны. Разрушение устойчивого снежного покрова на полях Правобережья происходит 7–12 апреля, в Заволжье 14–18 апреля, а окончательный сход снега – спустя

5 дней. Обычно от разрушения снежного покрова до поспевания почвы проходит 15–20 дней. Мягкопластичное состояние в Заволжье наступает 30 апреля – 5 мая, а в Правобережье – 25–30 апреля. К этому времени среднесуточная температура воздуха достигает 8 °С, а почва на глубине пахотного слоя прогревается до 5 °С, что служит показателем наиболее благоприятного срока сева ранних яровых культур. При прогревании пахотного слоя до 10 °С создаются благоприятные условия для сева поздних культур – проса и гречихи, при достижении 15 °С вероятность заморозков в это время составляет 10–20%.

Выводы

Таким образом, дифференциация агроландшафтных зон Нижегородской области определяет четкую стратегию размещения сельскохозяйственных культур. В Северной зоне приоритет принадлежит культурам, толерантным к избыточному увлажнению и почвенной кислотности (озимая рожь, овес, вика, лен, клевер). В Центральной зоне возделывается универсальный набор культур при оптимальном влагообеспечении (озимая и яровая пшеница, ячмень, картофель, соя, куку-

руза на силос). В Южной зоне максимальный агрономический эффект обеспечивают засухоустойчивые и теплолюбивые культуры (кукуруза на зерно, сахарная свекла, подсолнечник, люцерна, эспарцет, суданская трава).

Сортовой состав в каждой зоне подбирается с учетом гидротермического коэффициента, суммы активных температур и агрохимических свойств почвенного покрова. Гидротермический коэффициент в условиях Нижегородской области выполняет зонально-дифференцирующую функцию. В северной зоне (Заволжье) ГТК указывает на риск переувлажнения и необходимость осушительных мероприятий. В центральной зоне он определяет оптимальные сроки укосов и баланс между кормовой и семенной продуктивностью. В южной (правобережной) зоне ГТК служит инструментом раннего предупреждения засухи и обоснования адаптивных технологий. Такой зональный подход к использованию ГТК позволяет не только прогнозировать урожайность, но и своевременно корректировать систему кормопроизводства в зависимости от конкретных климатических условий каждой природной зоны области.

ЛИТЕРАТУРА

- Азарова М.Ю. (2019). Влияние почвенно-климатических условий на технологию возделывания озимой пшеницы в условиях засушливой зоны Ставропольского края // Наука и Образование. Т. 2. № 2. С. 267.
- Генералов И.Г. (2023). Методический подход к определению зон стратегического развития производства зерна // Экономический анализ: теория и практика. Т. 22. № 11 (542). С. 2020–2036. DOI: 10.24891/ea.22.11.2020.
- Дыня Я.М., Житов В.В., Русакова М.В. (2012). Влияние почвенно-климатических условий и уровня удобрений на устойчивость урожая яровой пшеницы в условиях лесостепи Приангарья // Актуальные вопросы аграрной науки. № 5. С. 5–11.
- Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Голосной Е.В. [и др.]. (2022). Влияние погодно-климатических условий на генетико-физиологическую систему растений озимой пшеницы в засушливых условиях Центрального Предкавказья // Юг России: экология, развитие. Т. 17. № 1 (62). С. 136–150. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-136-150.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А. (2013). Научное обеспечение кормопроизводства России // Успехи современного естествознания. № 12. С. 47–50.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А. (2013). Справочник по кормопроизводству // Успехи современного естествознания. № 12. С. 51–52.

- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. (2011). Многофункциональное кормопроизводство России // Кормопроизводство. № 10. С. 3–5.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. [и др.]. (2014). Справочник по кормопроизводству. Москва: Россельхозакадемия. 717 с.
- Кутузова А.А. (2022). Научное обеспечение лугового кормопроизводства России // Адаптивное кормопроизводство. № 3. С. 14–24. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-14-24
- Любов М.С. (2023). Климатические тенденции в Нижегородском Правобережье в XXI веке // Вопросы исторического и экологического регионоведения: сборник статей участников IV Всероссийской научно-практической конференции. Арзамас: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. С. 516–521.
- Любов М.С., Недосеко О.И. (2022). Влияние климатических изменений на динамику фенологических процессов в Нижегородском Правобережье // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. № 4. С. 78–94. DOI: 10.21685/2307-9150-2022-4-8
- Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В., Старковский Б.Н. (2022). Создание пастбищных агрофитоценозов для адаптивного кормопроизводства Северо-Запада РФ // Молочнохозяйственный вестник. № 4 (48). С. 65–80. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_65
- Сиротенко О.Д., Павлова В.Н. (2010). Новый подход к идентификации функционалов погода – урожай для оценки последствий изменения климата // Метеорология и гидрология. № 2. С. 92–100.

Сведения об авторах

Юлия Валерьевна Сизова – кандидат биологических наук, доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (Российская Федерация, 606340, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22А; e-mail: sizova_yuliya@bk.ru)

Елена Егоровна Борисова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (Российская Федерация, 606340, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22А; e-mail: Borisova.lena1978@yandex.ru)

CLIMATIC CONDITIONS OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION AND THEIR INFLUENCE ON FEED PRODUCTION

Sizova Yu.V., Borisova E.E.

