

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

**СБОРНИК ТРУДОВ, ПРИУРОЧЕННЫХ К МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЁННОЙ 165-
ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.А. МИХЕЛЬСОНА**

**«АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА»**



Москва

2025

УДК 551.5
ББК 26.236

Сборник трудов, приуроченных к международной научно-практической конференции, посвящённой 165-летию со дня рождения В.А. Михельсона «Адаптация сельского хозяйства к изменениям климата», г. Москва, 2025 г. / Коллектив авторов [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (23,6 Мб). – Москва: Издательство РГАУ – МСХА, 2025. – 1 электрон. опт. диск(DVD-ROM). – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024×768; Adobe Acrobat; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана.

Редакционная коллегия

Проректор по научной работе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, д.б.н., профессор **М.И. Селионова**, начальник управления научной и инновационной деятельности РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, к.п.н., доцент **Л.В. Верзунова**, и.о. заведующего кафедрой метеорологии и климатологии, к. геогр.н., доцент **Е.А. Дронова**, и.о. директора Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона **Д.Ю. Осин**, ассистент кафедры метеорологии и климатологии **П.С. Ильин**.

Организаторы конференции: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Сборник содержит статьи по материалам докладов участников международной научно-практической конференции, посвящённой 165-летию со дня рождения В.А. Михельсона «Адаптация сельского хозяйства к изменениям климата», проводившейся 10 декабря 2025 г. на базе ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. Издание представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, руководителей и специалистов АПК.

ISBN 978-5-9675-2127-0

© Коллектив авторов, 2025

© ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025

Посвящается светлой памяти

Владимира Александровича Михельсона

Уважаемый читатель!

Этот сборник посвящен 165-летию со дня рождения известного ученого, физика, метеоролога Владимира Александровича Михельсона.

Волею судеб он оказался в стенах Тимирязевской академии и всё свое служение посвятил её развитию и продвижению науки. Его стихия – физика. Он получил степень доктора физики в 1894 году, и был назначен профессором московского сельскохозяйственного института по кафедре физики и метеорологии. Первый кабинет физики – лучший в Москве! Регулярный большой курс физики в академии. Первый учебник физики в двух томах – который пережил 15 изданий в течение 35 лет! Член большого количества международных организаций по физике и математике. Изобретатель пластинчатого биметаллического актинометра – это принесло ему мировую славу! Его друг – Макс Планк, и с ним он обсуждает концепцию квантовой теории и теории теплового излучения тел и находит его полнейшую поддержку в этих вопросах.

В стенах сельскохозяйственной академии Владимир Александрович уделял огромное значение изучению факторов внешней среды и их влиянию на сельскохозяйственное производство. Он внёс огромный вклад в развитие сельскохозяйственной метеорологии в России. Один из ведущих физиков России, основатель сельскохозяйственных метеорологических исследований, Владимир Александрович Михельсон внес неоценимый вклад не только в развитие фундаментальных направлений этих наук, но и в их преподавание.

Отношение Владимира Александровича к науке и научным исследованиям остается современным и актуальным до сих пор. С ним, с его исследованиями, связана целая эпоха в развитии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

СЕКЦИЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.50:633.1

АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА:

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
метеорологии, Обнинск, vnp2003@bk.ru

Аннотация: Представлены результаты исследований по оценке тенденций и пространственных закономерностей изменения климатических рисков потерь урожая, обусловленных опасными явлениями засуха и переувлажнение почвы, на территории ЕЧР. Показано, что рост климатических рисков, обусловленных засухой, в климатическом периоде 1991–2020 гг. относительно 1961–1990 гг., наблюдается на юге Приволжского ФО. В то же время климатические риски, обусловленные переувлажнением почвы, увеличились на территории Пермского края. Положительным последствием современного потепления климата является уменьшение климатических рисков как от засушливых явлений, так и от переувлажнения почвы на территории Центрального ФО.

Ключевые слова: изменение климата, повторяемость засух, потери урожайности, климатические риски.

Актуальность

Изменения агроклиматических условий, наблюдаемые в XX в. и начале XXI в., имеют ряд неблагоприятных последствий для растениеводства, в частности, для производства зерна. Часть этих последствий обусловлена увеличением частоты и интенсивности экстремальных явлений погоды, основное из которых — засуха [1]. Для северных и влажных регионов к таким

неблагоприятным явлениям погоды можно отнести избыточное увлажнение и заморозки.

В Третьем оценочном докладе об изменении климата отмечается, что наблюдаемые тенденции к усилению засушливости, вероятно, приведут к росту уязвимости территорий и климатического риска крупных неурожаев зерновых культур в южных и юго-восточных регионах европейской территории России [2]. Проблема глобальных и региональных изменений климата актуальна для мирового сообщества в связи с возникновением климатических рисков и необходимостью адаптации к происходящим климатическим изменениям.

Статистика последних лет свидетельствует о растущем во всём мире ущербе в сельскохозяйственном производстве от опасных погодных и климатических явлений [3]. По данным Национального союза агростраховщиков, в Российской Федерации основными рисками, которые привели к страховым выплатам в 2012–2023 гг., стали явления засухи (62 % от объёма выплат), гидрологические явления (19 %), «штормовые» явления (7 %) [4].

Современные и прогнозируемые изменения климата создают значительные риски для развития российского агросектора. Ожидается, что южная граница короткопериодных засух продолжительностью 5–10 дней за месяц будет смещаться к северу [5].

В связи с этим актуальным представляется получение достоверных количественных оценок влияния изменений климата на продуктивность зерновых культур, которые позволили бы оценить климатические риски крупных неурожаев.

Цель данной работы – оценить изменение климатических рисков при производстве зерновых культур в климатический период 1991–2020 гг. относительно предыдущего тридцатилетнего периода 1961–1990 гг. в основных регионах земледельческой зоны европейской части России (ЕЧР).

Объекты и методы исследования

Территория исследования включает сельскохозяйственную зону ЕЧР в масштабе федеральных округов (ФО) и крупных макрорегионов, а именно – север и юг Центрального ФО, север и юг Приволжского ФО, территорию Северо-Западного ФО, Южного ФО и Ставропольского края. Использовались среднемесячные данные по температуре приземного воздуха и атмосферным осадкам по 48 метеорологическим станциям (МС) за период с 1961 по 2020 гг.

Для оценки климатических рисков при возделывании зерновых культур используется показатель уязвимости с учётом климатически обусловленной урожайности конкретных культур и биоклиматического потенциала территории, которые рассчитываются в имитационной системе «Климат-Почва-Урожай» (КПУ) [6]. Коэффициент уязвимости показывает степень «недоиспользования» климатических ресурсов территории. Климатический риск в свою очередь рассчитывается как произведение уязвимости и частоты опасного агрометеорологического явления. Оценки рисков выражены в процентах от величины максимального риска, равного 100 % [7].

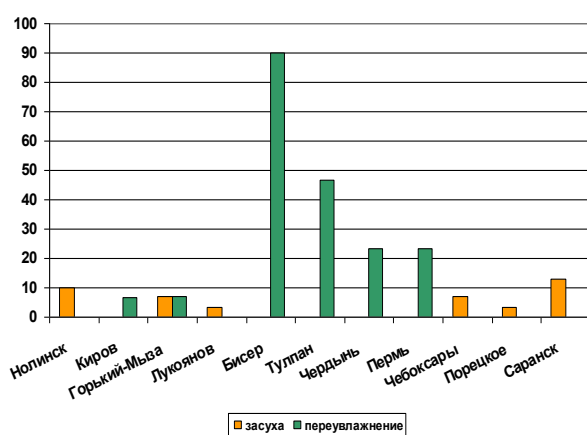
Биоклиматический потенциал – расчётный показатель, характеризующий сельскохозяйственную продуктивность в условиях данного климата. Климатически обусловленная урожайность зерновых культур – моделируемая урожайность, которая рассчитывается в системе КПУ при заданном уровне агротехники и почвенного плодородия и текущих метеорологических условиях [8]. Рассматриваются климатические риски, связанные с двумя основными опасными агрометеорологическими явлениями – засухой и переувлажнением почвы. В качестве показателя засушливости используется гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). При значении ГТК $< 0,6$, рассчитанном за период май–август, явление классифицируется как засуха, а при ГТК $> 2,0$, рассчитанном за период август–сентябрь, — как переувлажнение почвы.

Обсуждение результатов

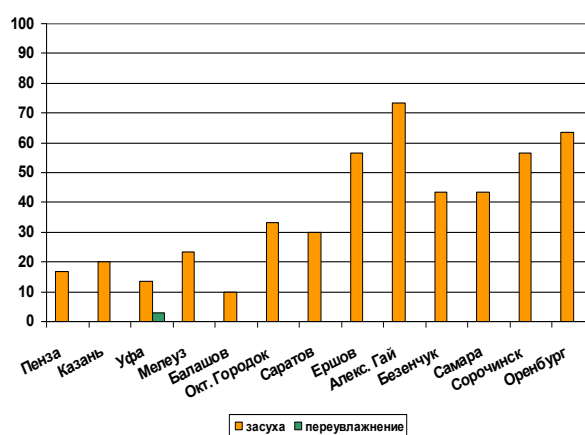
Основной тенденцией современного потепления является рост температуры приземного воздуха и, соответственно, рост теплообеспеченности и продолжительности вегетационного периода сельскохозяйственных культур. Летом наибольшие значения разности климатических норм в пределах от 1,5 до 2 °С отмечаются в западных областях Центрального ФО [9].

Что касается атмосферных осадков, то наиболее ярко различия норм по осадкам за два базовых периода проявились летом, при этом на территории страны преобладают области с отрицательными аномалиями норм. Осенью нормы по осадкам за период 1991–2020 гг. увеличились на большей части страны, особенно в западных областях [9]. К положительным факторам изменения климата следует отнести тенденцию к росту весенних осадков, которая наблюдается в последние десятилетия в земледельческой зоне.

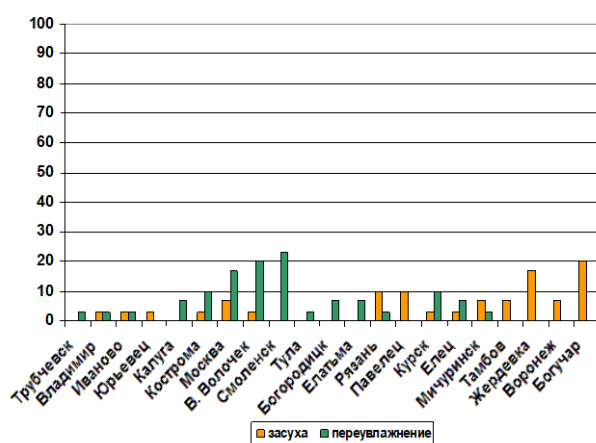
Анализ показывает, что засушливые условия характерны для юга Приволжского ФО, чернозёмной зоны Центрального ФО и большей части Южного ФО (рисунок).



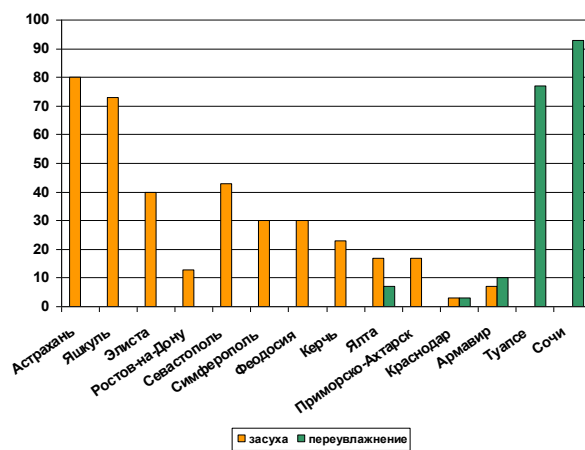
Приволжский ФО, север



Приволжский ФО, юг



Центральный ФО



Южный ФО

Рисунок 1. Повторяемость засух и переувлажнения почвы (%) на территории Приволжского, Центрального и Южного федеральных округов с 1991 по 2020 гг.

В то же время в нечернозёмной зоне Центрального ФО повторяемость переувлажнения может достигать 23 %, на севере Приволжского ФО – 90 % (МС Бисер), а в субтропической зоне Южного ФО – 93 % (МС Сочи).

Значения ГТК Г.Т. Селянинова, характеризующие условия увлажнения, уменьшились от периода 1961–1990 гг. к периоду 1991–2020 гг. в регионах, где яровая пшеница является основной зерновой культурой на ЕЧ России – в Поволжье и на юге ЦФО, что свидетельствует о дефиците увлажнённости этой территории (таблица). На территории Северо-Кавказского ФО аномалии ГТК положительные – здесь сложилась более благоприятная ситуация по режиму увлажнения.

Таблица 1

Климатический риск крупного недобора урожая яровой пшеницы, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова и повторяемость опасных явлений на ЕТ России за периоды 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.

Федеральный округ, макрорегион	1961–1990			1991–2020		
	ГТК, ед.	P, %	R, %	ГТК, ед.	P, %	R, %
опасное явление «засуха»						
Северо-Западный	1,52	1	1	1,44	2	2 ▲
Центральный, север	1,37	6	4	1,29	3	2 ▼
Центральный, юг	1,12	11	9	1,07	7	6 ▼
Приволжский, север	1,72	6	5	1,56	4	3 ▼
Приволжский, юг	0,83	34	27	0,77	37	30 ▲

Южный	1,08	31	24	1,15	27	20 ▼
Северо-Кавказский	1,43	2	1	1,45	4	3 ▲
опасное явление «переувлажнение»						
Северо-Западный	1,52	16	12	1,44	14	10 ▼
Центральный, север	1,37	13	9	1,29	8	6 ▼
Центральный, юг	1,12	2	1	1,07	3	3 ▲
Приволжский, север	1,72	24	18	1,56	18	14 ▼
Приволжский, юг	0,83	1	1	0,77	0	0 ▼
Южный	1,08	12	10	1,15	14	12 ▲
Северо-Кавказский	1,43	7	5	1,45	9	6 ▲
Примечание: ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова; Р – повторяемость опасного явления; R – климатический риск; ▼ / ▲ – снижение/увеличение климатического риска в период 1991–2020 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг.						

Повторяемость засух ($ГТК < 0,6$) незначительно уменьшилась на юге Центрального ФО (с 11 до 7 %). По-прежнему высокой вероятностью засух остаётся в Южном ФО, хотя и уменьшилась с 31 до 27 %. Наиболее засушливым остаётся юг Приволжского ФО – там частота засух увеличилась от 34 до 37 случаев за 100 лет. На остальной территории земледельческой зоны ЕЧР повторяемость атмосферных засух уменьшилась незначительно.

Анализ показал, что зона самых высоких рисков неурожая яровой пшеницы из-за засух охватывает территорию степной и сухостепной зоны крайнего юго-востока Приволжского ФО – Оренбургскую (48 %), Самарскую (35 %) и Саратовскую (34 %) области. В среднем на юге Приволжского ФО климатический риск может достигать 30 %. Довольно высокие риски недобора урожая (до 20 %) возможны и в Южном ФО.

За два климатических периода 1961–1990 и 1991–2020 гг. вероятность переувлажнения почвы почти повсеместно уменьшилась. Из анализа данных таблицы следует, что переувлажнение почвы в период уборки яровых культур в основном характерно для территории севера Приволжского (18 %), Северо-Западного (14 %) и Южного ФО (14%). Климатические риски, обусловленные переувлажнением, практически не изменились.

Заключение

Представлена технология оценки риска возделывания зерновых культур, связанного с опасными гидрометеорологическими явлениями. На её основе получены климатические оценки риска и степени уязвимости территории основных зернопроизводящих регионов России для двух опасных явлений – засуха и переувлажнение.

Изменение климата от климатического периода 1961–1990 гг. к «новому» климатическому периоду 1991–2020 гг. выражается в значительном росте термических ресурсов и на этом фоне снижении уровня увлажнённости в земледельческой зоне. Отмеченные тенденции на территории европейской части России привели к увеличению климатического риска, обусловленного засухой и засушливыми явлениями, на юге Приволжского ФО, особенно в Оренбургской, Самарской и Саратовской областях (до 30 %). В то же время вероятность переувлажнения почвы почти повсеместно уменьшилась, за исключением территории Южного ФО (14%). Высокой остаётся повторяемость переувлажнения почвы на севере Приволжского ФО (Пермский край, Кировская, Нижегородская области и Чувашия). И, как следствие, на территории Пермского края климатический риск, обусловленный переувлажнением, оценивается в 36 %.

Оценки тенденций и пространственных закономерностей распространения климатических рисков при возделывании зерновых культур могут быть востребованы при разработке мероприятий по адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

Литература

1. Павлова В.Н., Богданович А.Ю., Семенов С.М. Об оценке благоприятности климата для культивирования зерновых исходя из частоты сильных засух // Метеорология и гидрология. 2020. № 12. С. 95–101.

2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научно-технологии. 2022. 124 с.

3. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации.
/ Под ред. д-ра физ.-мат. наук В.М. Катцова, СПб., 2017. 106 с.

4. Агрострахование: чрезвычайная ответственность. Годовой отчёт 2023 года. [Электронный ресурс] 2023. [Отчет о деятельности НСА за 2023 г..pdf \(naai.ru\)](https://naai.ru) (дата обращения: 14.11.2025)

5. Школьник И.М., Надежина Е.Д., Стеризат А.В., Пикалева А.А., Егоров Б.Н. Моделирование эволюции засушливых условий в XXI веке для обоснования мер адаптации агросектора России к климатическим воздействиям // Метеорология и гидрология. 2022. № 5. С. 107–122.

6. Сиротенко О.Д. Имитационная система Климат-Урожай // Метеорология и гидрология. 1991. № 4. С. 67–74.

7. Павлова В. Н., Варчева С. Е. Оценки степени уязвимости территории и климатического риска крупных неурожаев зерновых культур в зерносеющих регионах России // Метеорология и гидрология. 2017. № 8. С. 39–49.

8. Павлова В.Н., Карачёнок А.А., Варчева С.Е. Региональный мониторинг агроклиматических условий формирования урожая при изменении климата // Труды ГГО. 2020. Вып. 596. С. 55–77.

9. Коршунова Н.Н., Швець Н.В. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 1(387). С. 131–147.

AGROCLIMATIC SUPPORT FOR AGRICULTURE: CLIMATE RISKS OF GRAIN CROP UNDER CLIMATE CHANGE

V.N. Pavlova, S.E. Varcheva, A.A. Karachenkova

All-Russian Research Institute of Agricultural Meteorology, Obninsk,

vnp2003@bk.ru

Summary: The article presents the results of studies on the assessment of trends and spatial patterns of changes in climatic risks of crop losses caused drought and soil

waterlogging in the European part of Russia. It is shown that an increase in climatic risks caused by drought in the 1991–2020 climate period, compared to 1961–1990, is observed in the south of the Volga Federal District. At the same time, climatic risks caused by soil waterlogging have increased in the Perm Territory. A positive consequence of modern global warming is a decrease in climatic risks from both drought and soil waterlogging in the territory of the Central Federal Districts.

Keywords: climate change, frequency of droughts, crop failure, climate risks.

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРИОД 1966-2024 ГГ.

Ю.П. Переведенцев¹, А.А. Николаев¹, Б.Г. Шерстюков², Н.А. Мирсаева¹,

Т.Р. Аухадеев¹, М.Ш. Тагиров³, А.Д. Янгиров¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

²Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической
информации – Мировой центр данных, Обнинск

³АО «Щелково Агрохим», Щелково

ypereved@kpfu.ru

Аннотация: рассматривается пространственно-временная изменчивость основных климатических и агроклиматических показателей на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. Выявлены региональные тенденции изменения температурно-влажностного режима, дана оценка динамики агроклиматических ресурсов: продолжительности вегетационного периода, сумм положительных температур, фотосинтетической радиации. Показана связь климатических показателей с индексами атмосферной циркуляции. Дана оценка степени засушливости в Среднем Поволжье с помощью рассчитанных агроклиматических показателей: гидротермического коэффициента Селянинова, индекса сухости Будыко и индекса увлажненности Сапожниковой.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, циркуляции атмосферы, корреляция, тенденция, агроклиматические показатели.

Среднее Поволжье административно входит в Приволжский федеральный округ, который относится к числу наиболее развитых промышленных и сельскохозяйственных регионов России. Сельскохозяйственное производство наиболее развито в центральной и южной частях Среднего Поволжья, где наблюдаются более благоприятные природные и климатические условия для растениеводства и животноводства.

Цель сообщения – рассмотреть динамику климатических и агроклиматических ресурсов в Среднем Поволжье в период 1966-2024 гг. в интересах сельскохозяйственного производства.

В качестве исходных данных в работе использованы ежедневные данные наблюдений 31 метеостанций, равномерно расположенных на территории Среднего Поволжья, из фонда ВНИИГМИ-МЦД в период 1966-2024 гг. Для расчета фотосинтетической радиации использовались данные сайта <https://power.lare.nasa.gov/> за 1983-2024 гг. Индексы атмосферной циркуляции были взяты из базы данных <https://crvdata.uea.ac.uk/>.

Многолетние данные подвергались статистической обработке. Рассчитывались средние значения, коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), коэффициенты корреляции между температурой воздуха и индексами атмосферной циркуляции.

Определялись даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10°C весной и осенью, суммы положительных температур по методике Д.А. Педя [1]. Интенсивность фотосинтетической радиации (ФАР) рассчитывалась по формуле из работы [2]. Индексы сухости (ИС) Будыко, гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова и коэффициент увлажнения (КУ) Сапожниковой рассчитывались по формулам, приведенных в работе [3].

Рассмотрим вначале вкратце температурно-влажностный режим на территории Среднего Поволжья опираясь на среднесезонные значения температуры воздуха (ТВ) и атмосферных осадков осредненных за 1966-2024 гг.

Зимой на территории региона изотермы носят квазимеридиональный характер, ТВ понижается с -9°C (юго-запад) до -14°C (северо-восток), весной поле температуры воздуха под влиянием радиационного фактора перестраивается и изотермы принимают квазизональное направление. При этом ТВ уменьшается с юга на север от $6,4$ до $3,0^{\circ}\text{C}$. Летом температурный фон наиболее высокий, изотермы в основном направлены зонально и ТВ падает с юга на север Среднего Поволжья от $20,2$ до $16,0^{\circ}\text{C}$. Осенью изотермы перестраиваются и на большей части территории направлены с юго-запада на

северо-восток, при этом ТВ понижается с юго-запада на северо-восток Среднего Поволжья от 5,8 до 1,8°C.

В распределении по территории региона среднесезонных сумм осадков наблюдаются следующие закономерности: зимой осадков больше выпадает на северо-западе и северо-востоке региона (до 125 мм) и меньше всего на юго-востоке (Оренбуржье) порядка 80 мм. Весной также количество осадков уменьшается с юга на север территории от 80 до 120 мм, летом изогипсы принимают зональный характер и зернопроизводящие области находятся в зоне дефицита осадков. Так, на юге территории сумма выпавших осадков составляет ~125 мм, а на севере региона она увеличивается до 225 мм. Осенью распределение осадков носит квазизональный характер, их количество возрастает с юга на север от 110 до 180 мм.

Таким образом, отмечаются контрасты в территориальном распределении тепловых и влажностных характеристик по сезонам года.

Для оценки влияния макромасштабной циркуляции атмосферы на температурный режим рассчитывались коэффициенты корреляции (r) между температурой воздуха и следующими индексами атмосферной циркуляции, наиболее эффективно влияющих на режим [4]: североатлантическим колебанием (NAO), арктическим колебанием (АО), скандинавским колебанием (SCAND) и колебанием Восточная Атлантика – Западная Россия (EAWR). Выявились следующие закономерности: влияние АО наиболее сильно проявляется в зимний период на северо-западе Среднего Поволжья, где величина r достигает 0,68, изокорреляты между NAO и ТВ распределяются аналогично первому случаю и связи между NAO и ТВ ослабевают зимой с северо-запада на юго-восток (r уменьшается с 0,6 до 0,24). В летний период влияние этих колебаний незначительно. Колебание SCAND, наоборот, усиливает свое влияние зимой с северо-запада на юго-восток территории, но с отрицательным знаком. Величина r возрастает с -0,36 до -0,64. Колебание EAWR также способствует выхолаживанию региона, но уже в летний период. В районе Казани величина r достигает наибольшего значения -0,71, влияние этого колебания ослабевает летом

с северо-запада на юго-восток, где $r=-0,55$. Зимой оно малоэффективно. Таким образом, циркуляционные моды NAO и AO способствуют формированию положительных аномалий температуры воздуха в зимний период на исследуемой территории, а колебания SCAND и EAWR, наоборот, понижают ТВ, но в разные сезоны.

Фотосинтетическая радиация (ФАР) рассчитывается для приходящей коротковолновой солнечной радиации в интервале длин волн $\lambda=0,38-0,71$ мкм, она является одним из важнейших факторов продуктивности сельскохозяйственных культур. Расчеты ФАР были произведены и картированы для каждого месяца года. Анализ временного и пространственного распределения ФАР показал, что эта характеристика распределяется зонально: максимальные значения на юге территории, а минимальные на севере. В годовом ходе минимум ФАР отмечается в декабре, когда величина ФАР уменьшается с юга на север от 40 до 10 МДж/м², максимум ФАР в июне. Это время является периодом активной вегетации, среднесуточная температура ($CCT>10^{\circ}C$) и поток ФАР по территории меняется в небольших пределах: от 338 (юг) до 306 МДж/м² (северо-восток), что позволяет обеспечивать растения необходимой солнечной радиацией.

Анализ ряда агроклиматических показателей, рассчитанных по территории Среднего Поволжья для периода активной вегетации показывает, что количество дней со среднесуточной $ТВ>10^{\circ}C$ возрастает со 104 дней (северо-запад) до 160 дней (юг), сумма активных температур также увеличивается с севера на юг территории от 1650 до 2900^{°C}. В то же время сумма осадков уменьшается с запада территории на юго-восток от 260 до 185 мм, что свидетельствует о росте засушливости в южных и юго-восточных районах региона. Рассчитанные коэффициенты КУ, ИС и ГТК подтверждают этот вывод. Их распределение по территории таково. Изолинии распределения коэффициента увлажнения Сапожниковой по территории Поволжья имеют квазизональный характер. Величина КУ возрастает с юга на север от 0,55 до 1,45, что свидетельствует об

избыточном увлажнении в северной части региона и формировании условий недостаточного увлажнения на юге (рис. 1).

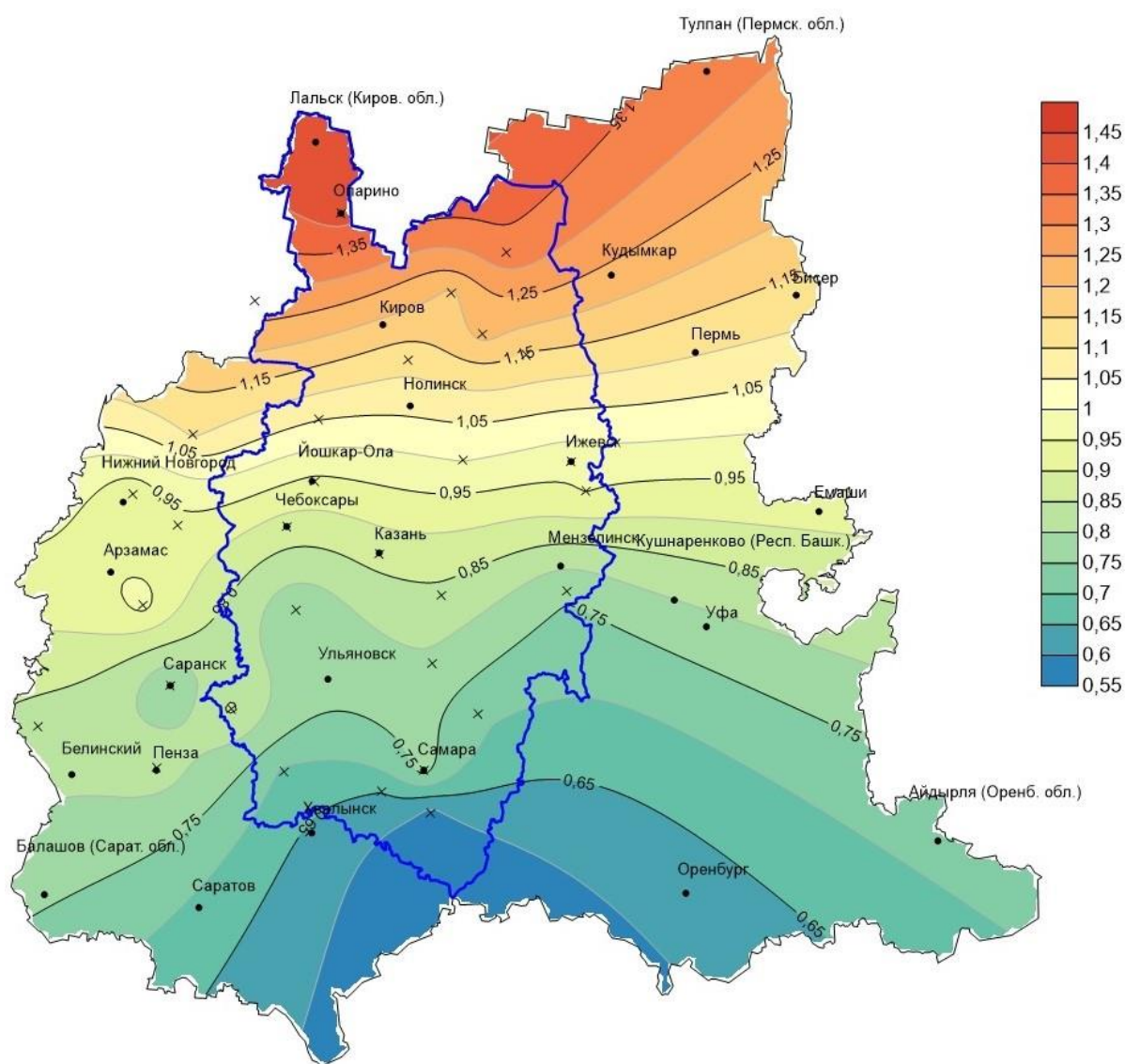


Рис. 1. Распределение по территории Среднего Поволжья индекса увлажненности

Индекс сухости (ИС) Будыко, наоборот, убывает с юга на север от значений 1,3 к значениям 0,45 (рис. 2). Изолинии величин ИС также квазизональны и подтверждает ранее сделанный вывод.

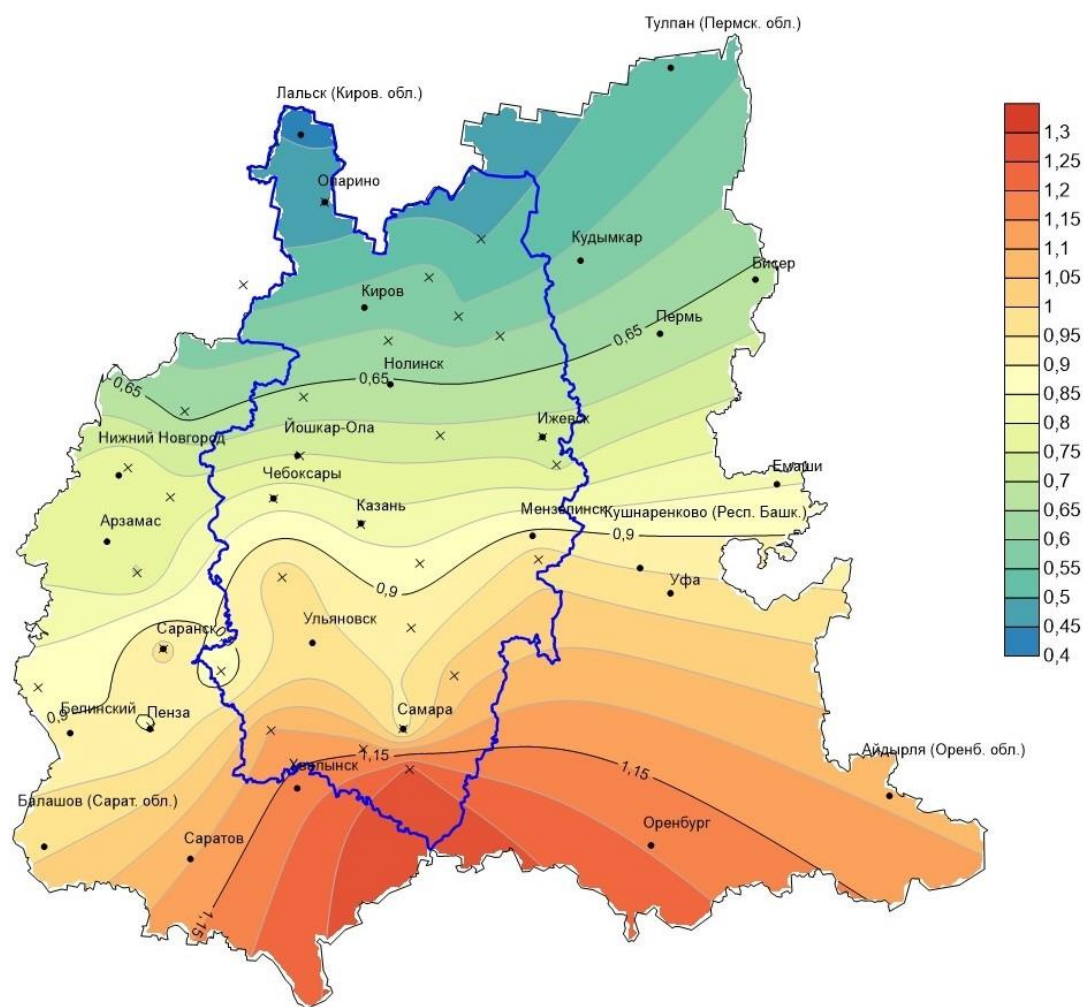


Рис. 2. Распределение по территории Среднего Поволжья индекса сухости

Распределение ГТК по территории Среднего Поволжья также свидетельствует о квазизональном распределении условий увлаженности. На юге региона ГТК порядка 0,5 (засушливость), а на северо-востоке ГТК возрастает до 1,5 (переувлажнение). При этом, и согласно [5], в южном агроклиматическом районе (Пензенская, Самарская, Саратовская, Оренбургская области) в период активной вегетации условия увлажнения засушливые.

Рассчитанные по 31 метеостанции за период 1966-2024 гг. коэффициенты наклона линейного тренда сумм температур $>10^{\circ}\text{C}$, сумм осадков числа дней с $\text{ТВ}>10^{\circ}\text{C}$ и значений ГТК показывают, что повсеместно происходит рост сумм активных температур со скоростью от 50 до $100^{\circ}\text{C}/10$ лет, число дней с $\text{T}>10^{\circ}\text{C}$ увеличивается со скоростью от 2 до 4 дней/10 лет. Вместе с тем следует отметить, что изменчивость осадков по территории носит неоднородный характер. Так,

если сумма осадков на западе региона (ст. Н. Новгород) растет со скоростью 13 мм/10 лет, то на востоке (ст. Самара) уменьшается со скоростью -4,1 мм/10 лет. Однако, на большинстве станций региона наблюдается рост летних осадков. Изменчивость параметра засушливости ГТК вполне соответствует поведению температуры и осадков в этот период. Так, если на ст. Н. Новгород ГТК слабо растет со скоростью 0,01 единиц/10 лет, то на ст. Самара он уменьшается со скоростью -0,04 единиц/10 лет. Если на северо-западе и северо-востоке региона состояние увлажненности достаточное, то в южных районах проявляется тенденция роста засушливости в летний период.

В качестве примера рассмотрим распределение ряда характеристик периода со среднесуточными температурами более 10°C для территории Татарстана (табл. 1,2).

Таблица 1

Средние многолетние (1966-2024 гг.) характеристики периода со среднесуточными температурами более 10°C

Станция	Начало периода	Конец периода	Продолжительность периода, сутки	Сумма температур, °C	Сумма осадков, мм
Арск	126	268	142	2319	239
Елабуга	123	271	148	2440	260
Вязовые	124	270	147	2424	240
Казань	123	270	148	2476	261
Мензелинск	126	269	144	2358	234
Кайбицы	123	269	147	2398	227
Муслимово	123	271	149	2441	235
Акташ	122	270	149	2429	234
Азнакаево	124	268	145	2342	245
Тетюши	124	270	148	2421	238
Дрожжаное	124	268	144	2365	244
Бугульма	124	268	145	2315	262
Чулпаново	122	270	148	2434	235

Примечание: Начало и конец периода вычисляются в днях от начала года.

Как видно из табл. 1, продолжительность периода активной вегетации на территории Республики меняется в небольших пределах от 142 до 149 суток, сумма температур от 2315 до 2476°C, сумма осадков от 227 до 262 мм.

При этом продолжительность периода с $T_{B>10^{\circ}\text{C}}$ для ст. Казань увеличивается со скоростью 1,6 дней/10 лет, сумма активных температур растет со скоростью 73°C/10 лет.

Таблица 2

Характеристики увлажненности территории РТ

Станция	Индекс сухости (лето)		ГТК		КУ	
	Среднее значение	КНЛТ, ед./10 лет	Среднее значение	КНЛТ, ед./10 лет	Среднее значение	КНЛТ, ед./10 лет
Арск	2,72	0,10	1,05	-0,2	0,91	-0,2
Елабуга	2,94	0,23	1,09	-0,2	0,92	-0,3
Вязовые	3,00	0,04	1,01	0,0	0,83	0,0
Казань	2,70	0,16	1,07	-0,4	0,92	-0,2
Мензелинск	2,86	0,15	1,00	-0,3	0,83	-0,3
Кайбицы	3,16	0,15	0,96	-0,4	0,81	-0,2
Муслюмово	3,13	0,21	0,98	-0,3	0,77	-0,2
Акташ	3,26	0,17	0,98	-0,2	0,83	-0,1
Азнакаево	3,05	0,37	1,06	-0,3	0,88	-0,2
Тетюши	2,93	0,09	1,00	-0,2	0,84	-0,1
Дрожжаное	2,81	0,11	1,05	-0,1	0,86	-0,2
Бугульма	2,87	0,38	1,16	-0,4	0,94	-0,3
Чулпаново	3,12	0,19	0,98	-0,3	0,81	-0,2

Анализ характеристик увлажненности по территории Татарстана (табл. 2) свидетельствует о том, что наблюдается тенденция роста засушливости в летний период. Индекс сухости растет, а индексы ГТК и увлажненности (КУ) понижаются. Вместе с тем следует отметить, что расчет индекса биологической эффективности климата (БЭК) свидетельствует о достаточно благоприятных условиях для сельского хозяйства. Он по территории Республики меняется в

пределах от 18 до 21. Как известно, зоне экологического оптимума соответствует БЭЖ порядка 22.

Выводы

1. На территории Среднего Поволжья происходит потепление климата. Вместе с тем отмечается сложная картина распределения атмосферных осадков и проявляется тенденция к росту засушливости в летний период в зернопроизводящих районах региона.

2. Показана роль циркуляционных мод в колебаниях температуры воздуха в различные сезоны года.

3. Поведение агроклиматических показателей показывает, что в регионе складываются благоприятные климатические условия для выращивания более теплолюбивых сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Педь Д.А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология. 1951. № 10. С. 38-39.

2. Грингоф И.Г., Пасечник А.Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. СПб: Гидрометеоздат, 2005. 552 с.

3. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Под ред. С.М. Семенова. М.: Росгидромет, 2012. 508 с.

4. Переведенцев Ю.П., Васильев А.А. Изменение климата и его влияние на сельское хозяйство // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 5-13.

5. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Казанск. ун-т, 2013. 274 с.

CHANGES IN AGRO-CLIMATIC INDICATORS IN THE MIDDLE VOLGA REGION IN THE PERIOD 1966-2024

Yu.P. Perevedentsev¹, A.A. Nikolaev¹, B.G. Sherstyukov², T.R. Aukhadeev¹, M.Sh.
Tagirov³, A.D. Yangirov¹

¹Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

²All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information –
World Data Center, Obninsk

³AO Shchelkovo Agrochem, Shchelkovo

ypereved@kpfu.ru

Abstract: the spatial and temporal variability of the main climatic and agro-climatic indicators in the Middle Volga region in the period 1966-2024 is considered. Regional trends in temperature and humidity conditions have been identified, and the dynamics of agro-climatic resources has been assessed: the duration of the growing season, the sum of positive temperatures, and photosynthetic radiation. The relationship of climatic indicators with atmospheric circulation indices is shown. The degree of aridity in the Middle Volga region is estimated using calculated agro-climatic indicators: Selyaninov hydrothermal coefficient, Budyko dryness index and Sapozhnikova moisture index.

Keywords: air temperature, precipitation, atmospheric circulation, correlation, trend, agro-climatic indicators.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ КЛИМАТА ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА

Ш.Т. Холикулов¹, М.А.Мазиров², М.Т.Чулиева¹, Д.Т. Холматова¹

¹Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,
Самарканд, kholikulov48@mail.ru

²Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А.
Тимирязева. Москва, mazirov@mail.ru

Аннотация: В статье представлен краткий обзор становления понятия «климат почв» и степени его изученности на территории Узбекистана. Особое внимание уделено температуре и влажности почвы как ключевым компонентам почвенного климата, их влиянию на сельскохозяйственные культуры, а также результатам исследований, проведённых на серозёмах, горных бурых и орошаемых почвах.

Ключевые слова: температура почвы, орошаемые сероземные почвы, тепловой и влажностный режим почвы, горные бурые почвы, серые почвы, амплитуда температуры, эффективная температура, сумма активных температур.

История изучения почвенного климата неразрывно связана с эволюцией сельскохозяйственного производства. Задачи повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, определения региональной пригодности территорий для их возделывания, а также установления оптимальных сроков посева и уборки обусловили необходимость систематического исследования почвенно-климатических факторов. Земледельцы наряду с общеклиматическими и метеорологическими характеристиками территорий, проявляло особый интерес к термическому и водному режимам почв, стремясь получить достоверные сведения о закономерностях их функционирования.

Почвенный климат представляет собой результат комплексного взаимодействия физических процессов в системе «воздух–почва–

растительность», функционирующей в состоянии непрерывной динамики. К основным его компонентам относят температуру почвы, её влажность и состав почвенного воздуха. Среди этих параметров температура и влажность почвы выступают ключевыми элементами, определяющими состояние и функционирование почвенной среды.

Температурный режим имеет первостепенное значение для жизнедеятельности растений, динамики почвенной влажности, активности микроорганизмов и интенсивности биохимических процессов. Каждому виду растений свойствен определённый биологический минимум температуры, необходимый для прорастания семян и дальнейшего развития [2].

Формирование природных зон, распространение флоры и фауны, а также география размещения сельскохозяйственных культур в значительной степени обусловлены пространственно-временными закономерностями распределения температуры почвы. Такие термофизические свойства, как температуропроводность, теплопроводность и теплоёмкость, являются важнейшими характеристиками, определяющими скорость и глубину распространения тепловых потоков в почвенной толще и служат основой для анализа температурной динамики.

Понятие «климат почв» было введено в науку русскими учёными. То, что климат атмосферы и климат почв взаимосвязаны, но имеют и существенные различия, было показано русскими почвоведомы, жившими и работавшими в XIX и XX веках. Физические свойства и режимы почвы зависят не только от климата атмосферы, но и от состава почвы, рельефа, растительного и животного мира, а также от воздействия хозяйственной деятельности человека.

Идея о необходимости изучения климата почв была впервые высказана А.И. Воейковым в конце XIX – начале XX веков. П.И. Колосков первым кратко выразил своё мнение о целесообразности выделения климатологии почв в отдельную науку: «климат почв есть учение о совокупности физических явлений, происходящих во внутренней части почвы в суточном и годовом цикле, о влиянии человека на жизнь почвы, её продуктивность, внешний климат,

почвенный субстрат, почву и её слои». Основные научные исследования по изучению климата почв, в частности, их температуры и влажности, использованию в качестве важного климатического ресурса и управлению ими в необходимых целях, были проведены во второй половине XX века А.М. Шульгиным, А.А. Роде, С.А. Вериге, Л.А. Разумовой, В.Н. Димо и другими [3].

Изучение температурны и теплофизических свойств почв Узбекистана началось в 60-70-х годах XX века. Измерения температуры почв на гидрометеорологических станциях проводились в основном в начале 50х годов XX века по единой программе. Основной целью изучения температуры почв было определение сроков сева сельскохозяйственных культур и географических границ их возделывания.

Первые научные исследования по изучению климата почв проводились преимущественно на орошаемых землях, в районах возделывания хлопчатника – важной технической культуры. Эти исследования в основном изучались с точки зрения определения сроков сева сельскохозяйственных культур и определения продолжительности вегетационного периода. В дальнейшем эти данные послужили основой для изучения микроклимата, теплового баланса и температурного режима почв.

В научных исследованиях изучались микроклимат, тепловой баланс и температурный режим почвы полей, засеянных кукурузой, картофелем и люцерной, и было показано их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур. В условиях древнеорошаемых сероземов Ташкентского оазиса теплофизические свойства почвы, температурный режим, влажность и тепловой баланс хлопковых полей изучались И. Тураповым, и было показано практическое значение влажности почвы, теплового баланса, испаряемости и транспирации для повышения роста и продуктивности хлопчатника [5].

Изучено влияние орошения на температурный режим светлых сероземов в условиях Каршинской степе. В результате проведенных научных исследований установлено, что орошение резко снижает температуру почвы до глубины 50 см

и повышает ее на глубине 100 см. Кроме того, отмечено, что в результате орошения температура орошаемой почвы на поверхности (в июле) по сравнению с контрольным вариантом снизилась на 23 °С, а на глубине 5, 15, 30 см – на 3–4 °С [5].

Ученые Научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии АН Узбекистана в 1969–1972 годах изучали температурный и влажностный режим горных бурых и темно-серых почв на различных склонах горных и предгорных территорий Чирчик-Ангренской котловины Ташкентского оазиса. В результате изучения годового температурного режима почвы установлено, что темноцветные сероземы практически не промерзают в течение всего года. Максимальная температура на глубине 0,2 м составляет +10°С в июле, а в апреле-ноябре это температура достигает глубины 210 см [5].

В условиях орошаемых сероземов и луговых почв Ташкентского оазиса Ш.Т. Холикулов (2004) изучал влияние мульчирования полиэтиленовой пленкой на влажность и температурный режим почвы в период вегетации хлопчатника в 1974-1977 годах. Установлено, что суточная максимальная температура почвы в замульчированных прозрачной полиэтиленовой плёнкой рядках хлопчатника на глубине 2,0 см составляла 12-15°С, среднесуточная температура в апреле была на 5,8°С выше, чем в контрольном варианте, а вегетационный период ускорился на 20-25 дней.

Мазиров М.А. (1988) изучал тепловые свойства и режим влажности горных бурых почв южных склонов Тянь-Шаня в Бостанлыкском районе Ташкентской области. В работе было установлено влияние плодовых садов, произрастающих в условиях горных бурых почв, на закономерности формирования влажности и теплового режима почв. Изучены взаимосвязи между теплоёмкостью, теплопроводностью, влагоёмкостью и влажностью горных бурых почв [4].

Научные исследования по изучению теплового режима почв, распределённых по главной вертикальной поясности Узбекистана, и его организации были проведены И.Тураповым (1994) в 1970–1990-х годах. В

результате были определены температурный режим, тепловой баланс, теплообмен в системе почва–атмосфера и показатели нагреваемости почв, расположенных по вертикальной поясности Западного Тянь-Шаня [6].

Определено влияние мульчирования прозрачной полиэтиленовой пленкой на влажность и температуру почвы и урожайность хлопчатника в условиях орошаемых оазисных почв Зарафшанского оазиса. В апреле и мае сумма эффективных температур почвы, замульчированной полиэтиленовой пленкой, была на 111°C выше, чем на контрольном варианте. Индекс нагреваемости почвы под пленкой увеличился с 1,08 до 1,24 [7].

Установлено, что в условиях новоорошаемых сероземно-луговых и староорошаемых сереземно-луговых почвах температура на глубине 5–10 см, в гребнях и грядах выше, чем на ровном участке, на 3–4 °C, а в утренние часы разница этих температур сокращается до 0,9-1,0 °C . На глубине 10 см разница температур в 18:00 составляла 3-1°C. Установлено, что температура почвы выше по сравнению с ровной поверхностью хлопчатника и хлопчатника, а в период вегетации хлопчатника температура почвы снижается с увеличением глубины. В Мирзачульском оазисе при мульчировании хлопковых полей прозрачной полиэтиленовой пленкой на новоорошаемых светлых сероземах минимальная разница температуры почвы на глубине 5 см по сравнению с контролем составила 1,5°C, а на глубине 50 см этот показатель – 0,3°C. Максимальная разница составила 4,8–2,9 °C. В опытах, проведенных на орошаемых луговых почвах Зарафшанского оазиса, на хлопковых полях, замульчированных прозрачной полиэтиленовой пленкой ранней весной, температура почвы на глубине 10 см была на 6 °C выше контроля [6].

Было установлено, что мульчирование табачных полей прозрачной полиэтиленовой пленкой на типичных орошаемых суглинистых почвах предгорий Зарафшанского оазиса повышало температуру почвы на глубине 10 см в течение суток на 2,0–5,5 °C, а на глубине 50 см – на 0,8–1,6 °C [6]. На основе данных гидрометеорологических и агрометеорологических станций Гидрометцентра Узбекистана разработали рекомендации по многолетнему

температурному режиму почв Узбекистана, взаимосвязи температуры почвы и воздуха, изменению температуры почвы на глубине и их использованию в сельскохозяйственном производстве в теплый и жаркий периоды года, а также составили карту почв Узбекистана [1].

При мульчировании полей, засеянных лекарственной ромашкой, полиэтиленовой пленкой и соломой озимой пшеницы было установлено, что температура почвы в мульчированном варианте была на 1,5°C выше на глубине 5, 10, 15 и 20 см по сравнению с контрольным вариантом, а под соломенной мульчей – на 0,7–0,9°C ниже, чем в контрольном варианте. Влажность почвы в соломенной мульче оказалась на 18–20% выше, чем в других вариантах [8].

Результаты изучения температуры почв Узбекистана показывают, что тепловой режим почв Узбекистана систематически не изучался по типам почв и их генетическим горизонтам. Полученные результаты в основном изучались с агрометеорологической точки зрения, с точки зрения влияния температуры почвы на сельскохозяйственные культуры и их возделывание. Однако следует отметить, что не все представленные данные были собраны на основе единых методов и требований. Сложно сделать корректные выводы о закономерностях температуры или теплового режима почв на основе данных, полученных отдельными исследователями.

По нашему мнению, для изучения тепловых свойств и режима почв Узбекистана на уровне современных требований необходимо выполнение следующих исследовательских задач:

- изучение тепловых свойств с сельскохозяйственной точки зрения с учетом зональных и провинциальных особенностей почв в орошаемых и аридных условиях;

- определение динамических характеристик температурного и влажностного режимов почв в каждом отдельном регионе в условиях аридного климата и общих взаимосвязей между ними.
- изучение суточных, месячных, годовых и многолетних циклических изменений температуры и водного баланса

почв на орошаемых и аридных территориях (с учетом земледелия горных регионов).

- оценка температурных и влажностных характеристик, являющихся основными составляющими почвенного климата, с точки зрения жизнедеятельности растений в зимний и летний периоды и определение изменений в системе почва-растение-атмосфера;

- обеспечение объединения данных всех смежных научных направлений, связанных с почвенным климатом, в единую методическую систему и учет почвенно-климатических данных при определении баллов бонитета почв;

- создание моделей на основе данных о почвенном климате и использование данных, полученных агрокосмическими методами, для определения с помощью измерительных приборов уровня современных требований к получению данных;

- разработка и внедрение эффективных методов управления почвенным климатом в целях развития сельского хозяйства, увеличения производства продовольствия и обеспечения экономического роста;

- определение запасов тепла во внутренних слоях почвы в пространстве и времени и создание технологий их использования в процессах, необходимых для жизнедеятельности человека.

Список литературы:

1. Абдуллаев А. К., Султанова О. Г. Тепловой режим и многолетние значения температуры почвы на различных глубинах по территории Узбекистана. -Ташкент, 2008. -165 с.

2. Димо В.Н., Шульгин А. М. История развития, современное состояние и задачи исследований климата почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.-С.3-7.

3. Курвантаев Р. Оптимизация и регулирование агрофизического состояния орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана: Автореф.дис. на соискание уч. степ. канд. с-х. наук. - Ташкент, 1988. -С.24-32.

4. Мазиров М.А. Теплофизические свойства и водный режим горных коричневых почв под плодовыми насаждениями: Автореф.дис. на соискание уч. степ. канд. с-х. наук. - Ташкент, 1988. -С.7-18.

5. Известия географического общества Узбекистана. 45 том, 2015. -289 с.

6. Турапов И. Тепловой режим почв вертикальной зональности Западного Тянь-Шаня и пути его регулирования: Автореф.дис. на соискание уч. степ. канд. с-х. наук. - Ташкент, 1988. - 47 с.

7. Холикулов Ш.Т. Влияние мульчирования на свойства почвы и урожайность хлопчатника (монография). -Ташкент: Фан. -2004.-С.158.

8. Холикулов Ш.Т., Чулиева М. Мулчалашнинг тупроқ хосслари ва экинлар ҳосилдорлигига таъсири баҳолаш. Тупроқшунослик ва агрокимё. Ташкент. №3, 2025. С.60-66.

A BRIEF HISTORY OF THE STUDY OF SOIL CLIMATE IN UZBEKISTAN

Sh.T.Kholikulov¹, M.A.Mazirov², M.T.Chulieva¹, D.T.Kholmatova¹

¹Sharof Rashidov Samarkand State University, Samarkand, kholikulov48@mail.ru

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, mazirov@mail.ru

Abstract. The article provides a concise overview of the development of the concept of “soil climate” and the extent to which it has been studied within the territory of Uzbekistan. Special attention is given to soil temperature and soil moisture as key components of the soil climate, their influence on agricultural crops, as well as the findings of research conducted on serozems, mountain brown soils, and irrigated soils.

Keywords: soil temperature, irrigated serozem soils, thermal and moisture regime of soils, mountain brown soils, serozem soils, temperature amplitude, effective temperature, sum of active temperatures.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДОСТУПНОСТИ КОРМОВОЙ БАЗЫ ДЛЯ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ АСТРАХАНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.А. Галимова. Е.А. Дронова

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А.
Тимирязева, Москва, alinagalimova20@mail.ru

Аннотация: исследуется зависимость между сроками прилёта мигрирующих птиц в Астраханский заповедник и формированием их кормовой базы в период с 1991 по 2021 гг. Показано, что температурные условия непосредственно влияют на развитие кормовой базы птиц, которая определяет сроки их миграции. База данных Астраханского заповедника позволяет фиксировать начало вегетации, выход млекопитающих из спячки и появление кормовых объектов. Сопоставляя эти данные со сроками прилёта птиц, исследователи могут реконструировать миграционные паттерны и оценивать влияние климата даже без прямых метеоизмерений.

Ключевые слова: температура воздуха, миграции птиц, температурные пороги, кормовая база.

Температура воздуха играет ключевую роль в природных процессах: она влияет на активность живых организмов и определяет сроки вегетации растений. В условиях изменения климата особенно важно понимать, как сдвиги температурных режимов воздействуют на сезонные циклы экосистем и миграцию птиц. На территории Астраханского заповедника выявлена чёткая связь между повышением среднемесячной температуры и прилётом весенних мигрантов: большая выпь появляется при переходе температуры через 0°C , вяхирь и малая белая цапля прибывают при повышении до $+5^{\circ}\text{C}$, при достижении отметки $+10^{\circ}\text{C}$ регистрируется прилёт кукушки обыкновенной, речной крачки, чибиса, чеглока, зимняка, лебедя-кликуна и хохлатой чернети, а сизоворонка

прилетает при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Такие наблюдения позволяют не только прогнозировать появление конкретных видов птиц на территории заповедника, но и оценивать влияние климатических изменений на сезонные биологические циклы, а также анализировать адаптационные возможности различных видов в условиях трансформирующегося климата. Миграции птиц в природе служат чувствительными индикаторами к климатическим изменениям.

В рамках исследования рассматривались ключевые аспекты взаимодействия климатических факторов и биологических процессов в Астраханском заповеднике. В ходе проведённого исследования нами были определены сроки прилёта в Астраханский заповедник основных мигрирующих видов птиц, процессы формирования кормовой базы для птиц, температурные показатели воздуха в миграционные периоды.

Методология исследования базировалась на комплексном анализе данных о формировании кормовой базы при определённых температурных условиях. Исследование включало сбор и систематизацию данных о формировании кормовой базы, определение температурных порогов, влияющих на появление кормовых ресурсов, установление взаимосвязи между температурными показателями и формированием кормовой базы, а также сравнительный анализ сроков появления кормовой базы и начала миграционных процессов.

Проведён анализ данных о формировании кормовой базы: установлены температурные условия, при которых она начинает появляться, а также предпринята попытка соотнести её возникновение с моментами устойчивого перехода температуры через ключевые пороги. Осуществлено сопоставление выявленных сроков формирования кормовой базы со временем начала миграционных процессов птиц. На основании полученных результатов сформулированы выводы о наличии или отсутствии зависимости между сроками прилёта птиц и динамикой формирования кормовой базы.

Устойчивый переход температуры воздуха — важный климатический показатель, отражающий особенности года и сигнализирующий о сезонных изменениях в экосистеме. Так, переход через $+5^{\circ}\text{C}$ знаменует начало (весной)

или завершение (осенью) вегетации большинства растений, а преодоление отметки $+10^{\circ}\text{C}$ указывает на начало и окончание периода их активной фазы роста. Эти температурные рубежи запускают цепочку экологических процессов: с появлением растительности активизируются насекомые и земноводные, повышается активность рыб и других водных организмов. В результате формируется кормовая база для высших консументов — в частности, для мигрирующих птиц. [2, 8] Также сроки начала миграций птиц можно напрямую связать с определёнными датами перехода температуры воздуха через ключевые температурные отметки. [1, 2]

По многолетним данным метеорологической станции Дамчик, о температуре воздуха за период 1991-2021 года были найдены средние сроки начала миграций птиц, а также была проведена попытка определить температурный порог начала прилёта. Были рассчитаны основные температурные пороги перехода температуры воздуха через $0, +5, +10, +15^{\circ}\text{C}$ для сопоставления их со сроками начала миграций.

Проведённые исследования на территории Астраханского заповедника [4, 6] и анализ данных из Летописей природы заповедника выявили следующую закономерность: появление весенних мигрантов синхронизировано с устойчивым повышением среднемесячной температуры. Так, большая выпь начинает прибывать при переходе температуры через 0°C . С повышением до $+5^{\circ}\text{C}$ на территорию заповедника прилетают вяхирь и малая белая цапля. При достижении отметки $+10^{\circ}\text{C}$ регистрируется прилёт целого ряда видов — кукушки обыкновенной, речной крачки, чибиса, чеглока, зимняка, лебедя-кликун и хохлатой чернети. Наконец, сизоворонка появляется при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Таким образом, устойчивые температурные рубежи могут являться индикаторами начала миграционных процессов и позволяют прогнозировать появление конкретных видов птиц на территории заповедника, пускай и условно.