The article examines the differentiation and influence on the strategy of agricultural crop placement of the zones of the Nizhny Novgorod Region – the Northern, Central, and Southern zones. On the basis of a summary table including the hydrothermal coefficient, the sum of active temperatures above 10 °C, soil cover, and the composition of cultivated crops, it is shown that each zone possesses a specific set of agroclimatic resources that determine the structure of crop rotation on the farm. It is established that in the Northern zone (hydrothermal coefficient 1.59, soddypodzolic sandy loam soils, 1800–2,000 °C), priority belongs to crops adapted to excessive soil moisture: winter rye, oats, fiber flax, and clover. In the Central zone (hydrothermal coefficient 1.32, gray forest and soddypodzolic loamy soils, 2,000–2,200 °C), a universal set of crops is cultivated under optimal moisture supply: winter and spring wheat, barley, potatoes, soybeans, and corn for silage. In the Southern zone (hydrothermal coefficient 1.15, dark gray forest soils and podzolized chernozems, 2,200–2,300 °C), the maximum agronomic effect is provided by

droughtresistant and heatloving crops: corn for grain, sugar beet, sunflower, alfalfa, and Sudan grass. It is shown that the hydrothermal coefficient under the conditions of the Nizhny Novgorod Region performs a zonal differentiating function. Thus, in the Northern zone it indicates the risk of excessive moisture and the need for drainage measures; in the Central zone, it determines optimal mowing dates and the balance between forage and seed productivity; and in the Southern zone it serves as a tool for early drought warning and for substantiating adaptive technologies. The zonal approach to the use of the hydrothermal coefficient makes it possible to predict yields and promptly adjust the feed production system taking into account the climatic conditions of each natural zone of the region.

Feed production, natural and climatic conditions, zones, agricultural crops, hydrothermal coefficient, Nizhny Novgorod Region, sum of active temperatures, adaptive technologies, soil cover.

REFERENCES

- Azarova M.Yu. (2019). The influence of soil and climatic conditions on the technology of growing winter wheat in the arid zone of the Stavropol Territory. *Nauka i Obrazovanie*, 2(2), 267 (in Russian).
- Generalov I.G. (2023). A methodological approach to identifying zones for the strategic development of grain production. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 22, 11(542), 2020–2036. DOI: 10.24891/ea.22.11.2020 (in Russian).
- Dynya Ya.M., Zhitov V.V., Rusakova M.V. (2012). The influence of soil and climatic conditions and the level of fertilization on the yield stability of spring wheat in the forest-steppe zone of the Angara region. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki*, 5, 5–11 (in Russian).
- Esaulko A.N., Pis'mennaya E.V., Golosnoi E.V. et al. (2022). The impact of weather and climatic conditions on the genetic and physiological system of winter wheat plants in the arid conditions of the Central Ciscaucasia. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 17, 1(62), 136–150. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-136-150 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A. (2013). Scientific support for feed production in Russia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 12, 47–50 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A. (2013). Handbook on feed production. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 12, 51–52 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. (2011). Multifunctional fodder production in Russia. *Kormoproduktstvo=Fodder Production*, 10, 3–5 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. et al. (2014). *Spravochnik po kormoproduktstvu* [Handbook on Feed Production]. Moscow: Rossel'khozakademiya.
- Kutuzova A.A. (2022). Scientific support for meadow forage production in Russia. *Adaptivnoe kormoproduktstvo*, 3, 14–24. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-14-24 (in Russian).
- Lyubov M.S. (2023). Climate trends in the Nizhny Novgorod Right Bank region in the 21st century. In: *Voprosy istoricheskogo i ekologicheskogo regionovedeniya: sbornik statei uchastnikov IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Issues of Historical and Environmental Regional Studies: Collection of Articles by Participants of the 4th All-Russian Scientific and Practical Conference]. Arzamas: Natsional'nyi issledovatel'skii Nizhegorodskii gosudarstvennyi universitet im. N.I. Lobachevskogo (in Russian).
- Lyubov M.S., Nedoseko O.I. (2022). The impact of climate change on the dynamics of phenological processes in the Nizhny Novgorod Right Bank region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Estestvennye nauki*, 4, 78–94. DOI: 10.21685/2307-9150-2022-4-8 (in Russian).
- Pryadil'shchikova E.N., Vakhrusheva V.V., Starkovskii B.N. (2022). The creation of pasture agrophytocenoses for adaptive forage production in the North-West of the Russian Federation. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 4(48), 65–80. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_65 (in Russian).

Sirotenko O.D., Pavlova V.N. (2010). A new approach to identifying weather–crop functional relationships for assessing the consequences of climate change. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2, 92–100 (in Russian).

Information about the authors

Yulia V. Sizova – Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (22A, Oktyabrskaya Street, Knyaginino, 606340, Russian Federation; e-mail: sizova_yuliya@bk.ru)

Elena E. Borisova – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (22A, Oktyabrskaya Street, Knyaginino, 606340, Russian Federation; e-mail: Borisova.lena1978@yandex.ru)