В таблице 1 приведена оценка зависимости сроков прилета птиц от температуры воздуха. Так в весеннюю миграцию у большинства

рассматриваемых видов птиц наблюдается смещение сроков их прилёта на территорию заповедника в сторону зимы. То есть птицы прилетают в заповедник на 11-13 (вахирь, кукушка обыкновенная) или 5-8 (чеглок, чибис, речная крачка и др.) дней раньше средних многолетних сроков. В то же время сроки прилёта большой выпи и малой белой цапли сместились в сторону лета на 12-11 дней.

Таблица 1

Оценка зависимости сроков прилётов птиц в Астраханский заповедник от устойчивого перехода температуры воздуха, определяющей начало миграции

Вид	Средние сроки прилёта птиц	Изменение сроков миграции	Отклонения сроков миграции	Температура, определяющая сроки прилётов	Дата устойчивого перехода температуры
1	2	3	4	5	6
Весенняя миграция					
Большая выпь	14.мар	сместились в сторону лета	+12 дней	0	25.фев
Вяхирь	17.мар	сместились в сторону зимы	-13 дней	5	23.мар
Кукушка обыкновенная	22.апр	сместились в сторону зимы	-11 дней	10	19.апр
Малая белая цапля	27.мар	сместились в сторону лета	+11 дней	5	24.мар
Речная крачка	07.апр	сместились в сторону зимы	-8 дней	10	20.апр
Сизоворонка	26.апр	сместились в сторону зимы	-5 дней	15	20.апр
Чеглок	11.апр	сместились в сторону зимы	-7 дней	10	19.апр
Чибис	8.мар	сместились в сторону зимы	-7 дней	10	23.фев
Осенняя миграция					
Зимняк	26.окт	сместились в сторону лета	-12 дней	10	12.окт
Лебедь-кликун	12.окт	сместились в сторону зимы	+ 9 дней	10	04.окт
Хохлатая черныш	19.сен	сместились в сторону лета	-13 дней	10	11.окт

Важно уточнить, что под осенней миграцией подразумевается не отлёт птиц из Астраханского заповедника (места гнездования) к местам зимовок, а, напротив, их прилёт в заповедник для зимовки.

По данным таблицы 1 была построена пространственно-временная диаграмма, наглядно отражающая динамику дат перехода температуры воздуха через ключевые температурные пороги (+5°C, +10°C и +15°C) в весенний и осенний периоды за исследуемый временной интервал. Визуализация этих данных представлена на рисунке 1.

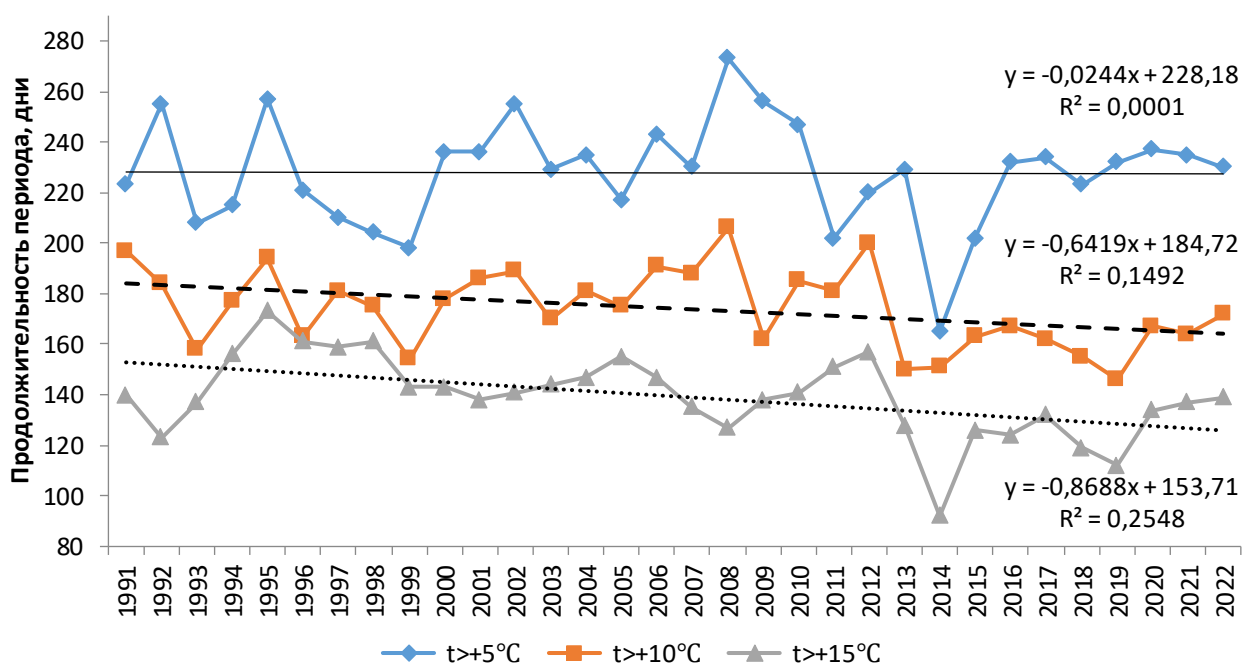


Рис.1. Динамика дат перехода температуры воздуха через ключевые климатические пороги (+5 C, +10 °C, +15°C) в весенний и осенний периоды

На основании графика можно сделать вывод, что наблюдается общая тенденция к сокращению продолжительности периодов, когда температура воздуха превышает ключевые климатические пороги (+5°C, +10°C и +15°C), что подтверждается нисходящим трендом всех трёх линий на графике. Особенно заметно сокращение периодов для порога +15°C, что может указывать на уменьшение продолжительности «летнего» периода. Выявленная динамика

свидетельствует о возможных климатических изменениях — сдвиге сезонов или сокращении тёплого времени года.

Кормовая база птиц играет важную роль в их жизни, и влияет на сроки миграций. С наступлением холодов естественная кормовая база птиц становится ограниченной, и многие пернатые совершают дальние миграции в поисках более благоприятных условий. А на фоне климатических изменений: повышения среднегодовой температуры воздуха, начавшиеся с 1980-х годов, данная взаимосвязь имеет свои особенности. [9]

Орнитологи считают, что кормовая база оказывает значительное влияние на сроки миграций птиц. В конце лета и начале осени, когда птицы заканчивают размножение, происходят изменения в кормовой базе, что приводит к послегнездовым кочёвкам и перемещениям птиц в более удалённые от гнезда места. [3, 5] Переход на новые виды корма, связанный с сезонными изменениями кормовой базы, становится важным фактором, влияющим на сроки миграций.

Исследуемые виды птиц в данной работе относятся к различным группам, и отличаются пищевыми привычками. Данные виды птиц можно разделить на следующие группы: насекомоядные, травоядные и хищники. [7] По данным таблицы 1 были сопоставлены сроки начала миграций птиц и появление кормовой базы на территории заповедника, которая также была привязана к определённым температурным порогам. Данные о кормовой базе исследуемых видов птиц и её связи с температурой воздуха, определяющей массовое появление пищи, представлены на рисунке 2.

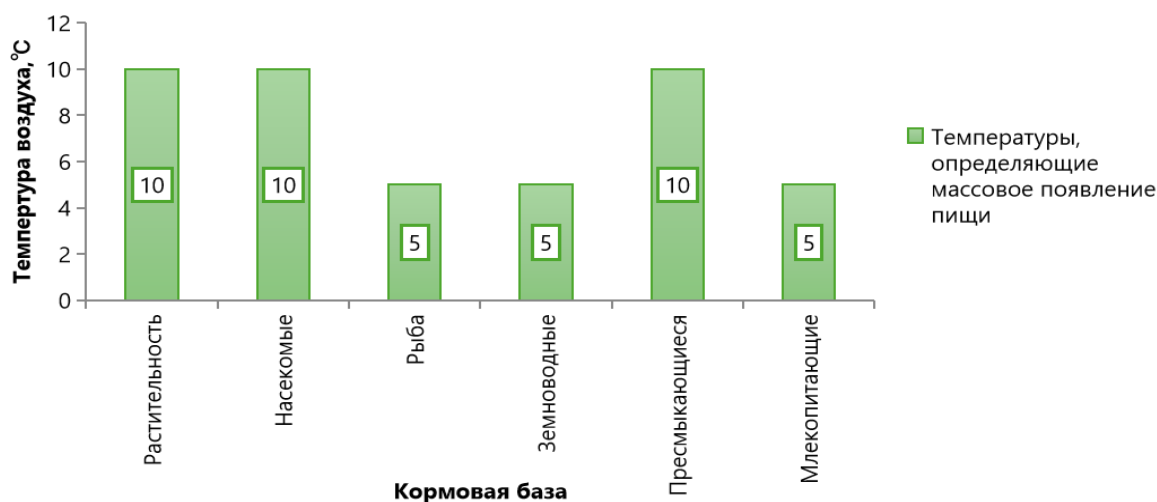


Рис. 2. График зависимости появления кормовой базы от определённой температуры воздуха

В Астраханском заповеднике сроки прилёта птиц коррелируют с температурными условиями и доступностью кормовой базы. К насекомоядным видам относятся большая выпь, малая цапля, речная крачка и сизоворонка; к иным группам — вяхирь, кукушка обыкновенная и лебедь-кликун; к хищным — чеглок, чибис и хохлатая чернеть (хотя последняя в основном питается рыбой и ракообразными).

Весенние миграции совпадают с формированием кормовой базы: рост холодостойких растений начинается при переходе температуры через $+5^{\circ}\text{C}$, активная вегетация — через $+10^{\circ}\text{C}$. По фенологическим наблюдениям, в Астраханском заповеднике растительность появляется в начале марта, цветение большинства видов — в апреле; в этот период массово появляются насекомые.

Поздно прилетающие виды (большая выпь, малая цапля) обеспечены пищей благодаря обилию водоёмов и открытой водной поверхности (средняя зимняя температура — -3°C). Эти птицы питаются рыбой, которой в заповеднике достаточно.

Лебедь-кликун прилетает при устойчивой температуре не выше $+10^{\circ}\text{C}$, когда растения отцветают и появляются семена — основная пища вида (в том числе части лотоса). Лебеди регистрируются в заповеднике не только осенью, но и

летом — вероятно, из-за сбившихся с пути молодых или ослабленных особей либо при достаточном количестве корма без конкуренции.

В Астраханском заповеднике появление насекомоядных птиц (речная крачка, сизоворонка, кукушка обыкновенная) обычно совпадает с повышением температуры воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$, что обусловлено массовым появлением насекомых и их личинок при такой температуре. Хищные птицы прибывают раньше — в диапазоне от 0°C до $+10^{\circ}\text{C}$. При $+5^{\circ}\text{C}$ выходят из спячки земноводные (лягушки, жабы), а при $+10^{\circ}\text{C}$ просыпаются пресмыкающиеся (ужы, полозы), служащие кормом для раннеприлетающих видов. Птицы, прилетающие при более высоких температурах, находят больше пищи, но сталкиваются с усиленной конкуренцией за корма и места гнездования. При этом для некоторых видов приоритетны не столько кормовые ресурсы, сколько условия для гнездования: например, речная крачка появляется при температуре выше $+10^{\circ}\text{C}$, поскольку ориентируется на наличие кувшинок — она занимает их за два месяца до строительства гнёзд (в конце марта — начале апреля), а гнездится и откладывает яйца уже в июне.

Выводы

Температурные условия напрямую влияют на формирование кормовой базы, определяя сроки миграции птиц. Хищные виды, питающиеся другими птицами и грызунами, прилетают при более низких температурах, тогда как насекомоядные и зерноядные регистрируются в заповеднике лишь при $+10^{\circ}\text{C}$ и выше. Птицы, прибывающие при температурах свыше $+15^{\circ}\text{C}$, имеют больший выбор кормов, но сталкиваются с усиленной конкуренцией. При прогнозировании миграций важно учитывать не только температуру и наличие пищи, но и поведенческие особенности видов — например, ранний прилёт для занятия гнездовых участков. Хотя появление кормовых ресурсов обычно предшествует прилёту птиц, данные о кормовой базе служат лишь вспомогательным индикатором: главным предиктором остаётся температура воздуха, регулирующая и вегетацию, и активность потенциальных кормов. В отсутствие метеоданных допустимо ориентироваться на сроки формирования

кормовой базы — это особенно ценно при анализе исторических летописей, где часто отсутствуют или искажены температурные показатели (в частности, в послевоенный период). Фенологические наблюдения Астраханского заповедника позволяют фиксировать начало вегетации, выход животных из спячки и появление кормовых объектов. Сопоставляя эти данные со сроками прилёта птиц, исследователи могут реконструировать миграционные паттерны даже без прямых метеоизмерений.

Литература

1. Бобрецов, А. В. Влияние глобального изменения климата на фенологию растений и животных Печоро-Илычского заповедника / А. В. Бобрецов, Т. К. Тertiца, В. П. Теплова // Природные и исторические факторы формирования современных экосистем Среднего и Северного Урала. – 2017. – С. 25-30.
2. Венгеров П. Д. Сроки весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике на фоне длительных климатических изменений // Региональные геосистемы. – 2015. – №3 (200). – С. 82-92.
3. Дольник, В.Р. Миграционное состояние птиц, Таинственные перелеты – М.: 1979. – С.165
4. Изучение и сохранение природных комплексов Астраханского биосферного заповедника, дельты Волги, Северного Каспия и некоторых особо охраняемых природных территорий России: материалы к 90-летию Астрахан. биосферного заповедника// М-во природных ресурсов и экологии РФ, Астрахан. гос. природный биосферный заповедник. – Астрахань: Волга. – 2009.
5. Михеев, А. В. Послегнездовые кочёвки птиц и их причины// Русский орнитологический журнал. – Том 22, Экспресс-выпуск 877. – 2013. – С. 1267-1271.
6. Природные экосистемы Каспийского региона: прошлое, настоящее, будущее Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного

заповедника/ отв. К. В. Литвинов// Астрахань: Астраханский государственный заповедник. – 2019. – С.320.

7. Реуцкий, Н. Д. Аннотированный список птиц Астраханского региона с указанием их распределения по природно-территориальным комплексам // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – №1 (27). – С. 159-208.

8. Соколов, Л.В. Климат в жизни растений и животных// СПб.: изд-во «ТЕССА». – 2010. – С. 344.

9. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме// СПб.: Научные технологии. – 2022. – С.124

CLIMATIC ASSESSMENT OF THE AVAILABILITY OF FOOD SUPPLIES FOR MIGRATING BIRDS IN THE ASTRAKHAN RESERVE

A.A. Galimova

Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.

A. Timiryazev, Moscow, alinagalimova20@mail.ru

Abstract: This article explores the relationship between the arrival dates of migratory birds in the Astrakhan Nature Reserve and the formation of their food supply from 1991 to 2021. It demonstrates that temperature conditions directly influence the development of birds' food supply, which determines the timing of their migration. The database of the Astrakhan Nature Reserve allows for the recording of the beginning of vegetation, the emergence of mammals from hibernation, and the appearance of food sources. By comparing these data with the arrival dates of birds, researchers can reconstruct migration patterns and assess the impact of climate even without direct meteorological measurements.

Keywords: air temperature, bird migration, temperature thresholds, and forage base.

РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ОТРАСЛЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Денисов Е.А.¹, Антонов Е.В.^{1, 2}

¹Институт географии РАН, Москва, eug.denisov@gmail.com

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, antonov@igras.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению ключевых процессов в наиболее климатозависимых отраслях сельского хозяйства Республики Дагестан, базируется на результатах полевых исследований республике Дагестан (в Гунибском, Левашинском и Кизлярском р-нах) в сентябре-октябре 2025 г. Показано, как сочетание климатических и социально-экономических факторов трансформаций могут усиливать, смягчать и блокировать влияние друг друга.

Ключевые слова: сельское хозяйство, растениеводство, овцеводство, рыболовство, изменение климата, адаптация к изменению климата, Республика Дагестан.

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Актуальность. Сельское хозяйство является одной из отраслей специализации Республики Дагестан, на долю агропромышленного сектора (включая пищевую промышленность) приходится свыше 20% ВРП Республики (по данным на 2023 г.). АПК Дагестана даёт весомый вклад в обеспечение продовольственной безопасности РФ – как по растениеводческой, так и животноводческой продукции. Регион обеспечил в 2024 г. 33% общероссийского сбора винограда, 17,6% – косточковых (1-е место в РФ), 12,8% – риса, 10,6% – овощей (2-е место). Дагестан лидирует в России по поголовью овец (26,7%) и крупного рогатого скота (5,5%). Кроме того, сельское хозяйство выполняет

важную социальную функцию – несмотря на убывающую динамику последних лет, отрасль остаётся одним из крупнейших секторов экономики по численности занятых (по официальным данным – 196 тыс. человек или 15,5% среднегодовой численности занятых в 2024 г.).

Относясь к числу климатически зависимых отраслей экономики, сельское хозяйство и рыболовство в Республике Дагестан находится под воздействием выраженной современной климатической динамики. В целом для Восточного Кавказа в последние десятилетия характерна аридизация климата, темпы которой ускоряются [1]. Климат становится теплее и суше, особенно динамичные изменения наблюдаются в период после 2010 г. В среднегорных и высокогорных районах темпы роста среднегодовых температур выше, чем на равнинных территориях – до $+1,5^{\circ}\text{C}$ за 10 лет в 2011-2020 гг. Снижается количество годовых и летних осадков, также в целом на Северном Кавказе отмечается увеличение экстремальности осадков. Интенсивное снижение уровня моря, начавшееся в 2005 году с отметок -27м (БСВ), к 2024 году достигло отметки -29м. В 2024-2025 гг. ежегодные темпы падения уровня достигают рекордных 25-30 см в год.

Вместе с тем, влияние факторов климатической динамики на развитие отраслей сельского хозяйства проявляется неравномерно. Зачастую социально-экономические факторы (в широком смысле – включая фактор отраслевой конъюнктуры, институциональный, кадровый и т.д.) играют ведущую роль в развитии отраслей сельского хозяйства. Задача исследования – выявить действительный характер влияния климатических факторов на развитие разных отраслей сельского хозяйства в Республике Дагестан с учётом фоновой социально-экономической динамики.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются отдельные отрасли агропромышленного комплекса Гунибского, Левашинского и Кизлярского районов Республики Дагестан: садоводство и виноградарство, овощеводство открытого и закрытого грунта, зерновое хозяйство, рыболовство. Работа основана на материалах полевых экспедиционных исследований, проведённых в Гунибском, Левашинском, Кизлярском районах Республики

Дагестан в сентябре-октябре 2025 г. Выбор территорий для исследования обусловлен значительным масштабом и ролью климатозависимых отраслей, являющихся ключевым элементом хозяйства для местного населения, и, таким образом, прямо или косвенно подверженного последствиям наблюдаемых климатических изменений. В ходе полевых исследований проведено более 20 экспертных интервью с работниками органов управления в сфере сельского хозяйства, представителями научных организаций сельскохозяйственного профиля, предпринимателями, местными жителями. Для оценки динамики развития отраслей сельского хозяйства использованы данные Росстата, Дагестанстата, Федерального агентства по рыболовству, администраций муниципальных образований.

В ходе работ изучались состояние и тенденции развития отдельных отраслей сельского хозяйства, а также характер влияния климатической динамики. Предложена логическая схема характеристики роли климатических факторов в развитии отдельных отраслей сельского хозяйства в исследуемых районах (Таблица 1).

Таблица 1

Варианты соотношения тенденций развития отраслей сельского хозяйства и характера влияния климатических факторов

		Тенденции динамики развития отрасли	
		Негативные	Позитивные
Воздействие климатических факторов	Негатив	Негативное влияние климатической динамики частично или полностью обуславливает негативную динамику развития отрасли	Позитивная динамика развития отрасли при адаптации к негативному влиянию климатической динамики
	Позитив	Позитивное влияние климатической динамики фактически или потенциально смягчает негативную динамику развития отрасли	Позитивная динамика отрасли, поддержанная или обусловленная позитивным влиянием климатической динамики

Обсуждение результатов

Овощеводство закрытого грунта

Овощеводство открытого грунта является одной из отраслей специализации Республики Дагестан. Среди муниципальных образований региона особенно выделяется Левашинский район – лидер по посевным

площадям овощей открытого грунта, специализирующийся на выращивании капусты. Район обеспечивает свыше более 40% сбора капусты в Дагестане и свыше 10% в стране. Овощеводством занимается свыше 27 тыс. ЛПХ района, устойчивость отрасли важна с точки зрения обеспечения социальной стабильности и источника средств к существованию населения.

Ключевым климатическим фактором, влияющим на развитие овощеводства, является изменение условий увлажнения, что приводит к дефициту воды для полива. Для целей водосбережения расширяется внедрение систем капельного орошения, интегрированных с насосными системами из водозаборов. Нехватка воды сильно выражена в середине лета, в засушливый сезон – в это время осуществляется подвоз воды автоцистернами.

Влияние климатической динамики на развитие овощеводства также проявляется через увеличение температур в период межсезонья, что обуславливает необходимость развития технологий хранения овощей – для обеспечения сохранности урожая при потеплении в осенние и весенние месяцы расширяется применение систем кондиционирования в овощехранилищах. Ещё одним направлением адаптации является применение новых сортов капусты в условиях тенденции к более раннему созреванию – в частности, позднеспелых сортов, демонстрирующих высокие показатели лёжкости, а также ранних сортов, устойчивых к цветущности.

Овцеводство

Овцеводство является ведущей животноводческой отраслью сельского хозяйства Республики Дагестан, традиционной отраслью хозяйства горных районов Республики, а также занимает важное место в основе традиционного уклада жизни населения. По данным на 2022 год, в овцеводстве с учётом смежных специальностей занято около 35 тыс. человек. Динамика развития отрасли в постсоветский период отличается от общероссийской тенденции: на фоне трёхкратного сокращения поголовья в целом по стране Республика Дагестан является одним из немногих регионов, где наблюдался рост поголовья (на 47% в период 1990-2024 гг.).

В Дагестане исторически сформировалась горно-отгонная система овцеводства, подразумевающая сезонный выпас овец на летних горных и зимних равнинных пастбищах и перегон овец между сезонными пастбищами дважды в год. В настоящее время в отгонном цикле ежегодно находится 1,3-1,5 млн овец, что составляет от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ всего поголовья.

В последние годы усугубляется комплекс проблем, связанных с состоянием зимних пастбищ, первопричиной чего является регулярное превышение допустимых норм нагрузки в условиях негативного влияния климатической динамики. Эпизоды засухи, сильных ветров усугубляют состояние пастбищ. Состояние большей части площади равнинных пастбищ оценивается как критическое [2], кормоёмкость пастбищ недостаточна для обеспечения стабильного функционирования системы горно-отгонного животноводства в прежних масштабах [3].

Одной из мер по адаптации овцеводства к происходящим изменениям является создание системы откормочных площадок на равнинных территориях для сокращения нагрузки на зимние пастбища. В настоящее время эта модель имеет ограниченное распространение, оставаясь довольно дорогой технологией, требующей значительных первоначальных капитальных вложений. Динамика развития этого направления чувствительна к наличию мер государственной поддержки и конъюнктуре рынка овцеводческой продукции.

Альтернативной моделью в текущих условиях является развитие стойловой системы овцеводства со специализацией на откорме овец (годовой цикл – закупка молодняка, откорм и реализация). Данная модель широко применяется в отдельных районах Республики Дагестан – в частности, в Левашинском районе, лидирующем по поголовью овец, около 80% поголовья находится на стойловом содержании.

Существуют и другие ограничения в развитии горно-отгонной системы овцеводства, не связанные с климатическими факторами – комплекс проблем, связанных с организацией сезонного перегона овец между летними и зимними пастбищами (включая произвольную застройку скотопрогонных трасс,

дороговизна перевозки и отсутствие мер поддержки перевозки скота), дефицит трудовых ресурсов для обеспечения работ на кутанных равнинных территориях. Общим ограничителем развития отрасли является отсутствие стабильной модели сбыта продукции, а также дефицит перерабатывающих мощностей.

Давление внешних факторов стимулирует формирование новых направлений в овцеводстве, в частности – молочного овцеводства, обеспечивающего большую маржинальность и не требующего применения сезонного перегона поголовья.

С другой стороны, полевые исследования показали, что овцеводство может выступать в качестве демпфера при упадке базовых отраслей специализации (пример с. Брянск Кизлярского района).

Рыболовство

Понижение уровня Каспийского моря в текущем цикле регрессии ускорилося после 2020 года (Рисунок 1), что привело, прежде всего, к повсеместному ухудшению условий для ведения прибрежного рыболовного промысла. Отступление береговой линии особенно заметно в мелководной северной части моря, в Кизлярском районе за последние годы оно составило 1,5-2 км, что существенно повлияло на технологические особенности ведения лова.

Одним из наиболее пострадавших от наблюдаемого понижения уровня моря в Кизлярском районе РД является сельсовет «Брянский» (села Брянск, Брянский рыбзавод, Новый Чечень), на территории которого ведет деятельность рыболовецкий производственный кооператив-колхоз (РПКК) «Волна Революции». Для осуществления промысла используются маломерные моторные лодки, которые вынуждены ежедневно (в начале и окончании лова) преодолевать значительные расстояния (более 1 км) от производственной базы и пункта приема рыбы до открытой воды по искусственному каналу. Ежегодное отступление береговой линии приводит либо к необходимости дорогостоящего углубления, очистки и удлинения канала¹, либо буксировки лодок от устья канала

¹ По данным руководства РПКК одна такая кампания по обустройству и углублению канала обходится в 4 млн руб. и требует найма необходимой техники за пределами РД.

до уреза воды, что сопряжено с дополнительными временными и материально-техническими издержками. В результате, время выхода и возвращения в море увеличивается на 1-2 часа, требует привлечения специализированной техники. Рыболовецкие хозяйства, которые не обладают подобными возможностями, вынуждены уменьшать время и, как следствие, объёмы лова. Сокращение удобных мест выхода в море, как для промысловой, так и для любительской рыбалки, в Кизлярском районе приводит к повышению концентрации рыболовецких судов в прибрежной акватории вблизи сохраняющихся наиболее удобных подъездов. Перенос береговой инфраструктуры (причалов, мест временного хранения судов) ближе к современной береговой линии сталкивается с трудностями регуляторного характера со стороны надзорных органов (прежде всего, Пограничной Службы, осуществляющей контроль за соблюдением правил рыболовства).

Изменение условий для ведения прибрежного рыболовства в связи с отступанием береговой линии уже активно проявляется в сокращении валового вылова в акватории Каспийского моря, примыкающей к Астраханской области и Республике Дагестан (Рисунок 1). Увеличивается доля улова, приходящаяся на открытую часть Каспийского моря, доля которой в 2024 году составила уже 38%. Такие изменения требуют адаптации – масштабных затрат на перевооружение, приобретения других типов судов, изменения схемы организации промысла, что создает большие сложности для небольших рыболовецких предприятий Дагестана. В результате природные процессы находят отражение и в социально-экономической ситуации в поселениях, исторически связанных с промыслом: рыбаки не чувствуют уверенности и стабильности заработка, особенно в свете неутешительных прогнозов по уровню моря на ближайшую перспективу. Значительная часть членов кооператива вынуждены на летний сезон выезжать на работу на рыбные промыслы регионов Дальнего Востока, что не способствует укорененности местного населения и стимулирует миграционный отток местного населения. С учетом ярко выраженной этнической специфики дагестанского Надтеречья (сохраняющееся большинство русских в структуре

населения, что нетипично для региона), наблюдаемое миграционное замещение приводит к размытию выраженной этнической и культурной специфики этой части побережья Дагестана.

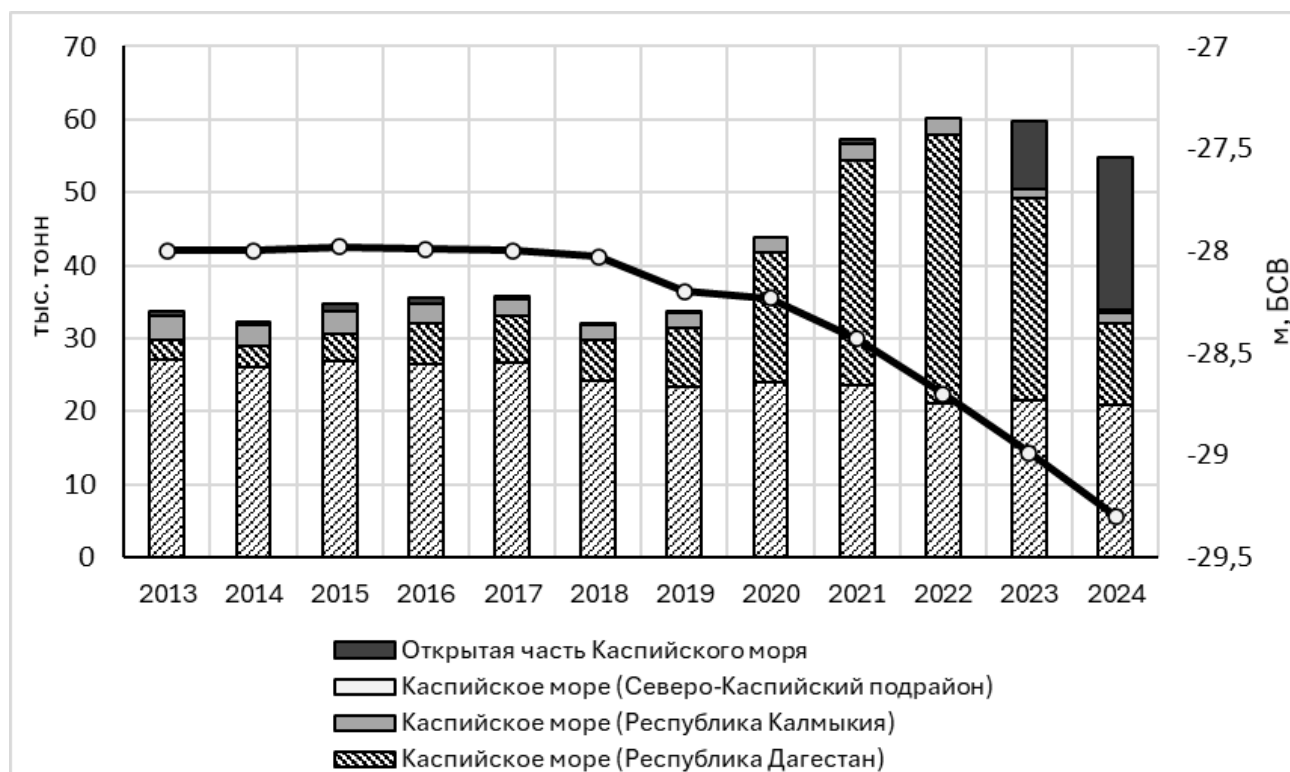


Рисунок 3. Динамика вылова рыбы по промысловым районам Каспийского моря в водах юрисдикции РФ (тыс. тонн) и уровня Каспийского моря (м, БСВ высот). Источник: [4, 5]

Выводы. Климатические изменения приводят к трансформации условий развития отраслей сельского хозяйства в Республике Дагестан, однако роль климатических факторов в определении тенденций развития отдельных отраслей на современном этапе остаётся преимущественно подчинённой. Комплекс социально-экономических факторов играет ведущую роль в развитии отраслей сельского хозяйства.

В наибольшей степени влияние природно-климатических изменений проявляется в рыболовстве, где быстрое падение уровня Каспийского моря в последние годы приводит к кризису традиционных систем ресурсопользования и является важным вызовом для дальнейшей динамики развития отрасли в регионе.

В некоторых случаях позитивная динамика климатических факторов сопровождает негативную динамику развития отрасли в конкретном районе. Так, развитие традиционной отрасли садоводства в Гунибском районе, несмотря на высотное расширение ареала садоводства благодаря современным климатическим изменениям, сталкивается с критическими ограничениями в виде блокирующих социально-экономических условий развития отрасли (кризис сбытовой инфраструктуры, конфликты в землепользовании с туристической отраслью и сложности с изменением прав собственности на землю, дефицит трудовых ресурсов).

Чаще всего негативный характер влияния современных климатических изменений оказывает сдерживающее воздействие на развитие отраслей сельского хозяйства, находящихся на стадии активного роста, что вызывает необходимость поиска и принятия мер адаптации отраслей хозяйства к климатическим изменениям. Дефицит водных ресурсов в среднегорье обуславливает необходимость развития водосберегающих технологий, поиска альтернативных источников водоснабжения и развитие соответствующей инфраструктуры для обеспечения возможностей развития овощеводства (в закрытом и открытом грунте) в Левашинском районе. Снижение кормоёмкости зимних пастбищ стимулирует развитие модели стойлового овцеводства, а также появление и тиражирование новых направлений овцеводства. В выращивании капусты изменение температурного режима в течение агроклиматического сезона требует внедрения новых сортов с большей лёжкостью, устойчивых к цветущности. Для обеспечения сохранности урожая в условиях повторяющихся эпизодов потепления в межсезонье внедряются системы кондиционирования в овощехранилищах.

Литература

1. Грачева Р.Г., Виноградова В.В., Мудуев Ш.С. Адаптация деятельности населения горных территорий Дагестана к климатическим изменениям: тенденции в сельском хозяйстве // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87. – №. 7. – С. 946-962.

2. Абдулмуслимов А.М., Хожоков А.А. Овцеводство Дагестана: прошлое – настоящее – будущее. 3-е изд. – Махачкала: Издательский дом «Дагестан», 2024. – 304 с.

3. Теймуров С.А., Казиев М.-Р.А., Багомаев А.А. Региональные адаптационные меры по минимизации климатических рисков в сельском хозяйстве // Юг России: экология, развитие. –2024. – Т. 19. – № 4. – С. 178-190. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-15

4. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря/ Официальный сайт Координационного комитета по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря. URL: <http://caspscom.com/пректы/бюллетени-уровня-моря/>

5. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов и производстве рыбной продукции. Форма №1-П (рыба). Федеральное агентство по рыболовству. Бюллетень за 2014-2024 гг. январь-декабрь (нарастающим итогом). URL: <https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>

THE ROLE OF CLIMATIC FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL SECTORS IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN AT THE PRESENT STAGE

Denisov E.A¹, Antonov E.V.¹²

¹Institute of Geography RAS, Moscow, eug.denisov@gmail.com

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, antonov@igras.ru

Summary. The article examines key processes in the most climate-dependent sectors of agriculture in the Republic of Dagestan, based on the results of field research in the Republic of Dagestan (in the Gunib, Levashi and Kizlyar districts) in September-October 2025. It shows how the combination of climatic and socio-economic factors of transformation can strengthen, mitigate and block each other's influence.

Keywords: agriculture, crop production, sheep farming, fisheries, climate change, adaptation to climate change, Republic of Dagestan.

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АДАПТАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ СИБИРИ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

К.Ю. Максимович¹, Н.Н. Воропай^{2,3}, В.К. Каличкин¹

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирская область, р.п. Краснообск, 630501, Россия

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, пр. Академический, 10/3, 634055, Россия

³Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, 664033, Россия

***Аннотация.** Проблема адаптации земледелия к изменяющимся условиям погоды и климата всегда была определяющей при планировании производства сельскохозяйственной продукции. В связи с изменяющимися условиями окружающей среды и растущим уровнем неопределённости в области земледелия, ставится задача по поиску наиболее информативных показателей, отражающих связь условий тепло -, влагообеспеченности с продукционным процессом сельскохозяйственных культур. В работе предложено расширить группу гидротермических характеристик, участвующих в расчетах, следующими индексами: индекс сухости Будыко, индексы аридности, индексы Бова и Улановой, NDVI, VCI.*

Продолжением научной работы является разработка и адаптация интеллектуальных инструментов на основе данных индексов для оценки и моделирования гидротермических параметров в системе «почва-атмосфера» как ключевого элемента поддержки принятия решения в системе цифрового управления земледелием.

***Ключевые слова:** изменения климата, гидротермические условия, земледелие, урожайность, цифровые технологии, система цифрового управления земледелием (ЦСУЗ).*

Введение

Непрерывный процесс изучения происходящих климатических изменений происходит как на глобальном [1,2], так и на региональном [3,4] уровнях. Одна из основных задач таких исследований сводится к оценке сопутствующих рисков и разработке принципов адаптации земледелия к изменяющимся погодноклиматическим условиям [5]. На нашей планете существует множество регионов, где изменчивость климата объясняет более 60% вариабельности показателей урожайности пшеницы, кукурузы, риса и сои, учитывая, что многие из этих регионов еще недавно находились в условиях с максимальной продуктивностью и благоприятным биоклиматическим потенциалом [5,6].

В работе [3] для территории Западной Сибири установлено, что в период 2011-2020 гг. наблюдается рост средних и экстремальных значений температуры воздуха, а увеличение количества осадков и скорости ветра - преимущественно в северных районах региона. Летом отмечается увеличение экстремальных значений количества осадков во всем регионе, за исключением горных районов в его юго-восточной части. При этом области, подверженные влиянию сильных дождей, становятся более компактными и локализуются преимущественно на юге и вдоль западной границы территории. Согласно оценкам, полученным в результате расчетов модели INM-CM5.0 до 2100 г. для сценариев SSP2-4.5 и SSP5-8.5, тенденции к увеличению экстремальных событий в регионе будут сохраняться.

Таким образом, ожидается, что в будущем частота и амплитуда экстремумов будет только увеличиваться [3,7], что повышает уровень биофизической неопределенности в растениеводстве региона. Одними из главных противоречий земледелия на большей части территории России, являются [8]: сложность адаптации элементов агротехнологий к динамике агроклиматических параметров и несовпадение важнейших микропериодов развития сельскохозяйственных культур с оптимальными для развития гидротермическими условиями почвы и атмосферы.

Интегрированный мониторинг баланса тепла и увлажнения в динамической системе «почва–растение–атмосфера» необходим для понимания возникающих рисков и разработки надлежащей стратегии по адаптации систем земледелия к усложняющимся последствиям климатических изменений. Проблема адаптации земледелия к изменяющимся условиям погоды и климата всегда была определяющей при планировании производства сельскохозяйственной продукции и одновременно недостаточно разработанной. Данная задача может быть отчасти решена путем прогнозирования развития продукционного процесса сельскохозяйственных культур в течение вегетации и выделения узловых периодов в соответствии с текущей динамикой тепло-, влагообеспеченности и прогнозными значениями потенциальных условий [9]. Однако, для использования такого подхода опять же необходимы информативные гидротермические показатели, способные отражать адекватную связь с биологической системой в изменяющихся условиях, проверенную на длительном промежутке времени (данные временных рядов по урожайности, биомассе и др.).

Появилась необходимость развития этого направления с учетом новых климатических рисков [5] и появившихся возможностей в связи с развитием современных цифровых технологий получения и обработки данных, а также массовым внедрением технологий искусственного интеллекта в биологические и сельскохозяйственные науки. Макросистематический подход предполагает [9], что цифровые инструменты могут повысить продуктивность и устойчивость земледелия через мониторинг в реальном времени, анализ данных и моделирование, а также возможное масштабирование лучших управленческих решений на схожие по биоклиматическим потенциалам территории. Вероятностный подход к принятию технологических решений, осуществляется, в частности, путем варьирования способов обработки почвы, сроков посева, норм высева семян и др. [8-10]

На данный момент подразделениями Сибирского научно-исследовательского института земледелия, биологизации и цифровизации

СФНЦА РАН и Институтом мониторинга климатических и экологических систем СО РАН ведутся совместные исследования зависимости показателей урожайности яровой пшеницы от атмосферно-почвенных гидротермических условий, выраженных через различные индексы увлажнения/засушливости территории. Информационной основой работы являются результаты полевых исследований за период 1986-2022 гг., полученные на стационаре Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН в центральной лесостепи Приобья. На данный момент уже проанализированы взаимосвязи урожайности и группы наиболее часто используемых гидротермических индексов: стандартизированный индекс осадков (Standardized Precipitation Index – SPI), стандартизированный индекс осадков и эвапотранспирации (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI), индекс засушливости Педя (S) (с учетом влажности почвы – $S_{T,R,E}$ и без нее – $S_{T,R}$), ГТК Селянинова и ГТК_{норм}. В проведенном исследовании [10] использованы результаты мониторинга урожайности пшеницы на 18 участках с различными сочетаниями методов обработки почвы и внесения удобрений. Уникальность работы заключается в компактном расположении опытных участков, благодаря чему атмосферно-гидротермические условия одинаковы для всех опытов, и оценка влияния атмосферной засухи на урожайность, выраженной различными индексами, более точна, чем при сравнении условий на обычных сельскохозяйственных полях. Анализировались не только корреляции, но и совпадение засушливых событий (по разным индексам) и низкой урожайности при разных способах обработки участков.

Наиболее информативным за весь вегетационный период и отдельные месяцы оказался индекс засушливости Педя, учитывая, что совпадение случаев низкой урожайности и выявленных по индексу Педя засух больше, чем для остальных индексов. Корреляционный анализ показал, что коэффициенты корреляции урожайности и индекса Педя, учитывающего почвенное увлажнение ($S_{T,R,E}$), выше, чем коэффициенты корреляции урожайности и других гидротермических индексов. Без учета почвенного увлажнения высокую

прогнозную способность показал SPI, который уже активно используется в предиктивных моделях на основе машинного обучения. В процессе работы продемонстрирована возможность использования гидротермических индексов в качестве предиктора урожайности яровой пшеницы. Для получения максимально корректных результатов моделирования предложено расширить группу гидротермических характеристик, участвующих в расчетах, следующими индексами: индекс сухости Будыко, индексы аридности, индексы Бова и Улановой, NDVI, VCI.

Таким образом, перспективным продолжением научной работы станет разработка и адаптация интеллектуальных инструментов для оценки и моделирования (краткосрочного, долгосрочного) гидротермических параметров в системе «почва-атмосфера» как ключевого элемента поддержки принятия решения в системе цифрового управления земледелием.

Список использованной литературы

1. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. – 2021. – Vol. 2. – №. 1. – 2391 p.

2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб. : Научные технологии. – 2022. – 124 с

3. Харюткина Е.В., Логинов С.В., Морару Е.И., Пустовалов К.Н., Мартынова Ю.В. Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири // Оптика атмосф. и океана. – 2022. – Т. 35, № 2. С. 136–142. DOI: 10.15372/AOO20220208

4. Коршунова Н.Н., Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Давлетшин С. Г., 2018: Оценка экстремальности температурного режима и режима осадков на территории Российской Федерации и ее регионов // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – Вып. 183. – С. 20-30.
5. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / ред. А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин. М.: Россельхозакадемия. – 2009. – 518 с.
6. Ray, D. K., Gerber, J. S., MacDonald, G. K., & West, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability //Nature communications. – 2015. – Vol. 6. – №. 1. – P. 5989. DOI: 10.1038/s44264-025-00053-5
7. Воропай Н.Н., Рязанова А.А. Засухи на территории Томской области // Метеорология и гидрология. –2020. – № 12. – С. 39-51.
8. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия //Земледелие. – 2021. – №. 2. – С. 3-7.
9. Каличкин, В. К. Методология формирования цифровой системы управления земледелием / В. К. Каличкин, К. Ю. Максимович // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 3. – С. 5-20. – DOI: 10.26898/0370-8799-2024-3-1.
10. Воропай Н.Н., Каличкин В.К., Максимович К.Ю., Рязанова А.А., Васильева Н.В. Влияние гидротермических условий, выраженных через различные индексы, на урожайность пшеницы // XVI Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу, 16-20 сентября 2025. – Томск. – С.38-39.

THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ADAPTATION OF SIBERIAN FARMING TO A CHANGING CLIMATE

K. Yu. Maksimovich¹, N. N. Voropai^{2,3}, V. K. Kalichkin¹

¹ Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Oblast, 630501, Russia

² Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Akademichesky Ave., 10/3, 634055, Russia

³ V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Ulaanbaatarskaya St., 1, 664033, Russia

Abstract. *Adapting agriculture to changing weather and climate conditions has always been a crucial issue in planning agricultural production. Due to changing environmental conditions and increasing uncertainty in agriculture, the task is to find the most informative indicators reflecting the relationship between heat and moisture conditions and crop production. This paper proposes expanding the group of hydrothermal characteristics used in calculations to include the following indices: the Budyko dryness index, aridity indices, the Bova and Ulanova indices, NDVI, and VCI. A continuation of this research is the development and adaptation of intelligent tools based on these indices for assessing and modeling hydrothermal parameters in the soil-atmosphere system as a key element in supporting decision-making in digital agricultural management systems.*

Key words: *climate change, hydrothermal conditions, agriculture, crop yield, digital technologies, digital agriculture management system (DAMS).*

**УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ
ПШЕНИЦЫ К ПОРАЖЕНИЮ ЛИСТОВЫМИ ПАТОГЕНАМИ,
РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ИММУНИТЕТ В
ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В.В. Пискарев¹, Н.И. Бойко¹, В.А. Апарина¹

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Краснообск,

piskaryov_v@mail.ru

Аннотация: целью исследования было выделение источников устойчивости к поражению бурой ржавчиной и мучнистой росой пшеницы, формирующих урожайность не ниже стандартов Новосибирская 31 и Сибирская 17, для селекции в Западной Сибири. Устойчивые к бурой ржавчине – Norm, Аппарина 2, ПХРСВ-02, Димитровка 5-14 ИЗР, 31755, Волгоуральская, к мучнистой росе – ЛП 588-1-06, WW 16151, Glenlea. С комплексной устойчивостью: Мерцана, Воевода, Экада 85, Karee, Лютесценс 503, RL-3, Тулайковская 108, Тулайковская 5.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, устойчивость, бурая ржавчина, мучнистая роса, урожайность, вегетационный период

Селекция, направленная на создание сортов, устойчивых к поражению основными патогенами, распространенными в регионе, является одним из экономически оправданных и экологически безопасных методов борьбы с заболеваниями [1]. Пшеница мягкая яровая – самая распространённая культура в Сибири, её доля по годам достигает 65% [2]. В Сибири имеют частое распространение различного рода пятнистости, корневые гнили, бурая ржавчина и мучнистая роса пшеницы [3]. Стеблевая ржавчина пшеницы, имеющая

экономическое значение в регионах с более тёплым климатом, в Сибири начинает проявляться ближе к созреванию и снижает только размер зерновки у среднеспелых и среднепоздних сортов, которые имеют небольшое распространение в регионе. Создать сорта устойчивые к корневым гнилям и пятнистостям затруднительно, так как нет достаточно эффективных генов устойчивости. В арсенале селекционеров имеется большое количество источников устойчивости к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе пшеницы [4]. Кроме того, большая часть эффективных генов устойчивости к ржавчинным заболеваниям – маркирована, что позволяет создавать пирамиды генов в новых сортах. На основании вышеизложенного, поиск эффективных источников устойчивости к патогенам, распространённым в регионе, для создания новых генотипов, устойчивых к поражению, является актуальной задачей при рациональном использовании сельскохозяйственных земель.

Материал, методика и условия проведения эксперимента. В исследование были включены 105 коллекционных сортообразцов различного эколого-географического происхождения (в том числе 45 раннего и среднераннего сроков созревания – стандарт Новосибирская 31 и 60 среднего и позднего – стандарт Сибирская 17), характеризующихся наличием 1 или более генов устойчивости (информация с сайта GRIS [5] и других открытых источников [6, 7]) или устойчивые к поражению в полевых условиях в 2019-2021 гг. в лесостепи Приобья Новосибирской области на чернозёме выщелоченном. Погодные условия различались по годам и месяцам исследования. В 2019 году ГТК составил 0,98, в 2020 – 1,15, в 2021 – 0,90, при среднемноголетнем значении = 1,20. Лишь в 2020 году условия были близкие к среднемноголетним, в 2019 и 2020 осадков выпало меньше и проявилась засуха. Посев проводили в первой декаде мая сеялкой ССФК-7 на делянках 2 м² с нормой высева 6 млн зёрен на Га. Полевую устойчивость к поражению мучнистой росой и бурой ржавчиной пшеницы оценивали по методике ВИР [8]. Сорта стандарты – Новосибирская 31 и Сибирская 17. Линия индикатор поражения – Хакасская. Лабораторную оценку устойчивости образцов к поражению синтетическими популяциями проводили

на растениях (фаза 3-й лист – кущение). Синтетические популяции были собраны в Алтайском крае (п. Научный городок) и Новосибирской области (п. Краснообск) в поле с универсально восприимчивой линии Хакасская в 2022 году. Популяции размножали изолированно на растениях в искусственных условиях при температуре +18-22°C и влажности 60-80%. Тип реакции на заражение патогеном определяли на 8-10 сутки после инокуляции по шкале Mains и Jackson [9]. Синтетические популяций, используемые в исследовании, различались по вирулентности к образцам с различными известными генами устойчивости к поражению бурой ржавчиной пшеницы. Так популяция из Алтайского края была авирулентной к образцам с генами *Lr3a*, *Lr24*, *Lr45*, тогда как новосибирской популяцией линии, несущие данные гены поражались. Новосибирская популяция не поражала образцы с генами: *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr16*, *Lr17* и *Lr20*. Обе популяции поражали линии с генами *Lr1*, *Lr26*, *Lr3ka*, *Lr30*, *Lr14a*, *Lr18*, *Lr3bg*, *Lr14b*, *Lr15* и были авирулентны к *Lr9*, *Lr11*, *Lr19*, *Lr36*, *Lr38*, *Lr47*.

Результаты исследования и их обсуждение. Создание сортов, устойчивых к заболеваниям имеет смысл, если они не будут уступать районированным в регионе, иначе сорт не пройдет испытание на хозяйственную полезность. Сорта, созданные в других климатических зонах, имеют свои, отличные от сибирских сортов, механизмы адаптации к условиям, поэтому один из основных критериев при подборе пар для скрещивания является урожайность сорта – источника генов устойчивости в условиях, для которых ведется селекция. Так в группе сортов, созревающих не позднее сорта Новосибирская 31 (среднеранний сорт, продолжительность периода от всходов до созревания – 75,0 дней, урожайность 486,2 г/м²) по урожайности выделяются 17 сортов, в том числе один (Свеча из Кировской области) со значительно большей (573,1; НСР₀₅=83,8 г/м²). Урожайность остальных варьировала от 404,5 до 567,9 г/м² (таблица 1). Очень высокой (99) и высокой (9 баллов) устойчивостью к поражению мучнистой росой в полевых условиях на протяжении нескольких лет характеризовались образцы ЛП 588-1-06, КВС Аквилон из Германии и WW 16151 из Швеции. Устойчивость

универсально восприимчивого индикатора (линия Хакасская) составила 1-3 балла (очень низкая и низкая устойчивость).

Таблица 1

Высокоурожайные образцы раннего и среднераннего сроков созревания, рекомендуемые как источники устойчивости к мучнистой росе и бурой ржавчине пшеницы в условиях Западной Сибири.

Название	Происхождение	1		2		3	4	5	6
		min	max	min	max				
Хакасская	РФ, Хакассия	1	3	1	3	78,6	246,1	3	4
Новосибирская 31	РФ, Новосибирская обл.	7	7	3	5	75,0	486,2	-	-
Свеча	РФ, Кировская обл.	7	9	9	99	76,5	573,1	4	3
Харьковская 18	Украина	5	7	5	9	78,0	567,9	4	3
Геракл	РФ, Омская обл.	7	9	9	9	77,0	528,6	3	1
ЛП 588-1-06	Германия	99	99	1	7	76,0	488,3	3	3
Изумрудная	РФ, Челябинская обл.	5	7	9	99	78,0	487,9	1	X
Омская 38	РФ, Омская обл.	5	9	9	9	76,5	473,0	1	3
Norm	США	5	7	99	99	76,5	468,9	0	1
Triso	Германия	5	99	3	9	76,0	466,0	4	2
WW 16151	Швеция	9	99	5	9	76,5	447,4	3	2
ОС 8822	Бразилия	5	9	9	99	77,5	441,3	2	3
Annapurna 2	Непал	3	7	99	99	76,5	429,2	0	0
ПХРСВ-02	США	3	5	9	99	77,0	427,0	1	1
Воронежская 16	РФ, Воронежская обл.	3	5	3	9	76,0	424,7	4	3
Димитровка 5-14 ИЗР	Болгария	3	7	99	99	77,5	418,0	1	1
КВС Аквилон	Германия	9	9	9	9	77,5	417,2	1	3
Glenlea	Канада	7	99	7	99	77,5	411,7	4	3
31755	СИММИТ	5	9	99	99	77,5	404,5	0	1
НСР ₀₅		-	-	-	-	3,6	83,8	-	-

Примечание: 1. Устойчивость к поражению мучнистой росой в поле, балл; 2. Устойчивость к поражению бурой ржавчиной в поле, балл; 3. Продолжительность периода от всходов до созревания, дни; 4. Урожайность, г/м²; 5. Поражение синтетической популяцией из Алтайского края в ювенильной стадии, балл; 6. Поражение синтетической популяцией из Новосибирской области в ювенильной стадии, балл;

Высокой устойчивостью к поражению бурой ржавчиной как в поле (9-99 баллов), так и при искусственном заражении обеими популяциями (0-2 балла) характеризовались образцы Norm (из США; возможно несет гены *Lr1*, *Lr10*, *Lr13*,

Lr16, *Lr23*, *Lr34* или *Lr16*), Annapurna 2 (из Непала), ПХРСВ-02 (США), Димитровка 5-14 ИЗР (Болгария, гены *Lr10+Lr23*) и образец 31755 из СИММИТ. Устойчивость универсально восприимчивого индикатора (линия Хакасская) составила 1-3 балла (очень низкая и низкая устойчивость), тип реакции при заражении популяциями из Алтайского края и Новосибирской области – 3-4 балла (восприимчивость).

Кроме того, для включения в селекцию на устойчивость к бурой ржавчиной пшенице в регионе можно рекомендовать ряд образцов, представленных в таблице, устойчивость которых детерминирована ювенильными генами устойчивости с различной эффективностью, защищающими их от поражения (отличается реакция на искусственное заражение синтетическими популяциями из Алтайского края и Новосибирской области, но имеют высокую полевую устойчивость): Геракл, Омская 38 (Омская область), Изумрудная (Челябинская область; гены *Lr26+LrU*), ОС 8822 (Бразилия) и КВС Аквилон (Германия; ген *Lr24*). Сорта Геракл и КВС Аквилон, кроме того были устойчивые к поражению мучнистой росой (7-9 баллов).

Высокая полевая устойчивость к поражению бурой ржавчиной, детерминированная геном возрастной устойчивости (*Lr34*), отмечена у сорта Свеча (9 -99 баллов), при этом обеими синтетическими популяциями сорт поражался на 3-4 балла в ювенильной стадии, кроме того, сорт характеризовался устойчивостью к поражению мучнистой росой пшеницы в полевых условиях (7-9 баллов).

Среди образцов среднего и позднего сроков созревания, значительного превышения стандарта (Сибирская 17) по урожайности (602,9 г/м²) не выявлено, все выделившиеся образцы с урожайностью 533,3-586,6 г/м² были незначительно ниже по степени проявления этого признака (таблица 2).

Устойчивость образцов к поражению бурой ржавчиной пшеницы, в основном, детерминирована генами ювенильной устойчивости (высокая полевая устойчивость (9-99 баллов) и отсутствие или слабая реакция на искусственное заражение синтетическими популяциями (0-2 балла) в ювенильной стадии. В

основном это образцы, несущие гены *Lr19* (Лютесценс 503, Тулайковская 108, RL-3 и Волгоуральская), *Lr6Agi1* (Воевода), *Lr6Agi2* (Тулайковская 5). Сорт Карее (ЮАР) скорее всего несёт пул генов (*Lr3bg+Lr11+ Lr24*), постулированных ранее, при этом лишь *Lr11* был эффективен в обеих синтетических популяциях. Сорта с геном *Lr24* поражаются популяцией из Новосибирской области, а с геном *Lr3bg* обеими. Кроме перечисленных выше, высокая устойчивость отмечена у сорта Мерцана (Тамбовская область) и Экада 85.

Таблица 2

Высокоурожайные образцы среднего и позднего сроков созревания, рекомендуемые как источники устойчивости к мучнистой росе и бурой ржавчине пшеницы в условиях Западной Сибири.

Название	Происхождение	1		2		3	4	5	6
		min	max	min	max				
Сибирская 17	РФ, Новосибирская обл.	7	7	7	7	81,1	602,9		
Мерцана	РФ, Тамбовская обл.	7	99	9	99	83,5	586,6	0	0;
Воевода	РФ, Саратовская обл.	7	99	9	99	84,5	574,5	0	0;
Экада 85	РФ и Казахстан	99	99	99	99	85,5	571,6	0	0;
Карее	ЮАР	7	7	99	99	87,9	571,6	0;	0
Лютесценс 503	РФ, Саратовская обл.	7	9	99	99	82,5	560,7	0;	0;
Обская 2	РФ, Новосибирская обл.	5	7	5	99	78,5	555,2	0	х
RL-3	РФ, Тамбовская обл.	9	9	9	99	85,0	538,3	0	1
Пирамида	РФ, Пензенская обл.	3	7	99	99	78,5	536,2	2	4
Тулайковская 108	РФ, Самарская обл.	7	99	9	99	79,5	535,5	0	0;
Тулайковская 5	РФ, Самарская обл.	9	99	99	99	83,5	533,4	0	1
Волгоуральская	РФ, Самарская обл.	3	7	99	99	80,0	533,3	0	0
НСР ₀₅		-	-	-	-	3,6	83,8	-	-

Примечание: 1. Устойчивость к поражению мучнистой росой в поле, балл; 2. Устойчивость к поражению бурой ржавчиной в поле, балл; 3. Продолжительность периода от всходов до созревания, дни; 4. Урожайность, г/м²; 5. Поражение синтетической популяцией из Алтайского края в ювенильной стадии, балл; 6. Поражение синтетической популяцией из Новосибирской области в ювенильной стадии, балл.

Образцы Тулайковская 5, RL-3 и Экада 85, также практически не поражались (9-99 баллов) мучнистой росой пшеницы в годы изучения. Высокой устойчивостью

к поражению патогеном (7-99 баллов) характеризовались сорта Мерцана, Воевода, Karee, Лютесценс 503 Тулайковская 108.

В результате проведенного исследования выявлены коллекционные образцы, рекомендуемые для использования в качестве источников генов устойчивости (балл устойчивости к поражению мучнистой росой и бурой ржавчиной пшеницы в поле – 7-99, тип реакции при заражении популяциями из Алтайского края и Новосибирской области – 0-2 балла) к поражению бурой ржавчиной (Norm, Annapurna 2, ПХРСВ-02, Димитровка 5-14 ИЗР, 31755, Волгоуральская), мучнистой росой (ЛП 588-1-06, WW 16151, Glenlea) пшеницы и обладающие комплексной устойчивостью (Мерцана, Воевода, Экада 85, Karee, Лютесценс 503, RL-3, Тулайковская 108, Тулайковская 5), которые формируют урожайность ($404,5-586,6 \text{ г/м}^2$) на уровне ($\text{НСР}_{05}=83,8 \text{ г/м}^2$) возделываемых в регионе сортов среднеранней (Новосибирская 31, урожайность – $486,2 \text{ г/м}^2$) и среднепоздней (Сибирская 17, урожайность – $602,9^2$) групп спелости.

Благодарность: Работа выполнена при финансовой поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН FWNR 2024-0013.

Литература.

1. Genomic approaches to identify molecular bases of Crop Resistance to diseases and to develop future breeding strategies. International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. № 11. Doi:10.3390/ijms22115423. [Электронный ресурс] // Mores A., Borrelli G.M., Laidò G., Giuseppe P., Pecchioni N., Giuseppe L., Amoroso M., Desiderio F., Mazzucotelli E., Mastrangelo A.M., Marone D. URL: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/11/5423> (дата обращения 14.11.2024).
2. Шарков И.Н., Колбин С.А., Васильева Н.В. Возможности интенсификации технологии выращивания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2023. № 6. С. 3-11. DOI: 10.31857/S0002188123060108

3. Слободчиков А.А. Влияние средств защиты растений на продуктивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 10-14. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10202
4. Афанасенко О.С. Генетическая защита зерновых культур: итоги и перспективы // Защита и карантин растений. 2020. № 9. С. 3-7.
5. Genetic Resources Information System for Wheat and Triticale [Электронный ресурс] URL: <http://www.wheatpedigree.net> (дата обращения 14.11.2024).
6. Зеленева Ю.В. Обоснование генетической защиты пшеницы от вредоносных болезней в условиях Центрально-чернозёмного регион. Диссертация на соискание учёной степени доктора биологических наук. Пушкин - Санкт-Петербург, 2019. 473 с.
7. Сюков В. В., Зубов Д. Е. Генетическая коллекция мягкой пшеницы по устойчивости к листовой ржавчине: методические рекомендации. Самара: СамНЦ РАН, 2008. 24 с.
8. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е., Филатенко А.А., Сербин А.А., Ляпунова О.А., Косов В.Ю., Куркиев У.К., Охотникова Т.В., Наврузбеков Н.А., Богуславский Р.Л., Абдулаева А.К., Чикида Н.Н., Митрофанова О.П., Потоккина С.А. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания). Под ред. А.Ф. Мережко. Санкт-Петербург: ВИР, 1999. 82с.
9. Peterson R.F., Cambell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26. №5. P. 496–500.

**RESISTANCE OF COLLECTION SAMPLES OF BREAD WHEAT TO
DAMAGE BY LEAF PATHOGENS RECOMMENDED FOR BREEDING
FOR IMMUNITY IN THE CHANGING CONDITIONS OF WESTERN
SIBERIA**

V.V. Piskarev¹, N.I. Boyko¹, V.A. Aparina¹

¹Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center Institute of Cytology

and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”,

Krasnoobsk, piskaryov_v@mail.ru

Summary: The aim of the study was to identify sources of resistance to leaf rust and powdery mildew in wheat, which would produce yields not lower than those of the Novosibirskaya 31 and Sibirskaya 17 standards, for breeding in Western Siberia. The following varieties are resistant to leaf rust: Norm, Annapurna 2, PKhRSV-02, Dimitrovka 5-14 IZR, 31755, Volgouralskaya; and to powdery mildew: LP 588-1-06, WW 16151, Glenlea. The following varieties have complex resistance: Mertsana, Voevoda, Ekada 85, Karee, Lutescens 503, RL-3, Tulaikovskaya 108, Tulaikovskaya 5. Key words: bread wheat, resistance, leaf rust, powdery mildew, yield, vegetation period.

ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Д.В. Смирнов¹

Научный руководитель: Е.А. Дронова¹

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет —
МСХА имени К.А. Тимирязева»,

denvolgor@yandex.ru

Аннотация: в статье приведена оценка динамики изменения суммы активных температур, суммы осадков в период активной вегетации и гидротермического коэффициента Селянинова на основе данных, взятых с семи метеостанций Саратовской области. Было установлено: за 30 лет в регионе повысилась обеспеченность тепловыми ресурсами и ухудшились условия влагообеспеченности. Были выявлены закономерности географического распределения агроклиматических ресурсов от географического положения. Показано: в каких климатических зонах глобальное изменение климата оказывает наибольший эффект на изменение агроклиматических ресурсов.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, сумма активных температур, сумма осадков, гидротермический коэффициент Селянинова, природно-климатическая зона.

Актуальность

Сельское хозяйство — одна из ведущих отраслей нашей страны и относится к числу высокочувствительных систем, на которые оказывают влияние глобальные изменения климата. Выращивание каких-либо культур на местности во многом определяется термическими ресурсами и ресурсами влаги региона, потребность которых количественно выражается в агроклиматических показателях.

Оценка агроклиматических ресурсов позволяет определить, можно ли выращивать на исследуемой территории данные культуры, и какие они дадут урожай. Агроклиматические данные также помогают адаптировать сельское

хозяйство к изменениям климата, что может повысить урожайность и экономическую эффективность.

Одним из главных сельскохозяйственных субъектов РФ является Саратовская область. В последние годы она всегда находится в первой тройке регионов Приволжского федерального округа по производству валовой сельскохозяйственной продукции [2, 3].

Актуальность исследований заключается в том, что в современных условиях изменения климата, сельскохозяйственная отрасль нуждается в оценке климатических ресурсов.

Методика исследования

Для оценки агроклиматических ресурсов использовались климатические данные по 7 метеостанциям Саратовской области, находящихся в разных климатических зонах: Балашов и Росташи – лесостепь; Октябрьский городок, Саратов и Ершов – степь; Новоузенск, Александров Гай – полупустыни [2]. Материал для работы был взят с архива данных с сайта «ВНИИГМИ-МЦД» [1].

На всей площади субъекта преобладает умеренно-континентальный климат, характерный для средних широт. Одним из основных климатообразующих факторов данного региона являются воздушные массы, которые могут проникать в область практически со всех сторон света. С запада их приносят циклоны из Атлантического океана и распространяют почти по всей Европейской части России, но проходя через данные земли, западные ветра стихают, и климат местности оказывается под влиянием атмосферных фронтов с юга и востока. Из Сибири они приносят суровую зимнюю погоду. Воздушные массы из Среднеазиатских стран, делают лето более жарким и засушливым. Таким образом, с продвижением на восток, с ослаблением воздушных масс из Атлантики возрастает континентальность климата [4]. Поэтому, на территории всех пунктов наблюдения преобладают разные климатические условия, отличающиеся друг от друга многими параметрами: среднегодовой температурой, средней температурой тёплого (апрель-сентябрь) и холодного (октябрь-март) периодов, суммой осадков.

Из-за распределения климатических факторов (преобладанием разных воздушных масс), климатические зоны расположились на территории области следующим образом:

Лесостепная зона – запад региона;

Степная зона – центр региона (более половины области);

Зона полупустынь – юг и юго-восток области.

Обсуждение результатов

Первым шагом исследования был анализ изменчивости сумм активных температур выше 10 за период 1993-2022 гг. (рис. 1).

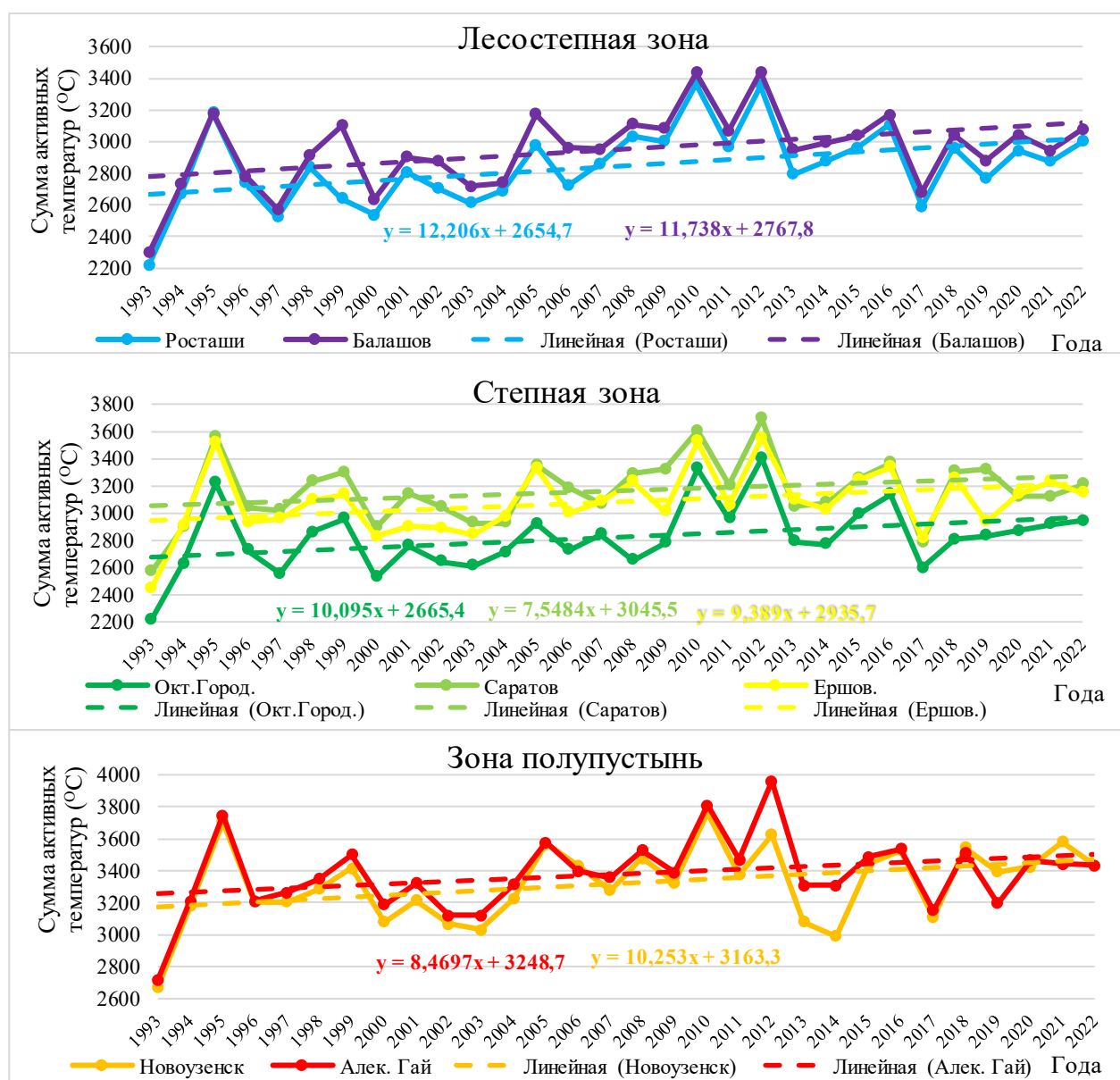


Рисунок 1. Динамика изменения суммы активных температур выше 10 °C за период 1993-2022 гг..

Анализ линий тренда и коэффициентов уравнений (рисунок 1) свидетельствует о том, что за 30 лет агроклиматический показатель вырос во всех населённых пунктах. Можно сделать вывод: глобальное изменение климата привело к повышению данного агроклиматического показателя во всех районах области. Наибольшие значения наблюдались в 2010 и 2012 годах во всех точках исследования.

Согласно графикам, до 2012 года сумма температур выше постепенно росла, после чего упала примерно на 400 градусов и снова начала расти. Уравнения линии тренда показывают, что самое большое повышение температур наблюдается в зоне Лесостепи: в Балашове агроклиматический показатель за 30 лет вырос на 366 градусов, в селе Росташи – на 352 градуса.

Графики рисунка 1 демонстрируют закономерности географического распределения агроклиматического ресурса. Наименьшая сумма активных температур наблюдается в западных населённых пунктах, наибольшая - в зоне полупустынь (Новоузенск и Александров Гай). Таким образом, сумма активных температур растёт по мере продвижения с запада на восток.

Согласно коэффициенту наклона прямой тренда, агроклиматический показатель повышается на территории северо-западных регионах (лесостепной зоны) сильнее, чем на территории более тёплых юго-восточных. Это может быть связано с преобладанием Атлантических воздушных масс, проникающих на территорию области с Европейского полуострова, где наблюдается сильнейшие температурные аномалии во всём мире.

Можно сделать вывод: глобальное изменение климата не только повышает теплообеспеченности региона, но и приводит к сокращению разницы между западом и востоком региона в обеспеченности тепловыми ресурсами.

Большое значение для сельскохозяйственных угодий имеет обеспеченность суммами активных температур, достаточная выращивания большинства культур. Расчёт обеспеченности проводился методом И.А. Гольцберг для расчёта суммарной вероятности (таблица 1).

Таблица 1

Обеспеченность вегетационного периода суммой активных температур по климатическим зонам Саратовской области.

Обеспеченность (%)		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Лесостепная зона	Бал.	2417	2647	2751	2827	2888	2950	3011	3073	3149	3253	3482
	Рос.	2306	2538	2643	2720	2782	2844	2906	2968	3045	3150	3382
	(Общ.)	2362	2592	2697	2773	2835	2897	2959	3021	3097	3201	3432
Степная зона	Ок.Г.	2284	2516	2621	2698	2760	2822	2884	2946	3022	3128	3359
	Сар.	2632	2861	2964	3040	3101	3162	3224	3285	3361	3464	3693
	Ерш.	2556	2783	2885	2960	3021	3081	3142	3203	3277	3380	3606
	(Общ.)	2491	2720	2824	2899	2960	3022	3083	3145	3220	3324	3553
Зона полупустынь	Нов.	2793	3021	3124	3200	3261	3322	3383	3445	3520	3623	3852
	Ал. Г	2861	3085	3186	3260	3320	3380	3440	3500	3574	3675	3899
	(Общ.)	2827	3053	3155	3230	3291	3351	3412	3472	3547	3649	3875

Согласно таблице 3, в 100 процентах случаев сумма активных температур превышает 2300 градусов, что благоприятствует выращиванию большинства культур. Достаточное количество тепла для выращивания подсолнечника (более 2500 °С) наблюдается в зоне лесостепи и степей в 90 процентов лет (9 раз в 10 лет). Таблица наглядно доказывает вышеупомянутую гипотезу, что теплообеспеченность возрастает по мере продвижения с северо-запад на юго-восток. В лесостепной зоне сумма 3000 градусов наблюдается в 30 % случаях, то в степной в зоне уже в 50 % случаях, а в зоне полупустынь – в 90 % случаях.

Следующим шагом исследования был анализ динамики изменения суммы осадков в период активной вегетации ($t^{>10}$).

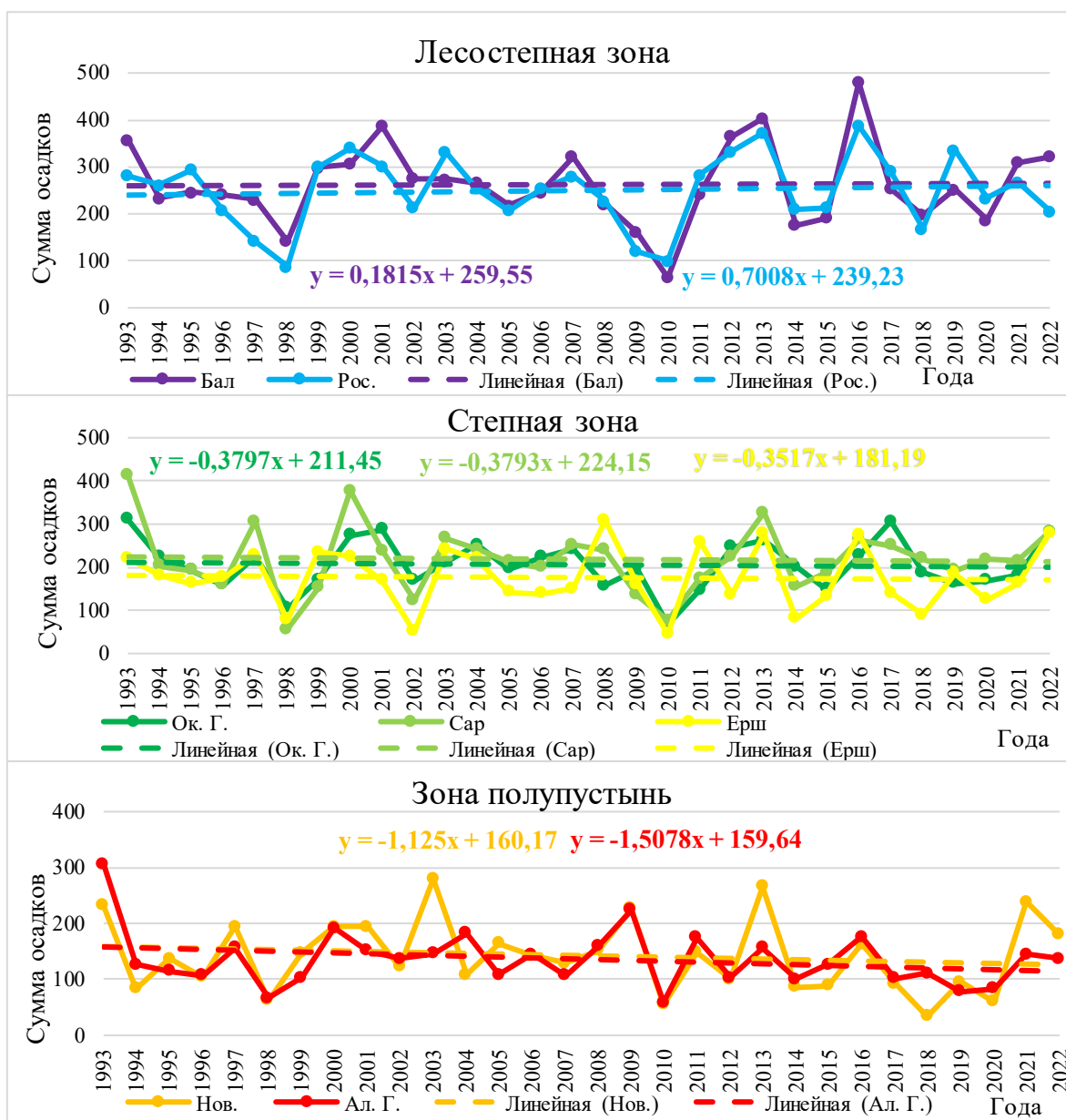


Рисунок 2. Динамика изменения суммы осадков в период активной вегетации за период 1993-2022 гг.

Линии тренда и уравнения графиков рис. 2 показывают, что глобальное изменение климата повлияло на режим осадков в разных климатических зонах по-разному. В зоне лесостепи сумма осадков в период активной вегетации за 30 лет увеличилась: в Балашове – на 5 мм, в Росташах – на 21 мм. В степной зоне климатический показатель понизился во всех трёх точках наблюдения на 11 мм. В зоне полупустынь сумма осадков за вегетационный период сократилась ещё сильнее, чем в зоне степей: в Новоузенске – на 34 мм, в Александров Гаете – на 45 мм. Это позволяет сделать вывод: глобальное изменение климата приводит к

более неравномерному распределению осадков в Саратовской области, увеличивая разницу во влагообеспеченности территории между северо-западом и юго-востоком области.

Для сельского хозяйства не маловажное значение имеет обеспеченность суммой осадков за период активной вегетации. Для расчёта обеспеченности данным климатическим параметром тоже применялся метод И.А. Гольцберг (табл. 2)

Таблица 2

Обеспеченность суммой осадков за период активной вегетации по климатическим зонам Саратовской области.

Обеспеченность (%)		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Лесостепная зона	Бал.	75	156	192	219	241	262	284	306	332	369	450
	Рос.	81	154	187	211	231	250	270	289	313	346	419
	(Общ.)	78	155	190	215	236	256	277	297	323	358	435
Степная зона	Ок.Г.	79	134	158	176	191	206	220	235	253	278	332
	Сар.	47	121	154	179	198	218	238	258	282	316	389
	Ерш.	21	88	118	140	158	176	194	211	233	264	330
	(Общ.)	49	114	144	165	182	200	217	235	256	286	351
Зона полупустынь	Нов.	0	62	90	110	126	143	159	176	196	224	285
	Ал. Г	26	73	95	111	124	136	149	162	177	199	247
	(Общ.)	13	68	92	110	125	140	154	169	187	211	266

Данные таблицы 4 ещё раз подтверждают теорию, что северо-западные районы обеспечены большей суммой осадков за период активной вегетации, чем юго-восточные. За период активной вегетации в лесостепной зоне выпадает не менее 200 мм в 70 % случаев, в степной зоне – в 50 % случаев, в зоне полупустынь – всего в 10 % случаев.

Следующим шагом исследования был анализ изменения Гидротермического коэффициента Г.К. Селянинова, рассчитанный по многолетним данным по формуле (1):

$$\text{ГТК} = \frac{r}{0,1 * t_{>10^{\circ}\text{C}}} \quad (1)$$

где r – сумма осадков за период активной вегетации ($t_{>10^{\circ}\text{C}}$) (в мм), $t_{>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма температур выше 10°C [5].

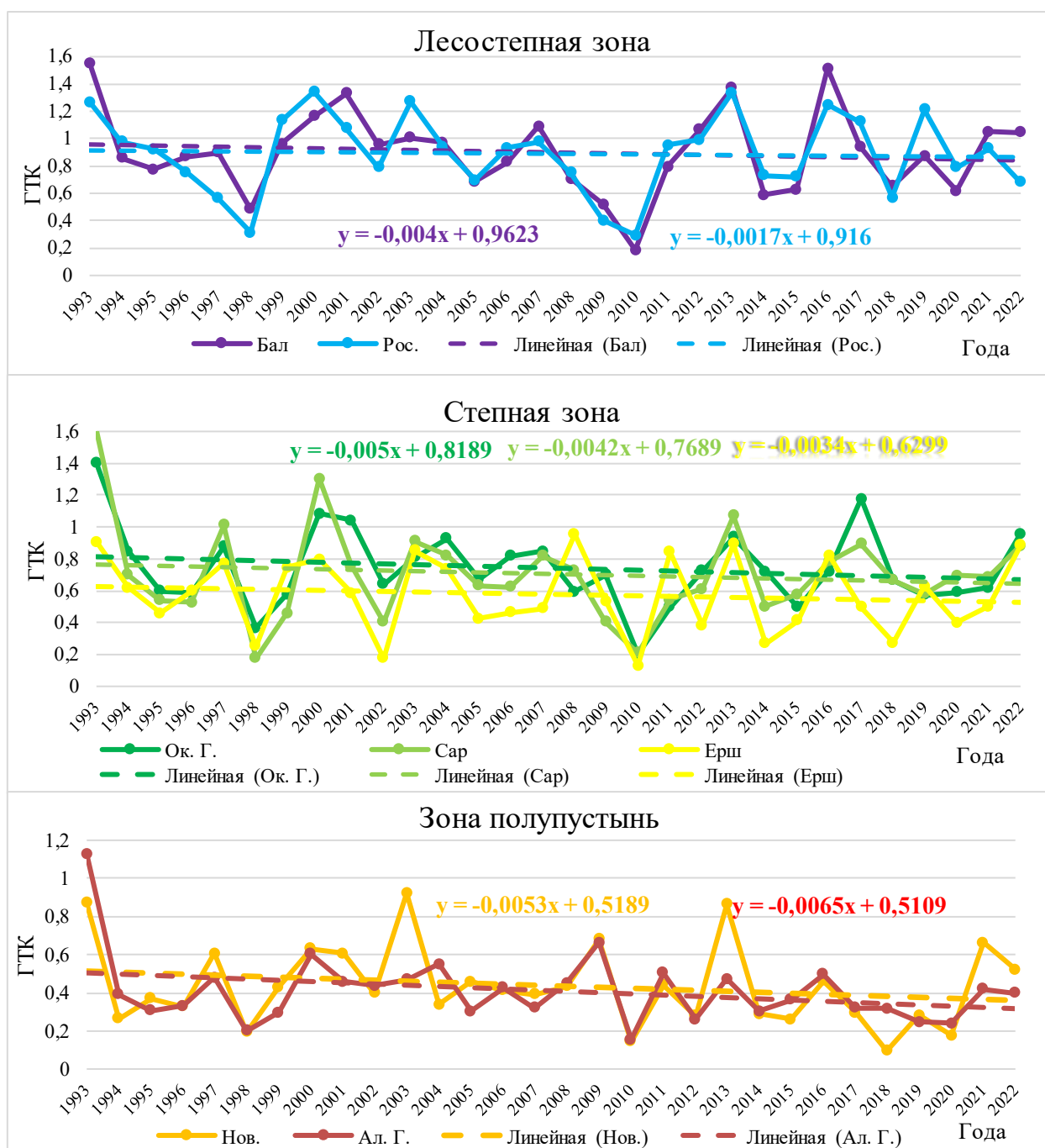


Рисунок 3. Динамика изменения гидротермического коэффициента Селянинова за период 1993-2022 гг..

Согласно графическому анализу (рис 3), данная характеристика уровня влагообеспеченности территории Саратовской области за 30 лет уменьшилась примерно на 0,1. Можно заметить, что в 2010 году, когда летом на всей территории Европейской части России стояла аномальная жара, ГТК был ниже 0,4 во всех населённых пунктах. Самые благоприятные показатели в области наблюдались в зоне лесостепи (Балашов и Росташи). Наименьшие показатели

фиксируются в населённых пунктах Заволжья: Ершов (зона сухой степи), Новоузенск и Александров Гай (зона полупустынь). Таким образом, засушливость территории увеличивается с продвижением с запада на восток.

Заключение

В процессе исследования, было установлено, что Саратовская область – регион, обладающий богатым разнообразием агроклиматических ресурсов, которые могут значительно отличаться в разных климатических зонах субъекта.

В ходе работы была проведена оценка изменения суммы активных температур. Было установлено, что глобальное изменение климата привело к повышению климатического ресурса во всех уголках области, сильнее всего в зоне лесостепи, а также к уменьшению ГТК Селянинова за 30 лет и ухудшению условий влагообеспеченности.

Также была проведена оценка вероятности агроклиматических ресурсов. Было определено, что вероятность наблюдения сумм активных температур и количества выпавших осадков за период активной вегетации тех или иных значений возрастает по мере продвижения с северо-запад на юго-восток.

По итогам графического анализа, можно сделать следующие выводы: сумма активных температур сильнее всего меняется в зоне лесостепи, слабее в зоне полупустынь; гидротермический коэффициент Селянинова сильнее всего меняется в зоне полупустынь, слабее в зоне лесостепи. Следовательно, глобальное изменение климата приводит к более равномерному распределению тепловых ресурсов и более неравномерному распределению ресурсов влаги.

Таким образом, оценка агроклиматических ресурсов имеет большое значение для оценки микроклимата. Она может использоваться в оценке продуктивности сельскохозяйственных культур, в подборке оптимальных по скороспелости сортов, прогнозе рисков, и в оценке необходимости проведения орошения местности.

Список литературы

1. «ВНИИГМИ-МЦД» - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://meteo.ru> (дата обращения 08.10.2024)

2. География хозяйства Саратовской области / И. А. Ильченко, Л. В. Макарецва, Ю. В. Преображенская, О. А Цоберг. - Саратов: ИЦ «Наука». 2018. – 25 с.
3. Шарикова, И.В. Землепользование сельскохозяйственных предприятий: проблемы тенденции, перспективы/ И.В. Шарикова, А.В. Шариков // Национальные интересы, приоритеты и безопасность // Саратов. 2016. – 52 с.
4. Архангельский, В.Л. Выделение Нижнего Поволжья в регион по циркуляционным признакам / В.Л. Архангельский, Е.А Полянская// Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья. Саратов: СарГУ, 1967. Вып. 6. 15-31 с.
5. Черенкова, Е.А. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи / Е.А. Черенкова, А.Н. Золотокрылин, // Аридные экосистемы. – 2020 – Том 26. № 4 (85). – 15 с.

ASSESSMENT OF AGROCLIMATIC RESOURCES IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

D.V.Smirnov¹

Scientific supervisor: E.A. Dronova¹

¹Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
denvolgor@yandex.ru

Summary: The article provides an assessment of the dynamics of changes in the sum of active temperatures, precipitation during the active vegetation period and the Selyaninov hydrothermal coefficient based on data taken from seven meteorological stations in the Saratov region. It was found that over the past 30 years, the provision of heat resources in the region has increased and the conditions of moisture supply have worsened. Patterns of geographical location have been identified. It is shown in which climatic zones global climate change has the greatest effect on changes in agro-climatic resources.

Keywords: agro-climatic resources, sum of active temperatures, sum of precipitation, Selyaninov's hydrothermal coefficient, natural and climatic zone.

ПЕРЕРАБОТКА ТРЕСТЫ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА КАК ПРИМЕР РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Н. В. Басова, А. В. Галкин,

ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур, Россия, Тверь

E-mail: n.basova@fncl.ru, a.galkin@fncl.ru

Аннотация: Масличный лен представляет собой важный источник сырья для различных отраслей промышленности и пищевой индустрии. Треста масличного льна, несмотря на более низкое качество по сравнению с льном-долгунцом, может быть эффективно использована в различных промышленных процессах. Переработка тресты – это пример рационального природопользования, которое подразумевает получение максимальной пользы из ресурса при минимальных потерях и негативном воздействии на окружающую среду.

Ключевые слова: масличный лен, первичная переработка, посевные площади, льнозавод, однотипное волокно, природопользование, линии оборудования.

Введение. Масличный лен, являясь многоцелевой сельскохозяйственной культурой, представляет собой важный источник сырья для различных отраслей промышленности и пищевой индустрии. Кроме того, масличный лен является источником целлюлозосодержащего сырья в виде тресты, которая, несмотря на более низкое качество по сравнению с льном-долгунцом, может быть эффективно использована в различных промышленных процессах. Рациональное природопользование подразумевает получение максимальной пользы из ресурса при минимальных потерях и негативном воздействии на окружающую среду. Переработка тресты масличного льна идеально вписывается в эту концепцию по нескольким причинам:

1. Процесс переработки льна превращается в замкнутый цикл. Основной продукт – это семена, из которых получают масло и жмых (корм для животных). Из тресты можно получать волокно (в стеблях масличного льна содержится до 25 % волокна [1]) и костру. Из волокна производят нить, крученые изделия (шпагат, бечевка), нетканые материалы (утеплитель, геотекстиль). Из костры – топливные брикеты-пеллеты, строительные материалы (костробетон, плиты), мульчу. Используется практически вся биомасса растения, и производство становится практически безотходным.

2. Экономия первичных ресурсов. Переработка тресты, экономит не возобновляемые ресурсы, волокно заменяет синтетические нити и материалы, для производства которых нужна нефть, костробетон и плиты экономят древесину и песок, топливные брикеты заменяют уголь и дрова, снижая вырубку лесов.

3. Положительное влияние на окружающую среду за счет снижения нагрузки на почву. Переработка предотвращает разложение соломы на полях с неконтролируемым выделением углерода и потенциальным развитием патогенов. Льняное волокно и костра – натуральные, биоразлагаемые материалы. Их использование снижает "мусорный" след. При сжигании топливных брикетов из костры выделяется ровно тот CO_2 , который растение поглотило в ходе роста, в отличие от ископаемого топлива.

4. Экономическая эффективность. Для сельхозпредприятий переработка тресты – это дополнительный источник дохода. Продажа волокна и костры увеличивает рентабельность выращивания льна. Дополнительная переработка тресты создает новые рабочие места на предприятиях.

В настоящее время ведутся исследования переработки масличного льна в волокно [2, 3], и уже существует ряд специализированных линии, производящих из тресты льна масличного однотипное неориентированное волокно [4], однако объемы его использования в данной сфере остаются незначительными. Это свидетельствует о необходимости дальнейших исследований и разработок в области переработки масличного льна для расширения его применения и

повышения экономической эффективности производства и сохранению его экологической безопасности.

Цель исследования. Анализ выращивания масличного льна в РФ и обзор оборудования для переработки тресты льна масличного производства ФГБНУ ФНЦ ЛК.

Материалы и методы исследования. Исходными данными для расчета послужили статистические данные посевных площадей, урожайности, валового сбора льна масличного, цены на волокно, информация из коммерческого предложения.

Результаты исследования. В 2024 году лен масличный сеяли в 54 субъектах РФ в 8 федеральных округах. В 2024 году по сравнению с 2023 посевные площади под льном масличным увеличились на 259,5 тыс. га и составили 1669,9 тыс. га [5]. Рост посевов привел к увеличению стеблевой массы – тресты льна масличного. Что в свою очередь привело к росту расчетного валового сбора волокна на 18,4 %. При массовой переработке тресты масличного льна в 2024 году дополнительно было бы получено 334 тыс. тонн льноволокна. Солома и треста масличного льна, как целлюлозосодержащий материал, может находить применение не только в текстильной промышленности, но и в производстве целлюлозы, нетканых материалов, утеплителей, технической ваты и других изделий.

В настоящее время льносолома и треста, из которой можно выделить волокно в большей степени сжигается или запахивается на полях. Что нежелательно, т.к. она плохо разлагается и мешает посеву следующей культуры, волокно наматывается на рабочие органы почвообрабатывающих органов. Сжигать солому запрещено действующим законодательством РФ.

Для переработки тресты масличного льна в виде ломаных спутанных стеблей в однотипного волокно в ФГБНУ ФНЦ ЛК разработана линия первичной переработки, состоящая из: рулоноразмотчик РР-2 + машина мяльная ММЛ-1 + машина трепальная ДЛВ-2 (2 шт.) + разгрузитель волокна РБ-1 + машина

трясильная ТВУ-1 (2 шт.) + волокноотделительная машина ВОМ-2 + пресс волокна П-1.

Производительность линии по тресте до 800 кг/ч при влажности сырья до 17 %, объем переработки в год составляет до 4000 тонн тресты масличного льна, с площади не менее 3500 га. Установленная электрическая мощность составляет 72,6 кВт. Переработка тресты масличного льна в течение года позволит обеспечить рабочими местами до 18 человек.

Рентабельность и срок окупаемости первичной переработки тресты масличного льна в однотипное волокно на линии оборудования ФГБНУ ФНЦ ЛК представлен на рисунках 1а и 1б.

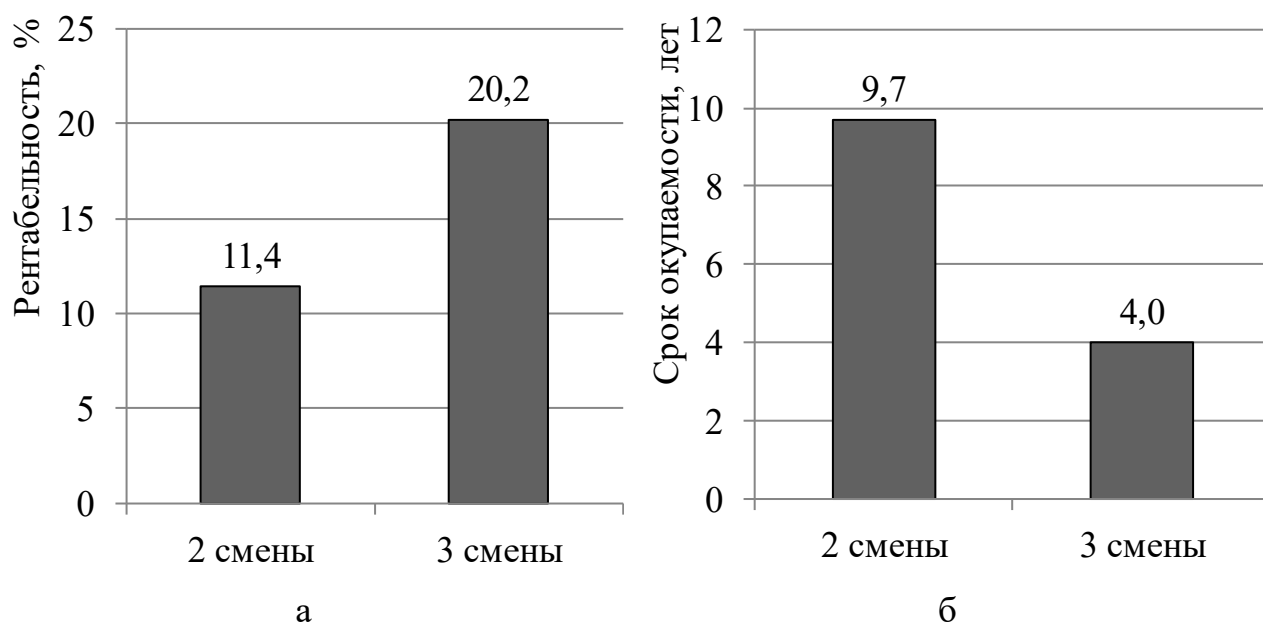


Рисунок 1 – Рентабельность и срок окупаемости затрат на организацию первичной переработки тресты масличного льна в однотипное волокно

Переработка тресты масличного льна в однотипное волокно в две и три смены рентабельна. При этом срок окупаемости затрат не превышает 10 лет при работе в две смены и 4 лет при работе в три смены. При переходе с двухсменного на трехсменный режим рентабельность увеличивается в 1,8 раза, а срок окупаемости затрат сокращается в 2,4 раза. Переработка тресты масличного льна да данной линии оборудования в одну смену убыточна.

Из полученного однотипного волокна возможно производство объемного утеплителя, геотекстиля, крученых изделий, что создаст дополнительные рабочие места и повысит экономическую эффективность переработки [6].

Заключение.

1. Масличный лен, являясь многоцелевой сельскохозяйственной культурой, представляет собой важный источник сырья для различных отраслей промышленности и пищевой индустрии.

2. Переработка тресты масличного льна является ярким примером рационального природопользования, которое подразумевает получение максимальной пользы из ресурса при минимальных потерях и негативном воздействии на окружающую среду.

3. Объемы переработки тресты масличного льна в РФ незначительные, в результате массовой переработки 2024 году дополнительно было бы получено 334 тыс. тонн льноволокна.

4. В ФГБНУ ФНЦ ЛК разработана линия первичной переработки тресты масличного льна в виде ломаных спутанных стеблей в однотипного волокно.

5. Переработка тресты позволит создать дополнительные рабочие места, повысить экономическую эффективность производства и сохранить его экологическую безопасность.

Список литературы:

1. Новиков Э. В., Басова Н. В., Ущаповский И. В., Безбабченко А. В. Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 3 (27). С. 187–203.

2. Новиков Э. В., Соболева Е. В., Безбабченко А. В. Влияние ориентации стеблей масличного льна и дополнительного оборудования на качество однотипного волокна в куделеприготовительном агрегате // Техника и оборудование для села. 2022. № 7 (301). С. 37–41. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-7-37-41>.

3. Пучков Е. М., Галкин А. В., Ушаповский И. В. Экономическая эффективность инновационной технологии переработки тресты масличного льна. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(6(67)):134-140. URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/290>

4. Королева Е. Н., Новиков Э. В., Безбабченко А. В. Возможность получения длинного волокна из тресты масличного льна на различном технологическом оборудовании // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т.15. № 2. С. 19-25. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-2-19-25>.

5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 12.09.2025).

6. Басова Н.В., Новиков Э.В., Безбабченко А. В. Экономическая эффективность производства однотипного волокна и объемных утеплителей из льна масличного // АПК: Экономика, управление. 2023, № 3. С. 79-84. <https://doi.org/10.33305/233-79>.

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному заданию ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» по теме FGSS-2022-0007.

OILSEED FLAX PROCESSING TRUSTS AS AN EXAMPLE OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

N. V. Basova, A. V. Galkin,

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Russia, Tver

E-mail: n.basova@fncl.ru, a.galkin@fncl.ru

Abstract. Oilseed flax is an important source of raw materials for various industries and the food industry. Despite its lower quality than flax, oilseed flax can be effectively used in various industrial processes. Recycling trusts are an example of

rational use of natural resources, which implies getting the maximum benefit from a resource with minimal losses and negative impact on the environment.

Keywords: oilseed flax, primary processing, acreage, flax plant, fiber of the same type, environmental management, equipment lines.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: КЛЮЧ К УСТОЙЧИВОСТИ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

М.Е. Ламмас, А.В. Трифонова

ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия,

e-mail: lammas.me@mail.ru

Аннотация. Биологически активные вещества играют важную роль в росте кукурузы и ее продуктивности, особенно в свете глобальных климатических изменений. Эти компоненты способствуют регуляции метаболических процессов, что, в свою очередь, улучшает адаптацию растений к изменяющимся условиям окружающей среды. В наших исследованиях 2022-2023 гг. в условиях Астраханской области на растениях кукурузы выявлено положительное влияние 90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли в условиях умеренно сухого периода 2022 года и засушливого периода 2023 года, где прибавка урожая составила 10,4-13,3% и 5,3-21,4%, соответственно. В условиях изменяющегося климата кукуруза сталкивается с различными стрессами, такими как высокие температуры и дефицит влаги. Биологически активные вещества помогают растениям справляться с этими вызовами, усиливая фотосинтетические возможности, активируя защитные механизмы и оптимизируя водный баланс. Это, как результат, позитивно сказывается на общих показателях продуктивности культуры. Понимание и использование этих активных компонентов в агрономии могут стать ключевым моментом для повышения устойчивости кукурузы к негативным факторам внешней среды, что крайне актуально в условиях современных климатических перемен.

Ключевые слова: кукуруза, биологически активные вещества, климат, урожайность

Введение.

Биологически активные вещества (БАВ) играют ключевую роль в стимуляции роста кукурузы и повышении ее продуктивности, особенно когда климатические изменения усложняют условия для растений. В эпоху глобального потепления, с его засухами, нестабильными температурами и изменением осадков, БАВ помогают кукурузе адаптироваться, усиливая ее устойчивость.

Основные функции БАВ в росте кукурузы. БАВ, такие как гормоны растений (ауксины, гиббереллины, цитокинины) и микроэлементы (цинк, бор, марганец), влияют на ключевые этапы развития. Они ускоряют прорастание семян, стимулируют корнеобразование и фотосинтез. Например, под воздействием глобального потепления кукуруза часто страдает от водного стресса, но применение БАВ, как эпибрасинолидов, повышает толерантность к засухе, улучшая поглощение воды и питательных веществ. Исследования показывают, что такие вещества могут увеличить биомассу на 15–20% даже в жарком климате [3].

Влияние на продуктивность. В условиях измененного климата урожайность кукурузы падает из-за экстремальных погодных явлений. БАВ компенсируют это, усиливая образование колосьев и зерен. Фульвокислоты и гуминовые вещества, например, улучшают структуру почвы и доступность азота, что приводит к росту зерновой массы на 10–25%. В регионах с потеплением, как в тропиках или южных широтах, интегрированное использование БАВ с современными сортами кукурузы позволяет поддерживать стабильный урожай, минимизируя потери от вредителей и болезней, активизируемых теплом.

Практические рекомендации. Для оптимизации эффекта БАВ их применяют в виде удобрений или стимуляторов на этапах вегетации. В будущем, с учетом прогнозируемого потепления на 1,5–2°C к 2050 году, такие подходы станут незаменимыми для устойчивого земледелия. Это не только сохранит продуктивность кукурузы как ключевой культуры, но и снизит экологическую нагрузку от химических пестицидов.

Материалы и методы. Исследования гиббереллиновых кислот натриевых солей проводили в 2022-2023 гг. на растениях кукурузы сорта F1 Соблазн в условиях Астраханской области. Рельеф плоский, ровный.

Агрохимическая характеристика почвы. Почва аллювиально-луговая, по гранулометрическому составу – среднесуглинистая, слабозасоленная, засоление сульфатно-хлоридного типа. Реакция среды в пахотном слое близкая к нейтральной pH 7,3. Почва малогумусирована, содержание гумуса в пахотном слое 1,84%. Агрохимический анализ почвенных проб показал, что по содержанию питательных веществ ее можно отнести к хорошо обеспеченной по калию, низко обеспеченной по фосфору и обеспеченной по азоту. Содержание щелочногидролизуемого азота составляло 49 мг/кг; подвижных форм фосфора 50 мг/кг, подвижного калия 140 мг/кг. Почва опытного участка отличалась небольшой плотностью сложения в слое 0,0-0,2 м в среднем 1,24 т/м³, показатели плотности твердой фазы – 2,71 т/м³, Пористость пахотного слоя удовлетворительная – 53,7% [2].

Схема опыта: 1. Контроль - без обработки; 2. **90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли.** Опрыскивание растений: 1-е - в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 5-12 листьев, расход препарата – 30 г/га, расход рабочего раствора - 300 л/га; 3. **90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли.** Опрыскивание растений: 1-е - в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 5-12 листьев, расход препарата – 40 г/га, расход рабочего раствора - 300 л/га. Площадь опытных делянок – 50 м², площадь учетных делянок – 25 м². Повторность в опыте – четырехкратная [1].

Краткая характеристика почвенно-климатической зоны проведения регистрационных испытаний. Климат резко континентальный с жарким, засушливым летом и малоснежной зимой. Сумма годовых осадков составляет 155-195мм. Переход температуры через +10°C – 16 апреля с продолжительностью этого периода 175-183 суток, а сумма активных температур воздуха за это время составляет 3360-3565°C. По средним многолетним данным заморозки прекращаются во II декаде апреля, наступление

холодов и осенние заморозки могут наблюдаться в III декаде сентября - I декаде октября.

Результаты.

Метеорологические условия вегетационного периода 2022-2023гг.

Температурные условия вегетационного периода 2022 г. были благоприятны для роста и развития растений. Среднедекадная температура воздуха в первой декаде апреля на 2,6°C превышала среднемноголетние (+8,8°C). В ночное время отмечалось понижение до +4°C. Во второй декаде среднедекадная температура составляла 13,5°C. В ночное время установилась постоянная положительная температура +7-11°C и к концу декады дневная температура составляла +27-28°C. В третьей декаде среднемноголетний показатель был превышен на 6,8°C. Сумма осадков за апрель составляла 11,8 мм. Ветреная и сухая, теплая погода установилась в мае, с повышением до 27°C. К концу месяца температура повышалась до 32,0-33,0°C. За месяц выпало 29,0 мм осадков. Июнь отличался жаркой и сухой погодой. Среднемесячная температура составляла 24,3°C. За месяц выпало 1,7 мм осадков. Средняя температура за июль составляла 23,7°C, за месяц выпало 56,4 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха в I декаде августа составляла 27,7°C. В дневное время температурные показатели достигали 36,0°C. К концу месяца температура несколько понижалась, но в отдельные дни достигала 38,0°C. Осадков за месяц выпало 0,3 мм. В первой декаде сентября дневные температуры воздуха 19,6°C, в ночное время температура понижалась до 10,0-11,0°C. Во второй и третьей декаде сентября среднесуточная температура воздуха составляла от 19,7-19,1°C. За месяц выпало 33,2 мм осадков. За период проведения исследований с апреля по сентябрь 2022 года всего выпало 132,4 мм осадков.

За исследуемый вегетационный период 2023 года температурные условия в целом благоприятствовали росту и развитию растений подсолнечника. Среднесуточная температура воздуха в I декаде апреля составляла + 12,2°C, что выше средней многолетней нормы на 3,4 °C (8,8°C). В ночное время в течение декады температура понижалась до + 6-7 °C. Во II декаде апреля отмечались

резкие колебания температуры, как в ночное, так и в дневное время суток. Среднесуточная температура воздуха составила + 11,9 °С. В первые дни декады днем наблюдалась температура +21-24 °С. В середине декады в ночное время отмечалось понижение температуры до 0 +2,0 °С, в дневное время температура понижалась до + 4-5 °С. В конце декады дневная температура была +18-20 °С. Среднесуточная температура III декады апреля составила 16,8 °С, что превышало среднемноголетний показатель на 7,0 °С. Сумма осадков за апрель месяц составила 34,0 мм. Влажность воздуха в I декаде в дневные часы изменялась от 23 до 66 %. Во II декаде апреля влажность воздуха составляла 22-72 %, а в III декаде 33-88 %.

В мае установилась ветреная, более прохладная погода. Среднесуточная температура I декады составляла 15,6 °С, с колебанием в дневные часы от 11,0° С до 23,0°С. Во второй декаде мая среднесуточная температура составляла 17,4°С. В ночные часы температура воздуха изменялась от 8,0 °С до 16 °С, в дневные часы температура повысилась и составляла 23-25°С. III декада мая характеризовалась высокими температурными показателями. Ночная температура изменялась от 17 °С до 23 °С. Максимальная температура воздуха в дневные часы в конце месяца повышалась до 29,0 -32,0°С. За месяц выпало 31,4 мм осадков. Среднесуточная влажность воздуха за месяц составила 65,1 %, при этом в ночные часы в III декаде этот показатель составлял 94-100%. Июнь отличался жаркой и сухой погодой, так среднедекадная температура I декады составляла 23,2°С, с колебанием от 26,0°С до 31,0°С. Вторая и третья декады были жаркими, среднедекадная температура составляла 25,5-24,8°С. Во второй декаде дневная температура составляла 32,0-37,0 °С, в третьей декаде дневная температура поднималась до 30,0-34,0 °С. За месяц выпало 3,3 мм осадков. Среднесуточная влажность воздуха за месяц составила 51,0 %. В июле отмечалось колебание температуры воздуха между дневными и ночными показателями. Среднедекадная температура воздуха I декады составляла 28,6 °С. В дневное время температура повышалась до 39,0 °С, в ночные часы изменялась от 19,0 до 25 °С. II декада июля характеризовалась наиболее высокой

температурой воздуха в дневные часы, когда температура повышалась выше 33,0 °С. Среднесуточная температура за декаду составляла 25,6 °С. В III декаде июля отмечалось наибольшее количество осадков, сумма которых составила 41,2 мм. Среднедекадная температура составляла 27,0 °С. Средняя температура за июль составила 27,1 °С. Всего за месяц выпало 43,5 мм осадков. В I декаде августа среднесуточная температура воздуха составляла 30,3 °С, температурные показатели в дневное время изменялись от 31,0 °С до 35,0 °С. Во II и III декадах среднесуточная температура воздуха составляла 28,9 °С – 24,7 °С, в отдельные дни температурные показатели были выше 39,0 °С. Осадки в августе практически отсутствовали, за месяц сумма осадков составила 1,0 мм.

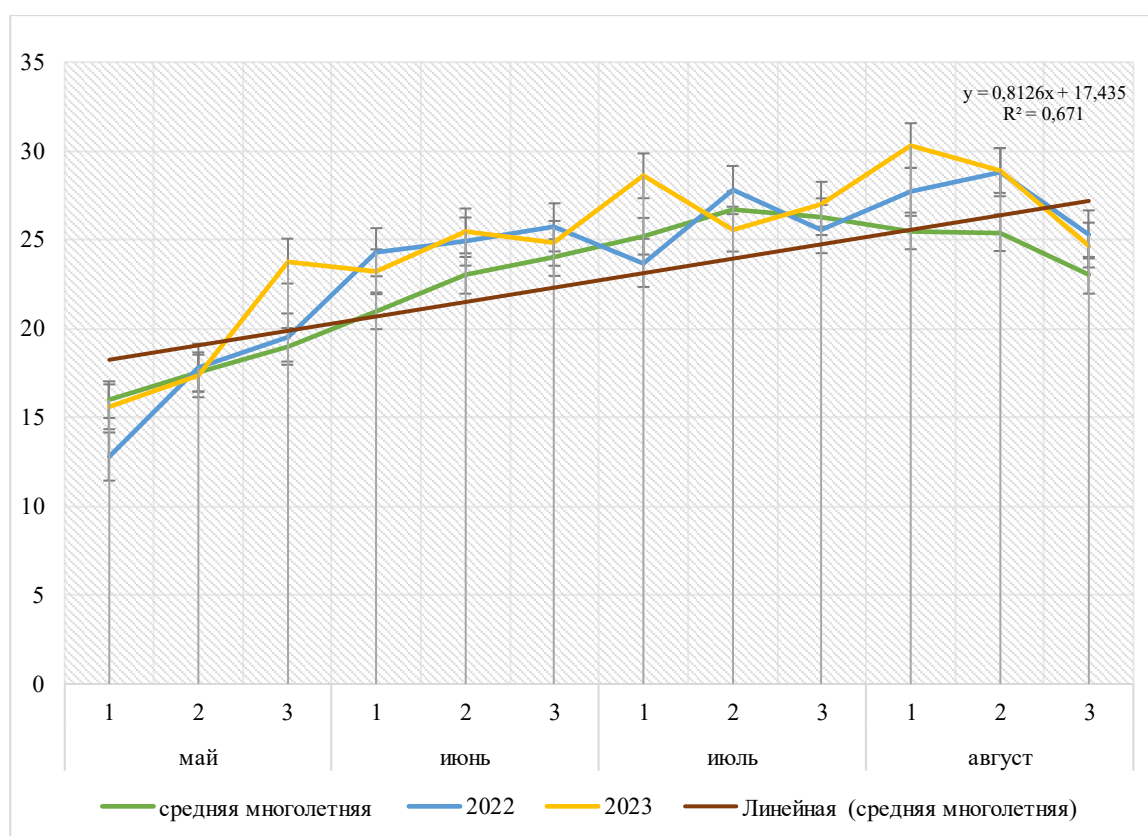


Рис. 1. Динамика колебаний температуры воздуха по декадам по данным Метеостанции Дамчик (Камызякский район, Астраханская обл.) в весенне-летний период 2022-2023гг., °С

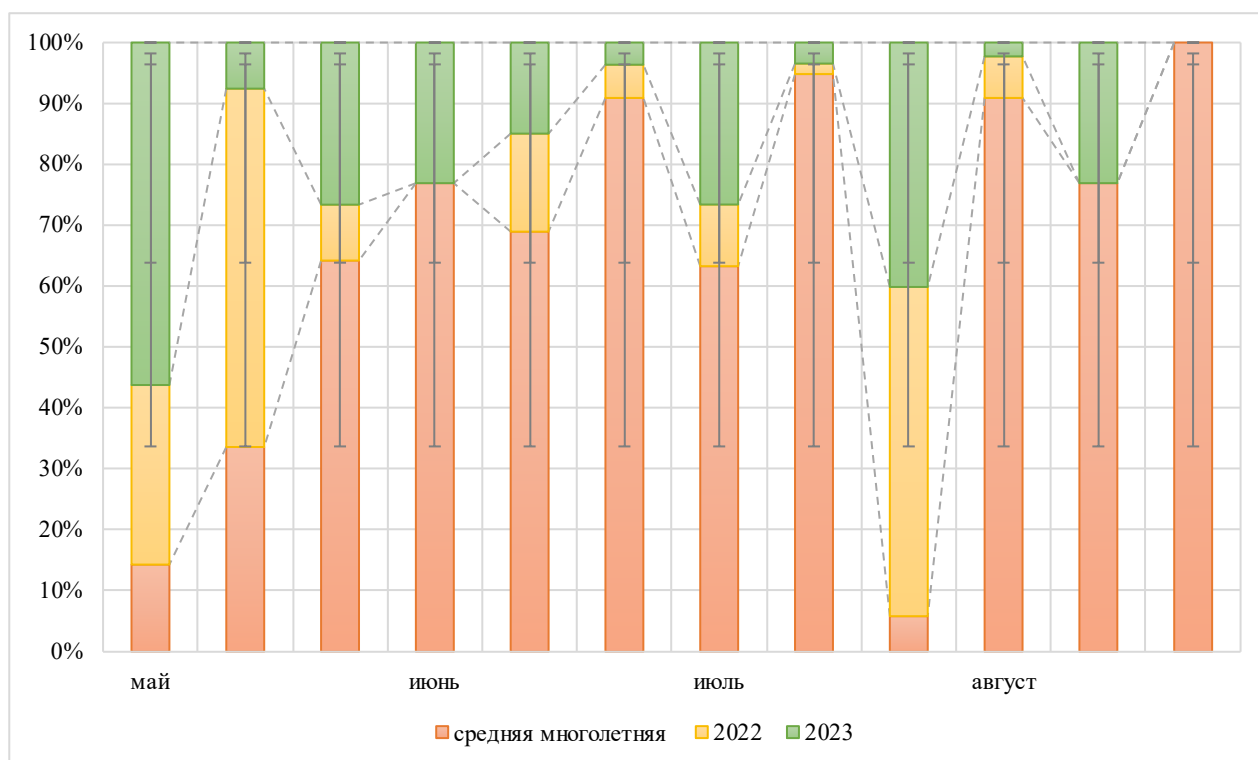


Рис. 2. Динамика сумм осадков по декадам по данным Метеостанции Дамчик (Камызякский район, Астраханская обл.) в весенне-летний период 2022-2023гг., мм

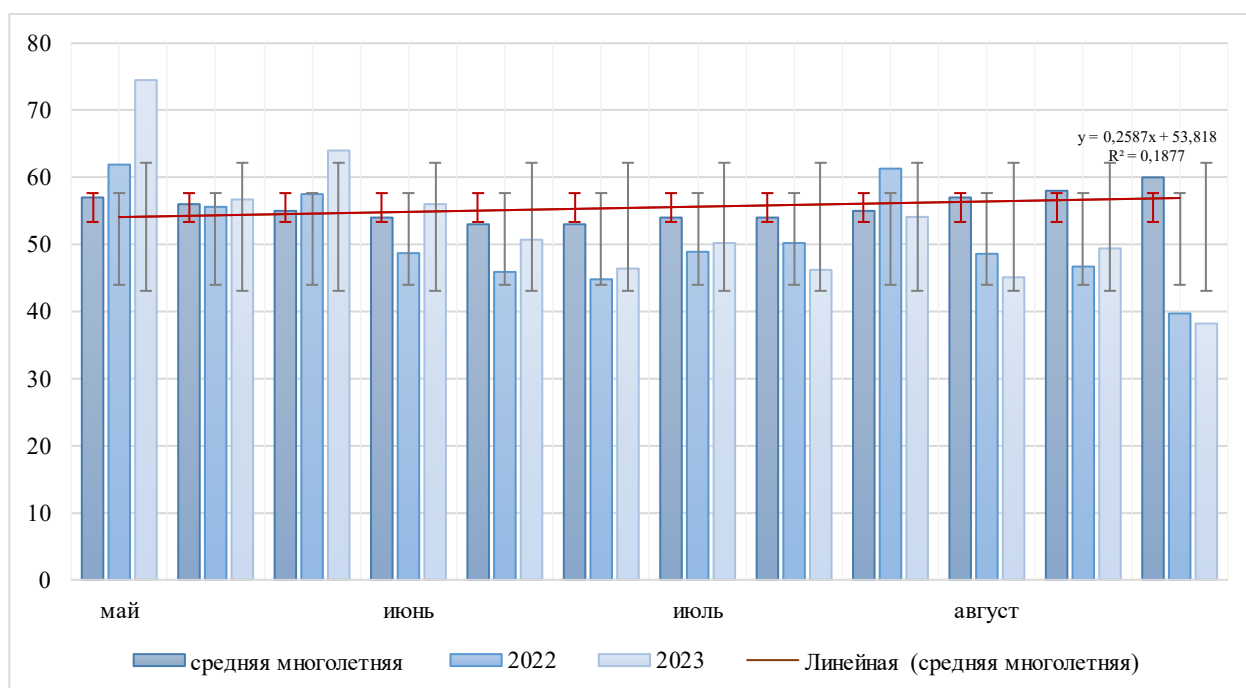


Рис. 3. Динамика колебаний влажности воздуха по декадам по данным Метеостанции Дамчик (Камызякский район, Астраханская обл.) в весенне-летний период 2022-2023гг., %

В 2022 году гидротермический коэффициент (ГТК) в Астраханской области за весенне-летний период вегетации кукурузы составил 0,5, что характеризует этот период как умеренно сухой. В 2023 году ГТК составил 0,7, что характеризует период, как засушливый.

Учитывая климатические условия в период проведения исследований на опытном участке обнаружили такие болезни как гельминтоспориоз листьев.

Однако, положительное влияние регулятора роста растений с д.в. 90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли оказало существенное влияние на формирование урожайности кукурузы.

Таблица 1

Анализ урожайности кукурузы в 2022-2023гг.

Вариант	2022 г.		2023г.	
	ц/га	% к контролю	ц/га	% к контролю
Вариант 1	45,1	-	46,3	-
Вариант 2	49,8	10,4	53,4	15,3
Вариант 3	51,1	13,3	56,2	21,4
НСР _{0,05}	3,86	-	4,37	-

Применение регулятора роста оказало положительное действия на урожайность кукурузы при условиях засушливого периода 2022-2023гг. В условиях ГТК 0,5 2022 года максимальная урожайность кукурузы составила 51,1 /га на варианте с двукратной обработкой растений в дозе 40/га. Прибавка урожая по отношению к остальным вариантам составила 10,4-13,3%.

В 2023 году при ГТК 0,7 максимальная урожайность кукурузы составила 56,2 /га на варианте с двукратной обработкой растений в дозе 40/га. Прибавка урожая по отношению к остальным вариантам составила 15,3-21,4%.

В условиях засушливого периода 2023 года урожайность кукурузы была выше умеренно сухого периода 2022 года на вариантах с применением биостимулятора на 7,2-10,0%.

Применение регулятора роста оказало влияние на структуру урожая кукурузы.

Структуру урожая кукурузы в среднем за 2022-2023 гг.

Вариант	Количество зерен в початке		Масса зерен в початке		Масса 1000 зерен		Количество початков на 100 растений
	штук	%	г	%	г	%	штук
Вариант 1	292,6	100,0	107,5	100,0	191,2	100,0	194,4
Вариант 2	345,5	118,1	124,5	115,8	199,4	104,2	197,7
Вариант 3	358,1	122,4	137,8	128,1	201,3	105,2	204,5
НСР _{0,05}	25,5		11,6		4,7		$F_{\phi} < F_{05}$

Двукратная обработка растений кукурузы в условиях засушливого периода 2022-2023гг. оказала положительное влияние на структуру урожая кукурузы. Все основные показатели структуры урожая проявили положительную динамику при применении 90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли. Количество зерен в початке выросло на 18,1-22,4%, масса зерен в початке – на 15,8-28,1%, масса 1000 зерен – на 4,2-5,2%, количество початков – на 1,7-5,2%.

Выводы.

Применение 90г/кг гиббереллиновых кислот натриевые соли в условиях умеренно сухого периода 2022 года и засушливого периода 2023 года Астраханской области оказало положительное влияние на основные показатели структуры урожая кукурузы, а также на получение наиболее высокой урожайности. Однако, в связи с постоянно изменяющимися климатическими условиями, наши исследования будут продолжены.

Список литературы

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

2. Ионова Е. В., Газе В. Л., Некрасов Е. И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3 (27). С. 19-21.

3. Черенкова Е. А., Золотокрылин А. Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 2. С. 79-94

BIOACTIVE COMPOUNDS: THE KEY TO MAIZE RESILIENCE IN A CHANGING CLIMATE

M.E. Lammas¹, A.V. Trifonova²

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia,

e-mail: lammas.me@mail.ru

Abstract. Biologically active substances play a crucial role in corn growth and productivity, especially in light of global climate change. These components help regulate metabolic processes, which, in turn, improves plant adaptation to changing environmental conditions. Our 2022-2023 studies in the Astrakhan Region revealed a positive effect on corn plants of 90 g/kg sodium gibberellic acids under moderately dry conditions in 2022 and dry conditions in 2023, with yield increases of 10.4-13.3% and 5.3-21.4%, respectively. In a changing climate, corn faces various stresses, such as high temperatures and moisture deficits. Biologically active substances help plants cope with these challenges by enhancing photosynthetic capacity, activating defense mechanisms, and optimizing water balance. This, in turn, positively impacts overall crop productivity. Understanding and using these active components in agronomy can be key to increasing corn's resilience to adverse environmental factors, which is extremely important in the context of modern climate change.

Keywords: corn, biologically active substances, climate, yield.

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОСАДКОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ
В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

К.А. Темирдашева¹, В.М. Гукежев²

¹Кабардино-Балкарский ГАУ имени В.М. Кокова, Нальчик

karinaabazova@mail.ru

²Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН,
Нальчик

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ суммарного количества осадков в динамике за 5 месяцев (май-сентябрь) в течение восьми лет исследований. Установлено, что более половины (63,2%) всех осадков выпадает в начальный период пастбищного сезона, а именно в мае и июне.

Ключевые слова: климат, тепловой стресс, температура воздуха, осадки, животноводство.

Глобальное потепление оказывает многогранное влияние на климатические системы Земли, и одним из наиболее заметных его проявлений является изменение количества осадков, что сопровождается сдвигами в региональных режимах осадков.

Одной из ключевых позиций устойчивого развития агропромышленного комплекса является «...получение высокой прибыли при сокращении совокупного ущерба от погодных аномалий...» [1].

В исследованиях Фугиной А.В., Будниковой И.К. (2024) «...установлена значительная зависимость между уровнем осадков и температурой воздуха, которая свидетельствует о важности учета осадков при изучении глобального потепления...» [2].

В работе Кипря А. В. и др. (2021) отмечают, что «...главной причиной возникновения глобального потепления является так называемый парниковый

эффект, который заключается в повышении температуры нижних слоев атмосферы...» [3].

Анализируя данные по мониторингу Сети климатических действий Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (2024) следует отметить, что «...вероятная величина дальнейшего роста температуры на основе климатических моделей составляет от 0,3 до 1,7 °С для минимального сценария эмиссии парниковых газов и от 2,6 до 4,8 °С – для сценария максимальной эмиссии...» [4].

В своих исследованиях Писаренко А. В. (2025) указывает на тот факт, что «...тепловой стресс крупного рогатого скота в связи с глобальным изменением климата на сегодня считается одной из наиболее актуальных проблем животноводства...» [5].

При сборе литературных источников мы обратили внимание на то, что «...авторы, изучая влияние теплового стресса на животных, предлагают разные пути решения поставленной проблемы...» [6]. Учет разнообразия климатических поясов в России имеет большое значение: от плоских равнин до высоких гор и протяженности страны с севера на юг и с запада на восток. Теплые и холодные океанические течения — одна из причин колебаний температуры и влажности воздуха. Даже в Кабардино-Балкарской Республике в зависимости от районов наблюдается разница в данных показателях [7].

В связи с этим, изучение метеорологических параметров и дальнейшее прогнозирование агроклиматических процессов с учетом изменения климата, является в настоящее время актуальной научной проблемой.

Цель исследования заключалась в сравнительном анализе суммарного количества осадков за пастбищные месяцы (май-сентябрь) анализируемого периода.

Объекты и методы исследования. В настоящей работе, впервые в условиях степной (засушливой) зоны Кабардино-Балкарской Республики проведены и будут системно продолжены исследования по мониторингу агроклиматических ресурсов (количество осадков) на фоне изменения климата.

Для установления степени влияния климатических факторов на продуктивность животных проводился ежедневный учет количества осадков на базе племрепродукторного хозяйства СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики.

Обсуждение результатов. В соответствии с целью и задачами исследования нами проведен в динамике за пастбищный период (май-сентябрь) сравнительный анализ количества осадков по зоне (с. Ново-Ивановское, Майский район, Кабардино-Балкарская Республика), результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ динамики выпадения осадков за 2017-2024гг., мм

Год/месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Всего за пастбищный период
2017	76,6	142,6	47,0	37,9	11,7	315,8
2018	66,7	80,6	78,0	47,0	10,4	282,7
2019	112,4	44,6	45,3	30,8	30,2	263,3
2020	100,8	24,7	7,5	39,0	19,8	191,8
2021	122,1	185,2	65,3	47,9	89,5	510,0
2022	79,5	86,8	7,3	30,5	41,1	245,2
2023	92,0	115,8	67,2	3,2	46,7	324,9
2024	59,2	99,9	19,8	19,7	23,8	222,4
Итого за 8 лет	709,3	780,2	337,4	256,0	273,2	2356,1
Итого в среднем, мм	88,7	97,5	42,2	32,0	34,15	294,5
В среднем температура воздуха, °С	19,9	26,3	28,8	28,2	22,2	25,1

Сравнительный анализ количества осадков в среднем за каждый месяц пастбищного периода (май-сентябрь) 2017-2024 гг. показал, что среднегодовое количество осадков составило 294,5 мм с колебаниями от 191 мм в 2020 году до 510 мм в 2021 году. Важно отметить, что более половины (63,2%) всех осадков выпадает в начальный период пастбищного сезона, а именно в мае и июне. Более детальная визуализация общего количества осадков за 8 лет по месяцам пастбищного периода представлена на рисунке 1.

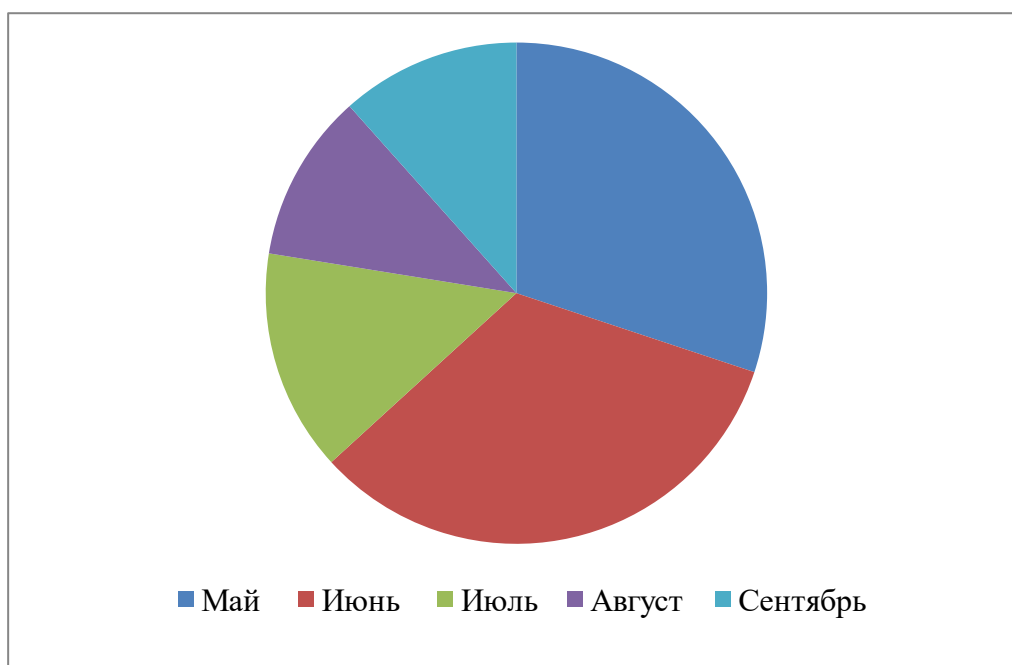


Рис. 1. Общее количество осадков за 8 лет по месяцам пастбищного периода, мм

Выводы. Исследование среднего количества осадков за каждый месяц пастбищного сезона (май-сентябрь) в период с 2017 по 2024 год показало значительные годовые колебания. Среднее значение составило 294,5 мм, однако этот показатель мог достигать как 191 мм (в 2020 году), так и 510 мм (в 2021 году). Необходимо отметить, что Кабардино-Балкария, как и все Республики Северного Кавказа, характеризуется увеличивающимся трендом количества опасных метеорологических явлений (паводки, жара, сильный ветер, ливни, град, заморозки, засуха, наводнения).

Литература

1. Бисчоков, Р. М. Анализ и прогноз трансформации климатических характеристик и учет их динамики в задачах управления агропромышленным комплексом (на примере центральной части Северного Кавказа): диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Бисчоков Руслан Мусарбиевич, 2014. 363 с. EDN SAXLGX.

2. Фугина, А. К. Статистический анализ влияния осадков на глобальное потепление / А. К. Фугина, И. К. Будникова // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: Материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2024 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 615-618.

3. Кипря, А. В. Глобальное потепление климата и его экологические последствия / А. В. Кипря, Ю. С. Горбунова, В. В. Иващенко // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2021. № 1(8). С. 181-185. EDN IUCAAF.

4. Адекватность и выполнимость долгосрочного глобального лимита [Электронный ресурс] / М. Шеффер [и др.]; перевод и публикация на русском языке подготовлены Сетью Климатических Действий Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (CAN EECCA) // Climate Action Network Europe. – Брюссель, Бельгия, 2023. 46 с.

5. Писаренко А. В. Теплоустойчивость крупного рогатого скота и влияние теплового стресса на хозяйственно полезные признаки (обзор) / А. В. Писаренко // Сельскохозяйственная биология. 2025. Т. 60, № 2. С. 199-219. – DOI 10.15389/agrobiology.2025.2.199rus. EDN XAMEGM.

6. Темирдашева, К. А. Влияние влажности воздуха на молочную продуктивность коров в пастбищный период / К. А. Темирдашева, В. М. Гукеев // Молочная промышленность. 2025. № 5. С. 77-82. DOI 10.21603/1019-8946-2025-5-58. EDN SKKCTQ.

7. Темирдашева К.А., Гукеев В.М. Тепловой стресс как проблема отрасли животноводства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. No 3. С.445–454. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-3-445-454 EDN: WRWSOD

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF PRECIPITATION AND ITS IMPACT
ON AGRICULTURAL RESOURCES
IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE**

K.A. Temirdasheva¹, V.M. Gukezhev²

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik
karinaabazova@mail.ru

²Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian
Academy of Sciences, Nalchik

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the total amount of precipitation over a period of 5 months (May-September) over the course of eight years of research. It was found that more than half (63.2%) of all precipitation falls during the initial period of the grazing season, namely in May and June.

Keywords: climate, heat stress, air temperature, precipitation, animal husbandry.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО И БУДУЩЕГО КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

В.Н. Абанников¹, В.А. Лобанов¹, А.И. Груздев¹, А.С. Ятченко¹

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», г. Санкт-Петербург, Россия, abvik@rshu.ru

Аннотация. В исследовании осуществлены сценарные оценки изменения агроклиматических показателей, обусловленных современным потеплением климата для северо-западного региона России. Для этой цели выбрана наиболее подходящая модель климата на основе сравнения данных исторического эксперимента и наблюдений за совместный период. Согласно выбранной модели климата получены будущие сценарные оценки температур воздуха и осадков до конца 21 века, на основании которых определили агроклиматические показатели для оценки будущего агроклиматического потенциала.

Ключевые слова: климатические модели, сценарии изменения климата, температура воздуха, осадки, агроклиматический потенциал.

Актуальность. На фоне современных и будущих тенденций изменения климата сельское хозяйство, в частности и растениеводство, будут испытывать значительную нагрузку от опасных агрометеорологических явлений, среди которых особое беспокойство вызывают засуха и наводнения. О характере будущих погодно-климатических условий, которые приводят к трансформации агроклиматического потенциала, можно судить на основе физико-математических моделей климата. Эти модели представляют с собой сценарные оценки или проекции будущего климата до конца 21 века [1, 2]. Обычно, рассматриваются три вида сценария: наиболее благоприятный с наименьшим ростом температуры воздуха, средний и наименее благоприятный. Эти сценарии отражают характер воздействия антропогенных выбросов парниковых газов на

рост энергетической составляющей климатической системы на 2,6 Вт/м² 4,5 Вт/м² и 8,5 Вт/м², соответственно [3].

На основе результатов моделирования сценарных оценок среднемесячных температур воздуха, и месячных сумм осадков можно определить их средние значения за каждый из трех периодов времени до конца 21 века и далее перейти к оценкам агроклиматических показателей, которые отражают будущую обеспеченность тепловыми ресурсами и уровнем влагозапаса вегетационного периода северо-западных регионов России.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования рассматриваются основные метеорологические характеристики, отражающие состояние климатической системы – многолетние среднемесячные значения температуры воздуха и месячные суммы осадков по 6 метеостанциям, находящихся в разных частях северо-западного региона России: Нарьян-Мар, Архангельск, Петрозаводск, Сыктывкар, Вологда, Псков. Для оценки современных характеристик агроклиматического потенциала данные взяты с 1990 по 2021 гг., и с 1850 по 2021 гг. для прогнозирования будущего состояния климатической системы [4].

По данным многолетних рядов температуры воздуха и месячных сумм осадков воздуха были рассчитаны агрометеорологические показатели, характеризующие уровень агроклиматического потенциала региона, такие как:

- дата начала вегетационного периода ($T_{\text{нач}}$), окончания ($T_{\text{кон}}$) и его продолжительности ($T_{\text{вег}}$);
- сумма активных температур (САТ) за вегетационный период со среднесуточными температурами воздуха выше +10°C;
- гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) как отношение сумм осадков за вегетационный период (ΣP) к САТ, рассчитываемый по формуле [5]:

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma P}{0,1 \cdot \text{САТ}}, \quad (1)$$

ГТК Селянинова используется для оценки режима увлажнений и его значения приведены в таблице 1 [5, 6].

Таблица 1

Условия увлажнения и природные зоны в соответствии с ГТК

ГТК	Зона увлажнения	Природная зона
Больше 1,6	Избыточно влажная	Тайга
1,6 – 1,3	Влажная	Тайга и лиственные леса
1,3 – 1,0	Слабо засушливая	Лесостепь
1,0 – 0,7	Засушливая	Типичная степь
0,7 – 0,4	Очень засушливая	Степь на южных черноземных и каштановых почвах
Менее 0,4	Сухая	Полупустыня и пустыня

Для выбора наиболее подходящей климатической модели для рассматриваемой территории были использованы данные исторического эксперимента за многолетний период с 1850 г. по 2005 г. для проекта CMIP5 и по 2015 г. для проекта CMIP6. Эти данные из ближайших узлов регулярной сетки были проинтерполированы в точки с координатами метеостанций и за совместный период наблюдений и исторического эксперимента рассчитаны средние многолетние значения температур воздуха и осадков. По наименьшей разности между модельными и наблюдаемыми средними, которые характеризуют систематическую погрешность моделирования, и выявлялась наиболее подходящая модель климата для исследуемой территории.

В исследовании использованы модели проекта CMIP6: CanEsm5 – модель канадского центра моделирования и анализа климата; BCC-ESM – модель пекинского климатического центра, Китай; CSIRO-ESM – модель центра атмосферных исследований Австралии; IPSL-CM6A – французская модель и проекта CMIP5: FIO-ESM – модель института атмосферной физики, Китай; MIROC5 – японская модель; MPI-ESM-MR – модель института Макса Планка, Германия; INM-CM4 – модель института вычислительной математики РАН, Россия [7]. Среди рассмотренных моделей наименьшие по абсолютной величине значения систематических погрешностей, в среднем, характерны для моделей CanEsm5, CSIRO-ESM1-5 и MPI-ESM-MR, равные соответственно 1,9, 1,8 и 2,6.

Эти модели в последующем и были использованы для прогнозирования температуры воздуха.

В связи с тем, что в модельных данных имеют место погрешности за период наблюдений, то погрешности будут иметь место и для сценарных оценок в данных до конца 21 века и поэтому их надо корректировать. Корректировка данных осуществляется по разработанной методике, основанной на среднем градиенте изменений климатической характеристики за период наблюдений и за будущий сценарный период, как показано, например, в работе [8].

Для осадков также была выбрана наиболее подходящая модель климата и наиболее эффективной оказалась японская модель MIROC6, имеющая средние систематические погрешности для территории в 11%-14% в зависимости от сезона года, но наибольшие погрешности могут достигать и 20-26%.

Затем по полученным сценарным оценкам будущих температур воздуха и осадков, осредненных за три периода (1-ый период 2011-2040 гг., 2-ой период 2041-2070 гг. и 3-ий период 2071-2100 гг.), вычисляются будущие сценарные значения агроклиматических показателей по сценариям RCP 2.6 и RCP 4.5.

Обсуждение результатов. На первоначальном этапе в ходе исследования были проанализированы современные агроклиматические показатели. Эти показатели имеют разные параметры межгодовой изменчивости. Пример межгодовой изменчивости приводится по сумме активной температуры на рисунке 1.

По характеру многолетнего хода САТ можно отметить тенденцию к увеличению данного показателя для всех населенных пунктов.

Основные результаты по оценке будущих агроклиматических показателей, средних за каждый из трех периодов до конца 21 века (1-ый период 2011-2040 гг., 2-ой период 2041-2070 гг. и 3-ий период 2071-2100 гг.), приведены в таблице 2 для наиболее благоприятного сценария (RCP 2.6) и в таблице 3 для среднего (RCP 4.5) климатического сценария. В этих таблицах приведены также и современные средние значения агроклиматических показателей, вычисленных за период 1990-2021 гг.

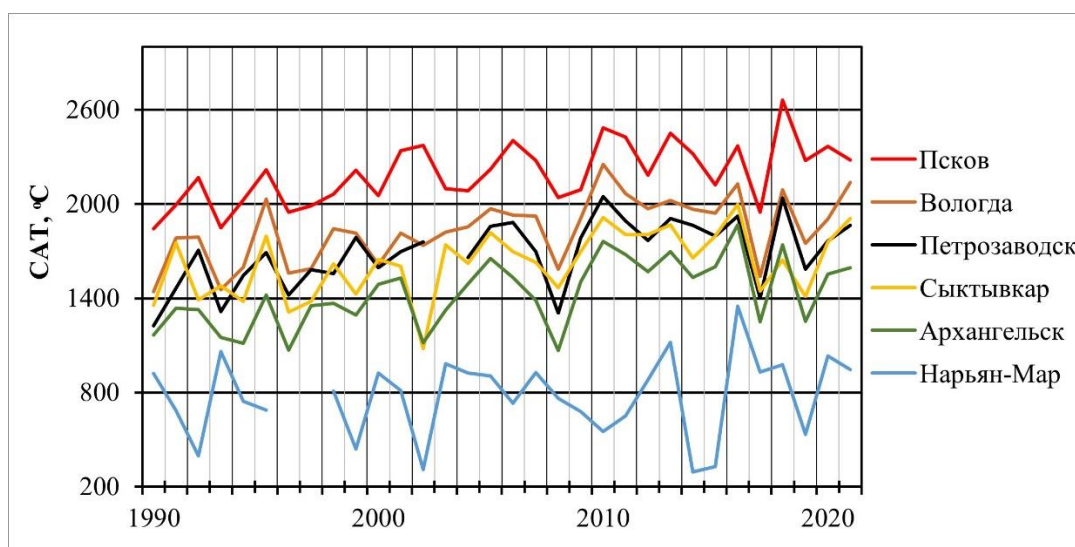


Рис.1. Многолетние ряды SAT на метеостанциях в разных районах северо-запада России

Таблица 2

Сценарные оценки агроклиматических показателей средних за периоды до конца 21 века (сценарий RCP 2.6)

Станция	Период, гг.	ГТК	SAT, °C	T _{нач}	T _{кон}
Архангельск	1990-2021	1.63	1431		
	2011-2040	1.62	1452	27 мая	06 сен.
	2041-2070	1.59	1788	20 мая	18 сен.
	2071-2100	1.63	1740	20 мая	14 сен.
Петрозаводск	1990-2021	1.58	1646		
	2011-2040	1.67	1755	18 мая	16 сен.
	2041-2070	1.65	2081	9 мая	24 сен.
	2071-2100	1.62	1997	10 мая	20.сен.
Нарьян-Мар	1990-2021	1.59	777		
	2011-2040	1.65	823	16 июня	20.авг.
	2041-2070	1.62	1146	8 июня	01 сен.
	2071-2100	1.61	1153	9 июня	31 авг.
Сыктывкар	1990-2021	1.56	1622		
	2011-2040	1.72	1645	19 мая	06.сен.
	2041-2070	1.86	1943	14 мая	17 сен.
	2071-2100	1.85	1876	12 мая	12 сен.
Псков	1990-2021	1.56	2194		
	2011-2040	1.72	2297	29.апр	23 сен.
	2041-2070	1.84	2626	23.апр	01 окт.
	2071-2100	1.69	2586	21.апр	28 сен.
Вологда	1990-2021	1.45	1839		
	2011-2040	1.44	1860	10 мая	12 сен.
	2041-2070	1.37	2173	4 мая	22 сен.
	2071-2100	1.35	2098	4 мая	18 сен.

Из данных таблицы 2 следует, что для Нарьян-Мара с наихудшими термическими условиями при современном САТ=777°С к последнему 30-летнему периоду 21 века САК увеличится до 1153°С. Для южной части северо-запада (Псков и Вологда), при современном САТ=2194°С для Пскова уже к середине 21 века САК будет составлять 2626°С, а в Вологде увеличится с современных 1839°С до 2173°С (к середине 21 века), хотя к последнему 30-летнему периоду 21 века по этому сценарию ожидается некоторое уменьшение САК до 2586°С и до 2098°С для Пскова и Вологды соответственно.

Таблица 3

Сценарные оценки агроклиматических показателей средних за периоды до конца 21 века (сценарий RCP 4.5)

Станция	Период	ГТК	САТ, °С	T _{нач}	T _{кон}
Архангельск	1990-2021	1.63	1431		
	2011-2040	1.55	1558	25 мая	10 сен.
	2041-2070	1.52	1978	17 мая	23 сен.
	2071-2100	1.36	2231	13 мая	29 сен.
Петрозаводск	1990-2021	1.58	1646		
	2011-2040	1.65	1849	16 мая	19 сен.
	2041-2070	1.61	2228	9 мая	30 сен.
	2071-2100	1.52	2521	2 мая	5 окт.
Нарьян-Мар	1990-2021	1.59	777		
	2011-2040	1.65	932	13 июня	25 авг.
	2041-2070	1.58	1342	5 июня	8 сен.
	2071-2100	1.47	1631	1 июня	18 сен.
Сыктывкар	1990-2021	1.56	1622		
	2011-2040	1.65	1748	17 мая	9 сен.
	2041-2070	1.67	2132	10 мая	22 сен.
	2071-2100	1.49	2422	4 мая	28 сен.
Псков	1990-2021	1.56	2194		
	2011-2040	1.71	2397	27 апр.	26 сен.
	2041-2070	1.69	2803	21 апр.	8 окт.
	2071-2100	1.63	3130	10 апр.	12 окт.
Вологда	1990-2021	1.45	1839		
	2011-2040	1.40	1969	8 мая	16 сен.
	2041-2070	1.37	2315	3 мая	27 сен.
	2071-2100	1.20	2592	27 апр.	1 окт.

По этому сценарию ГТК в исследуемом региона останется в условиях избыточного увлажнения выше 1,6, за исключением Вологды, где ГТК будет соответствовать влажному режиму в интервале 1,6 – 1,3.

По данным из таблицы 3, соответствующих среднему климатическому сценарию следует, что для Нарьян-Мара САТ вырастет с 777°С до 1342°С к середине и до 1631°С ближе к концу 21 века.

Для южной части северо-запада САТ вырастет для метеостанции Псков с современных 3294°С до 2397°С к середине и до 3130°С ближе к концу 21 века, а для метеостанции Вологда вырастет с современных 1839°С до 2397°С к середине и до 2592°С ближе к концу 21 века. ГТК по исследуемым территориям в рамках второго сценария до 21 века претерпевает значительные снижения в Архангельске и в Вологде, до 1,36 (влажная) и до 1,2 (слабо засушливый режим увлажнения), соответственно.

Заключение. В рамках проведенного исследования характеристик агроклиматического потенциала в населенных пунктах северо-западного региона России удалось установить тенденцию к увеличению ресурсного потенциала. Например, САТ в Нарьян-Маре по второму сценарию к концу столетия прогнозируется до современных значений САТ в Петрозаводске. В Вологде САТ прогнозируется на уровне современных значений, характерных для Ленинградской области, а в Пскове – Московской области.

Прогнозируемый рост суммы активных температур обусловлено увеличением прогнозируемой продолжительности активной вегетации за счет более раннего перехода среднесуточных температур воздуха через +10°С весной и более позднего обратного перехода осенью.

Значительные изменения режима увлажнения в сторону уменьшения прогнозируются в Архангельске по 2 сценарию, а в Вологде по обоим сценариям. По остальным населенным пунктам незначительные изменения ГТК.

В заключении следует отметить, что увеличение суммы активных температур позволит повысить урожайность традиционных сельскохозяйственных культур и перейти к культивированию новых, более теплолюбивых сортов сельхозкультур, особенно в южных районах.

Полученные результаты могут стать основой для разработки адаптационных мероприятий в области растениеводства в условиях глобального изменения климата.

Литература

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова: Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научно-технологические исследования, 2022. – 676 с.
2. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Cambridge University Press. 3949 p.
3. Atmospheric Model Intercomparison Project: <http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/amip/index.php>. WCRP Coupled Model Intercomparison Project (Phase 6): [Электронный ресурс], <https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД): [Электронный ресурс], www.meteo.ru
5. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии: учебное пособие / А.П. Лосев. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 170 с.
6. Шумова Н.А. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия // Аридные экосистемы, 2021, том 27, № 4 (89), с. 13-24.
7. Eyring V., Bony S., Meehl G. A., Senior C. A., Stevens B., Stouffer R. J., and Taylor K. E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. — Geosci. Model Dev., 2016, No. 9, pp. 1937—1958
8. Лобанов В.А., Абанников В.Н., Окуличева А.А., Григорьева А.А. Современные и будущие изменения климата Ленинградской области и их влияние на агроклиматические характеристик» // Метеорология и гидрология, 2023, №9, с.100-113. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-9-100-113.

THE IMPACT OF CURRENT AND FUTURE CLIMATE ON THE AGROCLIMATE POTENTIAL OF NORTHWESTERN REGIONS OF RUSSIA

V.N. Abannikov¹, V.A. Lobanov¹, A.I. Gruzdev¹, A.S. Yatchenko¹

¹Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia,
abvik@rshu.ru

Summary: in the study, scenario assessments of changes in agroclimatic indicators, caused by modern climate warming for the north-western region of Russia, were carried out. For this purpose, the most suitable climate model was chosen based on the comparison of historical experiment data and observations for the joint period. According to the selected climate model, future scenario estimates of air temperature and precipitation until the end of the 21st century were obtained, based on which agroclimatic indicators were determined for the assessment of future agroclimatic potential.

Keywords: climate models, climate change scenarios, air temperature, precipitation, agroclimatic potential.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗАМОРОЗКОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Д.Д. Асыллова¹, Н.А. Мирсаева¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,

asylova.diana@mail.ru

Аннотация: в работе рассмотрено изменение повторяемости заморозков на территории Удмуртской Республики в переходные периоды года – весенний и осенний. Так же была построена иерархическая кластеризация для станции по рассматриваемой территории для нахождения взаимосвязей и различий между станциями.

Ключевые слова: заморозок, повторяемость, иерархическая кластеризация, Удмуртская Республика.

Актуальность исследования. Климат и погода – составные части природных факторов, которые существенно влияют на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог, на режим и безопасность движения, т.е. на условия движения по дороге и режим ее функционирования. Автомобильные дороги подвержены постоянному и разнообразному воздействию природных факторов [1].

В дорожной конструкции (дорожная одежда + земляное полотно) происходят сложные процессы: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация. В результате в дорожной конструкции систематически происходят диффузионные процессы тепломассопереноса или тепловлагообмена, обуславливающие колебание влажности и температуры. Изменение характеристик водно-теплового режима земляного полотна существенно влияет на прочность, долговечность полотна и дорог, приводит к снижению транспортно-эксплуатационных свойств дорог [1].

Объект исследования – основные метеорологические параметры, влияющие на дорожный транспорт.

В качестве исходных данных использовались срочные данные по температуре воздуха и почве, суммам атмосферных осадков и основным метеопараметрам на территории Удмуртской республики (ст. Ижевск, Воткинск, Глазов, Можга, Селты) за период с 1977 по 2021 гг. Данные взяты из климатического архива ВНИИГМИ-МЦД [2].

Заморозок – это понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0°C на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельскохозяйственных культур или уборки урожая, приводящие к повреждению и/или частичной гибели урожая сельскохозяйственных культур.

В качестве температурного фактора, влияющего на дороги, рассчитывались даты, когда наблюдались понижения температуры почвы до 0°C и ниже на фоне среднесуточных температур воздуха выше 5°C , что в климатологии относится к опасным гидрометеорологическим явлениям теплого времени года [3].

По полученным датам рассчитывалась повторяемость заморозков в переходные периоды года.

Таблица 1

Повторяемость заморозков (%) в переходные сезоны года за каждый месяц на территории Удмуртской Республики

Станция	Широта, ° с.ш.	Март	Апрель	Май	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
Глазов	58,1	5,38	38,96	17,56	9,41	12,97	1,19
Селты	57,3	6,95	33,19	10,68	4,01	11,25	1,72
Воткинск	57,0	7,67	33,26	6,24	3,73	12,19	1,08
Ижевск	56,8	5,23	38,35	10,75	7,03	16,13	1,29

<i>Продолжение таблицы 1</i>							
Можга	56,4	8,32	35,84	9,39	4,44	14,84	1,65
Среднее		6,71	35,92	10,92	5,72	13,48	1,39
СКО		2,44	3,70	2,18	1,78	0,25	1,23

Исходя из таблицы 1 самая большая повторяемость заморозков на всех станциях наблюдается в весенний период по сравнению с осенним периодом. Наибольшее значение повторяемости за весенний период наблюдается в апреле, среднее значение которой за этот месяц составляет 35,92%, а СКО принимает значение 3,70. Максимум параметра в апреле наблюдается на станции Глазов (38,96%), также большое значение повторяемости заморозков встречается на станции Ижевск (38,35%). Минимум повторяемости в апреле наблюдается на станции Селты (33,19%), также небольшое значение по сравнению с другими станциями наблюдается на станции Воткинск (33,26%). Наименьшие значения повторяемости за весенний период встречаются в марте, среднее значение параметра за этот месяц составляет 6,71%, а СКО принимает значение 2,44. Максимальное значение повторяемости за этот месяц наблюдается на станции Можга и составляет 8,32%, а минимальное значение встречается на станции Ижевск и принимает значение 5,23, также небольшое значение повторяемости встречается на станции Глазов и составляет 5,38%.

Наибольшие значения повторяемости за осенний период встречаются в октябре, среднее значение параметра за этот месяц составляет 13,48%, а СКО принимает значение 0,25. Максимум за этот месяц наблюдается на станции Ижевск (16,13%), а минимум встречается на станции Селты (11,25%). Самая малая повторяемость наблюдается в ноябре, и среднее значение данной величины за этот месяц составляет 1,39%, а СКО принимает значение 1,23. Максимум повторяемости за ноябрь наблюдается на станции Селты и составляет 1,72%, также большое значение повторяемости встречается на станции Можга и

составляет 1,65%. Минимум повторяемости наблюдается на станции Воткинск и составляет 1,08%.

По данным таблицы 1 была построена иерархическая кластеризация, которая представлена на рис. 1.

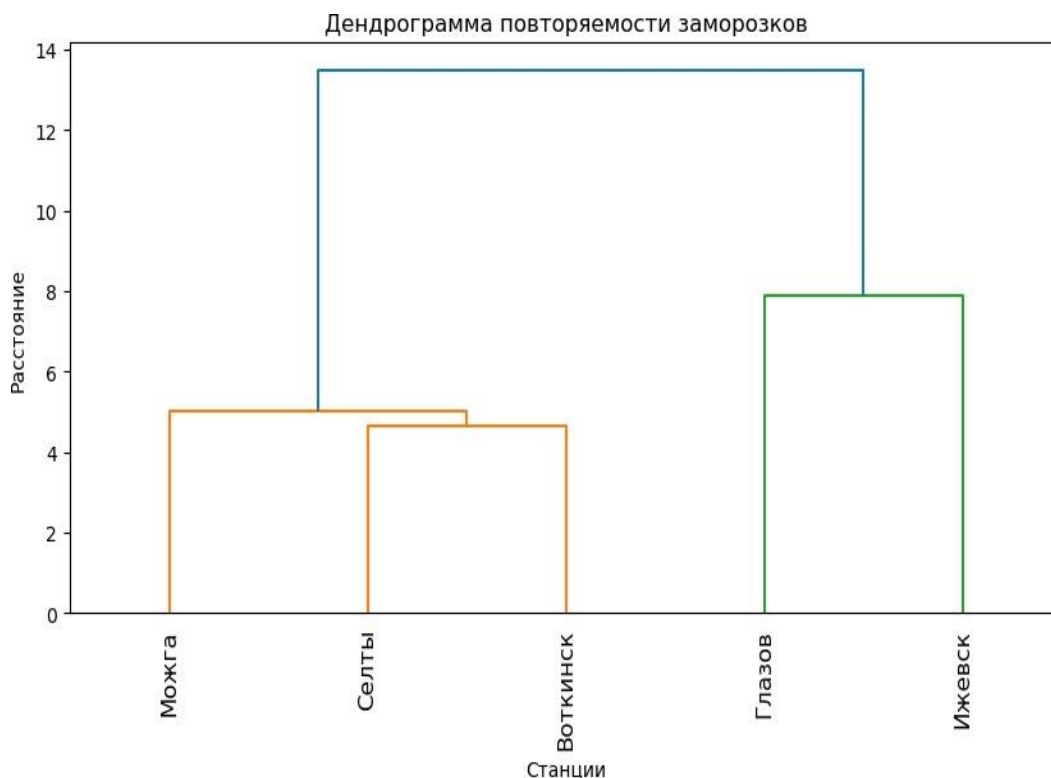


Рис. 1. Иерархическая кластеризация на основе данных о повторяемости заморозков за весенний и осенний периоды по Удмуртской Республике

В первый и в самый большой по значимости кластер вошли такие станции, как Ижевск и Глазов. Станции имеют схожие значения по данным за весенний и осенний период. Так, например, в апреле на обеих станциях наблюдаются самые высокие значения повторяемости заморозков: на станции Ижевск повторяемость за данный месяц составляет 38,35%, а на станции Глазов данный параметр принимает значение 38,96%. В марте значения повторяемости для этих станций отличаются незначительно: для Ижевска значение параметра составляет 5,23%, а для Глазова – 5,38%. В осеннем периоде ситуация аналогична. В сентябре наблюдаются самые высокие значения повторяемости на этих станциях: на станции Ижевск заморозки наблюдаются в 7,03% случаев, а на станции Глазов

заморозки наблюдаются в 9,41% случаев. В ноябре значения отличаются незначительно: на станции Ижевск рассматриваемый параметр принимает значение 1,29%, а на станции Глазов параметр принимает значение 1,19%. Такая большая повторяемость заморозков в Глазове и Ижевске обусловлена рельефом местности, на котором они расположены. Эти два города расположены на одноименных возвышенностях, а именно ст. Ижевск находится в котловине, которую окружают холмы и возвышенности, а ст. Глазов расположена в долине реки Чепцы. Таким образом, холодный воздух стекает по склонам и застаивается в низинах, особенно в ночное время суток. Также важную роль играет умеренно-континентальный климат с резкими перепадами температур, что увеличивает повторяемость заморозков на данных территориях.

Во второй по значимости кластер вошли такие станции, как Селты и Воткинск. Значения повторяемости заморозков на этих станциях за все рассматриваемые месяцы отличаются незначительно. В марте данный параметр для станции Селты принимает значение 6,95%, а для станции Воткинск 7,67%. В апреле повторяемость практически идентичная: на станции Селты – 33,19%, на станции Воткинск 33,26%. Такая же картина наблюдается и в осенний период. В сентябре для станции Селты данный параметр принимает значение 4,01%, а для станции Воткинск – 3,73%. В октябре заморозки наблюдаются на станции Селты в 11,25% случаев, а на станции Воткинск заморозки наблюдаются в 12,19% случаев. На данных станциях наблюдается наименьшая повторяемость заморозков по территории Удмуртской Республике. Такое количество повторяемости также связано с особенностями рельефа местности данных территорий. Воткинск находится в долине реки Камы, а Селты расположен в долине реки Кильмезь. Близость к рекам способствует тому, что на данных станциях не наблюдаются резкие перепады температур, так как вода имеет большую теплоемкость, то есть медленно нагревается и также медленно остывает. Еще одним фактором является то, что станции находятся на более открытом рельефе местности, что также обуславливает более ровный температурный ход и обеспечивает меньшую повторяемость заморозков.

В третий по значимости кластер вошла всего одна станция – Можга. В марте на данной станции наблюдается самая высокая повторяемость заморозков – 8,32%. Похожая ситуация наблюдается и для ноября. В данный месяц на станции наблюдается одна из высоких повторяемостей заморозков, которая составляет 1,65%. Для остальных месяцев значения повторяемости находятся между значениями повторяемостей станции первого и второго кластеров. Например, в апреле заморозки наблюдаются в 35,84% случаев, а в октябре заморозки наблюдаются в 14,84% случаев. Таким образом по повторяемости заморозков Можга занимает второе место среди других станций. Отличительными чертами данной станции являются особенности рельефа местности. Данная станция является самой южной станцией, что обуславливает более высокие температуры по сравнению со станциями из первого кластера. Также особую роль играет то, что Можга находится в низине, окруженной возвышенностями, что также, как и в первом кластере, способствует застою холодного воздуха в ночное время и увеличивает повторяемость заморозков по сравнению с третьим кластером.

Заключение

Наибольшее значение повторяемости за весенний период наблюдается в апреле, среднее значение которой за этот месяц составляет 35,92%, а СКО принимает значение 3,70. Наибольшие значения повторяемости за осенний период встречаются в октябре, среднее значение параметра за этот месяц составляет 13,48%, а СКО принимает значение 0,25.

Литература

1. Носырева О.В. Влияние климата на дорожный транспорт в переходные периоды года в Западной Сибири / О.В. Носырева, М.А. Никифоров // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: Материалы Международной научно- практической конференции, посвященной памяти члена- корреспондента РАН А.Н. Антипова, Иркутск, 23–27 сентября 2019 года. – Иркутск: Институт географии

им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. С. 201-205.

2. ГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных». URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 28.03.2025).

3. РД 52.27.724-2019 Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения/ФГБУ «Гидрометцентр России». – М.: АМА-ПРЕСС, 2019. 72 с.

RESEARCH OF THE FROST REPEATABILITY IN THE UDMURT REPUBLIC

D.D. Asylova¹, N.A. Mirsaeva¹

¹Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan,

asylova.diana@mail.ru

Summary: The paper examines the change in the repeatability of frosts in the Udmurt Republic during the transitional periods of the year – spring and autumn. A hierarchical clustering was also constructed for the station in the area under consideration to find the relationships and differences between the stations.

Keywords: freezing, repeatability, hierarchical clustering, Udmurt Republic.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

А. Г. Бессуднова¹

Научный руководитель: к.геогр.н., доцент Е. А. Дронова¹

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», alex2003.01@mail.ru, edronova@rgau-msha.ru

Аннотация: Дана оценка влияния изменений климата на агроклиматические условия территории Европейского Севера России. Установлены повышение продолжительности теплого периода и сокращение продолжительности холодного, снижение средней и максимальной глубин промерзания почвы, задержка начала образования устойчивого снежного покрова и наступление более раннего весеннего таяния.

Ключевые слова: Европейский Север России, даты перехода, средняя глубина промерзания почвы, максимальная глубина промерзания почвы, высота снежного покрова, глобальное изменение климата

Европейский Север России обладает огромным природно-ресурсным потенциалом, что дает ему большое стратегическое значение в развитии Российской Федерации. Одним из направлений развития является сельское хозяйство. Несмотря на сложные климатические условия, наличие потенциала сельскохозяйственного производства подтверждается такими факторами, как исторические данные, экономическая целесообразность, преимущества в производстве экологически чистой продукции и сохранение традиционного уклада жизни селян [1,3]. Так как большая часть Европейского Севера находится входит в Арктическую зону России, глобальные изменения климата на данной территории проходят более стремительно, что требует комплексного и тщательного изучения для дальнейшего составления компенсаторных мер, способов адаптации, развития сельского хозяйства, рационального размещения

сельскохозяйственных культур и внедрения новых культур и более высокопродуктивных сортов.

В работе применялись количественные методы исследования, а именно метод статистического анализа массива данных. В данном исследовании использовались данные за период с 2001 по 2023 годы. В массив данных входили сведения о среднесуточных температурах воздуха, суточных суммах осадков, среднемесячных температурах воздуха, глубине промерзания почвы и высоте снежного покрова. Территория исследования охватывала большую часть Европейского Севера России, а именно Мурманскую область, Республику Карелия, Архангельскую область вместе с Ненецким автономным округом и Республику Коми. Исследуемая территория представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Исследуемая территория

Для оценки теплообеспеченности территории по среднемесячным температурам воздуха были определены даты перехода через 0 °C и 10 °C и продолжительность теплого и холодного периодов. Опираясь на данные о климатической норме 1961-1990 гг., по полученным данным была проанализирована разница между датами начала и конца переходов. Полученные данные представлены в таблице 1, на примере Архангельской и Мурманской областей.

Таблица 1

Сравнительная таблица начала и окончания периодов с температурой воздуха выше 0 °С и выше 10 °С с климатической нормой 1961-1990

		Теплый период		Период выше 10 °С	
Архангельская область		Начало	Конец	Начало	Конец
Архангельск	1961-1990	17.4	23.10	3.6	2.9
	2001-2011	9.4	29.10	31.5	9.9
	Разница	+8 дней	+6 дней	+4 дня	+7 дней
	2012-2023	9.4	31.10	23.5	11.9
	Разница	+8 дней	+8 дней	+11 дней	+8 дней
Койнас	1961-1990	16.4	19.10	2.6	1.9
	2001-2011	16.4	22.10	3.6	2.9
	Разница	-	+3 дня	-1 день	+1 день
	2012-2023	15.4	21.10	28.5	5.9
	Разница	+1 день	+2 дня	+5 дней	+4 дня
Сура	1961-1990	12.4	22.10	28.5	4.9
	2001-2011	12.4	25.10	31.5	5.9
	Разница	-	+3 дня	-3 дня	+1 день
	2012-2023	10.4	26.10	22.5	7.9
	Разница	+2 дня	+4 дня	+5 дней	+3 дня
Мурманская область		Начало	Конец	Начало	Конец
Мурманск	1961-1990	17.4	24.10	20.6	28.8
	2001-2011	14.4	26.10	20.6	26.8
	Разница	+3 дня	+2 дня	-	-2 дня
	2012-2023	13.4	28.10	18.6	2.9
	Разница	+4 дня	+4 дня	+2 дня	+5 дней
Ковдор	1961-1990	20.4	16.10	10.6	27.8
	2001-2011	18.4	20.10	11.6	26.8
	Разница	+2 дня	+4 дня	-1 день	-1 день
	2012-2023	16.4	18.10	9.6	31.8
	Разница	+6 дней	+2 дня	+1 день	+4 дня
Краснощелье	1961-1990	27.4	17.10	16.6	24.8
	2001-2011	24.4	19.10	16.6	23.8
	Разница	+3 дня	+2 дня	-	-1 день
	2012-2023	23.4	20.10	16.6	29.8
	Разница	+4 дня	+3 дня	-	+5 дней

Таблица 1 наглядно показывает, что теплый период и период с температурой выше 10 °С по сравнению с климатической нормой 1961-1990 гг. стали наступать раньше, а заканчиваться – позже. По данным станции Архангельск наступление теплого периода в среднем происходит на 8 дней

раньше, а окончание – на 8 дней позже. Период с температурой выше 10 °С также увеличился (начало раньше на 11 дней, окончание позже на 8 дней). При этом на некоторых станциях отмечался незначительные изменения в датах наступления и окончания периодов, например, на станции Койнас (+1 день). Вместе с ростом сумм активных температур воздуха выше 10 °С это показывает значительные изменения в распределении холодного и теплого периодов и улучшении теплообеспеченности исследуемой территории [2].

Для более тщательного анализа влияния изменений климата на холодный период Европейского Севера по данным метеостанции Холмогоры Архангельской области были использованы данные о глубине промерзания почвы и высоте снежного покрова с ноября по март по декадам. Были посчитаны средние и выделены максимальные значения глубины промерзания почвы по годам (рисунок 2). Полученные результаты показали отрицательную тенденцию этих показателей, то есть глубина промерзания почвы за исследуемый период снижается.

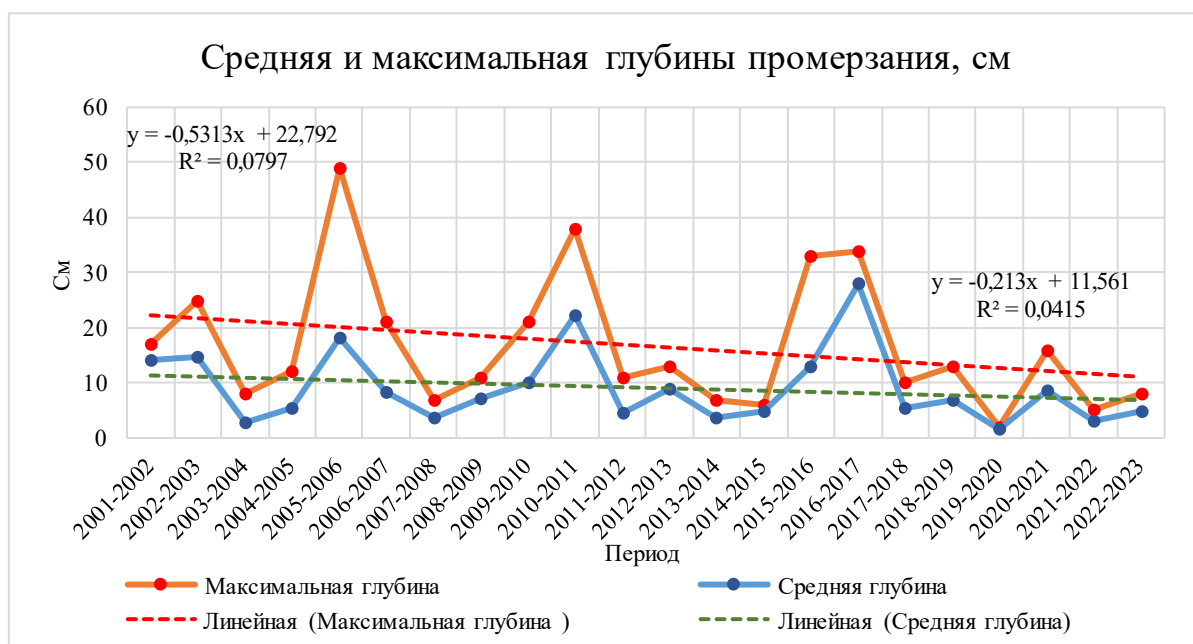


Рис. 2. Динамика средней и максимальной глубин промерзания почвы за период ноябрь-март по данным станции Холмогоры, 2001-2023 гг.

По данным о высоте снежного покрова были рассчитаны средние значения за каждый месяц с ноября по март. Наибольшая изменчивость высоты снежного покрова за рассматриваемый период наблюдается в ноябре и в марте. По полученным данным было определено, что с 2001 года по 2023 год средняя высота снежного покрова за ноябрь значительно снизилась (рисунок 3). Также прослеживается отрицательная тенденция в средней высоте снега за март.

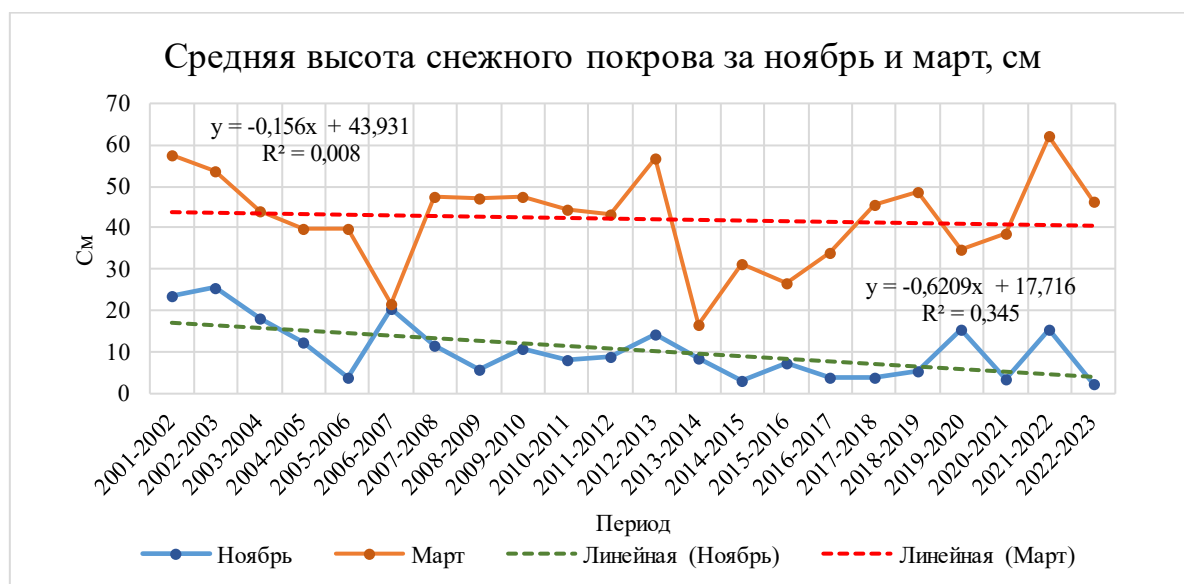


Рис. 3. Динамика средней высоты снежного покрова за ноябрь и март по данным станции Холмогоры, 2001-2023 гг.

В ходе проведения исследования было выявлено повышение продолжительности теплого периода и периода с температурой выше 10 °С и сокращение продолжительности холодного периода. Такие изменения говорят об улучшении условий теплообеспеченности территории Европейского Севера и об возможности использовать дополнительное тепло в теплый период для развития сельского хозяйства. Снижение средней и максимальной глубин промерзания почвы вместе с перераспределением теплого и холодного периодов указывает на отепляющее влияние изменений климата на агроклиматические условия территории Европейского Севера. Значительное снижение высоты снежного покрова в ноябре и его сокращение в марте может свидетельствовать о задержке начала образования устойчивого снежного покрова и наступлении более раннего

весеннего таяния на фоне общего потепления климата, что требует дальнейшего изучения, так как уменьшение снежного покрова может быть опасно дальнейшим увеличением промерзания почвы и недостатком почвенной влаги в весенний период.

Литература

1. Патракова С.С. Оценка производственного потенциала сельского хозяйства Европейского Севера России // Экономический журнал. — 2019. — № 2 (54). — С. 35–49. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-proizvodstvennogo-potentsiala-selskogo-hozyaystva-evropeyskogo-severa-rossii> (дата обращения: 15.11.2025).
2. Бессуднова, А. Г. Оценка агроклиматических условий территории Европейского Севера / А. Г. Бессуднова // Сборник трудов, приуроченных к 78-й Всероссийской студенческой научно- практической конференции, посвященной 160-летию Тимирязевской академии, Москва, 17–20 марта 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 34-39.
3. Смирнов И.А., Дронова Е.А. Возникновение опасных агрометеорологических явлений в годы со снижением урожайности озимой пшеницы на примере белгородской области. В сборнике: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. Сборник статей. Москва, 2023. С. 379-384.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH TERRITORY

A. G. Bessudnova¹

Adviser: PhD in geo., assistant professor E. A. Dronova¹

¹Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
alex2003.01@mail.ru, edronova@rgau-msha.ru

Summary: An assessment is made of the impact of climate change on the agroclimatic conditions of the territory of the European North of Russia. It has been established that the duration of the warm period has increased and the duration of the cold period has decreased, as well as the average and maximum depths of soil freezing, the delay in the formation of a stable snow cover, and the onset of earlier spring thawing.

Keywords: European North of Russia, transition dates, average soil freezing depth, maximum soil freezing depth, snow depth, global climate change.

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОПРОИЗВОДСТВОМ В РФ

А.В. Гаврилов, аспирант, В.Н. Кузьмин, гл. н.с., д.э.н.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса»

(«Росинформагротех»)

Р.п. Правдинский, Московская область

e-mail: tolyagav@ya.ru

Аннотация. Успешность и устойчивость выращивания пшеницы зависит от главного фактора: именно климатические условия влияют на биологический потолок урожайности и определяют риски потерь. В статье систематизированы погодные риски и предложен подход на основе разработанной информационной системы «адаптивная техкарта». Инструмент, после доработки, будет способен минимизировать потери от экстремальных явлений и трансформировать систему в управление производством в реальном времени.

Ключевые слова: пшеница, климатические риски, технологическая карта, адаптивное управление, урожайность, погодные аномалии

Географический разброс в производстве пшеницы в Российской Федерации огромен: культура выращивается в 7 из 8 природных зон страны – от лесостепей Центральной России до сухих степей Юга и Сибири, исключая лишь зону тундры (арктической и субарктической зоны). Ее урожайность имеет существенный разброс в зависимости от зон произрастания из-за комплексного воздействия климатических, почвенных, агротехнических и экономических факторов. Пример таких различий приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Урожайность пшеницы в некоторых зернопроизводящих регионах России по типам пшеницы и федеральным округам [1, 2]

Регион/Зона	Федеральный округ	Тип пшеницы	Средняя урожайность, т/га
Краснодарский край	Южный	Озимая	6,0–8,0
Центральный Чернозёмный район	Центральный	Озимая	4,5–5,5
Поволжье	Приволжский	Яровая	2,5–3,5
Западная Сибирь	Сибирский/Уральский	Яровая	2,0–2,8
Кировская область	Приволжский	Яровая	1,8–2,5
Пензенская область	Приволжский	Озимая	4,7–5,1
Амурская область	Дальневосточный	Яровая	2,1–2,5
Республика Марий Эл	Приволжский	Яровая	2,0–2,3
Нижегородская область	Приволжский	Яровая	3,1–5,7

Например, в южных регионах, таких как Краснодарский край и Центральный Чернозёмный район, наиболее благоприятные условия для выращивания озимой пшеницы: мягкий климат, плодородные почвы и достаточно развитая система орошения. Они позволяют получать урожайность озимой пшеницы до 6 – 8 т/га. В Поволжье и Западной Сибири климатические условия менее подходящие. Растения подвержены воздействию засушливого лета, жаре и короткому вегетационному периоду. Такие обстоятельства диктуют фермерам определенные требования для получения стабильных урожаев, например, переход на сорта яровой пшеницы, адаптированные к дефициту влаги. В Сибири использование морозоустойчивых сортов яровой пшеницы и оптимизация сроков сева позволяют стабилизировать урожайность на среднем уровне. В Кировской области и Республике Марий Эл урожайность ещё ниже из-за достаточно бедных дерново-подзолистых почв, избытка влаги и недостаточности тепла [3].

Как показано в Таблице, даже в рамках одного федерального округа (например, Приволжского) колебания урожайности достигают 3,1 – 5,7 т/га, и можно предположить, что это может быть связано с локальными погодными аномалиями. Климатическая и погодная уязвимость остаются главным

системным ограничителем для стабильного зернопроизводства. Климат выступает своеобразным «фильтром» для подбора оптимальных решений в целях достижения устойчивых результатов. Авторы предпринимают попытку систематизировать ключевые погодные риски для производства пшеницы на обширной территории Российской Федерации, разделяя факторы на несколько групп [4, 5]

1. Температурные аномалии.

- высокие температуры в критические фазы роста пшеницы (июнь-июль) сокращают период налива зерна, усиливают испарение, которое может привести к засухе;

- низкие температуры весной и осенью задерживают или убивают всходы/растения, повреждают корневую систему, снижают кустистость.

2. Осадки.

- дефицит осадков ограничивает доступ влаги в критические фазы (кущение, колошение);

- избыток осадков в период созревания вызывает полегание, провоцирует грибковые заболевания, затрудняет уборку;

- неравномерное распределение осадков снижает эффективность использования влаги, создает стрессовые условия.

3. Засухи.

- Летне-осенние засухи уменьшают запасы влаги в почве перед посевом озимых, снижают их всхожесть;

- весенние засухи задерживают развитие яровых культур, сокращают вегетационный период, снижают эффективность выращивания.

4. Заморозки.

- поздневесенние заморозки повреждают листья и генеративные органы на ранних стадиях развития;

- раннеосенние заморозки прерывают налив зерна у поздних сортов, снижают качество и количество урожая.

5. Снежный покров.

- недостаточный снежный покров зимой не защищает озимые от вымерзания, не восполняет запасы влаги зимой, снижая эффективность производства яровых;

- раннее таяние снега провоцирует преждевременное развитие озимых с последующим повреждением заморозками.

6. Ветровая эрозия.

- суховеи в период цветения-налива усиливают испарение, вызывают механическое повреждение растений.

Учеными установлены некоторые зависимости урожая пшеницы от погодных условий. Так, повышение температуры в условиях Среднего Поволжья (Пензенская область) в июне на 1°C снижает урожайность яровой пшеницы на 0,5–0,7 т/га. Дефицит осадков менее 40 мм в мае-июне (в условиях Восточного Предкавказья) снижает урожайность озимой пшеницы на 30-40%, а сочетание засухи и высоких температур в июле снижает урожай в 2 раза [4]. В южно-таёжной подзоне Западной Сибири, на севере Томской области, избыток осадков в августе (более 100 мм) приводит к потере 10–15% урожая из-за полегания [6, 7]. По данным Национального союза селекционеров и семеноводов НССиС, в Центральном Черноземье заморозки в -5°C при отсутствии снежного покрова уничтожают до 70% посевов озимых.

Современные научные исследования подтверждают, что за последние десятилетия возрастает частота и интенсивность природных катаклизмов, оказывающих прямое влияние на урожайность пшеницы. Так, растущая среднегодовая температура в России приводит к смещению агроклиматических зон. Например, в Краснодарском крае, в Центральном Черноземном районе – традиционных районах выращивания пшеницы – зафиксировано учащение засух, а в северных регионах (Кировская область) все чаще отмечается переувлажнение почв [1]. Учащение засух особо проявилось в 2019 г., когда режим чрезвычайной ситуации был введен в 15 регионах России. Потери урожая пшеницы тогда достигли 30-35%. Два года подряд (2024-2025 гг.) фиксируются потери сельскохозяйственных культур из-за заморозков в мае. Так, по данным

Интерфакс, опустившаяся температура до -11°C привела к повреждению 500 тыс. га посевов в Воронежской, Липецкой и Тамбовской областях. Минсельхоз оценил потери посевов от аномальных майских заморозков: погибли посевы на площади более чем на 1 млн га, пострадали – на 700 тыс. га.

Из приведенных выше ситуаций видно, что на юге Европейской территории России температурные аномалии стали основным драйвером снижения валового сбора пшеницы. Особенно важный вывод, касающийся влияния погодных явлений на производство пшеницы, был сформулирован следующим образом: «экстремальные температурные режимы являются более важными с точки зрения оценки их влияния в целом за год на продуктивность пшеницы, чем экстремальные режимы осадков» [1].

Подводя итог, анализ климатических неурядиц свидетельствует о том, что изменяющиеся погодные условия – продолжительная жара, учащение заморозков и засух – сформировали новую реальность для российского зернопроизводства. Необходим переход к системным адаптационным стратегиям, которые могут включать создание систем искусственного интеллекта, прогнозирующего волны заморозков и жары за 2-4 недели до событий на основе спутниковых данных, исторических климатических баз, атмосферных индексов и др. Устойчивость как зернопроизводства, так и сельского хозяйства в целом будет зависеть от способности не только предвидеть и оценить риски, но и предложить грамотное управленческое решение для нивелирования последствий этих рисков. Одним из подходов может являться создание комплексного программного средства, способного автоматизировать полный цикл формирования технологических карт для возделывания яровой пшеницы [8]. В результате выполненных работ разработана веб-ориентированная информационная система – адаптивная технологическая карта, которая может своевременно информировать пользователей программы (сельхозпроизводителей) об обнаружении угроз для урожая (болезни, вредители, погодные риски) на основе оперативных предупреждений от государственных агрономических служб. На основе ссылки, предоставленной системе, выводится

краткая информация о предупреждении, описанном в сигнализационном сообщении. Система рекомендует к внесению в ранее сохранённую технологическую карту дополнительную операцию в соответствии с выявленной ситуацией. На основе обновленной информации происходит актуализация экономической информации [9]. Пока система содержит предупреждения и дополнительные расчеты только по рискам грибковых заболеваний, но дальнейшая разработка может включить и другие риски, выявленные в данной работе.

В существующую адаптивную техкарту возможна также интеграция системы раннего предупреждения о неблагоприятных погодных условиях. Для минимизации рисков, связанных с экстремальными агроклиматическими явлениями, целесообразно встроить в комплекс модуль агроклиматического прогнозирования, включающий получение специализированных агрометеопрогнозов от национальных сервисов и глобальных моделей погоды, следованию рекомендациям от этих служб [10]. Предложенные доработки позволят трансформировать представленный программный комплекс из системы простого планирования в систему управления процессом производства зерновой продукции в режиме реального времени.

Изменчивость и нарастающая частота и экстремальность климатических условий являются одним из вызовов для устойчивого производства пшеницы в Российской Федерации. Проведенный анализ демонстрирует уязвимость отрасли перед температурными отклонениями, засухами, заморозками, неравномерным распределением осадков. Учащение таких явлений, как майские заморозки и летние засухи, приводит к значительным потерям урожая. Это вызывает необходимость перехода от традиционных методов управления производством к адаптивным. Перспективным направлением является внедрение комплексной системы, которая способна в режиме реального времени предостерегать пользователей о появлении угроз, предлагать меры противодействия и просчитывать дополнительные затраты.

Литература

1. Суховеева О.Э., Лыскова И.В., Лыскова Т.В. Влияние изменений климата и внесения удобрений на урожайность и качество зерна (по многолетним данным Фаленской селекционной станции, Кировская область) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86, № 2. С. 220–231. DOI: 10.31857/S2587556622020108
2. Ивенин В.В., Климова А.В., Ашаева О.В., Телегин А.С. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Нижегородской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 4 (64). С. 14–21. DOI: 10.35694/YARCX.2023.64.4.002
3. Солодовников А.П., Полетаев И.С., Молчанова Н.П. Агрофизические, технологические и климатические факторы, определяющие урожайность зерна яровой пшеницы в Заволжье // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 2. С. 46.
4. Дёмина Н.Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 4. С. 433–440. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440
5. Seminchenko E., Solonkin A. Влияние климатических факторов на урожай озимой пшеницы и ярового ячменя в условиях сухой степи Нижнего Поволжья // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 3. С. 58–74. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-58-74
6. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Обция Е.Н. Влияние самых сильных летне-осенних засух на урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливых условиях Восточного Предкавказья // Аграрная наука. 2022. № 12. С. 87–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-365-12-87-92
7. Анкудович Ю.Н. Влияние климатических факторов и систем удобрения на урожайность зерновых культур // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 1 (41). DOI: 10.23649/JAE.2024.41.1

8. Гаврилов А.В., Кузьмин В.Н. Проектирование технологических карт в сельскохозяйственном производстве // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XIV Международной научно-практической Интернет-конференции. Москва, 2022. С. 767–774.

9. Гаврилов А.В., Кузьмин В.Н. Анализ специализированных программных решений в современном растениеводстве // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции: в 2 кн. Барнаул, 2024. С. 19–20.

10. Гаврилов А.В., Кузьмин В.Н. Разработка адаптивных технологических карт в растениеводстве // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Саратов, 2023. С. 311–316.

CLIMATE RISK ASSESSMENT AS A BASIS FOR ADAPTIVE GRAIN PRODUCTION MANAGEMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.V. Gavrilov, Postgraduate Student

V.N. Kuzmin, Chief Researcher, Doctor of Economics

Federal State Budgetary Scientific Institution "Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex"

("Rosinformagrotech")

Pravdinsky Settlement, Moscow Region

e-mail: tolyagav@ya.ru

Abstract. The success and sustainability of wheat cultivation depend on a key factor: climate conditions influence the biological yield ceiling and determine the risk of losses. This article systematizes weather risks and proposes an approach based on the developed information system "adaptive technology map." Once refined, the tool

will be capable of minimizing losses from extreme events and transforming the system into real-time production management.

Key words: wheat, climate risks, technological map, adaptive management, yield, weather anomalies.

**ЦЕНА ЗАСУХИ: КАК ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ПОДРЫВАЕТ
АГРАРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АФРИКАНСКИХ СТРАН (НА ПРИМЕРЕ
ЗАМБИИ)**

Н.Г. Гаврилова, к.э.н., м.н.с.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт Африки Российской академии наук

(Институт Африки РАН)

Москва

e-mail: ninagavrilova1976@gmail.com

Аннотация. В статье анализируются воздействия изменения климата на сельскохозяйственное производство и продовольственную безопасность Замбии, которая, имея минимальный вклад в глобальные выбросы CO₂, сталкивается с катастрофическими последствиями засух. На примере засухи 2024 г. показаны потери урожая, которые привели к гуманитарному кризису, затронувшему 2,9 млн человек. Выявлены структурные проблемы сельского хозяйства, предложены пути для их преодоления.

Ключевые слова: Африка, Замбия, сельское хозяйство, продовольственная безопасность, климатическая адаптация, изменение климата.

Выбросы парниковых газов в современном мире распределяются крайне неравномерно по территории Земли. По данным Our World in Data, почти 60% из них приходится на Азию (в основном, на Китай и Индию), страны Северной Америки и Европы добавляют еще почти 30%. Вклад африканского континента – в 3,76% – на этом фоне выглядит минимальным. Но эта цифра указывает на одну из главных климатических проблем нашего времени. Несмотря на свою незначительную роль в выбросах CO₂, именно Африка сталкивается с одними из самых тяжелых последствий изменения климата. На примере Замбии, одной из стран Южной Африки, мы рассмотрим эти последствия.

Замбия не имеет выхода к морю, но обладает значительными водными ресурсами – крупными реками Замбези, Кафуэ, которые составляют до 40% всех водных ресурсов региона. Страна богата плодородными землями – миллионы га пахотных земель, и ее экономика зависит от ведения сельского хозяйства и добычи меди [1]. При этом, обрабатывается только небольшая часть земли. Основу производства аграрной продукции составляют мелкие натуральные хозяйства – более 1 млн семей, которые выращивают до 80% продовольствия в стране. Около 85% занимающихся аграрным производством зависят от растениеводства, остальные 15% – от животноводства.

Основной продовольственной культурой является кукуруза, на экспорт выращиваются соя, подсолнечник, сахарный тростник, хлопок и некоторые другие культуры [2]. Развито производство овощей и фруктов. Кукуруза для замбийцев – основа рациона, ее производство поддерживается правительством. Но, с другой стороны, такая чрезмерная зависимость от культуры не раз приводила к общенациональному кризису, когда кукуруза гибла вследствие засух и наводнений [3].

Эта уязвимость усугубляется из-за стремительного изменения климата. Согласно проведенным исследованиям, с 1960 г. среднегодовая температура в Замбии уже выросла на 1,3° C, а количество осадков сократилось на 2,3%. Но дальнейшие прогнозы указывают на то, что температура продолжит повышаться (до +5,5°С до 2090 г.), а количество осадков, особенно в ключевых аграрных районах, снизится еще на 20-30% уже к 2050 г. [4]. Важно подчеркнуть, что тяжелым последствиям из-за усиления климатических угроз больше всего подвержены беднейшие общины Замбии, к которым относятся мелкие производители аграрной продукции. Экстремальные погодные явления пагубно влияют на производительность, и это ведет к резкому ухудшению продовольственной обеспеченности населения и усугубляет проблему голода в стране [5].

Яркой иллюстрацией проблемы явилась продолжительная засуха в 2024 г., вызванная Эль-Ниньо, затронувшая большую часть страны. Она была признана

сильнейшей и повлекшей самые серьезные последствия за всю историю наблюдений с 1981 г. В результате засухи пострадало более 1 млн га сельскохозяйственных угодий, были потеряны тонны продовольственной продукции. Более 99% опрошенных фермеров отметили, что потеряли почти весь урожай кукурузы. Засуха повлияла и на животноводство и рыболовство – основные водные источники иссякли или сильно обмелели. Часть животноводов сообщили о сокращении пастбищ (44%), особенно для крупного рогатого скота, об удалении путей до водопоя (39%), ухудшении состояния животных, увеличилась смертность молодняка (51,7%) [6]. Из-за засухи снизилась экономическая активность населения, которая обычно находится на пике в сезон уборки урожая. Домохозяйства лишились не только самого продовольствия, но и доходов от реализации излишков и возможности получить оплату за наемный труд.

Итак, можно выделить две ключевые категории факторов – коллапс сельскохозяйственного производства и обострившийся кризис продовольственной безопасности населения Замбии. Отмечается катастрофический дефицит продуктов на рынках – их предложение значительно снизилось: только 11,4% населения сообщило о доступности кукурузы. Резко увеличились цены на питание. Более 51% обследованного населения имеют недостаточный уровень потребления пищи: их рацион состоит из овощей и иной продукции растениеводства, и практически не содержит животного белка. Только 20% населения сохранили оптимальный рацион. Более 91% домохозяйств испытывают трудности с доступом к еде. Население вынужденно меняет привычную еду на менее предпочтительную и дешевую (79% опрошенных), сокращают размер порций (79%), взрослые ограничивают себя в пользу детей (77%), 75% занимают еду. Многие хозяйства (42%) продают активы в виде инвентаря и скота, что снижает их продовольственную безопасность в будущем. Около 2,9 млн человек считаются необеспеченными продовольствием. 2,3 млн из них испытывают умеренный голод, а 0,6 млн – острый дефицит питания, требующий срочной гуманитарной помощи [6].

Последствия всего лишь одного года можно выразить цифрами. Засуха в Замбии привела к потере 43% зерновых, что эквивалентно 732\$ млн. Эта сумма в 17 раз превышает затраты Замбии на импорт зерновых. Этих средств хватило бы на то, чтобы обеспечить продовольствием 6,1 млн человек – это треть населения страны [7].

Надо отметить, что продовольственная безопасность Замбии даже в удачные с точки зрения погодных условий годы все равно находится на низком уровне. Тому есть несколько причин. Одна из них уже упоминалась – чрезмерная зависимость национальной продовольственной системы от зерновых, в частности от кукурузы. При этом производство находится в руках мелких фермерских хозяйств, которые характеризуются низкой продуктивностью, вызванной отсутствием доступа к современным технологиям и материалам, низким уровнем образования, отсутствием финансирования и др. Пагубно влияет и практически полное отсутствие инфраструктуры орошения – ею оснащены менее 5% обрабатываемых земель. Но даже полученный урожай не является гарантом продовольственной обеспеченности. Огромные объемы продуктов питания теряются из-за отсутствия хранилищ и переработочных линий, а плохое состояние дорог или полное их отсутствие затрудняет доставку излишков на рынки. В Замбии, особенно в сельской местности, распространена повсеместная бедность и наблюдается высокая заболеваемость ВИЧ/СПИД, которые подрывают способность домохозяйств вести эффективное аграрное производство.

Для преодоления как сегодняшнего кризиса, вызванного последствиями Эль-Ниньо, так и долгосрочных проблем аграрного сектора необходим комплексный подход, сочетающий экстренные меры и инвестиции в устойчивое производство. Сейчас Замбии не обойтись без продовольственной помощи, и усилия по ее доставке предпринимают многие страны, в т. ч. и Россия [8]. Экстренная поддержка аграрного сектора возможна посредством поставки фермерам засухоустойчивых сортов семян, удобрений, оказания ветеринарной помощи для сохранения поголовья скота. Необходима разработка социальных

программ, например целевых программ питания для детей [6]. В долгосрочной перспективе необходимо внедрение климатически оптимизированного сельского хозяйства – продвижение засухоустойчивых культур, которые диверсифицируют зависимость продовольственной корзины населения от кукурузы (например, сорго, просо) [9]. Требуется совершенствование ирригационной инфраструктуры для снижения зависимости от количества осадков, использование практик, сохраняющих влагу в почве. Следует уделить внимание развитию доступа фермеров к микрокредитованию и их финансовой поддержке со стороны государства [10].

Замбия – страна с высоким аграрным потенциалом – разнообразием агроэкологических зон для выращивания множества культур, неиспользуемыми землями, пригодными для ведения сельскохозяйственного производства и большими водными запасами. Но данные преимущества нивелируются нарастающими климатическими угрозами – смещением температурного режима и сокращением количества осадков в ключевых регионах производства аграрной продукции. При этом, существует критическая зависимость от дождевого земледелия и неразвитость ирригационной инфраструктуры. Однако существует возможность климатической трансформации сельского хозяйства через активное внедрение засухоустойчивых культур, развитие адаптивных практик и переход к диверсифицированным системам земледелия.

Таким образом, Замбия, как и многие другие африканские страны, испытывают на себе климатический кризис. Проиллюстрированная ситуация является новой климатической реальностью, которая будет только усугубляться. Реализация аграрного потенциала Замбии и обеспечение ее продовольственной безопасности возможна только посредством климатической адаптации, в основу которой должны лечь принципы устойчивого развития сельского хозяйства.

Литература

1. Саенко А.Н. Роль сельского хозяйства в экономике Замбии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 9А. С. 305–312. DOI: 10.34670/AR.2023.32.49.081

2. Гаврилова Н.Г. Африка в мировом производстве кукурузы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 5. С. 191–207. DOI: 10.26897/0021-342X-2025-5-191-207
3. Wang J., Konar M., Anderson P.N., Hadunka P., Mulenga B. Impact of current and historical climate shocks on crop diversification in Zambia: Insights from household- and district-level observations // Climate Risk Management. 2024. Vol. 44. Article 100683. DOI: 10.1016/j.crm.2024.100683
4. Mulimba D. Climate change in Zambia: a review of impacts and adaptation strategies // International Journal of Big Data Mining for Global Warming. 2025. Vol. 7, No. 2. Article 2530003. DOI: 10.1142/S2630534825300039
5. Гаврилова Н.Г. Влияние изменения климата на сельское хозяйство и продовольственную безопасность Африки // в сборнике: доклады ТСХА. 2021. С. 36-39.
6. Food Security Cluster. Joint rapid assessment report. Republic of Zambia / Ministry of Agriculture. March 2024. 61 с.
7. Гаврилова Н.Г. Климатическая несправедливость: аграрный коллапс Африки как глобальный системный риск // Никоновские чтения. 2025. № 30. С. 326–330.
8. Россия продолжает гуманитарные усилия в Замбии: поставка продовольствия и планы на будущее // Graininfo: портал новостей зерновых и зернобобовых. 2025. 5 окт. URL: <https://graininfo.ru/news/rossiya-prodolzhaet-gumanitarnye-usiliya-v-zambii-postavka-prodovolstviya-i-plany-na-budushchee/> (дата обращения: 20.11.2025)
9. Laudien R., Chemura A., Cronauer C., Gleixner S., Heckmann T., Staubach L., von Witzke K., Gornott C. Climate risk analysis for adaptation planning in Zambia's agricultural sector. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), 2023. 172 p. DOI: 10.48485/pik.2023.022
10. Chavula P., Feyissa S., Sileshi M., Shepande C. Factors Influencing Climate-Smart Agriculture Practices Adoption and Crop Productivity among Smallholder

**THE PRICE OF DROUGHT: HOW CLIMATE CHANGE IS
UNDERMINING THE AGRARIAN POTENTIAL OF AFRICAN
COUNTRIES (THE CASE OF ZAMBIA)**

N.G. Gavrilova, PhD in Economics, Junior Researcher

Federal State Budgetary Scientific Institution

Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences

(Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences)

Moscow

e-mail: ninagavrilova1976@gmail.com

Abstract. This article analyzes the impacts of climate change on agricultural production and food security in Zambia, which, despite contributing minimally to global CO2 emissions, faces catastrophic drought consequences. Using the example of the 2024 drought, it illustrates the crop losses that led to a humanitarian crisis affecting 2.9 million people. Structural problems in agriculture are identified and solutions are proposed.

Keywords: Africa, Zambia, agriculture, food security, climate adaptation, climate change.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАСУШЛИВОСТИ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

В.А. Кочнева, Н.А. Мирсаева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,

VaAKochneva@kpfu.ru

Аннотация: рассмотрены пространственно-временные изменения приземной температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Курганской области за 1991-2022 гг. Для оценки условий засушливости рассчитаны индекс засухи Кетча-Бирама и плювиометрический коэффициент. Выявлено, что наибольшее количество случаев с атмосферной засухой за рассмотренные периоды наблюдается на станциях, расположенных на юге и юго-востоке Курганской области. Распределение случаев с атмосферной засухой совпадает с распределением осадков по исследуемой территории.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, плювиометрический коэффициент, Курганская область.

В последнее время проблема изменения климата является одной из наиболее острых проблем в современном мире. Климатические изменения, стоящие перед нынешним поколением, создают как положительные, так и отрицательные последствия для глобальной экономики России. Курганская область нуждается в адаптации к двум существенным физическим рискам изменения климата: волны тепла и лесные пожары. В области водного стресса и таяния вечной мерзлоты область исследования имеет несущественный риск [1]. Согласно [2] жара, засуха и лесные пожары относятся к умеренно-опасной и опасной категории риска. На территории Курганской области возможно уменьшение величины гидротермического коэффициента увлажнения, что указывает на рост засушливости и риск атмосферной засухи. К середине XXI века ожидается увеличение средних значений максимальной непрерывной продолжительности сухих периодов. В итоге, аномально высокие температуры в

сочетании с низким увлажнением создают условия для повышения пожарной опасности в лесах [2].

Целью исследования является оценка условий засушливости территории Курганской области за период с 1991 по 2022 гг.

Задачи исследования: составить описание термического и влажностного режима исследуемой территории; вычислить основные статистические параметры и показатели засушливости; составить карты-схемы пространственно-временного распределения показателей; проанализировать и оценить степень засушливости Курганской области за последние десятилетия.

В качестве исходного материала использовались 8-срочные данные ВНИИГМИ – МЦД [3] по основным метеорологическим параметрам на выбранных метеостанциях Курганской области за период с 1991 по 2022 гг.

Основной характеристикой термического режима местности служат средние месячные и годовые температуры воздуха [4]. Рассмотрим распределение многолетней средней годовой температуры воздуха по территории Курганской области, осредненной для 11 станций за период 1991–2022 гг. Эта величина по территории области меняется в пределах от 2,1°C (ст. Памятное) до 3,1°C (ст. Шумиха). Многолетняя средняя годовая температура воздуха (СГТВ) повсеместно положительная и имеет более низкие значения на севере, северо-востоке (ст. Шатрово, ст. Памятное) и очаги (ст. Лебяжье, ст. Половинное).

Эти изменения обусловлены особенностями рельефа и высотой места, режимом облачности и радиации. Как известно, наряду с радиационными и циркуляционными факторами необходимо учитывать характер подстилающей поверхности [4].

Распределение средней многолетней температуры воздуха в январе колеблется по территории области в пределах от -16,6°C (ст. Памятное) до -14,5°C (ст. Шумиха). На карте-схеме отмечается уменьшение температуры воздуха с запада на восток за счет влияния Уральских гор. Исходя из этого, максимальная температура января наблюдалась на ст. Шумиха (-14,5°C), а

минимальная – на ст. Памятное ($-16,6^{\circ}\text{C}$). Наблюдается тенденция падения с севера на юг на $0,57^{\circ}\text{C}/10$ лет (рис. 1б).

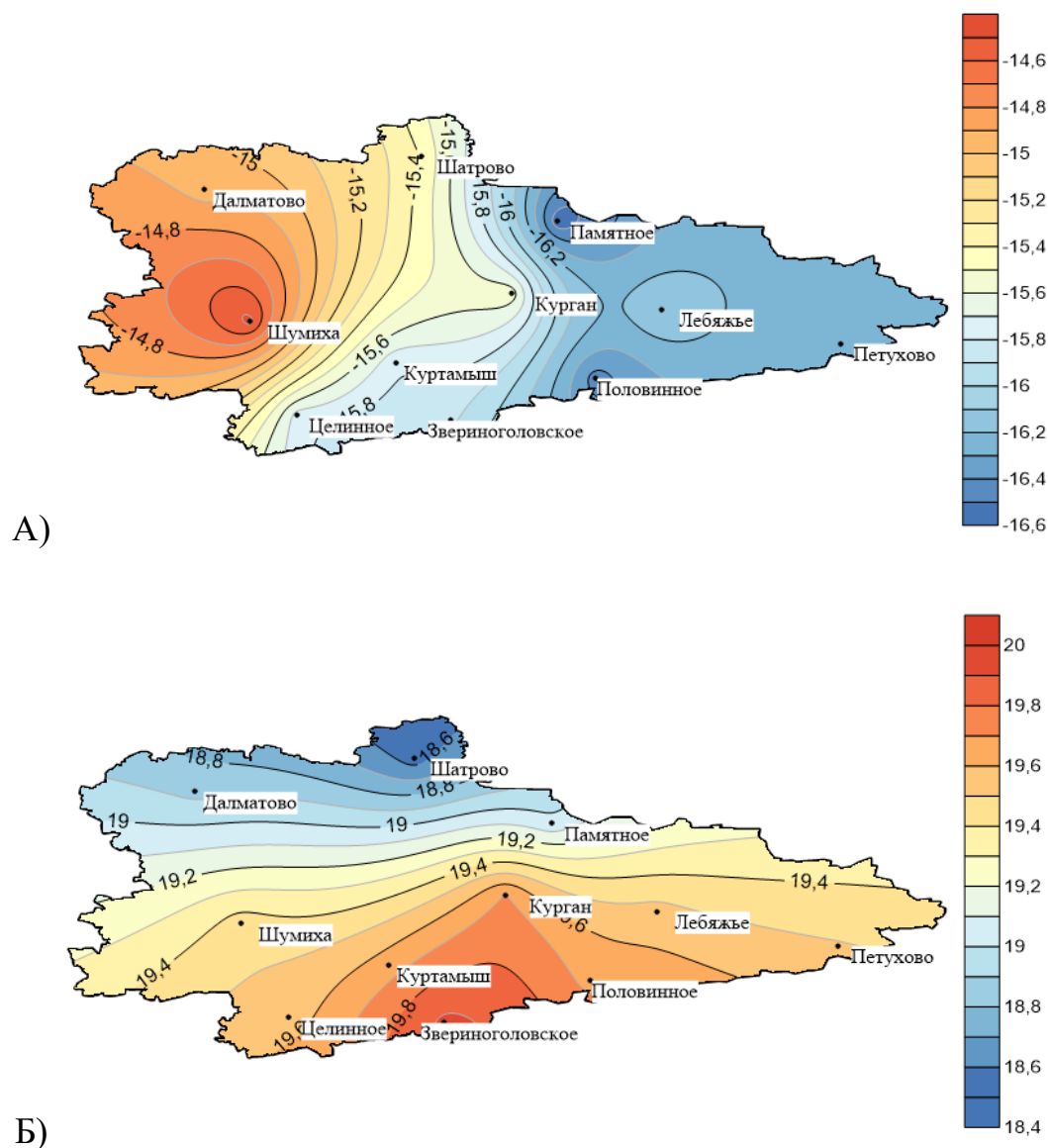


Рис. 1. Карта-схема распределения средних многолетних значений температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в январе (А) и в июле (Б) на территории Курганской области

Средняя многолетняя температура воздуха в июле колеблется по территории региона в пределах от $18,6^{\circ}\text{C}$ (ст. Шатрово) до $19,9^{\circ}\text{C}$ (ст. Звериноголовское), т.е. перепад температур с юга на север составляет $1,3^{\circ}\text{C}$. Исходя из этого, максимальная температура июля наблюдалась на ст. Звериноголовское ($19,9^{\circ}\text{C}$), а минимальная – на ст. Шатрово ($18,6^{\circ}\text{C}$). На схеме

отмечается рост температуры с севера на юг области. Наблюдается тенденция роста на 1,02 °C/10 лет (рис. 1а).

В среднем по территории Курганской области годовая сумма осадков осредненная за 32 года с 1991 по 2022 гг. составляет величину около 391,0 мм. В результате региональных особенностей синоптических процессов и характера подстилающей поверхности на территории области наблюдается убывание годовых сумм осадков в направлении с северо-запада на юго-восток. Максимальное годовое количество осадков выпадает на севере (ст. Далматово – 474,1 мм), а минимальное – в северо-западной части области (ст. Лебяжье – 345,2 мм).

В зависимости от знака средних месячных температур воздуха и, определяемого температурным режимом, преимущественного вида выпадающих осадков год делят на холодный и теплый периоды [4].

На территории области холодный период продолжается с ноября по март. Максимальное количество осадков холодного периода наблюдается на ст. Далматово – 190,4 мм (в 2001 году), а минимальное – на ст. Лебяжье – 22,8 мм (в 2006 году) (табл. 1). На территории Курганской области максимальные значения атмосферных осадков в холодный период наблюдаются в северо-восточной и южной части (ст. Далматово, ст. Половинное и ст. Целинное). При рассмотрении распределения минимальных значений осадков в холодный период четко выделяется очаг на ст. Лебяжье.

Таблица 1

Среднее количество атмосферных осадков (мм) за холодный и теплый периоды на станциях Курганской области за 1991–2022 гг.

Станция	Холодный период				Теплый период			
	Макс.	Год	Мин.	Год	Макс.	Год	Мин.	Год
Шатрово	171,9	2001	65	2004	466,5	2000	107,6	2021
Далматово	190,4	2001	62,4	2004	578,9	1993	132	2021
Памятное	154,6	2001	42,3	2012	443,4	2001	141,1	2021
Курган	179,5	2013	47,1	2012	396,8	1993	118,7	2010
Лебяжье	159,8	2013	22,8	2006	368,1	2015	94,5	2010

Шумиха	160,5	2013	63,8	2006	490,4	1993	122,6	2010
Куртамыш	174,8	1999	55,3	2006	430,6	1999	105	2021
Петухово	152,9	2007	54,9	2006	384,5	1994	143,8	2021
Половинное	182	2013	44,1	2006	380,6	1994	91,5	2010
Целинное	173,1	2013	62	2015	378,7	2020	118,2	2021
Звериного- ловское	177	2016	52,9	1994	425,7	1999	103	1995

На территории области теплый период продолжается с апреля по октябрь. Максимальное количество осадков теплого периода наблюдается на ст. Далматово – 578,9 мм (в 1993 году), а минимальное – на ст. Половинное – 91,5 мм (в 2010 году) (табл. 1). На территории Курганской области максимальные значения атмосферных осадков в теплый период увеличиваются к северо-западу, к тому же отмечается два очага наименьших значений параметра (ст. Лебяжье, ст. Половинное и ст. Целинное). При рассмотрении распределения минимальных значений осадков четко выделяется область с наименьшими значениями в юго-восточной части (ст. Лебяжье, ст. Половинное), а область с наибольшими – в восточной и северо-восточной частях (ст. Петухово, ст. Памятное).

Для выявления степени засушливости исследуемой территории рассчитывались следующие показатели: индекс засухи Кетча-Бирама (Индонезия) и плювиометрический коэффициент.

Расчет индекса засухи Кетча-Бирама основан на свойстве почвы удерживать влагу, иными словами, на полевой влагоемкости. Полевая влагоемкость, увеличенная в 10 раз, дает верхний предел оценки степени пожарной опасности по KBDI [5].

Полевая влагоемкость с учетом характера почв в Курганской области в среднем равна 120-150 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы. Следовательно, верхний предел KBDI можно принять равным 1380 ед. [6], а индекс засухи Кетча-Бирама вычисляется по формуле:

$$KBDI = -10 * R + 1380, \quad (1)$$

где R – суточное количество атмосферных осадков.

По полученному числовому значению KBDI с помощью шкалы определяется класс и степень пожарной опасности (табл. 2).

Таблица 2

Шкала пожарной опасности Курганского лесопожарного района за теплый период 1991-2022 гг. по индексу засухи Кетча-Бирама

Числовая шкала	Характеристика пожарной опасности		
	Класс пожарной опасности	Число случаев	Степень пожарной опасности
0-1365	I	1324	Отсутствует
1366-1371	II	318	Низкая
1372-1374	III	238	Умеренная
1375-1379	IV	371	Высокая
1380	V	4597	Экстремальная

В теплый период наблюдается 6848 случаев с пожарной опасностью. Максимальная низкая горимость отмечается в 2000 г. и составляет 17 случаев, минимальная – в 1997, 2006-2007 гг. (5 случаев). Максимальная умеренная горимость составляет 14 случая в 2022 г., минимальная – 3 случая в 1997 г., 2016г. Максимальная высокая горимость наблюдается в 2015 г. – 22 случая, минимальная – 2010 г. (5 случаев). Максимум экстремальной пожарной опасности отмечается в 2010 г. (176 случаев), минимальная – в 2000г. (123 случая). Согласно данным таблицы, в теплый период чаще встречается V класс пожарной опасности, реже – III (табл. 2).

Плювиометрический коэффициент вычисляется по формуле [7]:

$$K_{пт} = \frac{\sum R}{\sum T}, \quad (2)$$

где R – сумма осадков (мм), T – средняя месячная температура (°C). Обычно его находят за вегетационный период – с апреля по июнь и с июля по август. В данной работе плювиометрический коэффициент рассчитывался за

вегетационный период (апрель-август), с апреля по июнь и с июля-август. В качестве критерия наличия атмосферной засухи принята величина $K_{пт} \leq 2 \text{ мм/}^\circ\text{С}$.

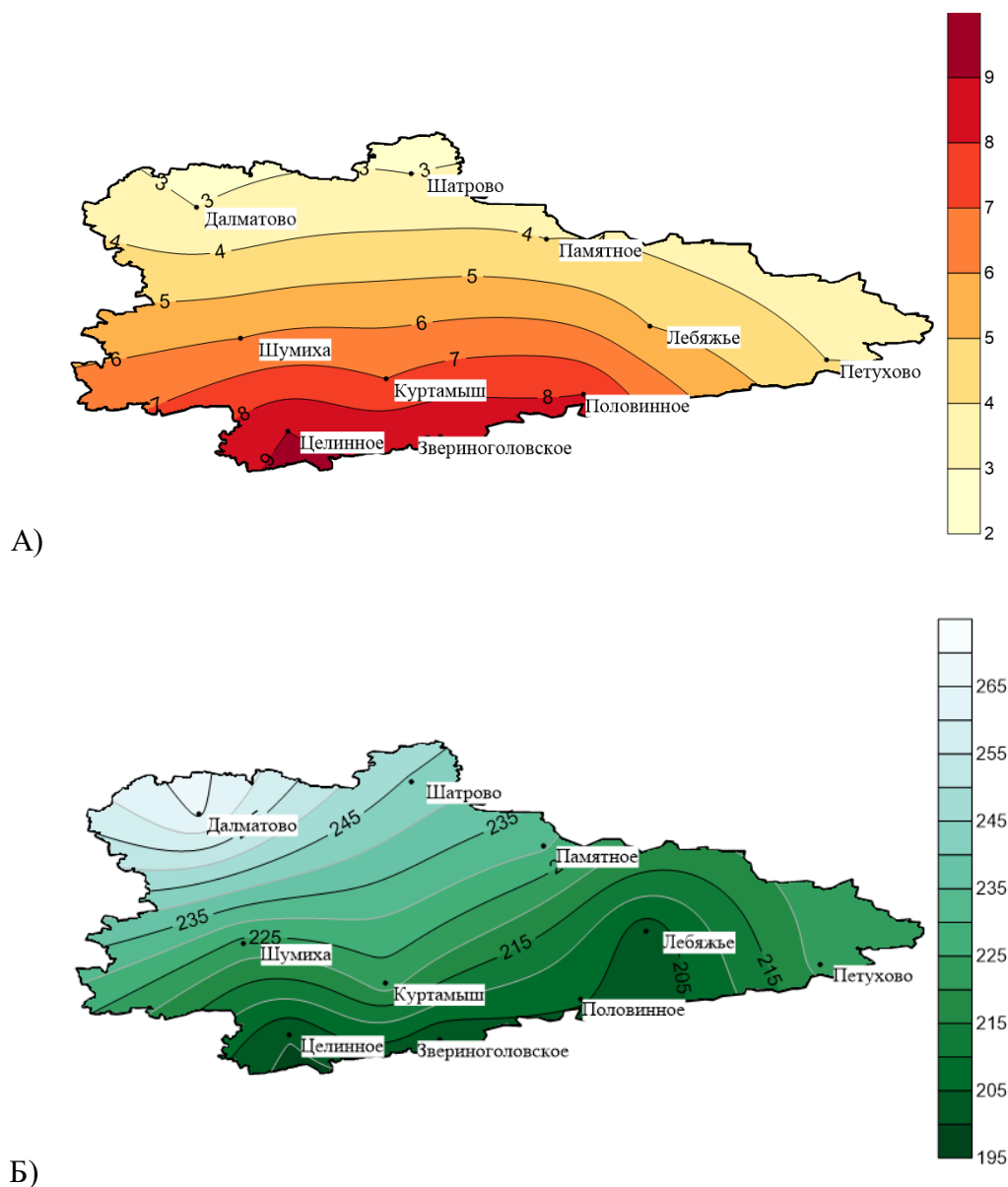


Рис. 2. Карта-схема распределения количества случаев с засухой, рассчитанной по плювиометрическому коэффициенту (мм/°С) (А) и средних многолетних значений сумм атмосферных осадков (Б) на территории Курганской области за вегетационный период 1991-2022 гг.

На территории Курганской области отмечается увеличение засушливости с севера на юг, что согласуется с распределением осадков за вегетационный период. Наибольшее количество случаев наблюдается на станциях – Половинное (8 случаев), Целинное и Звериноголовское (9 случаев) (рис. 2).

Рассмотрим подробнее распределение значений плювиометрического коэффициента на станциях: Половинное, Целинное и Звериноголовское за вегетационный период с 1991-2022 гг. Атмосферная засуха на трех станциях одновременно наблюдается в 1991, 1995, 2004, 2010, 2012, 2021 годы (рис. 3).

На ст. Половинное среднее многолетнее значение составляет 2,9 мм/°С. Наибольшее значение засухи наблюдалось в 2010 г. и составляло 0,9 мм/°С, наименьшее – в 2022 г. (2,0 мм/°С). Наибольшее значение индекса, при котором отсутствовала засуха отмечалось в 1992 г. – 5,2 мм/°С (рис. 3).

На ст. Целинное среднее многолетнее значение $K_{пт}$ составляет 2,8 мм/°С. Сильная засуха отмечалась в 1995 г. (0,9 мм/°С), слабая – в 2022 г. (1,8 мм/°С). Избыточное увлажнение отмечалось в 1992 г. – 5,0 мм/°С (рис. 3).

На ст. Звериноголовское среднее многолетнее значение $K_{пт}$ составляет 2,7 мм/°С. Сильная засуха наблюдалась в 1995 г. со значением 0,9 мм/°С, слабая – в 2021 г. (2,0 мм/°С). Избыточное увлажнение отмечалось в 1999 г. – 4,8 мм/°С (рис. 3).

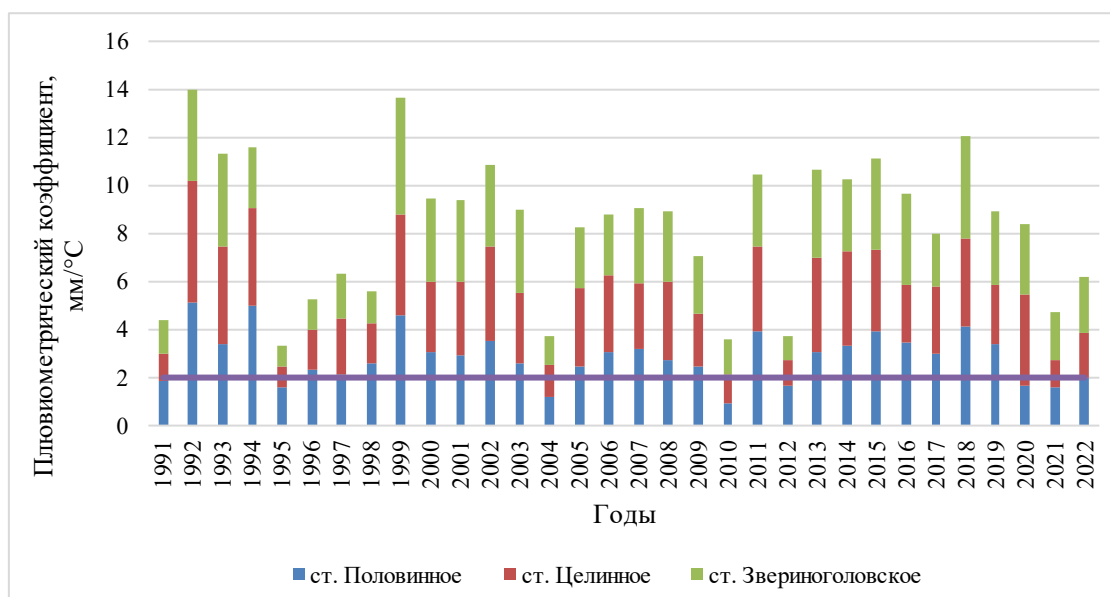


Рис. 3. Плювиометрический коэффициент на выбранных станциях Курганской области за вегетационный период 1991-2022 гг.

Основные выводы

По индексу засухи Кетча-Бирама (KBDI) общее число пожаров за теплый период 1991-2022гг. составило 6848 случаев. По индексу KBDI чаще наблюдается пожароопасность V класса, реже III класса.

Наибольшее количество случаев с атмосферной засухой за рассмотренные периоды наблюдаются на станциях, расположенных на юге и юго-востоке Курганской области.

За вегетационный период наблюдается следующее число случаев с атмосферной засухой отмечается на станциях Половинное (8 случаев), Целинное (9 случаев) и Звериноголовское (9 случаев).

В период с апреля по июнь атмосферная засуха проявлялась в следующих количествах случаев: ст. Половинное (10 случаев), ст. Целинное (8 случаев) и ст. Звериноголовское (17 случаев).

В период с июля по август зарегистрировано следующее число случаев с атмосферной засухой: на ст. Половинное – 9 случаев, на ст. Целинное – 14 случаев и на ст. Звериноголовское – 10 случаев.

Установлено, что распределение числа случаев с атмосферной засухой совпадает с распределением осадков на исследуемой территории.

Литература

1. Макаров И.А., Чернокульский А.В. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 4 (61). С. 145-202.
2. Распоряжение об утверждении Плана адаптации к изменениям климата Курганской области. URL: http://www.economic.kurganobl.ru/assets/files/_left/anticorruptc/2022/rpko_20220920.pdf (дата обращения 10.11.2025).
3. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 05.09.2025).
4. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб: Гидрометеиздат, 2000. 778 с.

5. Горев Г.В. Оценка климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров (на примере Томской области). – Томск: Томский государственный университет, 2004. 24 с.
6. Руководство по проведению полевых работ сельхозпредприятиями Курганской области в 2015 году. – Курган: Курганский НИИСХ, 2015. 46 с.
7. Дюкарев Е.А., Воропай Н.Н. Многолетняя динамика условий засушливости в период современных климатических изменений. – Ханты-Мансийск: ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», 2020. 115 с.

ASSESSMENT OF ARIDITY CONDITIONS IN THE KURGAN REGION IN RECENT DECADES

V.A. Kochneva, N.A. Mirsaeva

Kazan Federal University, Kazan,

VaAKochneva@kpfu.ru

Abstract: Spatiotemporal changes in surface air temperature and atmospheric precipitation in the Kurgan region for 1991–2022 are examined. The Ketch-Bayram aridity index and pluviometric coefficient are calculated to assess aridity conditions. It is established that the greatest number of atmospheric drought events during the periods under review are observed at stations located in the south and southeast of the Kurgan region. The distribution of atmospheric drought events coincides with the distribution of precipitation across the study area.

Key words: air temperature, atmospheric precipitation, pluviometric coefficient, Kurgan region.

АГКРОЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

А.Г. Бессуднова¹

Д.Р. Осьмушкина²

Научный руководитель: к.геогр. н., доцент Е.А. Дронова¹

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», alex2003.01@mail.ru, edronova@rgau-msha.ru

²ПАО АКБ «АВАНГАРД», специалист dasha.osmushkina@yandex.ru

Аннотация: в статье приведена агроклиматическая оценка перезимовки озимых культур на территории Центрального Черноземья. Оценивается возможность вымерзания и выпревания, динамика абсолютного минимума на глубине узла кущения, глубины промерзания и рассчитывается параметр суровости зимы.

Ключевые слова: перезимовка, озимые зерновые, снежный покров, минимальная температура почвы, вымерзание, выпревание, глубина промерзания почвы, суровость зимы, Центральное Черноземье.

Актуальность

Озимые культуры — незаменимая составляющая севооборота и основа валовых сборов урожая, но, вследствие нестабильных погодных условий, их выращивание находится под постоянным риском. В частности, неблагоприятные погодные условия зимы, недостаточный снежный покров или полное его отсутствие — все это на фоне низких температур воздуха и почвы значительно усложняет перезимовку и может привести к снижению или полной гибели посевов. Особенно на это влияют глобальные изменения климата.

Центральное Черноземье является важным сельскохозяйственным центром в России, известный своими плодородными почвами и благоприятным

климатом. Успешная перезимовка культур, особенно зимние пшеницы, имеет решающее значение для сельскохозяйственной продуктивности региона. Агроклиматическая оценка условий зимы играет решающую роль в оптимизации управления урожаями и обеспечения высокой урожайности [1, 2, 3].

Объект исследования

Объектом исследования являются опасные агрометеорологические явления, оказывающие неблагоприятные воздействия на перезимовку озимых зерновых культур в Центральном Черноземье, а именно на территории Белгородской, Курской, Липецкой, Воронежской и Тамбовской областей. В период перезимовки озимые культуры подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов. Среди них на территории Центрального Черноземья наиболее часто наблюдаются условия вымерзания.

Вымерзание является главной причиной изреженности и гибели озимых культур на больших площадях в России. Оно характеризуется образованием льда в клетках растений, что приводит к разрыву цитоплазмы. В итоге растения погибают от обезвоживания, когда происходит разрастание кристаллов льда и механический разрыв клеток, влекущий за собой некроз ткани. Если погибают клетки на больших участках, то начинают повреждаться органы, в том числе узел кущения. Критическая температура вымерзания зависит от степени кустистости растений. Если в течении зимы температура почвы на глубине узла кущения опускается ниже критической для данного сорта, то происходит повреждение узла кущения, что приводит к гибели растений. Вымерзание чаще всего наблюдается в регионах с невысоким снежным покровом в зимний период [2].

Выпревание – это частичная или полная гибель озимых культур от истощения под глубоким снежным покровом. Выпревание зависит от сочетания нескольких факторов, такие как: высота снежного покрова 30 см и более; глубина промерзания почвы менее 30 см, температура почвы на глубине узла кущения около -1°C , 0°C или положительная. Причинами выпревания могут являться недостаток света, прекращение получение воды и пищи из почвы, высокая влажность воздуха, повышенная температура под слоем снега. В процессе

выпревания сначала расходуются углеводы, а затем белки, что приводит к истощению растений. В статье приведена агроклиматическая оценка перезимовка озимых культур в зимний период.

Методы исследования В данном исследовании использовался метод статистического анализа массива данных. В массив входили данные о минимальной температуре почвы на глубине узла кущения, глубине промерзания почвы, высоте снежного покрова по декадам в период с 2001 по 2024 гг. и суточных средних температурах воздуха с 2001 по 2023 гг. Для оценки условий возникновения опасного гидрометеорологического явления в зимний период проводилась группировка данных по выбранным критериям. По В.А. Моисейчик, вымерзание наблюдается, когда температура почвы на глубине узла кущения (T_3) становится ниже критического значения. По данным о минимальной температуре почвы на глубине узла кущения были определена возможность вымерзания озимых культур. Для этого использовались критерии температуры -12°C и ниже. Также для каждого года был определен абсолютный минимум температуры почвы на глубине узла кущения. По данным по глубине промерзания почвы были определены максимальная и средняя глубины промерзания почвы. Полученные результаты представлены в таблице 1, по ним были построены графики динамики (рис.1, 2).

Таблица 1

Агроклиматическая оценка перезимовки озимых культур (2001-2024 гг.)

Период	Возможность вымерзания	Абсолютный минимум температуры на глубине узла кущения, $^{\circ}\text{C}$	Максимальная глубина промерзания почвы, см	Средняя глубина промерзания почвы, см
2001-2002	-	-6	47	23
2002-2003	возможно	-14	141	59
2003-2004	-	-5	29	9
2004-2005	-	-8	50	22
2005-2006	возможно	-16	69	25
2006-2007	-	-11	72	17

Продолжение таблицы 1

2007-2008	ВОЗМОЖНО	-14	98	37
2008-2009	-	-10	59	25
2009-2010	ВОЗМОЖНО	-18	105	37
2010-2011	ВОЗМОЖНО	-13	67	21
2011-2012	ВОЗМОЖНО	-12	106	32
2012-2013	ВОЗМОЖНО	-12	90	25
2013-2014	-	-9	53	15
2014-2015	-	-11	60	20
2015-2016	-	-8	47	16
2016-2017	-	-7	39	12
2017-2018	-	-10	49	20
2018-2019	-	-8	38	11
2019-2020	-	-10	30	10
2020-2021	ВОЗМОЖНО	-12	104	31
2021-2022	-	-5	30	9
2022-2023	-	-11	72	30
2023-2024	-	-4	34	11
Среднее		-10	65	22
Max		-4	141	59
Min		-18	29	9
P,%	35% лет			



Рисунок 1. Графики динамики максимальной и средней глубин промерзания



Рисунок 2. График динамики абсолютного минимума температуры почвы на глубине узла кущения

Для оценки вероятности выпревания в зимний период по средним декадным данным о глубине промерзания почвы, высоте снежного покрова и минимальной температуре почвы на глубине узла кущения были найдены сочетания следующих факторов: высота снежного покрова более 30 см, глубине промерзания почвы не менее 30 см, минимальная температура на глубине узла кущения -1°C , 0°C или положительная (табл.2). Таблица 2

Количество декад с сочетанием следующих факторов: высота снежного покрова более 30 см, глубине промерзания почвы не менее 30 см, минимальная температура на глубине узла кущения -1°C , 0°C или положительна

Период	Сочетание факторов, кол-во декад	Возможность выпревания
2001-2002	1	-
2002-2003	0	-
2003-2004	0	-
2004-2005	0	-
2005-2006	1	-
2006-2007	0	-
2007-2008	0	-
2008-2009	0	-
2009-2010	0	-
2010-2011	2	-
2011-2012	0	-

Продолжение таблицы 2

2012-2013	0	-
2013-2014	0	-
2014-2015	1	-
2015-2016	0	-
2016-2017	3	-
2017-2018	1	-
2018-2019	5	Возможно
2019-2020	0	-
2020-2021	0	-
2021-2022	2	-
2022-2023	0	-
2023-2024	1	-
Среднее	1	
Max	5	
Min	0	
P, %	4%	

Для комплексной оценки перезимовки озимых культур для каждой из исследуемых областей был посчитан параметр суровости зимы (W_i), предложенный А.В. Поповым (формула 1). W_i имеет следующую градацию: суровая (менее -2,0), малоснежная и холодная (от -1,9 до -0,6), нормальная (-0,6...0,6), многоснежная и теплая (более 0,6). Результаты представлены в таблице 3, для примера динамики использован график суровости зимы в Белгородской области (рис. 3).

$$W_i = \frac{\Delta T}{\sigma T} + \frac{\Delta R}{\sigma R}, \quad (1)$$

Где T – температура воздуха; R – количество осадков; Δ – отклонения от средней величины; σ – среднее квадратическое отклонение.

Таблица 3

Параметр суровости зимы в исследуемых областях

Период	Белгородская область	Курская область	Воронежская область	Липецкая область	Тамбовская область
2001-2002	-0,7	-0,8	0,1	-0,6	0,9
2002-2003	-4,1	-4,2	-3,8	-4	-4
2003-2004	2,1	0,9	1,9	1,1	1,2
2004-2005	0,8	0,1	1,4	1,4	1
2005-2006	-1,1	-1,3	-1,3	-1,9	-0,7
2006-2007	0,4	0,6	1,2	0,9	0,3
2007-2008	-2,0	-1,2	-2,2	-1,6	-1,5
2008-2009	-0,2	0,3	-0,8	-0,4	-0,6
2009-2010	-0,1	-1	-0,7	-2,1	-2,6
2010-2011	-1,2	0	-0,1	0	-0,2
2011-2012	-0,4	0,6	0	-0,2	0,3
2012-2013	-0,1	-0,7	-1,3	-1,3	-0,9
2013-2014	-1,9	-1,3	-1	-0,9	-1,1
2014-2015	0,5	0,2	0,7	0,3	1,3
2015-2016	2,2	1,9	2,3	2,7	2,3
2016-2017	-0,7	-1,1	-1,3	-1,2	-0,5
2017-2018	2,1	2,2	1,5	2,1	1,8
2018-2019	0,4	0,7	0,3	0,4	-0,4
2019-2020	2,1	1,2	1,4	1,9	2,7
2020-2021	0,3	-0,1	0,6	0,9	0,3
2021-2022	0,6	1,1	1,4	1,2	0,9
2022-2023	1,0	1,9	-0,2	1,3	-0,3



Рисунок 3. График динамики параметра суровости зимы в Белгородской области

Заключение

Агроклиматическая оценка перезимовки озимых культур в Центральном Черноземье позволяет определить оптимальные условия для успешного выращивания озимых культур и принять необходимые меры для минимизации рисков повреждения их в зимний период.

В данной работе была рассчитан параметр суровости зимы в Центральном Черноземье. Можно сделать вывод, что суровая зима наблюдалась редко: в 2002-2003 годах во всех исследуемых областях, в некоторых областях также и в 2007-2008 и 2009-2010 годах. Большая часть исследуемых зим имеет нормальный (от -0,6 до 0,6) параметр суровости. Многоснежная и теплая стала наблюдаться все чаще в последние несколько лет. Это свидетельствует о том, что зимы становятся теплее.

Это также выражается в изменении агроклиматических условий. По проведенному исследованию максимальная и средняя глубины промерзания уменьшаются, абсолютный минимум на глубине узла кущения увеличивается. За исследуемый период вероятное вымерзание наблюдалась 8 раз, что составляет 35%. Возможное выпревание наблюдалось 1 раз, то есть 4% от всех исследуемых лет. Из этого следует, что Центральное Черноземье больше подвержено промерзанию.

Литература

1. Агрономические риски зимнего периода в условиях современных климатических изменений *Белолобцев А.И., Дронова Е.А., Ильинич В.В., Авдеев С.М., Асауляк И.Ф.* Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 114-120.

2. Оценка связи значений урожайности озимой пшеницы на территории Ростовской области с характером глобальных атмосферных циркуляций в северном полушарии Земли *Смирнов И.А., Дронова Е.А.* В сборнике: **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В РОССИИ.** Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий. Иркутск, 2021. С. 463-468

3. Возникновение опасных агрометеорологических явлений в годы со снижением урожайности озимой пшеницы на примере Белгородской области Смирнов И.А., Дронова Е.А. В сборнике: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. Сборник статей. Москва, 2023. С. 379-384.

AGROCLIMATIC ASSESSMENT OF WINTER CROPS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

A.G. Bessudnova¹

D.R. Osmushkina²

Scientific advisor: Candidate of Geography, Associate Professor E.A.

Dronova¹

¹Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, alex2003.01@mail.ru, edronova@rgau-msha.ru

²Avangard Bank Public Company, specialist dasha.osmushkina@yandex.ru

Abstract: the article provides an agro-climatic assessment of winter crops in the Central Chernozem region. The possibility of freezing and smoldering, the dynamics of the absolute minimum at the depth of the tillering node, the depth of freezing, and the severity of winter are evaluated.

Keywords: overwintering, winter crops, snow cover, minimum soil temperature, freezing, smoldering, depth of soil freezing, severity of winter, Central Chernozem region.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВЫРАЩИВАНИЕ БАТАТА В РОССИИ

А.В. Поварницына

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А.

Тимирязева, Москва,

apovarnitsyna@rgau-msha.ru

Аннотация: глобальные климатические изменения становятся все более значимым фактором, определяющим динамику и широкий спектр качественных параметров развития мировой экономики. Одним из секторов, в котором характеристики климата оказывают существенное влияние на объемы производства и технологическую структуру, является сельское хозяйство. В данной статье рассматривается влияние изменения климата на интродукцию батата и перспективы культуры для выращивания в регионах РФ.

Ключевые слова: батат, культура, выращивание, климат, продуктивность, импорт, перспективы.

Одной из важнейших проблем современного мира является глобальное изменение климата. Факт климатических изменений фиксируется сетью метеостанций на протяжении нескольких десятилетий, с возрастающей интенсивностью. Так, на территории России за предыдущее столетие, глобальная температура приземного слоя воздуха в среднем за год увеличилась на $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ [1].

В связи с глобальными изменениями климата особое значение приобретает своевременная реакция сельского хозяйства на происходящие и будущие природные и социально-экономические трансформации. По прогнозам, потепление климата в России приведёт к незначительному росту урожайности зерновых, для картофеля и других овощных рост урожайности оценивается в пределах 5-10% [2]. Большой эффект принесут внедрение инновационных

технологий и переход к новым более теплолюбивым культурам. Перспективной для интродукции в условиях климатических изменений культурой является батат (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) [3].

Батат - ползучее двудольное растение из семейства Вьюнковых. Он является высокоурожайной культурой, с широкой приспособляемостью к различным климатическим условиям и системам ведения сельского хозяйства. Оптимальная среднесуточная температура для его роста составляет 20–25 °С. Обладает умеренной засухоустойчивостью, однако низкая влажность почвы ухудшает размер и качество клубней, формирующихся в виде утолщений корней длиной от нескольких до 30 см и весом от 100 до 1000 г. и выше [4]. В зависимости от сорта цвет и форма клубней разнообразна. Корни, листья и побеги съедобны. Корнеплоды и листья батата могут прокормить больше людей с гектара, чем любой другой продукт питания. Листья батата тёмно-зелёные, обладают питательной ценностью, сопоставимой с обычными тёмно-зелёными листовыми овощами. В настоящее время сотни сортов выращиваются по всему миру и являются уникальными для стран или небольших регионов внутри стран. Ранние записи указывают на то, что батат является основным источником пищи для многих коренных народов в Центральной и Южной Америки, Африки, и других [5].

Содержание белка в листьях и корнях батата варьируется от 4,0% до 27,0% и от 1,0% до 9,0% соответственно. В клубнях батата, по сравнению с клубнями картофеля, содержится большее количество крахмала до 25-32%, также больше сахаров 3-6%, белков более 3%. Химический состав каждого сорта может различаться. В клубнях оранжевого и желтого цвета содержится больше бета-каротина (провитамина А). В сортах с фиолетовой мякотью содержатся антоцианы. Высокая концентрация антоциана и β-каротина в сладком картофеле в сочетании с высокой стабильностью красящего экстракта делают его многообещающей и более здоровой альтернативой синтетическим красителям в пищевых системах. Переработка крахмала и муки из сладкого картофеля может добавить пищевую ценность в продовольственные системы. В сыром виде

клубни и ботва являются хорошим кормом для сельскохозяйственных животных (КРС, свиньи, птица). Большое внимание привлекло свойства батата обогащать состав хлебобулочных изделий [6].

Объём импорта батата (код ТНВЭД 071420) в Россию за 2020 г. составил 2,38 млн долл. при массе груза 2,25 тыс. т. Россия импортирует сладкий картофель с мирового рынка с ярко выраженной (69,35%) сезонностью. Максимум ввоза пришёлся на декабрь, минимум – на июль. Средняя импортная цена на культуру менялась в диапазоне от 811,07 до 1,49 тыс. долл. за 1 т. Крупнейшие страны-поставщики батата в Россию - Гватемала и Китай, основные регионы-импортёры сладкого картофеля в Россию - Москва, Краснодарский край, Санкт-Петербург, Приморский край и Калининградская область [7].

Исследования, проведенные в различных регионах России, доказывают, что выращивание батата в связи с потеплением климата стало возможным, и является актуальным направлением развития. Интродукция батата, с получением положительных результатов, активно ведется в таких регионах России как: Московская, Воронежская, Волгоградская, Тульская области, в республиках Башкортостан, Татарстан, Удмуртия, РСО–Алании.

В южных регионах страны батат более распространен. В Краснодарском крае одинаково хорошо себя показывают, как раннеспелые, так и позднеспелые виды. При выращивании в средней полосе России нужно использовать холодостойкие виды, со сроком созревания сортовых образцов не более 110 дней, с высадкой рассадным способом, не ранее первой половины июня, если поверхностный слой прогрелся минимум до +18 градусов. Также нужно учитывать, что культура перестаёт расти, когда температура воздуха опускается ниже 10 градусов [8].

Рассмотрим результаты выращивания в некоторых регионах России.

С 2012 по 2020 гг. проводились опыты по интродукции и изучению влияния температур на батат в разных агроклиматических районах Удмуртской Республики [9]. Целью исследований являлось изучение роста, развития и продуктивности батата в коллекции Отдела интродукции и акклиматизации

УдмФИЦ УрО РАН (таблица 1). В качестве объекта исследований выступал образец батата Любительский.

Таблица 1

Влияние температуры на продуктивность батата в районах
Удмуртской Республики [9]

Агроклиматический район/год	Сумма активных температур, $\Sigma^{\circ}\text{C}$			Сумма эффективных температур, $\Sigma^{\circ}\text{C}$			Общая масса клубней с растения, г
	5	10	15	5	10	15	
Южный/2012	2472,6	2381,4	2056,0	1782,6	1101,4	511,0	1206,0
Центральный /2017	1713,3	1648,3	1279,8	1173,3	648,3	214,8	166,3
Центральный /2018	1819,2	1710,0	1254,6	1249,2	700,0	279,6	648,7
Южный/2018	2343,3	2249,9	1815,2	1673,3	1009,1	465,2	1199,8
Центральный /2019	1903,4	1766,6	1153,7	1268,4	666,6	223,7	293,6
Южный/2019	2213,9	2122,9	1591,7	1538,9	882,9	349,3	471,5
Центральный/2020	1980,0	1844,5	1347,4	1355,0	744,5	297,4	268,9
Коэф. корреляции	0,38	0,84	0,87	0,86	0,89	0,93	

Авторами доказана возможность культивирования батата с целью получения товарных клубней в условиях ограниченных тепловых ресурсов. Анализ данных многолетних наблюдений показал тесную связь продуктивности с суммой активных и эффективных температур. Наиболее сильная зависимость выявлена от суммы эффективных температур выше 15°C (коэффициент корреляции – 0,93). Продолжающееся потепление и особенно увеличение периода с температурой выше 15°C и накопленные суммы температур за вегетационный период позволяют продвинуться данной культуре севернее.

Также с 2022 по 2023 гг. были проведены опыты по интродукции батата в Карсунском районе Ульяновской области [10]. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Урожайность батата с использованием различного посадочного материала, ц/га [10]

Посадочный материал	Сортовой образец батата	2022 год		2023 год	
		Общая масса клубней, г/раст.	Урожайность, ц/га	Общая масса клубней, г/раст.	Урожайность, ц/га
Черенки	Баю Белл	127,4	59,8	71,2	33,4
	Перпл	210,9	99,0	163,2	76,7
Клубни	Баю Белл	46,8	22,0	39,4	18,5
	Перпл	229,6	107,8	151,8	71,3

Почва участка чернозем выщелоченный. Для проведения исследований по изучению культуры батат было решено заложить два опыта в зависимости от способа размножения, клубнями и рассадой.

Авторами были сделаны выводы, что выращивание возможно при условии предварительного проращивания культуры и подбора раннеспелых сортов, с рекомендацией сортового образца батат Перпл.

Таким образом, можно сделать вывод, что батат – перспективная культура для выращивания в регионах РФ. Несмотря на тропическое происхождение, батат способен формировать достаточно большой урожай клубней при надлежащем уровне агротехнического ухода. Обладая большим потенциалом, на эту культуру отмечается устойчивый спрос на рынке. В условиях потепления климата его интродукция и культивирование способствуют расширению ассортимента овощей и улучшению качества питания населения.

Литература

1. Грузова Г.В. Колебания и изменения климата на территории России // Известия РАН. ФАО. 2003. №39(2). С. 166-185.
2. Зорин Денис Александрович, Федоров Александр Владимирович ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРОМОЕБАВАТАТАС (L.) LAM. В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ // Пермский аграрный вестник. 2022. №1 (37).
3. Поварницына, А. В. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство / А. В. Поварницына, М. И. Савин // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 84-1. – С. 152-157. – DOI 10.18411/trnio-04-2022-39.
4. Paneque Ramirez G. Cultivation, harvesting and storage of sweet potato products. FAO Animal Production and Health Paper (FAO). 1992. P. 203-215.
5. Bovell-Benjamin A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition //Advances in food and nutrition research. – 2007. – Т. 52. – С. 1-59.

6. Грошева, Т. Д. изучение культуры батат в условиях Ульяновской области / Т. Д. Грошева, А. С. Фролова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 15-22.

7. Лосева, Т. В. Батат. Мировая статистика / Т. В. Лосева // Прикаспийский международный молодежный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности 2023 : Материалы форума, Астрахань, 27–28 апреля 2023 года / Под редакцией А.С. Дулиной, С.Х. Байкеевой, В.В. Зайцева. – Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева", 2023. – С. 245-247.

8. Коломиец, А. А. Многофункциональное использование батата в современном мире / А. А. Коломиец, М. Ю. Карпухин // Актуальные вопросы садоводства и ландшафтной архитектуры: сборник статей. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. – С. 128-135.

9. Зорин Денис Александрович, Федоров Александр Владимирович
ОПЫТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРОМОЕБАВАТАТАС (L.) LAM. В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ // Пермский аграрный вестник.
2022. №1 (37).

10. Грошева, Т. Д. Сравнительная оценка сортов батата и способов размножения в Ульяновской области / Т. Д. Грошева, А. С. Фролова // Актуальные вопросы аграрной науки и практики : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора Мосина Василия Константиновича, Нижний Новгород, 23 октября 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева, 2025. – С. 22-25.

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON CULTIVATION SWEET POTATOES IN RUSSIA

A.V. Povarnitsyna

Russian State Agrarian University — Timiryazev Moscow

Agricultural Academy, Moscow,

apovarnitsyna@rgau-msha.ru

Summary: global climate change is becoming an increasingly significant factor determining the dynamics and a wide range of qualitative parameters of the global economic development. One of the sectors in which climate characteristics have a significant impact on production volumes and technological structure is agriculture. This article examines the impact of climate change on the introduction of sweet potatoes and the prospects for cultivation in the regions of the Russian Federation.

Keywords: sweet potato, crop, cultivation, climate, productivity, import, prospects.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (LOTUS CORNICULATUS L.) В СОЗДАНИИ СЕЯНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

А.Р. Тяжкороб

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,
tyazhkorob@rgau-msha.ru

Аннотация: В статье рассмотрены основные экологические преимущества лядвенца рогатого (Lotus corniculatus L.): снижение выбросов парниковых газов с/х животными, повышение плодородия почвы, экологическая пластичность данной культуры.

Ключевые слова: экология, лядвенец рогатый, тимпания, конденсированные танины, парниковые газы, кормовые уголья, плодородие почвы.

Рамочная конвенция ООН об изменениях климата от 9 мая 1992 года постановила, что страны-участницы, в том числе и Российская Федерация, обязаны ежегодно фиксировать количество выбросов парниковых газов. Согласно данным Национального кадастра, суммарный выброс парниковых газов в секторе «Сельское хозяйство» составил 121.28 млн тонн диоксида углерода за 2021 год. Это количество составляет 7,2% от всех выбросов на территории нашей страны за отчетный период. Под сектором «Сельское хозяйство» понимаются выбросы в области животноводства и растениеводства. В области животноводства значительный вклад вносит выделение метана (CH₄), который образуется в ходе процессов ферментации сельскохозяйственными животными. Как видно на рисунке 1 ферментация ответственна за производство 33,8% метана, выделяемого всем изучаемым сектором.

Наибольшая доля выбросов в сегменте «ферментация» приходится на мясной и молочный КРС, а именно 43,19% и 41,80% соответственно. Лошади,

верблюды, козы, буйволы, овцы, свиньи, мулы, ослы, пушные животные, кролики и северные олени – все в совокупности выбрасывают в атмосферу всего лишь 15,01%. Таким образом, основным резервом снижения выбросов парниковых газов является сокращение поголовья сельскохозяйственных животных [1].

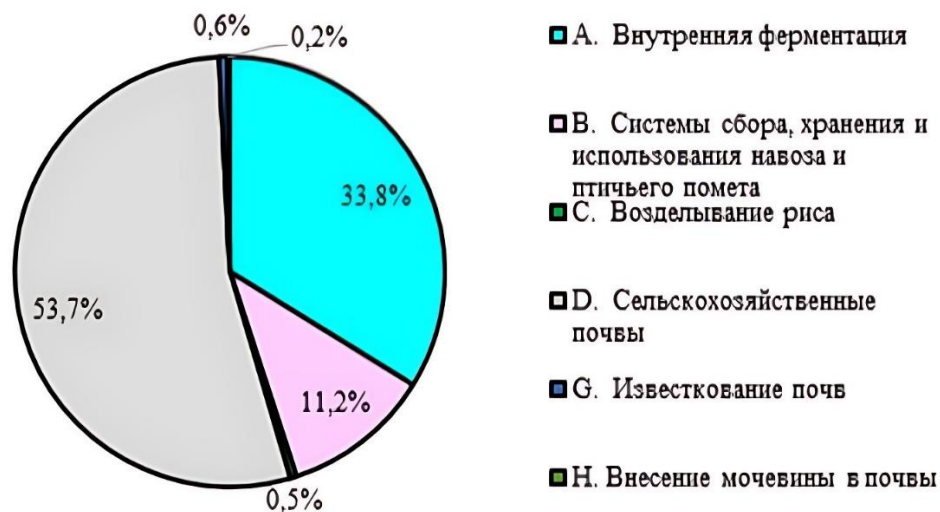


Рис. 1. Вклад категорий выбросов в секторе «Сельское хозяйство».

Однако, во избежание негативных последствий для народного хозяйства, которые могут повлечь за собой подобные меры, предлагается рассмотреть возможности изменения рациона крупного рогатого скота таким образом, чтобы снизить выделения углекислого газа и метана.

Одним из вариантов является внедрение в систему питания КРС грубых и сочных кормов на основе лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.). При создании сеяных кормовых угодий часто используют травосмеси злаковых и бобовых трав. Среди бобовых широко распространены клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) и люцерна (*Medicago sativa* L.). Клевер ползучий играет роль главного бобового компонента пастбищных травостоев в регионах, где преобладает умеренный климат. Преимуществами его являются хорошая отавность и высокое качество зеленой массы. Однако у данного вида наблюдается существенный недостаток – слабая засухоустойчивость. Люцерна хоть и считается королевой трав за счет высокой питательности получаемых из нее кормов, значительного

продуктивного долголетия, высокой продуктивности, но в то же время требовательна к плодородию почвы и слишком быстро изреживается при частом стравливании.

Если животное потребляет значительное количество зеленой массы вышеназванных трав, у него возможно появление тимпании (вздутия рубца). Крупный рогатый скот весьма сильно подвержен возникновению этого заболевания. В ветеринарии принято считать, что тимпания возникает как результат быстрого накопления большого количества растворимого протеина в рубце и нарушения отрыжки газов, образующихся в процессе ферментации. Выделяют две основные формы тимпании: пенная – когда газы задерживаются в устойчивой пене, которая в свою очередь препятствует отрыжке. Либо в виде вздутия свободным газом, когда газ скапливается в рубце, но отрыжка не возникает. На фоне люцерны и клевера перспективным видом бобовых трав считается лядвенец рогатый. Род лядвенец включает в себя более 100 видов. В культуре чаще всего встречается лядвенец рогатый, лядвенец топяной (*Lotus pedunculatus* Cav.), лядвенец тонкий (*Lotus tenuis* Waldst.&Kit. ex Willd.). В состав этих трав входят конденсированные танины (КТ), которые являются вторичными растительными полифенольными соединениями, считающиеся антипитательными из-за способности связывать ферменты, белки в корме и микробные клетки, что нарушает микробиологическое пищеварение. Но стоит отметить, что при действии малых доз концентрированных танинов в питании КРС (5-10 г/кг сухого вещества) снижается риск вздутия рубца, повышается количество нерасщепляемого белка в рубце, снижается количество выбросов метана и азота с мочой, повышается активность микрофлоры против гельминтов [2]. Соответственно снижаются темпы выщелачивания и улетучивания азота, уменьшается эвтрофикация и выбросы парниковых газов. Однако все еще ведутся споры насчет устойчивости в травостоях и урожайности кормов, содержащих концентрированные танины в виду их биологической активности из-за существенных различий в их стереохимии [3].

Доказано, что в составе лядвенца рогатого содержится 10-40 г конденсированных танинов на 1 кг сухого вещества (КТ). В то же время эспарцет (*Onobrychis viciifolia* Scop.) содержит от 30 до 80 г/кг. А в лядвенце топяном содержание КТ еще выше, чем в лядвенце рогатом – до 85 г/кг. Исследования показали, что при высоких концентрациях концентрированных танинов, а именно более 50 г/кг сухого вещества может нарушаться микробное пищеварение. Минимально необходимой концентрацией КТ для предотвращения тимпании считается 5 г/кг сухого вещества. Некоторые другие травы также содержат концентрированные танины, например зеленая масса клевера лугового, клевера ползучего и люцерны содержат КТ в пределах 1-2 мг/кг сухого вещества. Этого чрезвычайно мало, чтобы изменить пищевую ценность корма [4].

Лядвенец рогатый предъявляет невысокие требования к плодородию почв, на которых произрастает. Это создает предпосылки к формированию широкого ареала его распространения. Ученые из Московского государственного университета провели масштабное исследования, в рамках которого были определены центры происхождения видов рода *Lotus*. Выяснилось, что этот комплекс видов является весьма многочисленным и встречается повсеместно в Средиземноморском бассейне, высокогорьях восточной Африки, южнее Сахары, по всей Европе. Также встречается в юго-западной, центральной и восточной Азии. Культурные представители рода лядвенец были завезены в Северную и Южную Америку, Индию, Австралию и Новую Зеландию, где они спонтанно распространяются и образуют вторичные ареалы (рис. 2) [5].

Широкое распространение видов рода лядвенец говорит о высокой экологической пластичности данной культуры.

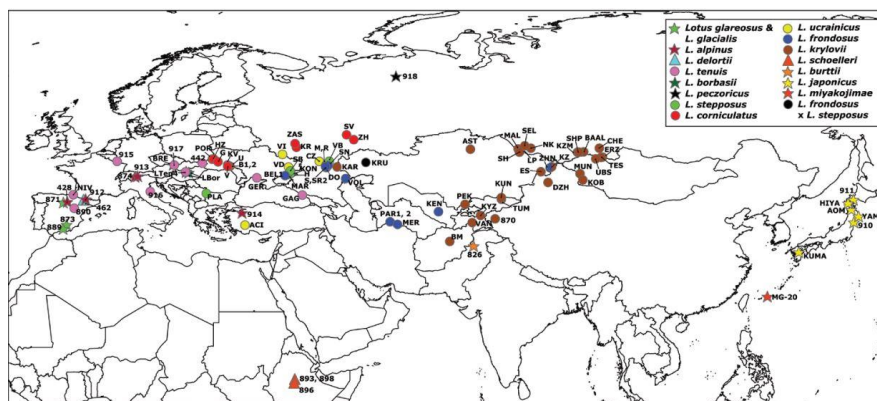


Рис. 2. Ареалы распространения рода *Lotus*.

К важным экологическим показателям культуры можно отнести также накопление элементов питания в почве. Замечено, что через 5 лет использования травостоя лядвенца рогатого в почве накапливается до 62 ц/га корневой массы, которая в свою очередь содержит 138 кг азота, 31 кг фосфора, 72 кг калия. Лядвенец рогатый считается лучшей культурой для подсева в дернину в случаях проведения поверхностного улучшения кормовых травостоев. Считается засухоустойчивой культурой, способен выдерживать затопление до 35 дней. Оптимальные урожаи дает при достаточном увлажнении и проведении 2-3 укосов за сезон [6].

Таким образом, лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) является весьма перспективной культурой в деле экологизации лугопастбищного кормопроизводства. Широкий спектр его неоспоримых преимуществ позволяет рекомендовать лядвенец к повсеместному внедрению в кормовые травосмеси с целью снижения выбросов парниковых газов и повышения плодородия почвы.

Литература

1. В. Ю. Вертянкина Уточнение оценок выбросов метана от крупного рогатого скота в национальном кадастре антропогенных выбросов парниковых газов на территории Российской Федерации // ЭММЭ. 2024. №3-4.
2. Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: Importance of structure, concentration, and diet composition / I. Mueller-Harvey, G.

Bee, F. Dohme-Meier, H. Hoste et al. // Crop Science. — 2019. — Vol. 59. — No. 3. — P.861–885.

3. Kelln B. M. Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review / B. M. Kelln, G. B. Penner, H. A. Lardner // Canadian Journal of Animal Science. — 2020. — Vol. 101. — No. 2. — P.210–223.

4. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) в органическом пастбищном хозяйстве / Н. Н. Лазарев, Е. М. Куренкова, О. В. Кухаренкова [и др.] // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 3-11. – EDN OFVQSD.

5. Genetic variation in the *Lotus corniculatus* complex (Fabaceae) in northern Eurasia as inferred from nuclear microsatellites and plastid trnL-trnF sequences / T. E. Kramina, I. G. Meschersky, G. V. Degtjareva [et al.] // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2018. – Vol. 188, No. 1. – P. 87-116. – DOI 10.1093/BOTLINNEAN/BOY042. – EDN TNMDHG.

6. Рышкель, О. С. Лядвенец рогатый (*lotus corniculatus*) - перспективная культура для антропогенно преобразованных почв Припятского Полесья / О. С. Рышкель, Л. И. Крюкова, С. В. Тыновец // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2010. – № 2. – С. 50-54. – EDN TVQBCF.

THE ECOLOGICAL ROLE OF BIRD'S FOOT (*LOTUS CORNICULATUS* L.) IN THE CREATION OF SOWN FODDER FIELDS

A.R. Tyazhkorob

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, tyazhkorob@rgau-msha.ru

*Summary: The given article provides overview of main ecological advantages of bird's foot (*Lotus corniculatus* L.): decrease of cattle greenhouse gases emissions, increase of soil fertility and environmental plasticity of the given crop.*

Keywords: ecology, bird's foot, tympany, condensed tannins, greenhouse gases, fodder fields, soil fertility.

СЕКЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 551.524.36

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ В ПЕРИОД 1980-2022 ГГ.

Ю.П. Переведенцев, В.В. Гурьянов, Н.А. Мирсаева

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, ypereved@kpfu.ru

Аннотация: рассматриваются показатели экстремальности температуры воздуха и атмосферных осадков в земледельческой зоне России в последние десятилетия. С использованием данных реанализа ERA-5 в узлах регулярной сетки с разрешением $0,25 \times 0,25^\circ$ по ежечасным данным о температуре воздуха и атмосферных осадках рассчитано 27 индексов экстремальности климата, согласно рекомендациям группы экспертов ВМО по обнаружению изменений климата (ККл/КЛИВАР). Пространственно-временное распределение полученных показателей экстремальности климата соответствует региональным особенностям изменения современного климата и зависят от местоположения региона, близости океана, рельефа местности и циркуляции атмосферы.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, атмосферные осадки, экстремумы, тренд.

Актуальность проблемы оценки экстремальности изменений климатических показателей в земледельческой зоне России обусловлена необходимостью учета происходящих климатических изменений в интересах оценки продуктивности сельскохозяйственных культур.

Современное потепление климата сопровождается ростом экстремальности явлений погоды. Согласно [1], количество опасных явлений на всей территории

России, нанесших экономический и социальный ущерб от года к году, имеет тенденцию к росту. При этом главную роль в формировании экстремальных температур играет увеличение изменчивости, а не средних значений. Проблемы экстремальности климата, относящиеся к периоду 1976-2010 гг., нашли свое отражение в [2]. Описание 27 индексов экстремальности климата представлено в [3].

Целью данного сообщения является комплексный анализ экстремальных значений температуры воздуха (ТВ) и атмосферных осадков в земледельческой зоне России в период 1980-2022 гг. по расчетам 27 индексов экстремальности климата, рекомендованных ВМО.

Показатели экстремальности климата были рассчитаны с использованием ежечасных данных о температуре воздуха и атмосферных осадках в узлах регулярной сетки $0,25 \times 0,25^\circ$ содержащихся в реанализе ERA-5 [4]. Результаты расчетов осреднялись за 43-летний период, что позволило получить климатическую картину их распределения. Полученные оценки линейных трендов рассматриваемых индексов позволили выявить региональные особенности в динамике температурно-влажностного режима последних десятилетий.

Рассмотрим вначале распределение по земледельческой зоне России, выделенной на рисунках согласно работе [5], некоторых экстремальных показателей температуры воздуха, представляющих наибольший интерес для сельского хозяйства.

Распределение по указанной зоне числа летних дней (индекс SU), с максимальной суточной температурой $T_X > 25^\circ\text{C}$ сильно зависит от широты места. Так, в центре Европейской части России число жарких дней в году порядка 20, на границе с Казахстаном число летних дней достигает 40, на юге центральной Сибири их число колеблется в пределах 20-40 дней, а в зоне Тихоокеанского побережья уменьшается до 10 дней. При этом на всей рассматриваемой территории России наблюдается рост числа жарких летних дней. В северной части земледельческой зоны величина коэффициента наклона

линейного тренда (КНЛТ) индекса SU невелика ~ 1 дня/10 лет, на юге ЕЧР скорость роста числа летних дней заметно возрастает (КНЛТ ~ 7 -10 дней/10 лет), на юге Сибири скорость прироста летних дней достигает 3-4 дней/10 лет, в то же время ситуация практически не меняется на Дальнем Востоке, где количество летних жарких дней не прибавляется (рис. 1 А, Б).

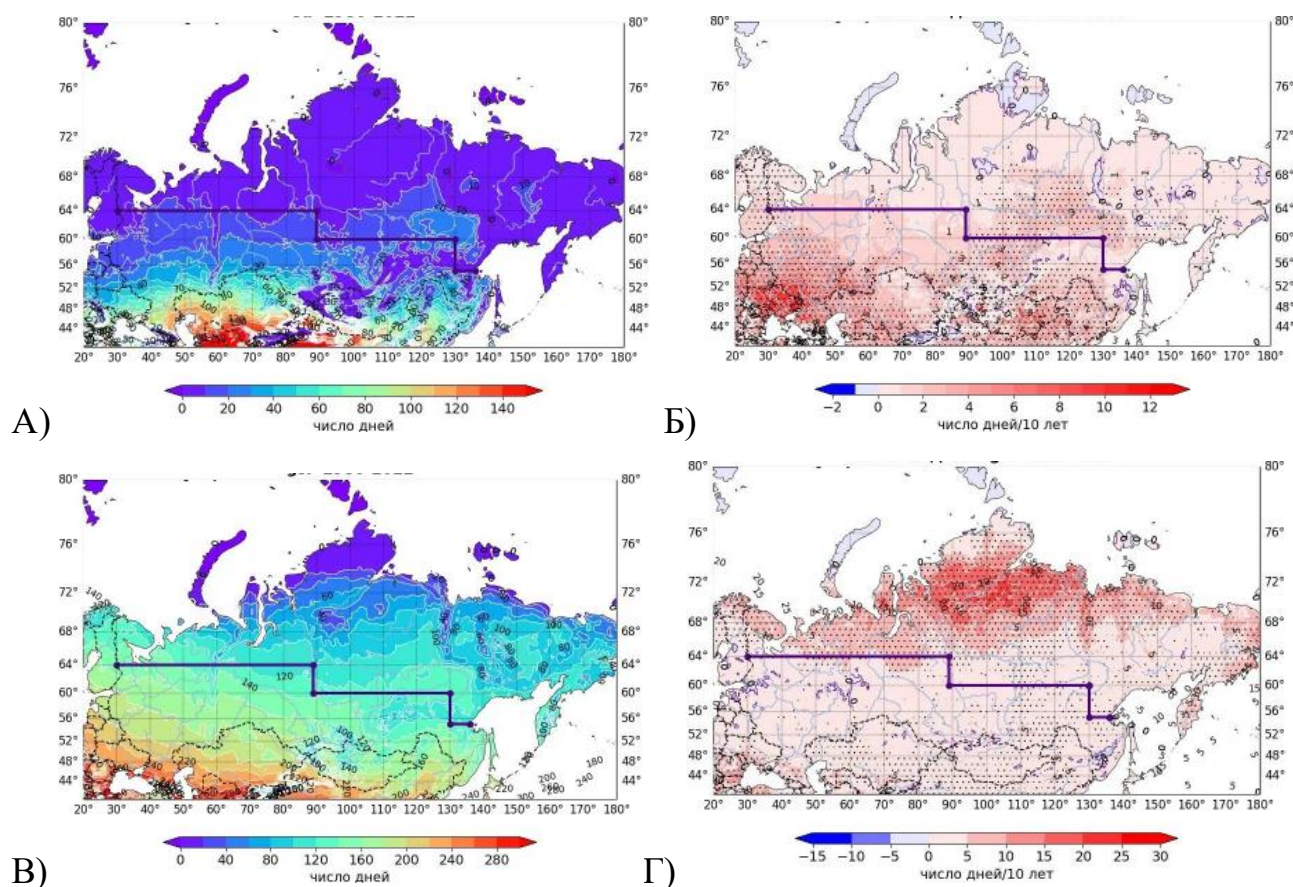


Рис. 1. Распределение по территории земледельческой зоны России: числа летних дней с максимальной температурой выше 25°C (А) и значений коэффициента наклона линейного тренда индекса SU в период 1980-2022 гг. (Б); продолжительности вегетационного периода в днях со среднесуточной температурой $TG > 5^{\circ}\text{C}$ (В) и значений коэффициента наклона линейного тренда индекса GSL в период 1980-2022 гг. (Г)

Рассмотрим индекс GSL, характеризующий увеличение продолжительности периода в днях со среднесуточной температурой $TG > 5^{\circ}\text{C}$. Этот показатель характеризует продолжительность вегетационного периода и напрямую зависит от современного состояния климатической системы. Распределение индекса GSL по земледельческой зоне России зависит как от физико-географических условий (широта места, орография, близость океана), так и от макромасштабной

атмосферной циркуляции (рис. 1 В,Г). На территории ЕЧР продолжительность периода возрастает от 130 дней (север земледельческой зоны) до 250 дней (Крым, Северный Кавказ). На юге Сибири величина индекса GSL возрастает до 130-150 дней, на юге Дальнего Востока до 210-230 дней. При этом продолжительность вегетационного периода повсеместно возрастает, особенно в северных регионах рассматриваемой зоны. На большей же части территории ЕЧР и Сибири значения КНЛТ невелики: $2 \div 4$ дня/10 лет. Согласно [7], в среднем на территории Сибирского федерального округа скорость увеличения продолжительности вегетационного периода составляет 2,5 дня/10 лет, что соответствует нашим результатам.

В работе [5] также отмечается рост теплообеспеченности и продолжительности теплого периода года ($T > 5^{\circ}\text{C}$) в период 1991–2020 гг. на земледельческой территории России, что приводит к улучшению агроклиматических условий.

Индекс FD (суммарное число дней с морозом в году, когда минимальная суточная температура $< 0^{\circ}\text{C}$) распределяется по территории России неравномерно. На северо-западе ЕЧР суммарное число дней с морозом в целом за год колеблется от 100 до 140 дней, на юге ЕЧР число морозных дней порядка 120, на юге Сибири их число меняется от 240 до 260, восточнее к побережью Тихого океана число морозных дней уменьшается до 100. На Сахалине индекс FD равен 80 дням. Тенденция к уменьшению числа дней с морозом за год, согласно рассчитанным коэффициентам линейного тренда, наблюдается на всей земледельческой территории России. Скорость убывания индекса FD наибольшая на севере земледельческой зоны на ЕЧР (-3, -4 дня/10 лет), на континентальной территории Сибири скорость убывания меняется в пределах от -2 до -5 дней/10 лет. На Сахалине скорость убывания морозных дней достигает -8 дней/10 лет. Отметим, что этот индекс характеризует продолжительность холодного периода и важен для сельского хозяйства.

Продолжительность холодного периода (CSDI), когда число дней в году, по крайней мере с 6 последовательными днями, при минимальной температуре за сутки $TN < 10\%$ процентиля, наиболее выражена в азиатской части страны. Этот

показатель на ЕЧР составляет 6-8 дней, в Сибири колеблется от 8 до 10 дней. Вместе с тем по всей территории земледельческой зоны отмечается четкая тенденция сокращения продолжительности холодного периода, особенно хорошо выраженная в ее северной части. Так, величина КНЛТ этого индекса достигает – на ЕЧР и в Сибири -2, -4 дней/10 лет, на юге Тихоокеанского побережья порядка -4 дней/10 лет.

Рассмотрим распределение по территории земледельческой зоны индекса $TХ_{10p}$ характеризующего повторяемость холодных дней в году (годовая доля суток с максимальными температурами ($ТХх$) ниже 10% процентиля ежесуточного распределения максимальных температур за базовый период 1981-2010 гг.). Повторяемость числа холодных дней по рассматриваемой территории меняется в небольших пределах: на западе ЕЧР повторяемость индекса порядка 11-11,5%, примерно то же самое в Сибири и некоторое его повышение отмечается на юге Дальнего Востока (12,5%). При этом повсеместно наблюдается уменьшение повторяемости холодных дней в году. В Сибири и на Дальнем Востоке величина КНЛТ $\approx$ -3,5, -4%/10 лет, на ЕЧР она колеблется от -2,5%/10 лет (юго-запад) до -4,5%/10 лет (северо-запад).

Индекс TN_{10p} , характеризующий повторяемость холодных ночей в году (годовая доля суток с минимальными температурами (TNn) ниже 10% процентиля ежесуточного распределения минимальных температур за базовый период 1981 – 2010 гг.), распределяется по территории России с небольшими контрастами. Так, на ЕЧР повторяемость холодных ночей минимальна 10-11%, до 10% эта повторяемость понижается на границе Западной Сибири с Казахстаном, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке повторяемость холодных ночей меняется в пределах 11,5-12%. Значения КНЛТ индекса TN_{10p} повсеместно отрицательны. На юге ЕЧР величина КНЛТ порядка -2,5%/10 лет, на территории Сибири и Дальнего Востока повторяемость холодных ночей также несколько уменьшается (до -3%/10 лет).

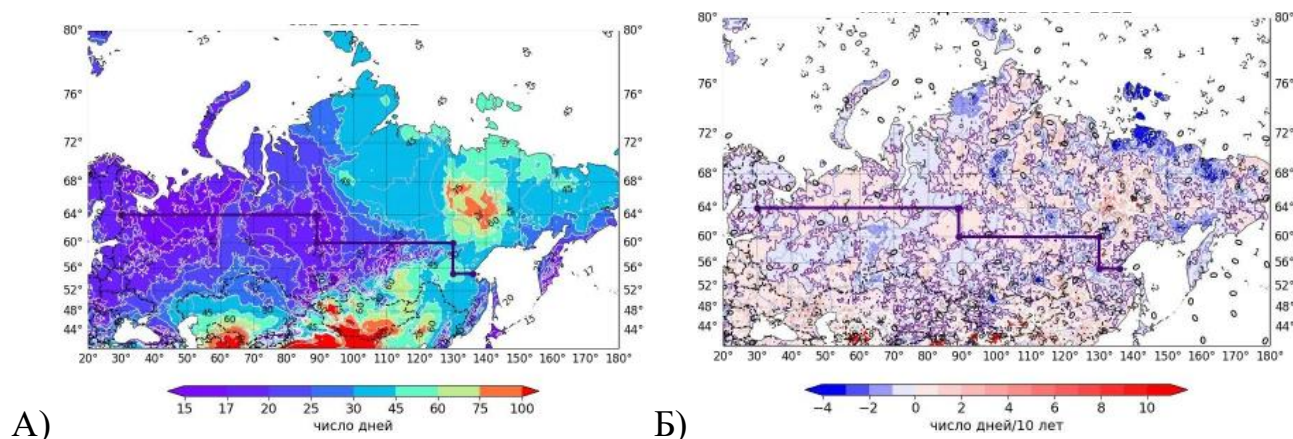
Переходим к описанию пространственно-временной изменчивости на земледельческой территории России характеристик экстремальных осадков.

Индекс CWD характеризует максимальную продолжительность влажных периодов (максимальное число последовательных влажных дней с осадками ≥ 1 мм/сутки в году). Продолжительность влажного периода в сельскохозяйственной зоне России колеблется в пределах 6-14 дней. На ЕЧР этот индекс уменьшается с севера на юг от 10 до 6 дней, на Урале он возрастает до 12-14 дней. На юге Дальнего Востока индекс CWD составляет 10-12 дней. Согласно рассчитанным значениям КНЛТ индекса CWD изменения продолжительности влажных периодов на рассматриваемой территории незначительны.

Рассмотрим распределение максимальной продолжительности сухих периодов (CDD) на сельскохозяйственной территории России. Число последовательных сухих дней с осадками < 1 мм/сутки растет с запада на восток. Так, на ЕЧР их число достигает 20 дней на Северном Кавказе, 15 дней в Предуралье.

Наибольшая продолжительность сухих периодов в год отмечается на территории Сибири (до 80 дней), что можно объяснить ростом продолжительности бесснежных периодов. В Южной Сибири число этих дней колеблется от 20 до 60 в зависимости от физико-географических условий. В Приморском крае сухой период значительно сокращается до 20 дней (рис. 2 А,Б).

Анализ значений КНЛТ индекса CDD показывает, что на юге ЕЧР максимальная продолжительность сухого периода увеличивается со скоростью 4-5 дней/10 лет, в Сибири наблюдается мозаичная картина – колебания КНЛТ индекса CDD происходят в интервале 2-5 дней/10 лет.



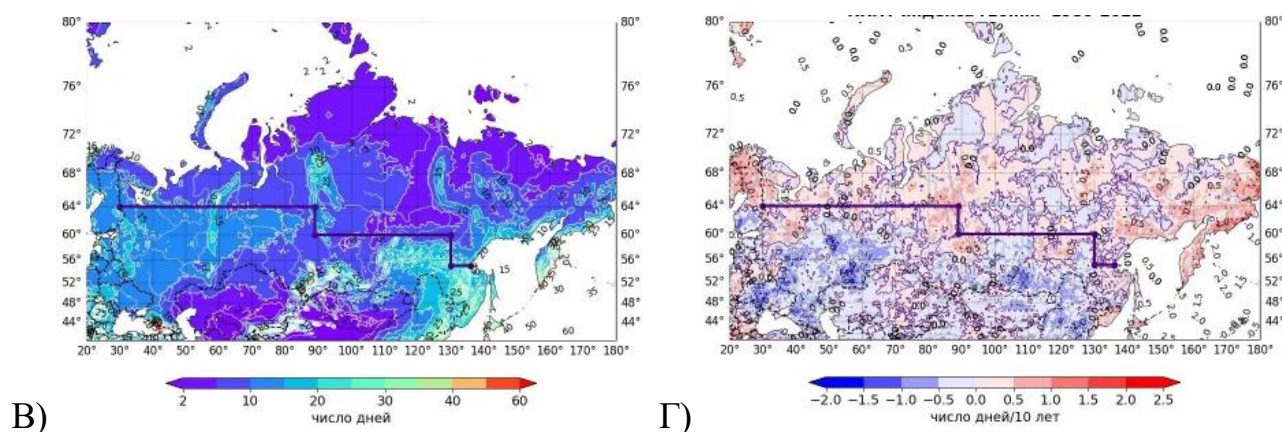


Рис. 2. Распределение по сельскохозяйственной территории России: максимальной продолжительности сухих периодов (А) и значений коэффициента наклона линейного тренда индекса CDD в период 1980-2022 гг. (Б); среднего годового числа дней с осадками более 10 мм (В) и значений коэффициента наклона линейного тренда индекса R10mm в период 1980-2022 гг. (Г)

Распределение среднего годового числа дней с осадками более 10 мм (R10mm) по территории России имеет следующие особенности. На ЕЧР их число достигает 15 дней, на континентальной территории Сибири дни с интенсивными осадками распределяются неравномерно от 5 до 15, что обусловлено орографией. На Тихоокеанском побережье число дней с сильными осадками возрастает в отдельных местах до 25 дней. Известно, что на летний период приходится большинство случаев с сильными осадками, поэтому их число определяется во многом местными условиями. Распределение КНЛТ индекса R10mm свидетельствует о том, что число дней с сильными осадками на сельскохозяйственной территории России слабо меняется. На ЕЧР число дней со значительными осадками уменьшается со скоростью $-0,5$ дней/10 лет, а на Дальнем Востоке, наоборот, увеличивается со скоростью до 2 дней/10 лет (рис. 2 В,Г).

Индекс Rx5day (максимальная пентадная сумма осадков, мм) характеризует максимальное количество осадков в году, выпавших за последовательные пять суток, что приводит к возникновению дождевых паводков. Эта величина по территории России меняется в пределах от 50 до 110 мм. Так, в центре ЕЧР индекс имеет значение ~ 50 -60 мм, на Северном Кавказе достигает 70 мм, в Сибири он возрастает с севера на юг от 50 до 60-70 мм и максимальных значений достигает в Южном Приморье (до 110 мм). Значения КНЛТ индекса невелики,

их распределение по территории России представляет пеструю картину. Скорость изменения максимальной пентадной суммы осадков меняется в пределах -1, -3 мм/10 лет на ЕЧР, на территории континентальной Сибири скорость меняется от -2 мм/10 лет до +3 мм/10 лет, в Приморье 2-3 мм/10 лет. Таким образом, на величину максимальной пентадной суммы осадков оказывают большое влияние физико-географические особенности местности.

Индекс R95pTOT представляет собой годовую сумму сильных осадков (выше 95% процентиля распределения суточных сумм осадков за базовый период 1981-2010 гг. в общем годовом количестве осадков). Эта величина меняется по территории России в достаточно широких пределах. На западе ЕЧР индекс достигает 150 мм, в Крыму он понижается до 75 мм, на западных склонах горных хребтов Северного Кавказа индекс достигает 150-175 мм. В южной части Дальнего Востока сумма сильных осадков максимальна – 250 мм, что способствует усилению паводков. Картина распределения значений КНЛТ индекса достаточно разнородная. Так, в северных районах ЕЧР сумма сильных осадков растет со скоростью 5-10 мм/10 лет, а в южных районах ЕЧР, наоборот, сумма сильных осадков уменьшается со скоростью, достигающей -10, -15 мм/10 лет. В центральной части Сибири, на Тихоокеанском побережье прирост суммы сильных осадков достигает 10 мм/10 лет (рис. 3).

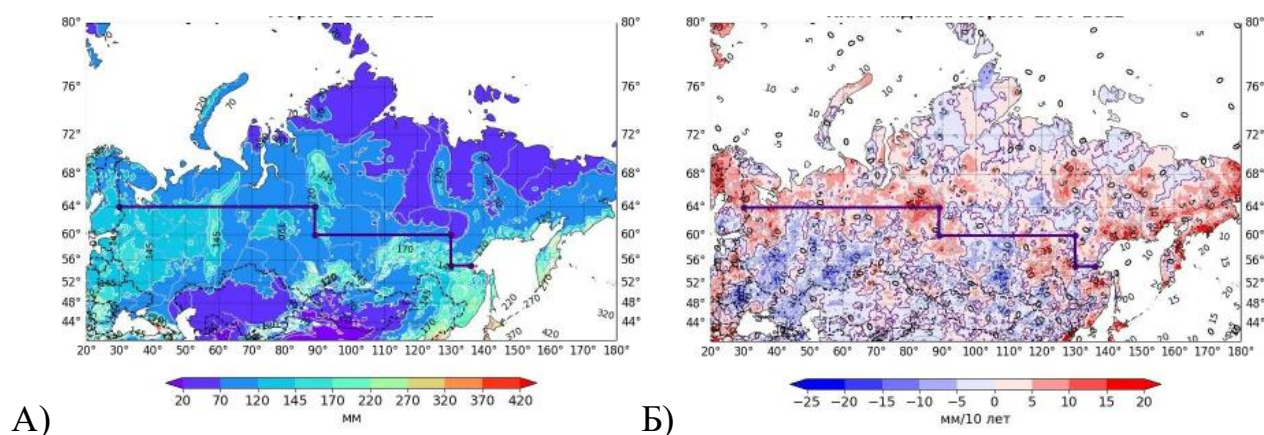


Рис. 3. Распределение по территории России годовой суммы сильных осадков (А) и значений коэффициента наклона линейного тренда индекса R95pTOT в период 1980-2022 гг. (Б)

К числу основных выводов можно отнести следующие:

1. В земледельческой зоне России в период 1980-2022 гг. происходит повсеместное увеличение продолжительности теплого и вегетационного периодов.
2. Число жарких дней с максимальной температурой более 25°C растет со скоростью 7-10 дней/10 лет на юге Европейской части России, одновременно повсеместно в земледельческой зоне России сокращается как продолжительность холодного периода, так и число дней с сильными морозами.
3. Происходит увеличение годовой суммы осадков за исключением южных зернопроизводящих районов ЕРЧ и Забайкалья, где также отмечено повышение максимальной продолжительности сухих периодов со скоростью до 4-5 дней/10 лет.
4. Рассмотренные экстремальные показатели по данным реанализа ERA 5 согласуются с результатами оценки экстремальной температуры воздуха и осадков, полученных ранее с использованием данных метеостанций [6, 7], а также результатами анализа индексов экстремальности по ЕЧР [8].

Литература

1. Шамин С.И., Санина А.С. Основные тенденции изменения частоты появления опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2019. Вып. 184. С. 54-66.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
3. Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G. and Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century // Clim. Res. 2002. V. 19. P. 193 – 212.
4. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // Q J R Meteorol. Soc. 2020. V. 146. P. 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
5. Павлова В.Н., Караченкова А.А. Изменения агроклиматических ресурсов зернопроизводящих регионов России и продуктивности зерновых культур в

новом климатическом периоде 1991 – 2020 гг. // Метеорология и гидрология. 2023. №9. С. 29 – 42.

6. Платова Т.В. Годовые экстремумы температуры воздуха на территории Российской Федерации и их климатические изменения // Метеорология и гидрология. 2008. № 11. С. 80-84.

7. Кужевская И.В., Горбатенко В.П., Носырева О.В. Агроклиматические характеристики земель сельскохозяйственного назначения на территории Сибирского федерального округа в условиях изменения климата // Метеорология и гидрология. 2023. №10. С. 77 – 87.

8. Бардин М.Ю., Платова Т.В. Долгопериодные вариации показателей экстремальности температурного режима на территории России и их связи с изменениями крупномасштабной циркуляции и глобальным потеплением // Метеорология и гидрология. 2019. № 12. С. 5 – 19.

9. Гурьянов В.В., Сунгатуллин А.К. Распределение температурных индексов экстремальности на территории Европейской части России в период 1980–2019 гг. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31. Вып. 4. С. 437 – 442.

CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE AND HUMIDITY EXTREME CONDITIONS IN THE AGRICULTURAL ZONE OF RUSSIA FROM 1980 TO 2022

Yu.P. Perevedentsev, V.V. Guryanov, N.A. Mirsaeva

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, ypereved@kpfu.ru

Abstract: This paper examines air temperature and precipitation extremes in the agricultural zone of Russia over recent decades. Using ERA-5 reanalysis data at a regular grid resolution of $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, 27 climate extreme indices were calculated from hourly air temperature and precipitation data, in accordance with the recommendations of the WMO Climate Change Detection Panel (CCD/CLIVAR). The spatial and temporal distribution of the obtained climate extremeness indicators

corresponds to regional patterns of modern climate change and depends on the region's location, proximity to the ocean, topography, and atmospheric circulation.

Keywords: climate, air temperature, precipitation, extremes, trend.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА МОСКВЫ

М.А. Локощенко¹

¹Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,

loko@geogr.msu.ru

Аннотация: Обсуждаются особенности климата Москвы и его изменения в конце XX и начале XXI веков. Сопоставлены две климатические нормы различных метеорологических показателей для Москвы за периоды 1961-1990 и 1991-2020 гг. по многолетним данным Метеорологической обсерватории МГУ. Представлено сравнение результатов наблюдений за основными метеорологическими величинами и опасными погодными явлениями на пяти московских и трёх ближайших подмосковных станциях за последние 18 лет. Сделаны выводы о влиянии большого города на возникновение основных опасных явлений. Представлен ход отдельных показателей в Москве и ближнем Подмосковье от года к году за период 2007-2024 гг.

Ключевые слова: изменения климата, климатические нормы, температура воздуха, «остров тепла», опасные метеорологические явления.

1. Введение.

Быстрые климатические изменения происходят и в глобальном, и в региональном масштабах. Задачей настоящей работы явилось обобщение имеющихся сведений о современных изменениях климата Москвы по данным многолетних станционных наблюдений. Климат Москвы был исследован во многих работах, начиная с [1] и [7]. Сведения о нём в разное время содержатся в [2-4, 8]. Как показано на рисунке 1, в Москве ныне работают шесть оснащённых персоналом наблюдателей метеорологических станций, в том числе пять станций в традиционных границах столицы: ВДНХ, Балчуг, Обсерватория имени

Михельсона, Метеорологическая обсерватория МГУ (МО МГУ) и Тушино. В так наз. «Новой Москве» находится также станция Михайловское, однако эта местность, формально вошедшая в 2012 г. в состав столицы, остаётся слабо урбанизированной: плотность населения Троицкого округа «Новой Москвы» в 87 раз (!) меньше, чем в традиционных границах города [6]. В силу этого Михайловское фактически занимает промежуточное положение между городскими и загородными станциями – как и Немчиновка, формально находящаяся в Подмосковье, но лишь в 1 км к западу от линии МКАД. К анализу были также привлечены ещё две ближайшие к Москве станции: Наро-Фоминск и Подмосковная (ряды доступных данных этой станции короче остальных: лишь с 2016 года).

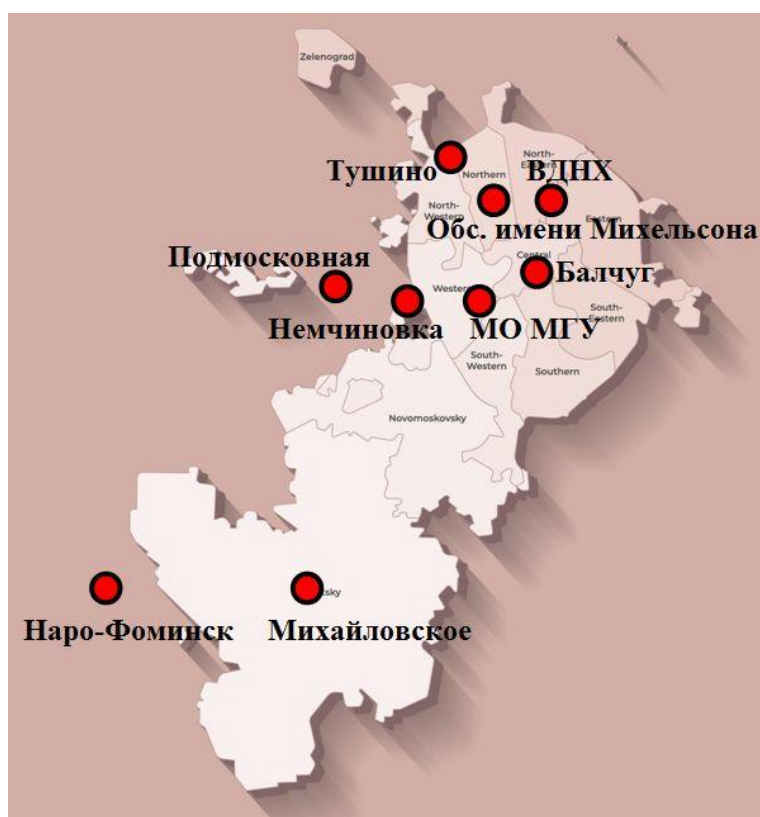


Рис.1. Метеорологические станции Москвы в её новых границах и ближнего Подмосковья.

Изменения климата Москвы, начиная с 1961 г., подробно рассмотрены по многолетним данным наблюдений в МО МГУ. В дополнение к этому, за последние 18 лет проведено также сравнение данных пяти московских (кроме

Обсерватории имени Михельсона) и трёх подмосковных станций, которые находятся в открытом доступе на сайте www.pogodaiklimat.ru.

2. Многолетние изменения климата Москвы по данным МО МГУ.

В Таблице 1 по данным Метеорологической обсерватории МГУ приведены значения двух климатических норм для различных метеорологических показателей: за периоды 1961-1990 и 1991-2020 годов. Первый из этих периодов долгое время был в ходу в качестве действующей климатической нормы. Ныне он объявлен «исторической нормой», то есть базовым опорным промежутком времени для изучения долговременных климатических изменений. Заметим, что быстрые изменения климата, особенно температуры воздуха T , приводят к тому, что понятие нормы как устойчивого во времени среднего значения теряет свой изначальный смысл: ныне климатическая норма отражает не стационарный режим, а лишь текущие продолжающиеся изменения за отдельные 30-летние промежутки времени. Помимо климатических норм, в Таблице 1 приведены также предельные значения отдельных показателей за 71 год работы МО МГУ, наблюдения в которой были начаты в 1954 году.

Как видим, температура и воздуха, и поверхности в Москве за 30 лет существенно возросли – соответственно, на 1,4 и 1,2 °C. Помимо стандартного участка под естественным покровом, в МО МГУ используется также оголённый участок площадью 12×20 м – единственный в европейской части России. На обоих участках измеряются температура почвы и грунта на восьми глубинах, а также границы слоя с сезонным промерзанием. Как видно из Таблицы 1, рост температуры почвы и грунта на глубинах происходил быстрее под оголённой поверхностью, нежели под естественным покровом (т.е. снежным покровом зимой, травяным покровом и слоем дернины в остальные сезоны) вследствие теплоизолирующей роли последнего.

Количество осадков и облачность в Москве со временем постепенно увеличиваются. Парциальное давление (упругость) водяного пара вполне закономерно растёт вслед за ростом T , однако относительная влажность

уменьшается, поскольку большому городу присущ не только «остров тепла», но и «остров сухости», усиливающийся со временем [9].

Таблица 1

Климатические нормы и предельные значения метеорологических показателей в Москве по данным Метеорологической обсерватории МГУ.

Показатель	Норма 1961-1990 гг.	Норма 1991-2020 гг.	Минимум или самая ранняя дата	Максимум или самая поздняя дата
Температура воздуха, °С	5,0	6,4	3,0 (1956 г.)	8,2 (2024 г.)
Температура поверхности, °С	5,7	6,9	3,7 (1956 г.)	8,8 (2024 г.)
Температура на глубине 320 см под естественным покровом, °С	7,7	8,0	6,6 (1956 г.)	9,1 (2024 г.)
Температура на глубине 320 см под оголённой поверхностью, °С	8,6	9,6	6,2 (1956 г.)	10,7 (2024 г.)
Количество осадков, мм	683	724	446 (1964 г.)	1016 (2013 г.)
Парциальное давление водяного пара, гПа	7,6	8,1	6,9 (1976)	8,9 (2024)
Относительная влажность, %	74	73	68 (2014)	77 (1960)
Общая облачность, баллы	7,6	7,9	6,8 (1972)	8,5 (2017)
Нижняя облачность, баллы	5,6	5,9	4,6 (1963)	6,6 (2017)
Наибольшая высота снежного покрова, см	46	47	15 (2020)	77 (2013)
Дата установления устойчивого снежного покрова	22 ноября	27 ноября	22 октября (1973)	23 января (2020)
Дата схода устойчивого снежного покрова	07 апреля	04 апреля	02 марта (2020)	24 апреля (1955)
Наибольшая глубина промерзания под оголённой поверхностью, см	135	105	28 (2020)	195 (1956)
Дата образования устойчивого промерзания	26 ноября	08 декабря	28 октября (1956)	05 февраля (2020)
Дата исчезновения устойчивого промерзания	01 мая	07 апреля	27 февраля (2020)	29 мая (1956)
Продолжительность солнечного сияния, часы	1732	1827	1478 (1980)	2169 (2014)

Даты установления и схода снежного покрова смещаются во встречном направлении, отражая быстрое потепление зимой, весной и поздней осенью, однако наибольшая его высота остаётся пока стабильной, несмотря на потепление климата, вследствие роста зимних осадков. Даты образования и исчезновения сезонного промерзания грунта в последние десятилетия также сближаются друг с другом, при этом быстро уменьшается и его наибольшая глубина.

3. Сравнение данных разных станций.

Рассмотрим также данные четырёх других московских и двух подмосковных станций за последние 18 лет. Как видно из Таблицы 2, наибольшая T отмечается в центре Москвы, промежуточная – на городской периферии и наименьшая – за пределами города, что отражает довольно сильный «остров тепла» столицы [6, 9]. Коэффициент линейной регрессии k тренда T в МО МГУ с 2007 по 2024 гг. на рис.2 а) равен 0,030, тогда как за период 1780-2022 гг. $k = 0,012$ °C/год [5]. Это подтверждает ускорение потепления в последние десятилетия. Количество осадков и повторяемость мглы не показывают однозначного влияния города. Как видно на рис.2 б), большинство дней со мглой на всех станциях региона вполне ожидаемо были отмечены летом 2010 г. во время лесных и торфяных пожаров, явившихся результатом длительной аномальной жары. Скорость ветра на городских станциях приблизительно вдвое меньше, чем на открытой местности в Подмосковье, вследствие ветровой тени в приземном слое воздуха от окружающих станцию зданий. Следствием сравнительно слабого в городе ветра является также меньшая повторяемость здесь метелей. Повторяемость опасного явления тумана в городе значительно (приблизительно на порядок) меньше вследствие более тёплой городской поверхности по сравнению с сельской местностью, что затрудняет образование в городе как радиационных, так и адвективных туманов. Число дней со снежным покровом существенно меньше лишь в центре Москвы (на ст. Балчуг). Это объясняется наиболее плотной застройкой и высокой

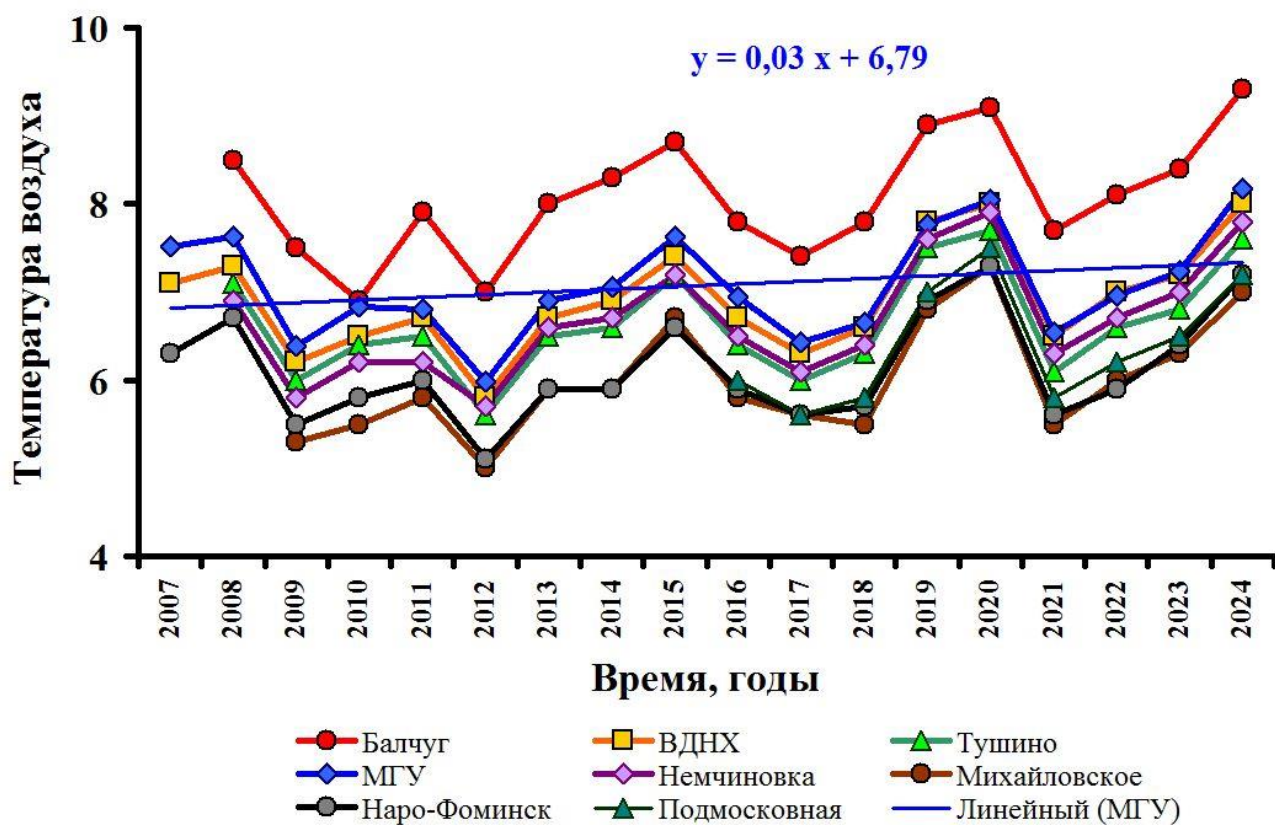
плотностью здесь источников антропогенного тепла, что способствует более позднему образованию снежного покрова и более раннему его сходу, а также более частым и более долгим оттепелям. В этом показателе, как и в повторяемости туманов, опосредованно проявляется влияние городского «острова тепла».

Таблица 2

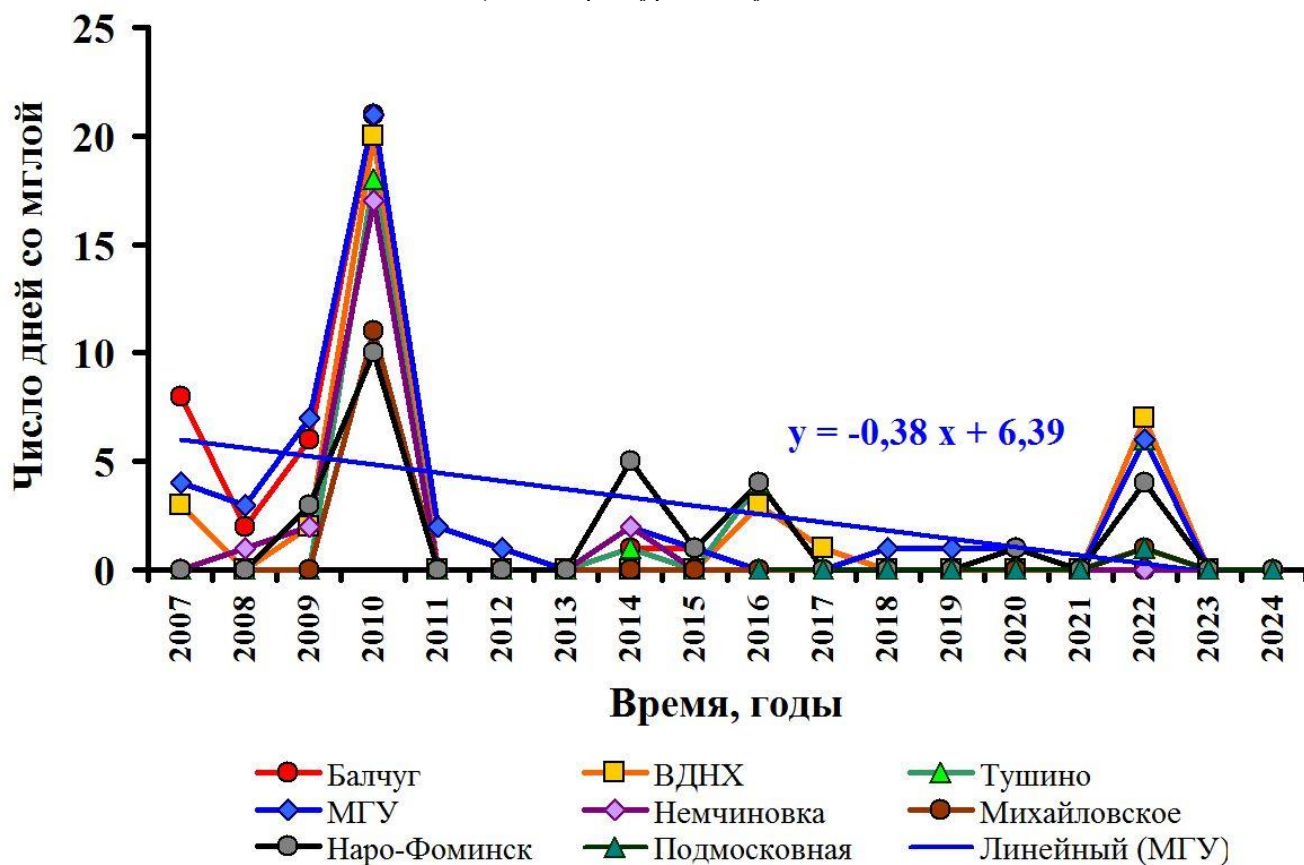
Метеорологические показатели в Москве и ближнем Подмоскowie по данным отдельных станций в среднем за последние годы.

	Балчуг	ВДНХ	Тушино	МГУ	Немчиновка	Михайловское	Наро-Фоминск
Температура воздуха, °С в среднем за 2009-2023гг.	8,0	6,8	6,5	6,9	6,6	5,9	6,0
Годовое количество осадков, мм в среднем за 2009-2023гг.	663	728	669	754	672	622	673
Скорость ветра, м/с в среднем за 2008-2024гг.	1,3	1,1	1,0	1,9*	2,1	2,3	2,3
Число дней с метелью в среднем за 2008-2023гг.	0,6	1,1	1,5	8,6	5,1	4,7	6,4
Число дней с туманом в среднем за 2008-2023гг.	1,9	2,7	3,7	5,1	6,1	37,5	24,3
Число дней со мглой в среднем за 2008-2023гг.	1,9	2,1	1,8	2,9	1,4	0,8	1,8
Число дней со снежным покровом в среднем за 2011-2021гг.	117	130	134	127	127	128	131

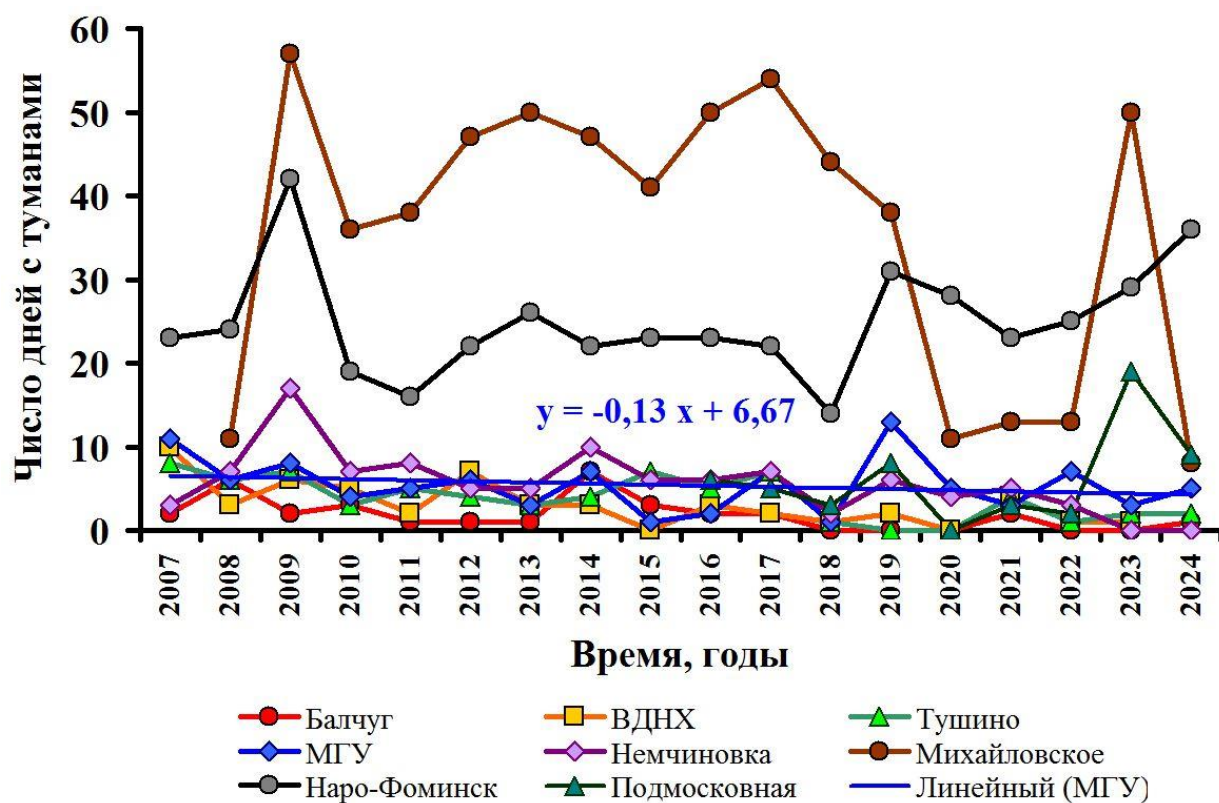
*Значение непоказательно из-за нестандартной в МО МГУ высоты установки прибора М63-М: 15 м.



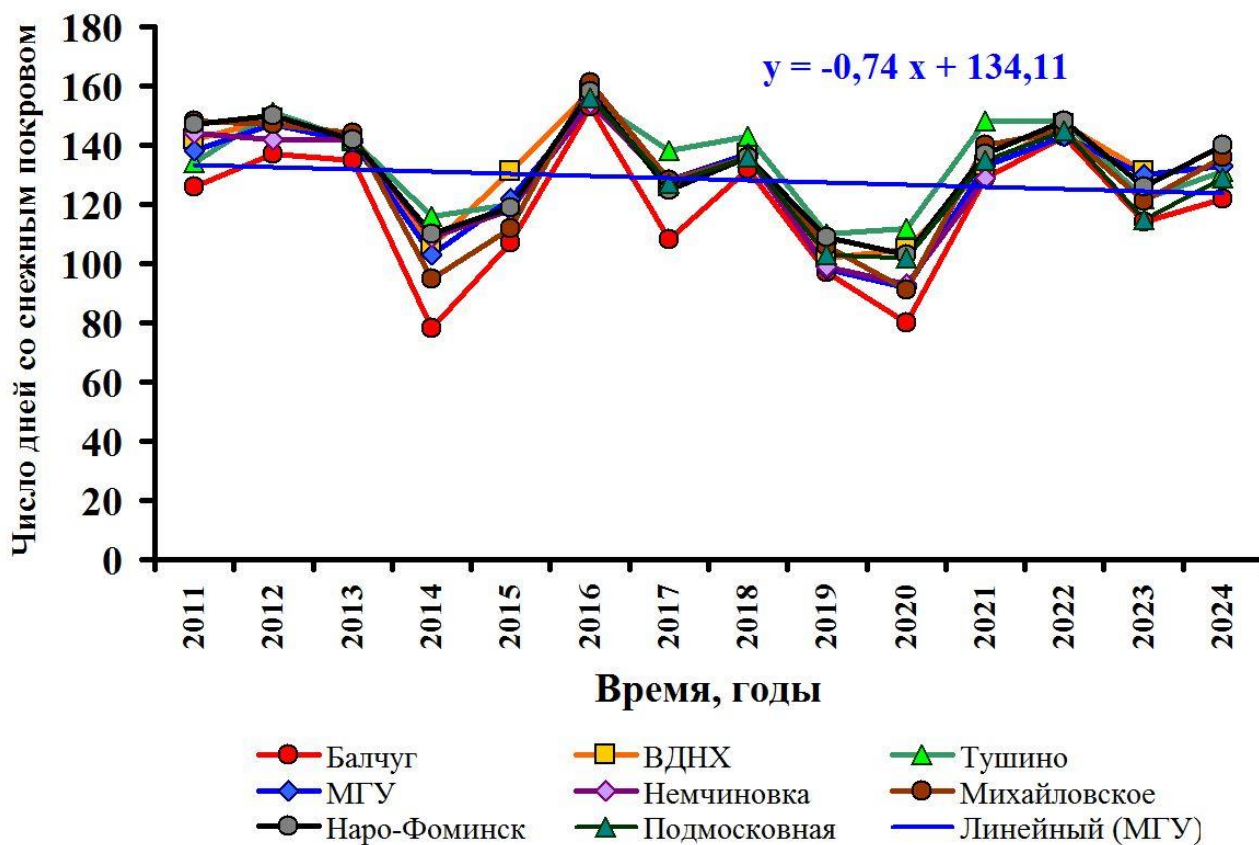
а) Температура воздуха;



б) Число дней со мглой;



в) Число дней с туманами;



г) Число дней со снежным покровом;

Рис.2. Многолетние изменения метеорологических показателей в Москве и ближнем Подмосковье.

4. Выводы.

1. Потепление климата Москвы, помимо роста температуры воздуха, поверхности и почвы на глубинах, проявляется также в сокращении времени залегания устойчивого снежного покрова, продолжительности и глубины промерзания грунта. Вместе с тем высота снежного покрова остаётся пока стабильной благодаря росту зимних осадков.

2. Городской «остров тепла» Москвы опосредованно проявляется в менее долгом залегании в центре города снежного покрова и в более редких в городе туманах по сравнению с сельской местностью.

3. Вследствие повышенной шероховатости в городе на высоте 10 м меньше скорость ветра и реже отмечаются метели.

Работа выполнена в рамках Госбюджетного задания «Погодные и климатические процессы различных пространственно-временных масштабов в условиях антропогенного воздействия» № 121051400081-7.

Литература

1. Афанасьев Н.П. Очерк метеорологических наблюдений и климатических условий Москвы. // М. Городская типография. 1896. 24 С.
2. Климат Москвы (особенности климата большого города). // Под ред. Дмитриева А.А. и Бессонова Н.П. Л. Гидрометеиздат. 1969. 324 С.
3. Климат, погода, экология Москвы. // Под редакцией Ф.Я. Клинова. Санкт-Петербург. Гидрометеиздат. 1995. 437 С.
4. Климатологический справочник СССР, выпуск 8, метеорологические данные за отдельные годы, часть 1 под редакцией П.Б. Шехтман. // Л. ГМИ. 1953; Горький. 1971.
5. Локощенко М.А. Изменения температуры воздуха в Москве в эпоху инструментальных измерений. // Метеорология и гидрология. 2024. № 9. С. 72-80.

6. Локощенко М.А., Енукова Е.А., Алексеева Л.И. О современных изменениях «острова тепла» Москвы. // Доклады РАН. Науки о Земле. 2023. Том 511. № 2. С. 243-253.
7. Спасский М.Ф. О климате Москвы. Критическое исследование М.Спасского. // М. В Университетской типографии. 1847. 270 С.
8. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ). Под ред. А.А.Исаева Том 1 и 2. // М. Изд. Московского университета. 2003; 2005.
9. Lokoshchenko M.A. Urban heat island and urban dry island in Moscow and their centennial changes. // Journal of Applied Meteorology and Climatology. 2017. Vol.56. No.10. P.2729–2745.

CURRENT CHANGES OF MOSCOW CLIMATE

М.А. Lokoshchenko M.A.¹

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography,
Department of Meteorology and Climatology, Moscow,
loko@geogr.msu.su

Summary: The characteristics of Moscow climate and its changes in the late 20th and early 21st centuries are discussed. Two climate norms for various meteorological parameters for Moscow are compared for the periods 1961-1990 and 1991-2020, based on long-term data from the Moscow State University Meteorological Observatory. A comparison of observation results for the main meteorological variables and dangerous weather phenomena at five Moscow and three nearest rural stations in Moscow region over the past 18 years is presented. Conclusions are drawn about the influence of a large city on the occurrence of key dangerous phenomena. The year-to-year trends of separate parameters in Moscow and the surrounding region are presented for the period 2007-2024.

Keywords: climate changes, climate norms, air temperature, urban 'heat island', dangerous meteorological phenomena.

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕГАПОЛИСЕ

Давыденко И.В.¹, Воропаев И.А.¹

¹Институт повышения квалификации
руководящих работников и специалистов

Аннотация: в настоящей статье представлен анализ существующих методик подготовки специалистов, проанализированы инновационные подходы к обучению, включая использование цифровых образовательных платформ, симуляторов и дистанционных курсов, способности к быстрой оценке данных и принятию решений в условиях неопределенности для формирования и устойчивого функционирования систем комплексного обеспечения гидрометеорологической безопасности.

Ключевые слова: гидрометеорология, прогнозирование, профессиональное образование.

В последние годы возрастающая урбанизация и изменение климата обусловили рост количества и масштабов гидрометеорологических рисков в мегаполисах. Дождевые паводки, сильные ветры, экстремальные температуры и загрязнение воздуха требуют нового подхода к обеспечению безопасности населения и инфраструктуры. В условиях сложных природных воздействий критически важно иметь систему, которая способна оперативно мониторить изменения и обеспечивать своевременное предупреждение и реагирование. Это напрямую связано с наличием квалифицированных кадров, обладающих как глубокими знаниями в гидрометеорологии, так и практическими навыками работы с современными технологиями наблюдения и анализа данных.

За последние годы в гидрометеорологической отрасли России организован ряд значимых мероприятий, направленных на сохранение и укрепление кадрового

потенциала в сложных условиях санкций и кадрового дефицита. Одним из ключевых стало проведение круглого стола «Как сохранить кадровый потенциал в гидрометеорологической отрасли в условиях санкций?» 20 апреля 2024 года в Общественной палате РФ. На данной площадке представители Росгидромета, государственных органов и научного сообщества обсуждали актуальные проблемы оттока специалистов, низкого уровня оплаты труда и предлагали комплексные меры её решения.

Активное участие в решении кадровых вопросов демонстрируют комитеты Государственной Думы и Министерство природных ресурсов и экологии. В частности, выездное заседание Комитета Госдумы по экологии проходило непосредственно на базе Росгидромета, где обсуждались вопросы сохранения коллектива и повышения заработной платы. Поддержку инициативам по улучшению условий работы и повышению престижа профессии выразил председатель Комитета Дмитрий Кобылкин, призвав к существенному увеличению оплаты труда сотрудников службы [9]. Совместные разработки Минприроды и Росгидромета направлены на представление предложений в Минфин с целью реализации системных мер, направленных на стабилизацию кадровой ситуации.

На государственном уровне поддержка кадрового потенциала получила важный импульс благодаря обращению Президента России Владимира Путина в Послании Федеральному собранию от 29 февраля 2024 года. В своей речи Президент подчёркнул первостепенное значение сохранения специалистов в гидрометеорологии и экологии и призвал к повышению заработных плат в этих сферах. Эти слова нашли отклик в экспертном сообществе, в частности среди представителей Общественного совета при Росгидромете, и укрепили политическую поддержку инициатив по развитию и удержанию кадров [3].

Для повышения устойчивости профессионального коллектива Росгидромета подписано отраслевое соглашение на 2024–2026 годы, регулирующее вопросы оплаты труда, социальных гарантий и условий работы сотрудников. Этот документ создает правовую основу для системного решения проблем,

возникших в отрасли и обеспечивает надёжный фундамент для реализации предложенных на различных площадках мер.

Особое значение имеет комплексный подход, основанный на интеграции науки и практики, который проявился в соответствующих научно-практических конференциях и круглых столах. [1, 4, 5]

В сложных условиях санкций Росгидромет продемонстрировал высокую эффективность и способность адаптироваться, в том числе благодаря именно кадрам, преданным своему делу по всей стране, что позволяет гарантировать непрерывное получение и обработку метеоданных, важных для стратегических отраслей экономики и национальной безопасности.

Для дальнейшей стабилизации ситуации важно поддерживать и расширять форматы диалога участников отраслевого сообщества, органов власти и научного сообщества. Необходимо продолжать разработку и реализацию программ по повышению заработных плат, улучшению условий труда и созданию механизмов профессионального роста и мотивации. Только системное и последовательное проведение таких мероприятий позволит обеспечить устойчивость кадрового потенциала, что жизненно необходимо для обеспечения комплексной гидрометеорологической безопасности мегаполисов и всей страны в целом.

Гидрометеорологическая безопасность мегаполисов представляет собой состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества и государства от воздействия опасных природных и гелиогеофизических явлений. К таким явлениям относятся циклоны, штормы, ураганы, грозовые шквалы, пылевые бури и другие проявления экстремальных погодных условий. Эти явления способны оказывать значительное влияние на функционирование городской инфраструктуры, безопасность дорожного движения, энергоснабжение, системы гражданской обороны и жизнеобеспечения населения.

Особую сложность создаёт специфика гидрометеорологических рисков в условиях крупных городов, где высокая плотность населения и концентрация

объектов различного назначения усиливают потенциальный ущерб от стихийных бедствий. Например, быстро возникающие ливневые паводки приводят к затоплению транспортных узлов и жилых районов, что вызывает перебои в работе служб экстренного реагирования и создаёт угрозу жизни и здоровью граждан. Ветровые и градовые бури могут повреждать здания и линии электропередач, ухудшая качество жизни в мегаполисах и приводя к значительным финансовым потерям [6].

В мегаполисах также наблюдаются выраженные мезоклиматические особенности, связанные с интенсивной урбанизацией и локальным изменением теплового баланса. Зоны активной конвекции, обусловленные разнообразием городского рельефа и распределением зеленых насаждений, влияют на формирование локальных шквалов и грозových фронтов, что усложняет задачи прогнозирования и управления рисками. Учёт этих факторов необходим для разработки эффективных мер предупреждения и реагирования, способных снизить воздействие опасных гидрометеорологических явлений на городскую среду [8].

Экономические последствия неблагоприятных погодных условий для мегаполисов растут с каждым годом. Ущерб от повреждения имущества, снижение производительности труда, увеличение затрат на восстановление инфраструктуры составляют значительную долю городских расходов [6].

Формирование устойчивой системы гидрометеорологической безопасности в мегаполисах включает создание и развитие специализированных метеорологических служб, предоставляющих достоверную информацию и оперативные предупреждения. В качестве примера — служба метеорологического мониторинга в Москве, которая интегрирует данные с различных источников, включая современные средства наблюдения и мониторинга, что позволяет значительно повысить точность и своевременность предупреждений для населения и служб реагирования.

В условиях роста численности населения и усложнения городской среды, а также с учетом усиливающихся климатических изменений, защищённость

мегаполисов от гидрометеорологических угроз становится приоритетной задачей. Для эффективного решения этих проблем необходимы высококвалифицированные специалисты, способные анализировать сложные метеорологические данные, разрабатывать превентивные меры и координировать действия различных служб. Их роль критична для обеспечения устойчивого развития города, поддержания безопасности граждан и минимизации ущерба от природных факторов [2, 5].

Гидрометеорологическая отрасль России в текущих условиях санкционного давления сталкивается с масштабными сложностями, которые затрагивают фундаментальные аспекты её функционирования. Запреты на доступ к международным метеорологическим данным, в первую очередь исходящие от Европейской организации по эксплуатации метеоспутников (EUMETSAT), привели к значительному ухудшению качества прогнозов. Отзыв лицензий и прекращение обмена данными лишили Россию информации с геостационарных спутников, что ограничило возможности получения актуальных наблюдений и затруднило своевременное предупреждение о погодных опасностях. Отсутствие глобальных данных, необходимых для полного охвата метеорологической обстановки, затрагивает не только качество прогнозов в масштабах мегаполисов, но и эффективность работы авиационного метеообеспечения, что весомо сказывается на безопасности воздушного транспорта.

Возникший дефицит данных заставил российских специалистов экстренно переориентироваться на развитие собственных ресурсов и технологий. Быстрая разработка национальной системы авиационного метеообеспечения, созданной за три дня после прекращения использования зарубежных авиационных метеоданных, стала ярким примером адаптации к новым вызовам. Параллельно ведётся активная работа по замещению устаревшего и вышедшего из строя импортного оборудования отечественными аналогами, создаваемыми российскими учёными и инженерами. Планируется довести долю отечественной техники до 50% в ближайшие 2–3 года, несмотря на существующие сложности,

вызванные ограничениями на доступ к оборудованию и комплектующим зарубежного производства [7].

Одновременно с этим ограничен доступ к современным вычислительным мощностям — нехватка современных суперкомпьютеров напрямую снижает качество численных моделей погоды, что ослабляет точность прогнозов. Санкции вызвали необходимость переключения с западных инвестиций и технологий на национальные ресурсы и партнёрские страны, в том числе за счёт углубления сотрудничества с Беларусью. Такая интеграция позволяет частично компенсировать утраченные возможности за счёт обмена данными и совместной разработки оборудования, что находит отражение в схожести погодных условий и времени их проявления в Москве и Минске [1].

Росгидромет сохраняет свою деятельность без существенных сбоев, обеспечивает информирование основных потребителей и предупреждение о феноменах экстремальной погоды, что подтверждает устойчивость государственной системы гидрометеорологической службы [1].

На нормативно-правовом уровне наблюдается активизация усилий по адаптации климатической политики под санкционные условия. В стране появляются новые акты и стандарты, направленные на снижение зависимости от иностранных технологий и стимулирование внутреннего научно-технического потенциала в области гидрометеорологии и климатического мониторинга. В результате происходит трансформация отрасли, связанная с возросшими внешними вызовами, но одновременно открывающая возможности для формирования более независимой и технологически зрелой системы.

Эти сложные внешние условия делают очевидным, что производство отечественных кадров в области гидрометеорологии приобретает дополнительное стратегическое значение. Разработка и внедрение национальных технических решений требует специалистов с глубокими знаниями, способных работать с новым оборудованием и программным обеспечением, проводить инновационные исследования и оптимизировать процессы прогнозирования в условиях ограниченного доступа к глобальным

данным. Таким образом, вызовы, возникающие из санкционного давления, стимулируют переосмысление и модернизацию образовательной системы, а также инициативы по развитию кадрового потенциала как неотъемлемой части стратегии адаптации гидрометеорологической службы.

Кадровый потенциал является фундаментальной основой обеспечения комплексной гидрометеорологической безопасности мегаполиса. Компетентные специалисты способны не только своевременно и точно анализировать быстроменяющиеся метеорологические данные, но и разрабатывать адаптивные меры по снижению рисков для городской инфраструктуры и населения. В свете растущих вызовов отрасли, возрастает необходимость удержания и развития кадрового потенциала и становится ключевым фактором устойчивости гидрометеорологической системы и надежности прогнозирования опасных явлений.

Признавая критическую важность кадрового ресурса, 20 апреля 2023 года в Москве прошёл круглый стол с участием представителей власти, научных и общественных организаций, на котором обсуждались возможности сохранения и развития гидрометеорологических кадров. Эксперты отметили ключевую роль повышения оплаты труда как эффективной меры для удержания профессионалов, подчёркивая, что решение кадровых проблем является стратегической задачей для всей отрасли [3, 4]. Также было выделено значение формирования мотивационных программ и создания привлекательных условий труда с целью привлечения и удержания молодых специалистов.

В рамках государственной политики реализуется национальный проект «Кадры» (2025 год), направленный на системное обеспечение экономики квалифицированными специалистами. Одно из важнейших направлений проекта – прогнозирование потребности в кадрах на пятилетний период и обеспечение бесплатного переобучения и дополнительной профессиональной подготовки. Это способствует формированию гибкого, адаптивного кадрового состава, способного оперативно реагировать на изменения отраслевой конъюнктуры и технологических требований. Включение гидрометеорологических

специальностей в данные программы обеспечивает базу для устойчивого развития соответствующих квалификаций.

Для повышения эффективности гидрометеорологической безопасности мегаполисов необходимо сконцентрировать усилия на проектировании образовательных программ, адаптированных к текущим вызовам и перспективам отрасли. В частности, следует интегрировать современные педагогические технологии, цифровые платформы, практические модули с учётом востребованных отраслевых компетенций.

Современные методы подготовки специалистов гидрометеорологии отражают потребность в гибком и качественном образовании, способном учитывать разнообразие профильных компетенций и динамические требования отрасли. Основу формирования кадрового ресурса составляют дистанционные онлайн-курсы, разработанные с учётом возможности совмещения учёбы с трудовой деятельностью. Такие программы охватывают широкий спектр направлений от базовой переподготовки (504 часа) до повышения квалификации продолжительностью от 40 часов, что позволяет оперативно обновлять профессиональные знания и навыки в соответствии с современными стандартами.

Одной из ключевых особенностей современных образовательных практик является многообразие форматов обучения. Помимо базовых онлайн-курсов, регулярно организуются открытые вебинары, мастер-классы и интенсивы, зачастую бесплатные, которые служат дополнительным ресурсом для повышения профессиональной подготовки и обмена опытом. Такая многопрофильная система обучения способствует формированию у специалистов способности быстро адаптироваться к новым задачам, актуализировать свои знания и расширять профессиональную компетентность. После завершения курсов слушатели получают и удостоверения, подтверждающие право на профессиональную деятельность в гидрометеорологии.

Современный подход к подготовке гидрометеорологических кадров предполагает не только передачу теоретических знаний, но и активное интегрирование практических компонентов с использованием цифровых платформ и интерактивных методов. В частности, применение специализированных симуляторов и кейс-методов помогает будущим специалистам отрабатывать алгоритмы обработки данных и принятия решений в условиях реального времени. Эти технологии повышают качество подготовки и обеспечивают готовность к работе с современным оборудованием и программным обеспечением [1].

Подготовка кадров осуществляется как для молодых специалистов с базовым высшим образованием, так и для опытных работников, нуждающихся в переподготовке или повышении квалификации. Такой системный подход к обучению позволяет формировать и обновлять кадровый потенциал в соответствии с вызовами, стоящими перед гидрометеорологической службой.

Таким образом, современные образовательные технологии и методики подготовки специалистов гидрометеорологии располагают широкими возможностями для формирования квалифицированных кадров, готовых эффективно работать в сложных условиях современного мегаполиса.

Регулярное проведение специализированных научно-практических конференций, организованных НИУ Росгидромета и подведомственными учреждениями, играет роль площадок для обмена опытом, обсуждения актуальных трудностей и выработки стратегий дальнейшего развития кадрового состава. Эти мероприятия объединяют представителей образовательных, научных и производственных структур, что способствует комплексному учёту интересов и потребностей отрасли при планировании образовательных мероприятий и программ [4].

Несмотря на достигнутый прогресс, для эффективного развития гидрометеорологического образования в перспективе необходимо расширять применение цифровых инструментов, усиливать междисциплинарную подготовку и внедрять адаптивные образовательные модели.

Государственная стратегия до 2030 года предусматривает стимулирование инноваций и активное внедрение результатов исследований в практику. Это выражается в создании механизмов финансирования целевых научно-прикладных проектов, направленных на совершенствование методов прогноза и мониторинга погодных явлений, а также в интегрировании новых технологий в систему управления городским хозяйством. В итоге достигается повышение эффективности предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с гидрометеорологическими рисками [3, 4].

Постоянное взаимодействие научных коллективов с профильными службами происходит через регулярные конференции и съезды, где обсуждаются актуальные проблемы отрасли, изменения законодательства и новые методики мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и экстремальных погодных явлений. Эти площадки способствуют консолидации научно-технического и производственного потенциала, расширяют возможности для обмена опытом и коллективного поиска решений сложных задач гидрометеорологической безопасности мегаполисов [5].

В качестве примеров успешного сотрудничества можно привести проекты Росгидромета и научных институтов по внедрению систем цифрового мониторинга погодных условий в мегаполисах, которые способствуют своевременному информированию служб экстренного реагирования [5].

Таким образом, интеграция науки и практической работы в гидрометеорологии формирует эффективную платформу для комплексной безопасности мегаполисов, способствуя своевременному выявлению и нейтрализации угроз, а также поддержанию устойчивого развития городской инфраструктуры и здоровья населения. Постоянное развитие этой связи является залогом адаптации к меняющимся климатическим условиям и усиления защитных мер в условиях современных вызовов отрасли [1–5].

В ходе проведённого исследования выявлена острая необходимость комплексного подхода к обеспечению гидрометеорологической безопасности мегаполисов, в основе которого лежит развитие и поддержание высокого

кадрового потенциала отрасли. Современные вызовы, усилившиеся под воздействием международных санкций, поставили перед российской гидрометеорологической службой задачи по адаптации технологических и организационных процессов, что возможно лишь при наличии квалифицированных кадров, способных эффективно управлять ресурсами и оперативно реагировать на динамичные климатические условия.

Библиография

1. Истомин Е.П., Тимофеева А.Г., Фокичева А.А., Подгайский Э.В., Слесарева Л.С. Подготовка кадров для национальной гидрометеорологической службы в современных условиях. Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. №2(16), 2015, с.41-44.
2. Акселерационная программа «Гидромет» — Образование на vc.ru [Электронный ресурс] // vc.ru - Режим доступа: <https://vc.ru/education/1556490-akseleracionnaya-programma-gidromet>, свободный. - Загл. с экрана
3. Послание Президента Российской Федерации от 29.02.2024 г. б/н [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50431>
4. Васильев Л.Ю. III Всероссийская научно-практическая конференция «Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии: научное и кадровое обеспечение» Гидрометеорология и образование, №1 2023 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ihaxvt>
5. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие России. Журнал «Право и безопасность» № 1-2 (22-23), 2007 [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://dpr.ru/pravo/pravo_20_2.htm
6. Обеспечение устойчивого развития региона с учетом гидрометеорологической безопасности Диссертация [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/obespechenie-ustoichivogo-razvitiya-regiona-s-uchetom-gidrometeorologicheskoi-bezopasnosti>

7. Тест выступления Д. Кобылкина в Комитете по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды ГД ФС РФ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://duma.gov.ru/news/56612/>
8. Борисенко Е.Ю., Бархатова О.А. Интеграция содержания учебных дисциплин при подготовке студентов направления «Гидрометеорология» по гидрологическому прогнозированию // Международный научно-исследовательский журнал. №3-3 (105) 2021. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-soderzhaniya-uchebnyh-disciplin-pri-podgotovke-studentov-napravleniya-gidrometeorologiya-po-gidrologicheskomu>
9. Материалы заседания Общественного совета при Росгидромете. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.oprf.ru/news/sostoyalos-pervoe-zasedanie-obshchestvennogo-soveta-pri-rosgidromete>
10. По велению погоды: зачем мегаполису собственная метеослужба [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://realty.ria.ru/20231026/meteosluzhba-1904039601.html>, свободный. - Загл. с экрана

COMPLEX ENSURING HYDROMETEOROLOGICAL SAFETY IN MEGAPOLIS

Davydenko I.V.¹, Voropaev I.A.¹

¹Institute of Advanced Training for Managers and Specialists

Abstract: the present article presents an analysis of the existing methods of training specialists, analyzed innovative approaches to training, including the use of digital educational platforms, simulators and distance courses, the ability to quickly evaluate data and make decisions in conditions of uncertainty.

Keywords: hydrometeorology, forecasting, and professional education.

ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Е.А Жарков

Казанский федеральный университет, институт экологии, биотехнологии и
природопользования, Казань,

zarik2006@bk.ru

Аннотация: Частота опасных метеорологических явлений в Чувашии сказывается на основных экономических отраслях региона: сельском хозяйстве, энергетике, транспорте и жилищно-коммунальном хозяйстве. К примеру, в июле 2023 года из-за почвенной засухи в республике пострадали посевы 44-х сельскохозяйственных компаний, сумма их ущерба составила более 211,2 млн рублей [1].

Объектом исследования являются опасные гидрометеорологические явления в Чувашской Республике.

Методологическую основу исследования составили общенаучные методы индукции, дедукции, синтеза, а также методы толкования, системно-структурного анализа, сравнительного анализа и контент-анализа, а также моделирования.

Ключевые слова: гидрометеорологические явления, Чувашская Республика, климатические изменения, температура воздуха, экстремальные погодные условия, аномальная жара, засухи, заморозки, метеорологические явления, паводки

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проблема изменения климатических условий под воздействием антропогенных факторов является одной из самых острых в современном обществе. Это связано с тем, что усиливаются климатическая экстремальность и частота опасных метеорологических явлений, которые зачастую приводят к природным

катастрофам. Уже сегодня многие регионы России все чаще сталкиваются с последствиями климатических изменений, и именно опасные метеорологические явления становятся одним из ключевых факторов риска для населения, инфраструктуры и социально-экономического развития территорий. Например, в Чувашской Республике отмечается рост таких опасных гидрометеорологических явлений, как усиленный ветер, резкие температурные колебания, засухи и паводки. Об этом говорят статистические данные: зимой 2015-2016 года в Чебоксарах средняя температура составила $-6,2^{\circ}\text{C}$, что на $4,7^{\circ}\text{C}$ выше нормы для 1990 г. Более того, в октябре 2025 года было объявлено «жёлтое» предупреждение о погодной опасности из-за сильного ветра [2].

Чувашская Республика расположена на востоке Восточно-Европейской равнины, преимущественно на правобережье Волги, между её притоками Сурой и Свиягой. Территория - 18,3 тыс. км². Рельеф Республики равнинный, сильно расчлененный оврагами и балками. На правобережье расположена Приволжская возвышенность. Левобережное Заволжье – низменная равнина с болотами и торфяниками. Почвенные и агроклиматические условия благоприятны для земледелия. Леса занимают треть территории республики. Основные лесные массивы расположены в Присурье и Заволжье. В основном это хвойные и смешанные леса, а также нагорные дубравы, боровое красное лесье. Природные ресурсы Чувашии включают в себя минерально-сырьевую базу, представленную неметаллическими полезными ископаемыми (торф, пески, глина, карбонаты, горючие сланцы). Основная, правобережная, территория Чувашии расположена в лесостепной зоне с умеренно континентальным климатом. Почвы – серые лесные и выщелоченные черноземы.

Для Чувашии характерен умеренно-континентальный климат с отчётливо выраженной сезонностью. Средняя температура января составляет около -13°C , а июля — примерно 19°C . Годовое количество осадков находится в пределах 450–500 мм. Толщина снежного покрова варьирует от 30 до 80 см, при этом в весенне-летний период нередко наблюдаются засушливые явления.

Для региона также характерна относительно высокая средняя скорость ветра — около 4,5 м/с. За последние три десятилетия на территории Чувашской Республики наибольший ущерб причиняли опасные гидрометеорологические явления, связанные с изменением температур, количества осадков и скорости ветра, а также многое другое [3].

Например, весной, в период активного снеготаяния, на реках региона формируется половодье, которое нередко сопровождается паводками. Наиболее часто такие явления наблюдаются в марте–апреле. Кроме того, паводки могут быть обусловлены дождевыми наводнениями, возникающими вследствие интенсивных проливных осадков. Подобные наводнения приводят к подтоплению пониженных участков рельефа, размыву дорожного полотна, а также к повреждению мостов и жилых зданий.

Практически каждую весну в Чувашской Республике фиксируется повышение уровня воды в водотоках. Тем не менее масштабные, катастрофические наводнения случаются сравнительно редко, что обусловлено наличием и эффективной работой гидротехнических сооружений. Так, весенний паводок 2024 года прошёл без серьёзных последствий: локальные подтопления были оперативно ликвидированы соответствующими службами. В 2025 году и вовсе прогнозировалось минимальное половодье ввиду недостаточного запаса снега в зимний период.

В 2024 году в республике началось половодье на 15–20 дней раньше обычного. В нескольких районах: Яльчикский, Батыревский, Канашский, Мариинско-Посадский талая вода подтопила улицы. Так, в деревне Туруново вода поднялась до пояса, затопив подвалы домов — были испорчены запасы продовольствия, утонул домашний скот. Введен режим повышенной готовности, сформированы оперативные группы реагирования. Благодаря расчистке водоотводов и дамб ситуацию удалось стабилизировать, эвакуация жителей не потребовалась [4].

Ещё одним значимым опасным метеорологическим явлением для Чувашской Республики является засуха, возникающая при длительном отсутствии осадков и аномально высоких летних температурах. Принято выделять атмосферную и

почвенную засухи, каждая из которых по-своему негативно влияет на природные и хозяйственные системы. Засушливые периоды приводят к гибели сельскохозяйственных культур, деградации пастбищ, а также существенно повышают риск возникновения лесных и торфяных пожаров.

За последние пятнадцать лет в республике минимум трижды фиксировались значительные засухи, влекшие за собой введение режима чрезвычайной ситуации — в 2010, 2013 и 2021 годах. Наиболее масштабной стала засуха 2010 года, затронувшая практически всё Поволжье.

В 2013 году засуха также привела к введению ЧС: существенные потери понесли сельхозпредприятия 13 районов Чувашии, где погибло 36,5 тыс. га посевов. Предварительный ущерб был оценён примерно в 1 млрд рублей; потери урожая составили около 80 тыс. тонн зерна и до 130 тыс. тонн картофеля.

Более недавний пример — засуха 2021 года, затронувшая восемь районов республики. В результате погиб урожай на площади 8,1 тыс. га, в регионе был введён режим ЧС сроком на месяц, а ущерб оценён в 172 млн рублей [5].

Аномальная жара представляет собой период, когда среднесуточная температура воздуха превышает климатическую норму на 7–10 °С. В Чувашской Республике такие эпизоды характерны главным образом для летних месяцев, чаще всего июля. Жара нередко сопровождает засушливые периоды, однако способна возникать и при наличии осадков. Основными синоптическими причинами являются распространение сухих антициклонов и поступление раскалиённых масс воздуха с территории Средней Азии.

Если ранее столь выраженные температурные аномалии отмечались эпизодически, то в последние десятилетия они фиксируются всё чаще. Наиболее известным случаем стало лето 2010 года, когда были установлены рекордные значения температуры. Жаркие волны также наблюдались в 2016, 2018 и 2021 годах, при этом нередко вводятся повышенные уровни погодной опасности.

Экстремально низкие температуры, или сильные морозы, возникают преимущественно зимой при вторжении арктических воздушных масс. Абсолютные минимумы температуры в Чувашии достигают –35...–40 °С, хотя

за последние 10–15 лет такие значения стали встречаться гораздо реже [6]. Морозы считаются опасными, когда температура значительно отклоняется в сторону понижения от климатической нормы. Их последствия включают повышенную нагрузку на энергосистемы и отопительные сети, замерзание водопроводных коммуникаций, а также риск обморожений у населения. Наиболее уязвимыми оказываются транспортная инфраструктура и объекты жилищно-коммунального хозяйства.

Кратковременные периоды сильных морозов отмечаются в Чувашской Республике практически каждую зиму, преимущественно в январе или начале февраля. Несмотря на общую тенденцию к смягчению климатических условий в холодный период года, эпизоды аномально низких температур продолжают фиксироваться. Так, в начале декабря 2023 года температура опускалась на 9–14 °С ниже климатической нормы, что соответствовало «жёлтому» уровню погодной опасности.

За последние десять лет наиболее холодными считаются зимы 2012/2013 и 2016/2017 годов, а также отдельные дни зимних сезонов 2021 и 2023 годов, когда наблюдались наиболее значительные отклонения температуры от климатических значений.

В начале зимы 2023 установились аномальные морозы: среднесуточная температура оказалась на 9–14 °С ниже нормы. Был экстренно создан штаб по контролю за системами жизнеобеспечения в кризисных условиях. Морозы проверили на прочность коммунальные службы – к счастью, за период холодов не зафиксировано серьезных аварий в энергосетях и ЖКХ. Дорожные службы задействовали до 259 единиц снегоуборочной техники для обеспечения проезда по обледенелым дорогам. После 10 декабря морозы отступили, и ситуация нормализовалась [7].

К агрометеорологическим опасным явлениям относят погодные аномалии, которые напрямую воздействуют на сельскохозяйственные культуры и аграрный сектор в целом. Для Чувашской Республики наибольшей наиболее актуальной проблемой является почвенная засуха: длительный дефицит влаги в

корнеобитаемом слое, переувлажнение почвы в период вегетации или уборки, заморозки. Эти явления способны вызывать значительное снижение урожайности, гибель озимых и яровых культур, ухудшение качества сельскохозяйственной продукции и, как следствие, экономические потери.

Например, лето 2017 года выдалось очень дождливым и холодным, из-этого посев начался с двухнедельным опозданием, а кормозаготовка в июне буксовала на размокших полях. Власти Чувашии также отметили, что в отдельных районах запас влаги в почве превышает нормативные значения в 4-5 раз. Из-за низкой температуры и обильных осадков, сев яровых культур в республике начался на две недели позже и завершился к середине июня. Продолжительные дожди в июне и первой половине июля препятствуют заготовке кормов. Ориентировочные потери урожая зерновых в Чувашии могут составить 20-25 тыс. тонн, картофеля - 30-35 тыс. тонн. Ущерб, по предварительным данным, может составить около 500 млн рублей [8].

В заключение можно сделать вывод, что изучение опасных гидрометеорологических явлений является необходимым этапом в формировании климатической безопасности Чувашии, так как регион часто подвергается опасным метеорологическим явлениям, которые можно снизить за счет мониторинга и грамотного планирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В Чувашии введен режим ЧС из-за почвенной засухи // Интерфакс. 2023. URL: <https://www.interfax.ru/russia/911691> (дата обращения: 15.10.2025).
2. Зима в Чувашии оказалась одной из самых теплых и влажных // Погода в Чувашии. 2016. URL: <https://pogoda21.ru/news.php?shownews=199548> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Соколов Ю. И. Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. 2018. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riski-ekstremalnyh-pogodnyh-yavleniy> (дата обращения: 15.11.2025).

4. В Чувашии обсудят раннее половодье в прямом эфире // Знамя Труда. — 26 февр. 2024. — URL: <https://znamya-truda.ru/mainnews/chuvashia/65143-v-chuvashii-obsudyat-rannee-polovode-v-pryamom-efire/> (дата обращения: 15.10.2025).
5. «Большая вода» угрожает сразу нескольким муниципалитетам Чувашии // Национальная телерадиокомпания Чувашии. 2025. URL: <https://www.ntvk21.ru/news/большая-вода-угрожает-сразу-нескольким-муниципалитетам-чувашии/> (дата обращения: 15.10.2025).
6. Погода в Чувашии. Минус 35. В Чувашии ожидаются рекордные почти за 100 лет морозы // Погода в Чувашии. 2021. URL: <https://pogoda21.ru/news.php?shownews=254567> (дата обращения: 15.10.2025).
7. Версия Чувашия. Аномальные морозы проверили на прочность службы Чувашии // Версия Чувашия. — 8 дек. 2023. URL: <https://ch.versia.ru/anomalnye-morozy-proverili-na-prochnost-sluzhby-chuvashii#> (дата обращения: 15.10.2025).
8. DairyNews.ru. В Чувашии ввели режим ЧС из-за переувлажнения почвы // DairyNews.ru. 2017. URL: <https://dairynews.ru/news/v-chuvashii-vveli-rezhim-chs-iz-za-pereuvlazhneniya>. (дата обращения: 15.10.2025).

DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL EVENTS IN THE TERRITORY OF THE CHUVASH REPUBLIC

E.A Zharkov

Kazan Federal University, Institute of Ecology, Biotechnology and Environmental
Management, Kazan, zarik2006@bk.ru

Abstract: The frequency of dangerous meteorological phenomena in Chuvashia affects the main economic sectors of the region: agriculture, energy, transport, and housing and communal services. For example, in July 2023, due to soil drought, the crops of

44 agricultural companies were affected in the republic, and the amount of their damage amounted to more than 211.2 million rubles [1].

The object of the study is dangerous hydrometeorological phenomena in the Chuvash Republic.

The methodological basis of the study was formed by general scientific methods of induction, deduction, synthesis, as well as methods of interpretation, system-structural analysis, comparative analysis and content analysis, as well as modeling.

Keywords: hydrometeorological phenomena, Chuvash Republic, climate change, temperature.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

К.В. Климова¹, Д.Ю. Осин¹,

¹ Российский государственный аграрный университет - МСХА имени

К.А. Тимирязева, Москва, klimovaksenia08@gmail.com

Аннотация: статья посвящена исследованию влияния погоды на здоровье людей разных возрастов, так называемой метеозависимости.

Ключевые слова: метеотропность, погода, давление, здоровье.

Актуальность

Окружающая нас природная среда является источником множества непрерывно действующих метеорологических колебаний. По интенсивности ответных реакций на этот природный стресс-фактор можно судить об индивидуальных особенностях организма и его состоянии. Под метеотропностью понимается свойство живых организмов реагировать на воздействие погодно-климатических условий. У человека она проявляется, как правило, в психэмоциональных реакциях на погоду, перемену климата, в аномальном изменении физиологических процессов в организме, приводящих к ухудшению самочувствия, возникновению клинических расстройств, обострению текущей болезни и даже смерти [1].

Сегодня проблема метеозависимости приобретает все большую актуальность по ряду причин. Глобальное потепление приводит к увеличению частоты и интенсивности резких перепадов температур, магнитных бурь, неблагоприятных погодных факторов. Эти изменения создают более значительную нагрузку на адаптивные системы организма, особенно у людей с ослабленным здоровьем. Также, эта тема актуальна из за увеличения числа людей с хроническими заболеваниями: число таких заболеваний делает людей более уязвимыми к

влиянию погоды. Для таких людей погодные изменения часто становятся триггером обострений.

Развитие неблагоприятных реакций на погодные условия зависит от степени метеочувствительности человека, изменяющейся не только в разные периоды его жизни, но и в течение нескольких дней и даже часов. Поэтому такие метеореакции могут не возникать в начале изменения погоды, а проявляться выраженными симптомами в период нормализации происшедших сдвигов в атмосферном давлении, влажности и т.д. [2]. Метеозависимость может проявляться головными болями, болями в суставах, нарушениями сна, снижением концентрации внимания, повышенной утомляемостью и раздражительностью. Это приводит к снижению работоспособности, ухудшению настроения и общему снижению качества жизни людей. В особенности, современный ритм жизни, высокий уровень стресса, недостаток сна, неправильное питание ослабляют иммунитет и снижают общую устойчивость организма к внешним факторам, включая погоду.

Объекты и методы исследования

Основой для исследования послужили измерения артериального давления людей разной возрастной и весовой категории. Также был проведен опрос среди людей, по результатам которого можно сделать вывод о возрасте и состоянии здоровья более подверженных метеозависимости людей.

Согласно исследованию [1], наиболее сильные метеотропные реакции проявляются у метеочувствительных больных с заболеваниями органов кровообращения – инфаркте миокарда, стенокардии, гипертонии, атеросклерозе сосудов головного мозга, церебральном атеросклерозе. При этом в некоторых случаях процент совпадений обострений с неблагоприятными типами погод достигает 95%.

На протяжении 2022-2023 гг. было проведено собственное экспериментальное исследование влияния погодных факторов на здоровье человека. Для проведения анализа было отобрано несколько человек разного возраста. На протяжении трех

сезонов года (осень, зима, весна) у этих людей измерялось артериальное давление и отмечались симптомы недомогания, а также измерялось атмосферное давление, чтобы выявить закономерность влияния данного показателя на здоровье человека.

В конце полученных измерений был проведен опрос 50 человек, включавших в себя 30 подростков, 10 взрослых и 10 пожилых. Опрос включал в себя 10 вопросов: о возрастной группе, об общем самочувствии и о симптомах, если таковые имелись. На основании этого опроса было выявлено процентное соотношение метеотропных людей.

Обсуждение результатов

Проведенное исследование показало, что осенью при повышенном атмосферном давлении (выше 1013 гПа) у человека подросткового возраста артериальное давление не изменялось, у человека среднего возраста давление было повышенным, но симптомов метеозависимости не было, а у человека пожилого возраста давление было повышенным и болела голова. При нормальном атмосферном давлении (1013 гПа): у подростка артериальное давление было пониженным, а у взрослого и пожилого давление было повышенным. Симптомов у всей выборки людей не выявлялось. При пониженном атмосферном давлении (ниже 1013 гПа) у всех артериальное давление было нормальное (в среднем 118/76). Только у пожилого болела голова.

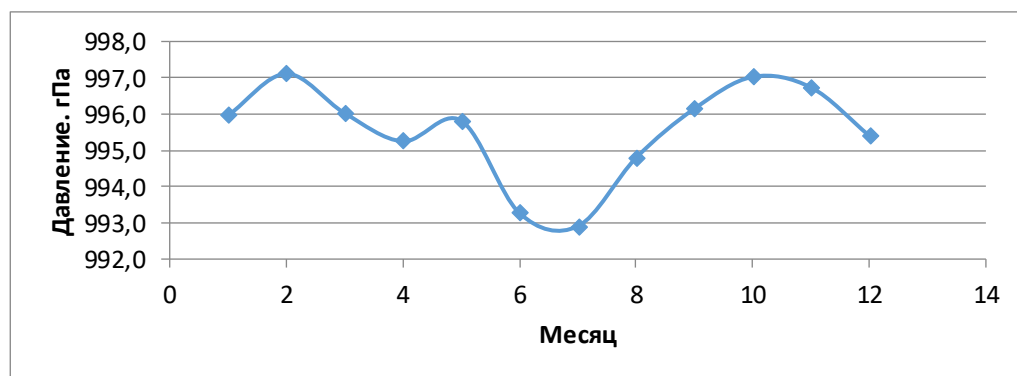


Рис.1 График изменения средних значений атмосферного давления по данным метеорологической обсерватории им. Михельсона

Зимой при повышенном атмосферном давлении у подростка давление было нормальное, а у взрослого и пожилого можно выявить закономерность: когда атмосферное давление было очень повышенным (1039 гПа) и шло на понижение, у взрослого давление понижалось, а у пожилого, наоборот, повышалось. Симптомов всей выборки людей не было. При нормальном атмосферном давлении артериальное давление у всех было нормальное, и симптомов ни у кого не было. При пониженном атмосферном давлении у подростка давление было пониженное, у взрослого нормальное, и пожилого повышенное. Чаще всего болела голова у людей старшего возраста.

Весной при нормальном атмосферном давлении давление артериальное у подростка и взрослого было пониженное, а у пожилого давление было нормальное. При пониженном атмосферном давлении артериальное давление у всех было нормальное. У всей выборки симптомов не выявлялось.

По результатам опроса можно сделать заключение, что больше всего взрослые и пожилые люди подвержены метеозависимости (рис.2). Из числа подростков только несколько человек считают себя зависимыми от погоды.

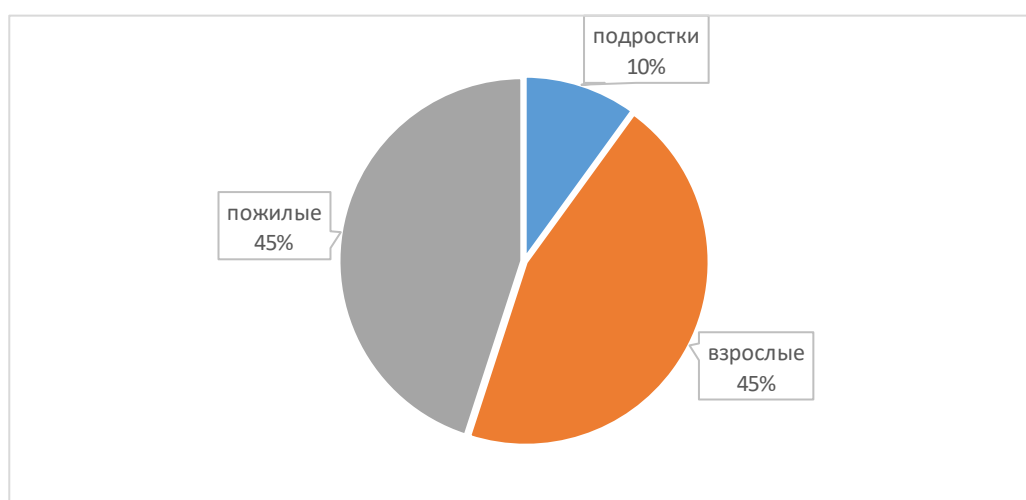


Рис. 2 Возрастная подверженность метеозависимости

Выводы

С помощью методов статистического анализа получены результаты, которые позволяют нам утверждать, что существует большой процент метеотропных людей. Среди этих людей больше всего подвержены люди более взрослого возраста, нежели дети и подростки. На основе этого можно сделать вывод, что наиболее уязвимы люди с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы (гипертония, атеросклероз). Также остро на погоду реагируют те, кто страдает от болезней суставов (артриты, артрозы); и люди с заболеваниями дыхательных путей. Помимо состояния здоровья, степень метеотропности зависит от возраста и восприимчивости организма. Не существует однозначных месяцев, которые считаются периодом наибольшей метеотропности людей, так как влияние погодных условий на самочувствие людей индивидуально и зависит от многих факторов.

Литература

1. Исаев А.А. Экологическая климатология. 2-е изд. – М.: Научный мир, 2003. С.84-89
2. Навигатор московского здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://navigator.mosgorzdrav.ru/article/meteotropnost-pozhilykh-lyudey/#item-1> – Метеотропность пожилых людей.

INFLUENCE OF WEATHER AND CLIMATIC FACTORS ON HUMAN HEALTH

K.V. Klimova¹, D.Y. Osin¹

¹ Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, klimovaksenia08@gmail.com

Abstract: This article examines the impact of weather on the health of people of different ages, a phenomenon known as meteosensitivity.

Keywords: meteotropy, weather, pressure, health.

АНОМАЛИИ ОБЛАЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЛЕТОМ В 2025 ГОДУ

Р.В. Володин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации – Мировой центр данных,
Обнинск, rvolodin@meteo.ru

Аннотация: в статье приведена оценка облачного покрова на территории Российской Федерации летом в 2025 году. Приведены аномалии сезонного балла общей и нижней облачности, аномалии числа пасмурных дней по общей и нижней облачности. Представлены коэффициенты линейного тренда среднего балла и числа пасмурных дней общей и нижней облачности.

Ключевые слова: средний балл, облачность, число дней, коэффициент линейного тренда.

Актуальность

В условиях глобального изменения климата наблюдается усиление экстремальных погодных явлений, изменения циркуляционных процессов в атмосфере и, как следствие, трансформация облачного покрова. Анализ облачного покрова особенно важен, поскольку он позволяет выявить текущие тенденции и аномалии, сопоставимые с долгосрочными климатическими нормами.

Объект и методы исследования

Анализ характеристик облачности проведен на основе данных архива Госфонда и данных оперативного потока, поступающих по каналам связи в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» с метеорологических станций. Расчет изменений характеристик облачности проводился по данным в точке и по рядам средних для 9 квази-однородных климатических регионов характеристик [1]. Средние

для регионов значения характеристик получены следующим способом. Аномалии на метеостанциях арифметически осреднялись по квадратам сетки ($1^{\circ}\text{N} \times 2^{\circ}\text{E}$), а затем с весовыми коэффициентами в зависимости от широты квадрата проводилось осреднение по квази-однородным регионам и территории России. Использованы нормы характеристик облачности за период с 1991-2020 гг. Анализировались характеристики по общей облачности и облачности нижнего яруса. Общая облачность - общее количество облаков, покрывающих небосвод, без подразделения по высотам, включая нижнюю облачность [2].

К облакам нижнего яруса относятся облака с нижней границей ниже 2 км: слоистые (St), слоисто-кучевые (Sc), плоские кучевые (C_{uhum}). К облакам нижнего яруса также относятся облака, занимающие по вертикали несколько ярусов, но нижняя граница которых лежит в нижнем ярусе (C_{umed}, C_{ucing}, C_b) [3].

Пасмурным состоянием неба называются те случаи, когда облачность покрывала 80 – 100% небосвода, или 8 – 10 баллов [4].

На рисунке 1 показано распределение аномалий среднего балла общей и нижней облачности на территории России за летний период в 2025 году. Положительные аномалии, как по общей так и по нижней облачности преобладали на большей части страны. Максимальные положительные значения общей облачности отмечались на территории Хабаровского края, Еврейской АО, Амурской области. Малооблачная погода наблюдалась на территории первого и второго квази-однородных регионов, а также черноморском побережье.

Летом на большей части Красноярского края средний балл общей облачности оказался ниже климатической нормы, что обусловлено уменьшением облаков верхнего и среднего яруса, так как облаков нижнего яруса летом было чуть выше нормы.

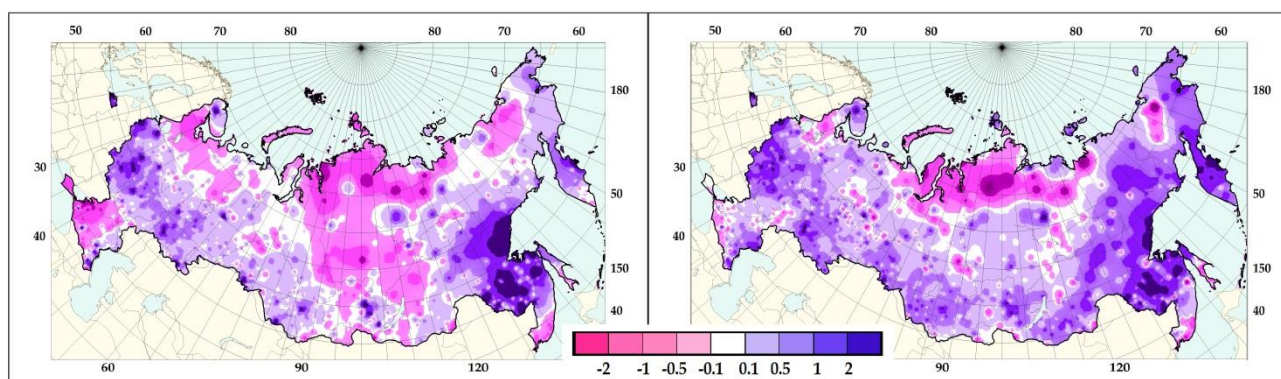


Рис. 1. Аномалии сезонного балла общей (слева) и нижней (справа) облачности на территории России в 2025 году

На рисунке 2 показано пространственное распределение аномалий числа пасмурных (8-10 баллов) дней по общей и нижней облачности. Максимальное увеличение числа пасмурных дней по общей облачности отмечалось на территории Якутии и Чукотского АО. Максимальные положительные аномалии числа пасмурных дней по нижней облачности наблюдались только на территории Камчатского края. Сокращение числа пасмурных дней как по общей так и по нижней облачности в летний период наблюдалось на территории Приморского края, на севере – северо-западе Якутии, Красноярского края, Ямало-Ненецкого АО, Югры, Республики Карелия, а также юга европейской части России. В целом, на большей территории Российской Федерации значение аномалии числа пасмурных дней незначительно отклонялось от нормы.

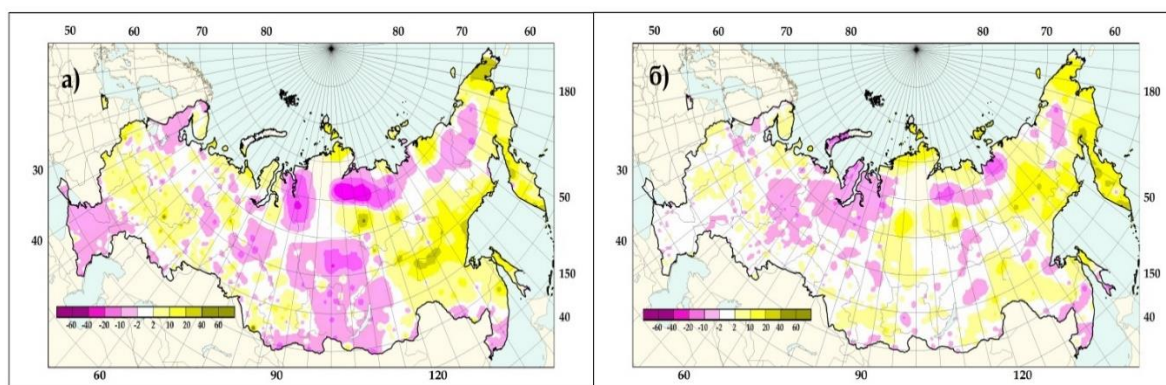


Рис. 2. Аномалии числа пасмурных дней по общей (а) и нижней (б) облачности на территории России летом в 2025 году

Тенденции изменения характеристик облачности. На рисунке 3 представлено распределение оценок тренда среднего балла по общей и нижней облачности в летний период. Максимальный коэффициент линейного тренда среднего балла общей облачности наблюдался на территории Хабаровского края и составляет 2,7 балла/10 лет. Отрицательный рост в летний период характерен для всей территории европейской части России в среднем варьируется от -0,5 до -1,2 балла/10 лет. В то же время над Восточной Сибирью и Дальним Востоком России отмечается статистически значимый рост общей облачности. Также можно увидеть большое количество «белых» областей это говорит о том, что на достаточно большой территории средний балл общей облачности остается неизменным.

Обращая внимание на распределение оценки тренда среднего балла нижней облачности, можно увидеть положительную динамику на большей территории России от Восточной Сибири до Дальнего востока коэффициент линейного тренда находится в пределах от 0,3 до 0,9 балла/10 лет. На территории Европейской части России заметно как снижение, так и сохранение значения среднего балла нижней облачности на прежнем уровне.

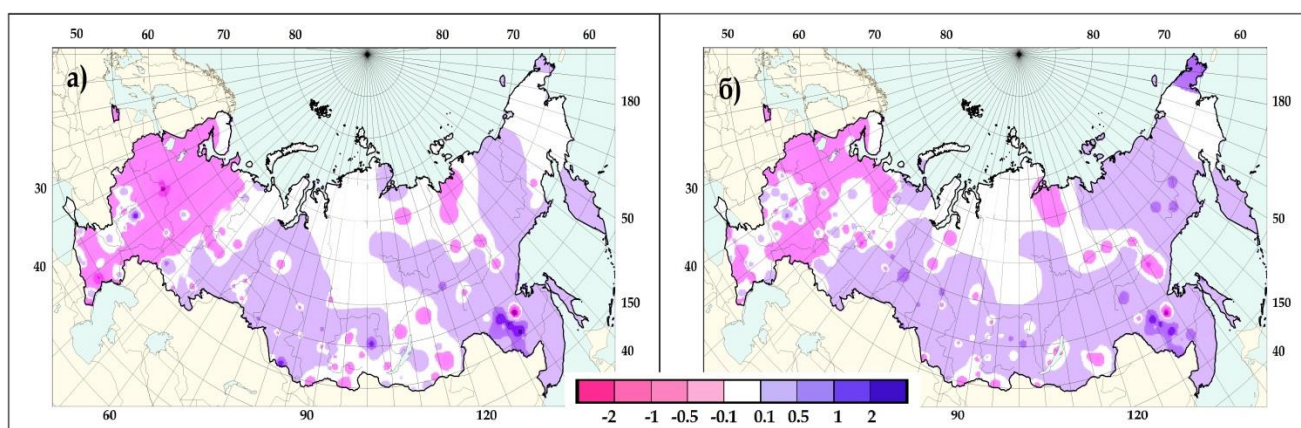


Рис. 3 Коэффициенты линейного тренда (балл/10 лет) среднего балла общей (а) и нижней (б) облачности (значимые на 5% уровне)

Тенденции изменения числа пасмурных дней по общей облачности в многом схожи с изменением среднего балла общей облачности. Увеличение числа

пасмурных дней наблюдалось на территории юга Западной Сибири, а также Дальнего Востока. Максимальное значение тренда было зафиксировано на территории Алтайского края в Змеиногорске и составляло 17,9 дня/10 лет. Уменьшение числа пасмурных дней по общей облачности наблюдалось на всей территории Европейской части России, а также в центральной и южной частях Восточной Сибири. Минимальный отрицательный коэффициент линейного тренда отмечался в пос. Муторай (Красноярский край) и достигал значений в 10,7 дня/10 лет (рисунок 4).

Коэффициент линейного тренда числа пасмурных дней нижней облачности подвержен изменениям на меньшей территории России по сравнению с общей облачностью. Увеличение числа пасмурных дней нижней облачности наблюдалось на территории Западной Сибири и Дальнего Востока. Максимальное значение коэффициента линейного тренда в 8,9 дня/10 лет было зафиксировано на острове Котельный (Якутия). Уменьшение числа пасмурных дней нижней облачности в отличие от общей распространено на меньшей территории и охватывает север Западной Сибири, а также восточную и северную части Европейской части России. Наименьшее значение было зафиксировано в Пермском крае, город Чермоз и составило -5,0 дня/10 лет.

В связи с этим можно сказать, что отклонение от нормы числа пасмурных дней нижней облачности значительно меньше по сравнению с общей облачностью.

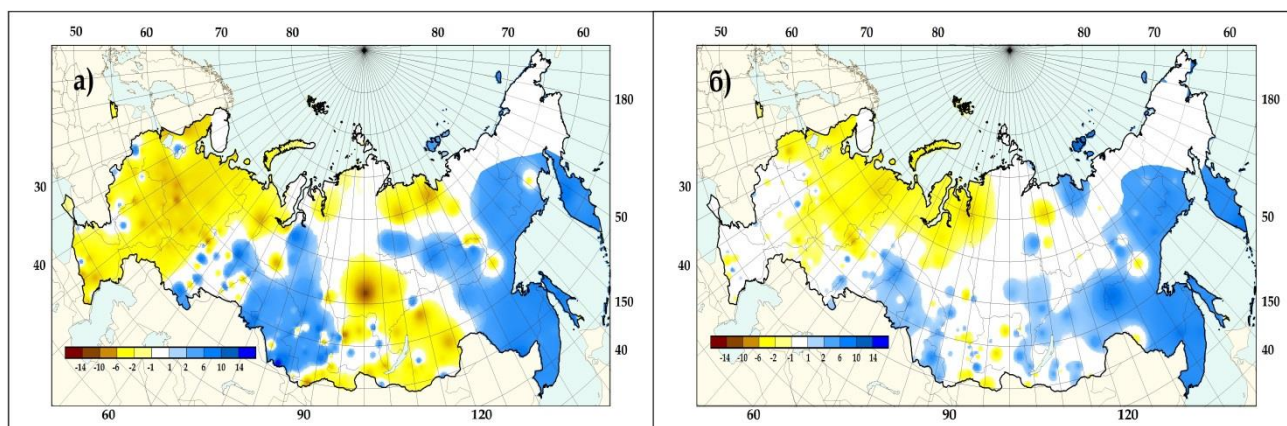


Рис. 4 Коэффициенты линейного тренда (дни/10 лет) числа пасмурных дней (8-10 баллов) по общей (а) и нижней (б) облачности (значимые на 5% уровне)

Заключение

Летом 2025 года на большей части территории России наблюдался положительный аномальный фон облачности, как по общему, так и по нижнему ярусу, что свидетельствует о преобладании пасмурных условий по сравнению с климатической нормой. Максимальные положительные аномалии общей облачности зафиксированы в Хабаровском крае, Амурской области и Еврейской автономной области. В то же время зоны снижения общей облачности отмечены в европейской части России, Красноярском крае и на черноморском побережье. Долгосрочные тенденции демонстрируют устойчивую географическую дихотомию: в западных и центральных регионах наблюдается статистически значимое уменьшение облачности, тогда как на востоке – от Восточной Сибири до Дальнего Востока – фиксируется ее рост.

Тренды числа пасмурных дней коррелируют с изменениями среднего балла облачности, при этом максимальный рост числа пасмурных дней по общей облачности зафиксирован в Алтайском крае (17,9 дня/10лет), а по нижней – на острове Котельный (8,9 дня/10 лет), что подчеркивает интенсификацию облачности в Арктике.

Список литературы

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год [Электронный ресурс] // 2025.URL: <https://www.meteorf.gov.ru> (дата обращения 22.10.2025).
2. Дементьева Т. В. Среднемесячное количество общей облачности и облачности нижнего яруса: Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2020621717 от 18.09.2020.
3. Коршунова Н. Н., Дементьева Т. В. Изменение характеристик облачности на территории России. Гидрометеорологические исследования и прогнозы №3 (389). Под редакцией д-ра геогр. наук А. А. Васильева
4. Атлас Облаков / Федер. Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. Обсерватория

им.А.И. Воейкова; [Д.П. Беспалов и др.; ред.: Л. К. Сурыгина]. СПб.: Д'АРТ, 2011. 248 с.

5. Оценка связи значений урожайности озимой пшеницы на территории ростовской области с характером глобальных атмосферных циркуляций в северном полушарии Земли. Смирнов И.А., Дронова Е.А. В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В РОССИИ. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий. Иркутск, 2021. С. 463-468.

CLOUD COVER IN RUSSIA IN SUMMER 2025

R.V. Volodin¹

¹All-Russia Research Institute for Hydrometeorological Information – World Data Center, Obninsk, rvolodin@meteo.ru

Summary: This article presents an assessment of cloud cover in the Russian Federation in summer 2025. It presents seasonal anomalies in total and low cloud cover, as well as anomalies in the number of overcast days based on total and low cloud cover. The linear trend coefficients for the average cloud cover and the number of overcast days for total and low cloud cover are presented.

Keywords: average cloud cover, cloud cover, number of days, linear trend coefficient.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЯ ГРАДА 03 ИЮЛЯ 2023 В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ WRF-ARW

Шишкина Т.Р.^{1,2}, Анискина О.Г.¹, Иванова И.А.¹, Топтунова О.Н.¹

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, tana-sakura@mail.ru

² ФГБУ Северо-Западное УГМС, Санкт-Петербург

Аннотация. Представлены результаты численных экспериментов по исследованию процессов образования града с применением мезомасштабной модели WRF-ARW и модуля HAILCAST. Тестировались различные параметризации микрофизических процессов. Для анализа выбран случай града 03 июля 2023 года. По результатам численных экспериментов удалось воспроизвести град в Санкт-Петербурге, однако, диаметр полученных градин в несколько раз выше реальных значений.

Ключевые слова: град, конвективные явления, WRF, HAILCAST, микрофизика, модели атмосферы.

Возрастающая частота и интенсивность экстремальных явлений погоды в условиях наблюдаемых климатических изменений требует совершенствования методов их анализа и прогноза. Особую проблему представляют градовые процессы, чья мезомасштабная природа, высокая пространственная неоднородность и короткое время жизни конвективных ячеек делают их прогноз одной из наиболее сложных оперативных задач.

Отдельного внимания в исследовании градовых процессов требует урбанизированная среда. Эффект городского острова тепла, связанный с повышенным тепловым потоком от застройки и промышленности, существенно модифицирует приземные характеристики атмосферы вблизи крупных

мегаполисов, что может приводить к увеличению повторяемости и интенсивности града.

Современная оперативная практика прогноза града в значительной степени опирается на эмпирико-статистические методы (например, анализ индексов неустойчивости) и анализе радиолокационных характеристик конвективных ячеек. Данные методы слабо учитывают микрофизические процессы формирования и роста градин.

Перспективным инструментом для исследований и оперативного прогноза является гидродинамическое моделирование, которое позволяет более детально исследовать эволюцию конвективных ячеек, явно разрешая ключевые процессы, ответственные за образование града.

В работе для исследования процессов формирования града использовалась мезомасштабная модель WRF-ARW и интегрированная в нее модель роста градин WRF-HAILCAST [1]. Модель учитывает процессы роста градин, их траектории внутри облака и таяние при падении. Важным аспектом совместной модели WRF-ARW и WRF-HAILCAST является выбор параметризации микрофизических процессов. Выбор параметризации облачной микрофизики является наиболее важной задачей, поскольку на данном шаге определяется реалистичность представления фазового состава облачной среды, эффективность процессов роста гидрометеоров и, как следствие, итоговые характеристики конвективных систем [2, 3, 4]. Для описания гидрометеоров применяются два различных подхода: массовый (bulk) и спектральный (bin). Массовые (bulk) параметризации оперируют интегральными моментами спектра размеров гидрометеоров для каждой категории (облачные капли, дождь, лед, снег, град). В наиболее распространенных одно-моментных схемах прогнозируемой переменной является только массовая концентрация, в то время как спектральная плотность распределения частиц по размерам задается априорно, например, в виде экспоненциальной функции с фиксированными или эмпирически зависящими от массы параметрами. Это накладывает существенные ограничения на реалистичность моделирования таких процессов,

как, например, рост града за счет аккреции переохлажденных капель, который сильно зависит от распределения градин по размерам.

Спектральные (bin) схемы микрофизики явно разрешают эволюцию спектра гидрометеоров, разбивая его на десятки дискретных интервалов (бинов) по массе или размеру. Такой подход позволяет моделировать сложные распределения и нелинейные процессы взаимодействия между частицами из разных бинов и обеспечивает наиболее физически полное описание процессов образования зародышей градин, диффузионного роста, коагуляции и др. процессов, что особенно важно для моделирования формирования градин. Однако, вычислительные затраты на реализацию bin-схем существенно выше bulk-схем, что может ограничить их применение в оперативном прогнозе.

Для анализа выбран случай града 03 июля 2023 года в Санкт-Петербурге, наблюдавшийся в промежуток с 11:00-14:00 UTC. Синоптическая ситуация была обусловлена прохождением ночью холодного фронта от циклона над Финляндией с последующим затоком холодного воздуха и формированием днем линии неустойчивости. На метеостанциях Санкт-Петербурга град не наблюдался, однако отмечались градовые ячейки по радиолокационным данным (ДМРЛ в п. Воейково) над Кронштадтом и Курортным районом, о граде сообщалось очевидцами и СМИ – диаметр градин составил 2-3 мм. Также отмечались засветки на грозопеленгаторе в большинстве районов Петербурга.

Входные данные для запуска модели представлены в таблице 1. Тестировались 2 схемы параметризации микрофизики – массовая Goddard 4-ice scheme и спектральная NUI spectral bin. Использовались начальные данные GFS 0,25°. На сетке d03 параметризация конвекции не проводилась, чтобы проанализировать, как модель при шаге в 0,8 км явно опишет конвекцию. Результаты моделирования оценивались на самой мелкой сетке.

Таблица 1.

Конфигурация модели WRF-HAILCAST

	d01	d02	d03
Разрешение	8 км	2,6 км	0,8 км
Микрофизика	Goddard 4-ice scheme – массовая (bulk) HUJI spectral bin – спектральная (bin)		
Конвекция	Tiedtke или HE задавалась		
Планетарный пограничный слой	MYJ		
Коротковолновая радиация	Dudhia		
Длинноволновая радиация	RRTM		

В первом численном эксперименте во всех трех доменах была полностью отключена параметризация конвекции при одновременной активации параметризации града (hailcast) во всех расчетных областях. Микрофизические процессы описывались схемой Goddard 4-ice.

Во втором численном эксперименте конвекция была включена в доменах d01 и d02, но отключена в самом мелком домене – d03, а параметризация града (hailcast), напротив, отключена в доменах d01 и d02 и активирована только в d03. Для описания микрофизических процессов использована спектральная биновая схема HUJI. Результаты экспериментов представлены на рисунке 1.

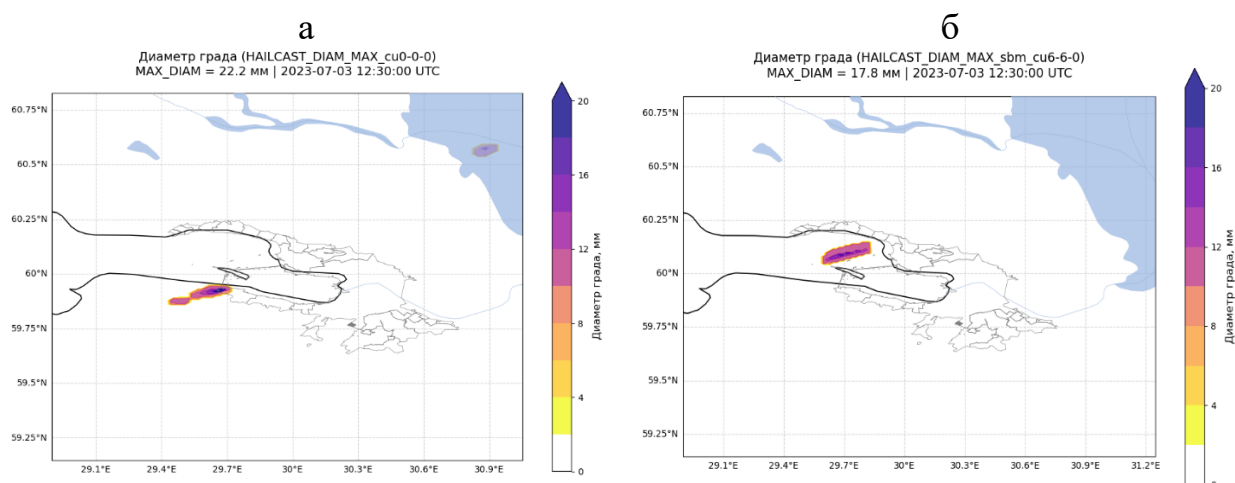


Рисунок 1. Диаметр града, полученный по численным экспериментам WRF-HAILCAST 12:30 UTC: **а** – эксперимент №1 (cu0-0-0, hailcast1-1-1, mp-Goddard bulk), **б** – эксперимент №2 (cu6-6-0, hailcast0-0-1, mp-HUJI bin).

Град над Санкт-Петербургом был воспроизведен в обоих численных экспериментах.

В первом эксперименте первая градовая ячейка отмечается в 08:30 UTC во Всеволожском районе, с движением на северо-восток, в сторону Ладожского озера. При этом в районе города градовые ячейки отмечались над Кронштадтом, Курортным районом, местами на севере и юге города с 10:15 до 13:45 UTC. Последняя, довольно крупная градовая ячейка с диаметром градин 11 мм, наблюдалась во Всеволожском районе в 16:00 UTC.

Во втором эксперименте первая градовая ячейка отмечалась в 09:30 UTC на севере СПб, с движением на северо-восток. В районе города градовые ячейки воспроизведены над Кронштадтом, Курортным районом и в центре СПб в период с 09:30 до 13:15 UTC. Последняя ячейка отмечалась до 13:15 UTC.

В результате можно сделать вывод, что в первом эксперименте наблюдается более раннее развитие градовых ячеек и их повышенная продолжительность с максимальным диаметром градин до 30 мм в пределах города. Второй эксперимент демонстрирует смещение начала конвективной активности на 1 час позже и сокращение продолжительности явления на 3 часа, при этом максимальный диаметр градин в пределах города составил 20 мм.

Также были проанализированы аэрологические диаграммы для двух экспериментов – рисунок 2.

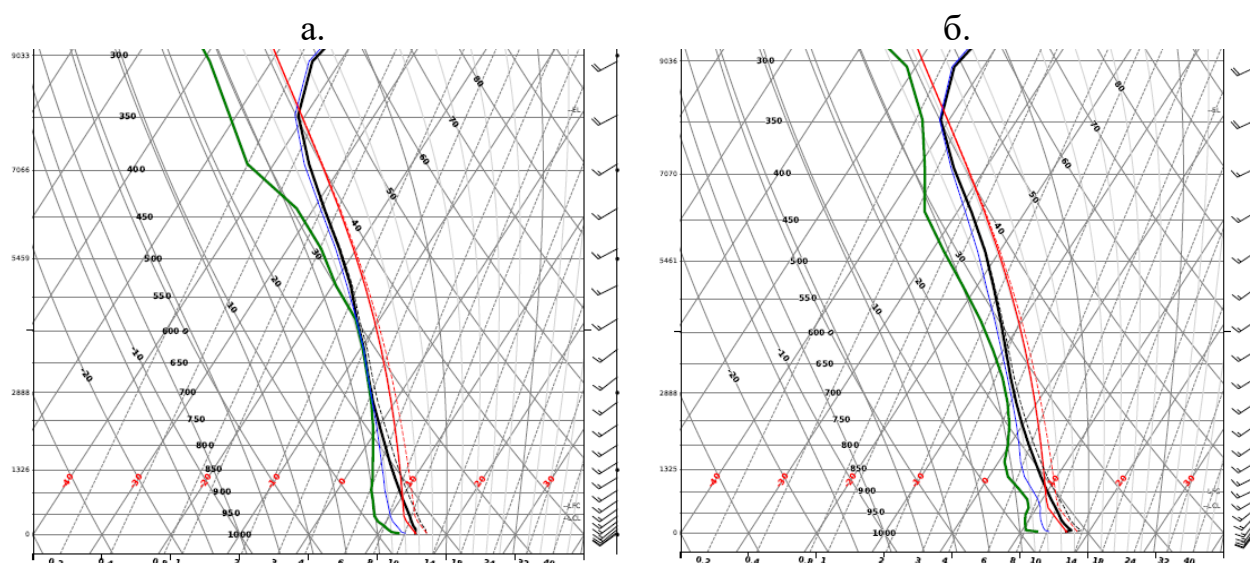


Рисунок 2. Аэрологические диаграммы, полученные по численным экспериментам WRF-HAILCAST 10:30 UTC: а – эксперимент №1 (cu0-0-0,

hailcast1-1-1, mp-Goddard bulk), **б** – эксперимент №2 (cu6-6-0, hailcast0-0-1, mp-HUJI bin).

Проанализировав ход температуры воздуха, температуры точки росы и параметры неустойчивости по двум экспериментам получено, что в первом эксперименте наблюдается более влажная воздушная масса. В течение всего времени неоднократно наблюдались состояния насыщения воздуха, что способствует образованию и развитию облачности. Воздушная масса, по результатам второго эксперимента, более сухая. Состояние насыщения в данном случае достигнуто только в утренние часы и в промежуток с 12:30 до 13:30 UTC.

Таким образом, более частые состояния насыщения в первом эксперименте способствовали развитию облачности и, как следствие, более частому возникновению градовых ячеек.

Интересные результаты показал анализ вертикальных профилей радиолокационной отражаемости облаков. В первом эксперименте значения отражаемости достигли 20-30 dBz, структура облака похожа на наковальню, характерную для грозо-градовых процессов, высота верхней границы облачности составила 8 км. Во втором эксперименте значения отражаемости достигли 40-45 dBz, прослеживается яркая форма наковальни и верхняя граница облачности достигла 9 км – рисунок 3.

Сравнение двух схем параметризации микрофизических процессов показывает, что спектральная параметризация демонстрирует более точное представление градовых процессов в районе Санкт-Петербурга. Градовые ячейки воспроизведены с диаметром более близким к реальным значениям, и развиваются в более сжатые временные интервалы, в отличие от массовой (bulk) параметризации, где ячейки сохраняются дольше.

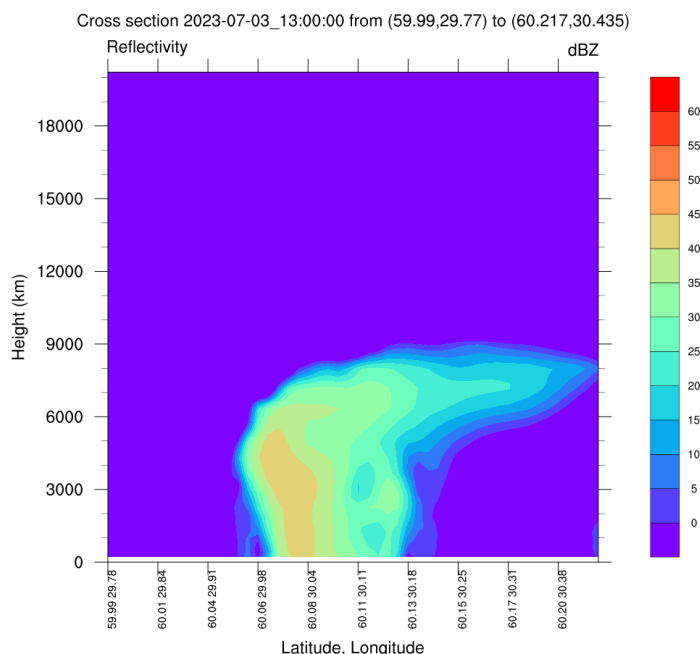


Рисунок 3. Радиолокационная отражаемость по результатам второго эксперимента. Сечение между точками 59.99 с.ш. 29.77 в.д. – 60.22 с.ш. 30.44 в.д. 13:00 UTC.

Кроме того, форма облачности в bin-схеме более соответствует наковальне, характерной для мощных конвективных облаков, а значения отражаемости лучше соответствуют наблюдаемым данным. Существенной проблемой остается диаметр полученных градин, их размер выше реальных в несколько раз. Данную проблему в дальнейшем планируется разрешить, изменяя параметры городской среды внутри модели WRF.

Литература

1. Adams-Selin R. D., Ziegler C. L. Forecasting hail using a one-dimensional hail growth model within WRF //Monthly Weather Review. – 2016. – Т. 144. – №. 12. – С. 4919-4939.
2. Maulana M. I. S., Kristianto A. Sensitivity of WRF-HAILCAST Model for Hailstone Detection in Central Lombok on 24 February 2019 //Jurnal Fisika dan Aplikasinya. – 2024 – Т. 20. – №. 1. – С. 1-7.
3. Maulana M. I. S., Kristianto A. Comparison of Microphysics Schemes on WRF-HAILCAST Model to Study Hailstone in Aeronautics (Case Study: Hail Strike on AirAsia A320-200, November 16, 2018) //JPSE. – 2023. 8. 20-35.

4. Шишкина Т.Р. Исследование процессов образования града с применением модели WRF-HAILCAST // Сборник материалов участников международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках XXI Большого географического фестиваля, посвящённого 100-летию вхождения Географического Института в состав СПбГУ. [Электронное издание] — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2025. — 383-386 с.

INVESTIGATION OF THE JULY 03, 2023 HAIL EVENT IN ST. PETERSBURG USING THE WRF-ARW MESOSCALE MODEL

Shishkina T.P.^{1,2}, Aniskina O.G.¹, Ivanova I.A.¹, Toptunova O.N.¹

¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, tana-sakura@mail.ru

² North-Western UGMS, Saint Petersburg

Annotation. The results of numerical experiments on the study of hail formation processes using the WRF-ARW mesoscale model and the HAILCAST module are presented. Various parameterizations of microphysical were tested. The case of hail on July 03, 2023 was selected for analysis. According to the results of numerical experiments, it was possible to reproduce hail in St. Petersburg, however, the diameter of the obtained hailstones is several times higher than the actual values.

Keywords: hail, convective phenomena, WRF, HAILCAST, microphysics, atmospheric models.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВА СВЕТА КАК ФАКТОР ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА В СПИДБРИДИНГЕ

Авдеев С.М., Свистунова Н.Ю., Минькова Я.В., Ромашкина С.И., Канунникова
В.Ю., Кочешкова А.А., Дивашук М.Г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»
(ФГБНУ ВНИИСБ) Москва, avdeevbio@yandex.ru

Аннотация: В работе показано влияние спектрального состава света на особенности вегетации сельскохозяйственных растений в условиях искусственного климата. Сроки наступления цветения в вариантах с добавлением дальнего красного спектра у всех сортов сильно задерживались по сравнению с красным и синим спектрами в составе света. Растения по высоте при синем свете характеризовались как более компактные, с укороченными междоузлиями. Отмечено стимулирующее воздействие синего света на показатели продуктивности сортов сои.

Ключевые слова: искусственный климат, спидбридинг, соя, спектральный состав света

Актуальность.

Изучение метеорологических параметров и их влияние на продуктивность и особенности вегетации сельскохозяйственных растений рассматриваются, как правило, для открытых полевых условий. При этом в настоящее время все шире используются климатические камеры для выращивания растений для нужд биотехнологии, генетики и селекции, где во главу угла ставится не продуктивность как таковая, а способность как можно быстрее получить новое поколение растений. Таким образом, в данных камерах можно получать до 6 поколений растений в год в отличие от 1 поколения в поле, что значительно

ускоряет селекционный процесс и получение новых сортов и гибридов для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации.

Однако, для подобного ускорения требуется точное регулирование внешних факторов, чтобы заставить растение максимально быстро переходить к генеративной фазе. В условиях подобного выращивания регулируется в том числе температура, газовый состав воздуха, влажность почвы и воздуха, а также длина дня и спектральный состав света.

При этом отсутствует отрицательное воздействие внешних условий, которые способны негативно повлиять на вегетацию растений, например, такие как кислотные осадки [1]. При этом разрабатывать протоколы спидбридинга возможно для очень большого спектра культур, в том числе для многолетних трав, которые комплексно положительно воздействуют на плодородие почвы и сохраняют баланс экосистем [2].

Соя, как одна из важнейших сельскохозяйственных культур, требует оптимизации условий выращивания, особенно в условиях ускоренной селекции (спидбридинга), позволяющей получать несколько поколений в год [3]. В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особое значение приобретает исследование влияния различных факторов на продуктивность культур, в частности сои (*Glycine max* L.). Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности селекционного процесса в растениеводстве.

Основная цель работы заключается в изучении влияния различных спектральных характеристик искусственного освещения на морфогенез, фенологическое развитие и продуктивность растений сои в условиях контролируемого выращивания. В эксперименте изучалось влияние трёх спектров света — синего, красного и дальнего красного — на рост и показатели продуктивности сортов сои. Известно, что красный и синий спектры света оказывают наибольшее влияние на морфогенез и продуктивность растений. Дальний красный спектр (710-800 нм) стимулирует удлинение стеблей и цветение, тогда как синий спектр (400-500 нм) способствует развитию корневой системы и формированию

листьев. Кроме того, от спектрального состава света существенно зависит еще фотосинтетическая активность растений. Фоторецепторы растений, такие как фитохромы и фототропины, обеспечивают восприятие различных длин волн и регулируют физиологические процессы [4]. Современные исследования показали, что комбинация различных спектров позволяет оптимизировать рост растений в условиях спидбридинга.

Объекты и методы исследования. Методика исследования включала комплексный подход к оценке влияния световых режимов на фенологические и морфобиологические характеристики сортов сои. Особое внимание было уделено изучению динамики прохождения фенологических фаз и показателей продуктивности. Семена сои высевались в отдельные контейнеры с питательным субстратом после предварительного протравливания препаратом Синклер (Август, Россия) в концентрации 2 мл препарата на 100 мл воды, экспозиция 60 минут. Для выращивания использовали пластиковые горшочки размером 9х9х10 см и объёмом 500 мл. В качестве субстрата использовали торфяной питательный грунт «Агробалт-С» с регулярным внесением водорастворимого минерального удобрения Акварин каждые 3 дня. Первые 2-3 дня посеы были накрыты пленкой до момента начала прорастания семян, при круглосуточном освещении для предотвращения вытягивания всходов. Условия выращивания: короткий фотопериод 8 ч день и 16 ч ночь, температура +28°C днем и +25°C ночью, влажность воздуха 35-45%, интенсивность освещения составляла 650 мкмоль/м²/с. Для оценки влияния спектрального состава света, растения выращивали при 3-х вариантах освещения: добавление доли дальнего красного, красного и синего спектров. Рассматривались следующие показатели: количество дней до цветения, высота растения, среднее количество плодов с растения, среднее количество семян с растения, средняя масса семян с растения и масса 1000 семян.

Обсуждение результатов. Сроки наступления цветения варианте с добавлением дальнего красного спектра у всех сортов сильно задерживались по сравнению с красным и синим спектрами в составе света. В среднем по сортам цветение

наступало через 40,6 дней после посева, наиболее продолжительное отмечалось у сорта Вита (55 дней). При воздействии синего и красного спектра цветение наступало в среднем на 31,7 день. Наиболее раннее цветение (27 дней) наблюдалось у сорта Ланцетная в условиях синего света.

Растения по высоте при синем свете характеризовались как более компактные, с укороченными междоузлиями, меньшим диаметром стебля у основания и более низкой высотой растений: от 47,5 см у сорта Дока до 74,2 см – Припять. Красный свет показывает промежуточные значения по высоте и продуктивности, но с заметно большим диаметром стебля по сравнению с синим светом. Дальний красный способствует вытягиванию растений, они характеризуются удлиненными междоузлиями и утолщенным основанием стебля. В этих условиях высота растений достигает 116,1 см (сорт Припять), а длина междоузлий от 8 до 11 см. Аналогичное влияние оказывает спектральный состав света и на высоту прикрепления нижнего боба: на синем и красном спектрах около 30-35 см, на дальнем красном – в среднем 51 см.

Отмечено стимулирующее воздействие синего света на показатели продуктивности сортов сои, такие как количество плодов, семян и масса семян с 1 растения. Размеры семян сои варьируют от очень мелких с массой 1000 семян 60-100 г, до очень крупных (более 310 г) с преобладанием семян среднего размера — 150-200 г. В нашем опыте наиболее крупные семена с массой 140-160 г были собраны с сортов Сибириада-20, Аванта, Артика, Акардия и Дока, выращенные под синим и красным светом. Семена, собранные с растений под дальним красным светом, отличались наименьшей массой (на 30-40%), не превышающей 100 г, за исключением сорта Сибириада-20 (140,7 г). В целом, количество семян, собранных с 1 растения в условиях синего света, было на 46% выше, а в условиях красного – на 67% выше по сравнению с дальним красным. Наиболее однородными по показателям продуктивности семян вне зависимости от условий освещения оказались сорта Артика, Сибириада-20 и Фавор, у которых различия по этим показателям не превышали 10-15%, однако у сорта Фавор семена были одинаково мелкие во всех вариантах опыта.

Выводы. Результаты наших наблюдений показали, что спектр света оказывал статистически значимое влияние на сроки наступления цветения, высоту растений, массу семян. Полученные данные подтверждают, что регулирование спектрального состава света может служить инструментом оптимизации фотопериодических реакций и продуктивности в программах ускоренного разведения растений (speed breeding). Оптимизация спектра освещения может стать эффективным инструментом для повышения эффективности технологий ускоренного выращивания растений. Результаты могут быть использованы при создании эффективных технологий выращивания сои в защищенном грунте и при проведении селекционной работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания FGUM-2025-0011.

Литература

1. Галушин, Д. А. Межгодовая динамика химического состава и кислотности атмосферных осадков на территории Приморского края за период с 2011 по 2020 г / Д. А. Галушин, С. А. Громов, С. М. Авдеев // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 3. – С. 42-48. – EDN APQSGG.
2. Лазарев, Н. Н. Эффективность подсева люцерны изменчивой и клевера лугового в дернину старосеяного сенокоса / Н. Н. Лазарев, С. М. Авдеев // Кормопроизводство. – 2018. – № 1. – С. 8-12. – EDN YMPAJI.
3. Watson A., Ghosh S., Williams M.J., Cuddy W.S., Simmonds J., Rey M.D., Hatta M.A.M., Uauy C., Boden S.A., Park R.F., Wulff B.B.H., Hickey L.T. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. // Nat Plants. 2018;4(1):23-29. doi 10.1038/s41477-017-0083-8
4. Кульчин Ю.Н., Булгаков, В.П., Гольцова, Д.О., Субботин, Е.П. Оптогенетика растений - светорегуляция генетического и эпигенического механизмов управления онтогенезом // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. №. 1(209). С. 5-25.

SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT AS A FACTOR OF ARTIFICIAL CLIMATE IN SPEEDBREEDING

Avdeev S.M., Svistunova N.Yu., Minkova Ya.V., Romashkina S.I., Kanunnikova

V.Yu., Kocheshkova A.A., Divashuk M.G.

Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of
Agricultural Biotechnology" (VNIISB), Moscow, avdeevbio@yandex.ru

Summary: This study demonstrates the influence of the spectral composition of light on the vegetation characteristics of agricultural plants under artificial climate conditions. Flowering time in all varieties was significantly delayed in variants supplemented with far-red light compared to those supplemented with red and blue light. Plants under blue light were characterized as more compact in height, with shortened internodes. A stimulating effect of blue light on the productivity of soybean varieties has been noted.

Keywords: artificial climate, speedbreeding, soybeans, spectral composition of light

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАССЕЙНА РЕКИ АМУР НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А. И. Алейникова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А.Тимирязева» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.
Тимирязева, Москва

alina200400704@gmail.com

Аннотация: на основе данных реанализа ERA5 выполнен анализ климата бассейна реки Амур за 1971–2024 гг. Результаты выявили значимое повышение температуры воздуха, наиболее выраженное в весенний сезон. При этом значимых однородных трендов в количестве и режиме атмосферных осадков на территории бассейна не установлено.

Ключевые слова: Амур, изменение климата, температура, осадки, тренды.

Актуальность.

Актуальность исследования климатических особенностей бассейна Амура связана с глобальными изменениями климата на территории России и усилением их влияния на экономику Дальнего Востока и местные экосистемы.

Бассейн Амура, характеризующийся сложным взаимодействием континентальных и муссонных процессов, в последние десятилетия подвержен воздействию участвовавших опасных гидрометеорологических явлений, таких как катастрофические наводнения 2013 г. и 2019-2021 гг. и засухи 2008 г. [1]. Эти

события наносят значительный экономический ущерб и подчеркивают уязвимость региона к климатическим рискам.

В условиях выраженного потепления, фиксируемого на территории России, существует дефицит детальных оценок, раскрывающих региональную специфику изменений температуры и осадков для бассейна Амура. Большинство общероссийских отчетов и глобальных исследований не учитывают в полной мере особенности местного муссонного климата и сложного рельефа, которые определяют пространственную неоднородность климатических трендов.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования является бассейн реки Амур на территории России. Основным методом исследования выступил анализ данных реанализа [2]. В работе использовался глобальный реанализ ERA5 пятого поколения Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Были задействованы почасовые данные о температуре воздуха на высоте 2 метра и суммах осадков. В рамках исследуемого временного периода с 1971 по 2024 гг. для региона были рассчитаны средние сезонные значения температуры воздуха и сумм осадков и их линейные тренды для выявления направленности и скорости климатических изменений. Математическая и статистическая обработка данных, их визуализация в виде карт пространственного распределения и трендов были выполнены с использованием программного пакета MATLAB [4]. Статистическая значимость линейных трендов оценивалась на 5%-м уровне.

Результаты исследования.

По данным реанализа [2, 3] были посчитаны тренды температуры воздуха на 2 м и сезонных сумм осадков, на основе которых были построены карты трендов.

На рисунке 1 приведены карты линейных трендов температуры по данным реанализа. Наблюдается значимая тенденция к повышению средней температуры воздуха на высоте 2 метра на территории всей исследуемой области. Наиболее заметное повышение температуры (до $\sim 0,7^{\circ}\text{C}$) приходится на весну, наименьшее

же повышение наблюдается в зимний период, на юго-западе области зимой также заметен незначительный слабоотрицательный тренд. Также в весенний период значимый тренд температуры воздуха наблюдается на всей территории исследуемой области, в то время как в зимний период на юго-западе бассейна значимый тренд почти не наблюдается.

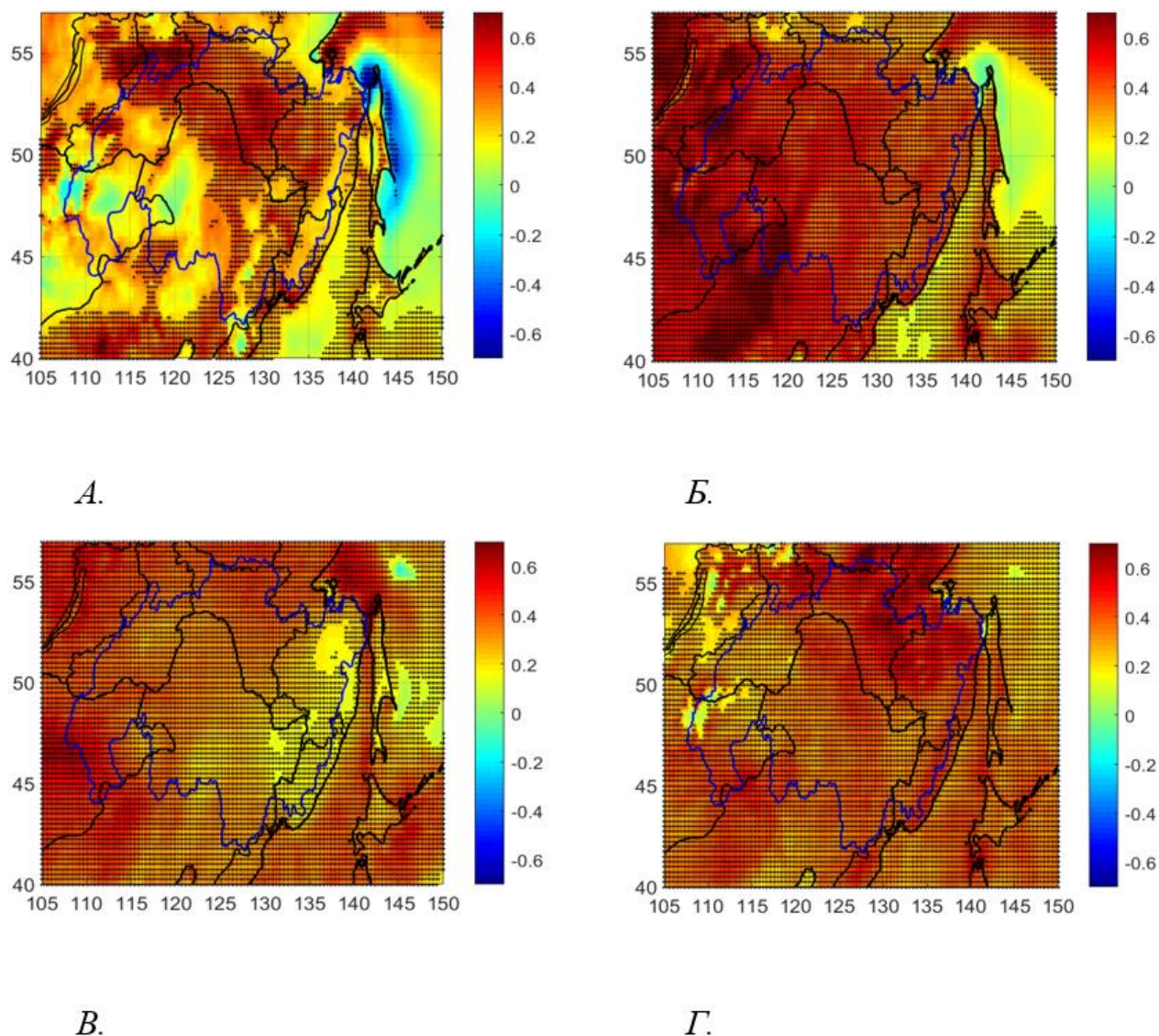


Рисунок 1. Коэффициенты линейных трендов температуры воздуха на 2 м в $^{\circ}\text{C}/10$ лет в 1971-2024 гг. по данным реанализа ERA5 для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г).

Значимые на 5%-м уровне тренды обозначены штриховкой.

При этом значимые изменения сезонных сумм осадков в регионе присутствуют только в некоторых областях: на юге – в зимний период, на юго-западе – весной (рисунок 2). В зимний и весенний периоды наблюдается относительно

равномерное увеличение суммы осадков, в то время как в летний и осенний период заметно, что у берегов реки сумма осадков либо уменьшается, либо возрастает меньше относительно южных и северных границ бассейна. В летний период наблюдается значимый тренд к уменьшению сезонных сумм осадков у северных, южных и западных границ бассейна, в то время как на юго-востоке области заметен слабopоложительный тренд, в то время как в осенний период слабopоложительный тренд наблюдается на севере региона, а слабopрицательный – на юго-востоке.

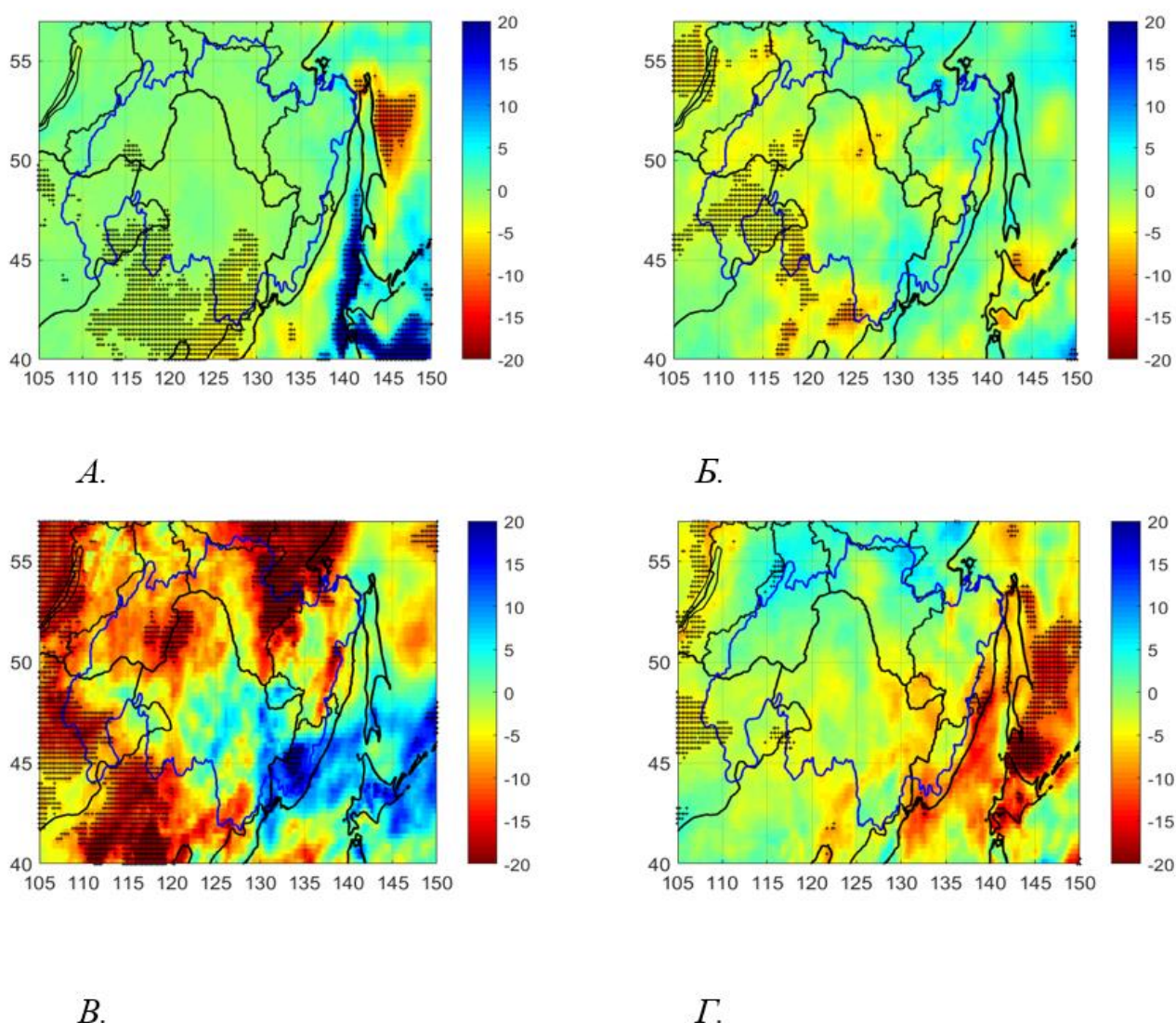


Рисунок 2. Коэффициенты линейных трендов сезонных сумм осадков в мм/сезон/10 лет в 1971-2024 гг. по данным реанализа ERA5 для зимы (а), весны (б), лета (в) и осени (г).

Значимые на 5%-м уровне тренды обозначены штриховкой.

Заключение.

Результаты анализа карт трендов для бассейна Амура за 1971-2024 гг. говорят об устойчивой тенденции к увеличению средней сезонной температуры воздуха в рассматриваемый период, однако значительные изменения суммы осадков не наблюдается, что может быть обусловлено геофизическими и климатическими особенностями региона, такими как сложность ландшафта, сильно влияющая на распределение осадков по территории, близость океана и влияние Среднесибирского антициклона.

Литература.

1. Семенов Е. К., Соколихина Н. Н., Татаринович Е. В. Муссонная циркуляция над бассейном Амура в периоды катастрофического наводнения и аномально засушливого летнего сезона // Метеорология и гидрология. – 2017. – №. 3. – С. 5-17.
2. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly journal of the royal meteorological society. – 2020. – Т. 146. – №. 730. – С. 1999-2049.
3. Climate Change Service [Электронный ресурс] // URL: climate.copernicus.eu (дата обращения: 15.11.2025)
4. MathWorks [Электронный ресурс] // URL: mathworks.com (дата обращения: 15.11.2025)

CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE AMUR RIVER BASIN WITHIN RUSSIA

A. I. Aleinikova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy”, Moscow

alina200400704@gmail.com

Summary: an analysis of the Amur River basin climate for 1971–2024 was conducted using ERA5 reanalysis data. The results revealed a significant air temperature increase, most pronounced in spring. However, no significant homogeneous trends in precipitation amount or regime were identified in the basin.

Keywords: Amur, climate change, temperature, precipitation, trends.

ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ НА ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КАЗАНИ И РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.Ю. Большаков

Казанский федеральный университет, Казань, ArYBolshakov@kpfu.ru

Аннотация. В статье выполнен анализ влияния основных макроциркуляционных индексов (NAO, AO, EAWR, SCAND) на климатические условия Казани и Республики Татарстан. Рассмотрены среднемесячные температуры, их аномалии и климатические нормы за период 1950–2024 гг. Установлено статистически значимое влияние циркуляционных процессов на сезонную изменчивость температуры и формирование экстремальных климатических явлений.

Ключевые слова: климат Казани, макроциркуляционные индексы, температурные аномалии, атмосферная циркуляция, климатические тренды.

Климат Казани и Республики Татарстан в современный период испытывает изменения. Темпы потепления исследуемого региона опережают глобальные, что обуславливает необходимость учета происходящих процессов для целей адаптации.

Объектом исследования являются климатические условия Республики Татарстан, представленные среднемесячными значениями температуры воздуха. Для анализа применены методы корреляционного и тренд-анализа временных рядов.

В качестве исходных данных использован архив ERA5-Land за период 1950–2024 гг., включающий среднемесячные значения температуры воздуха на высоте 2 м. Для анализа связей с макроциркуляционными процессами использованы временные ряды индексов NAO, AO, EAWR и SCAND за период 1950–2023 гг., что обеспечивает сопоставимость исследуемых рядов. Для выявления долговременных изменений применён тренд-анализ, а для оценки

статистических связей — корреляционный анализ. Визуализация результатов выполнена средствами языка программирования Python; построенные карты и графики сгруппированы в тематические блоки.

Корреляционный анализ выявил различное влияние макроциркуляционных индексов на климат региона. На (рис. 1а–г) представлено поле изокоррелят среднемесячной температуры воздуха и рассматриваемых макроциркуляционных индексов для месяцев с наиболее характерными распределениями.

Индекс NAO связан с мягкими зимами и положительными аномалиями температуры. АО определяет глубину арктических вторжений. EAWR оказывает влияние на весенне-летний режим, а SCAND формирует блокирующие антициклоны, вызывая засухи и жаркие периоды [1].

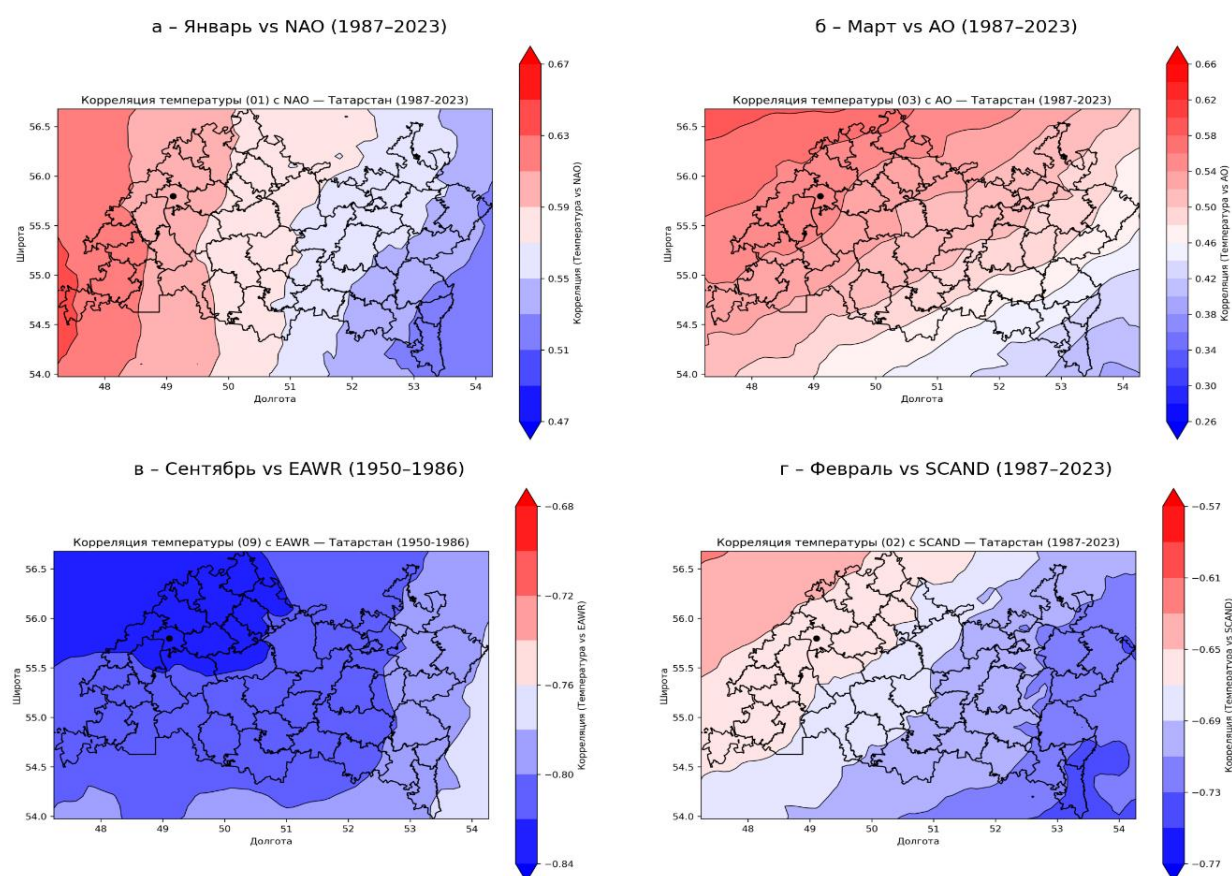


Рис. 1. Корреляция среднемесячной температуры с макроциркуляционными индексами:
а – NAO (январь); б – АО (март); в – EAWR (сентябрь); г – SCAND (февраль)

Пространственная конфигурация полей корреляции отражает сезонную зависимость связей температуры воздуха и макроциркуляционных индексов (рис. 1а–г). В январе наблюдается положительная зависимость температуры от индекса NAO за период 1987–2023 гг.: повышение индекса сопровождается ростом температур, что соответствует усилению западного переноса и ослаблению зимней континентальности (рис. 1а). Аналогичная положительная корреляция отмечается для марта и индекса АО (1987–2023): увеличение значения АО связано с потеплением, что соответствует преобладанию зонального типа циркуляции (рис. 1б). В сентябре, напротив, выявлена отрицательная корреляция температуры с индексом EAWR за период 1950–1986 гг. (рис. 1в). Рост индекса EAWR сопровождается понижением температур, что может быть связано с усилением меридиональных процессов и проникновением более холодных воздушных масс в переходный сезон. В феврале фиксируется отрицательная корреляция с индексом SCAND (1987–2023): повышение индекса сопровождается снижением температуры, что согласуется с формированием блокирующего антициклона над Скандинавией и вторжением холодного воздуха в Восточную Европу (рис. 1г).

Для оценки долговременных изменений температуры в Казани по данным ERA5-Land проведён анализ среднемесячных значений по десятилетиям. В качестве примера выбраны четыре месяца, отражающие особенности сезонной динамики: январь, апрель, июль и октябрь. Такой подход позволяет проследить долговременные тенденции зимнего, весеннего и осеннего периодов (рис. 2а–г).

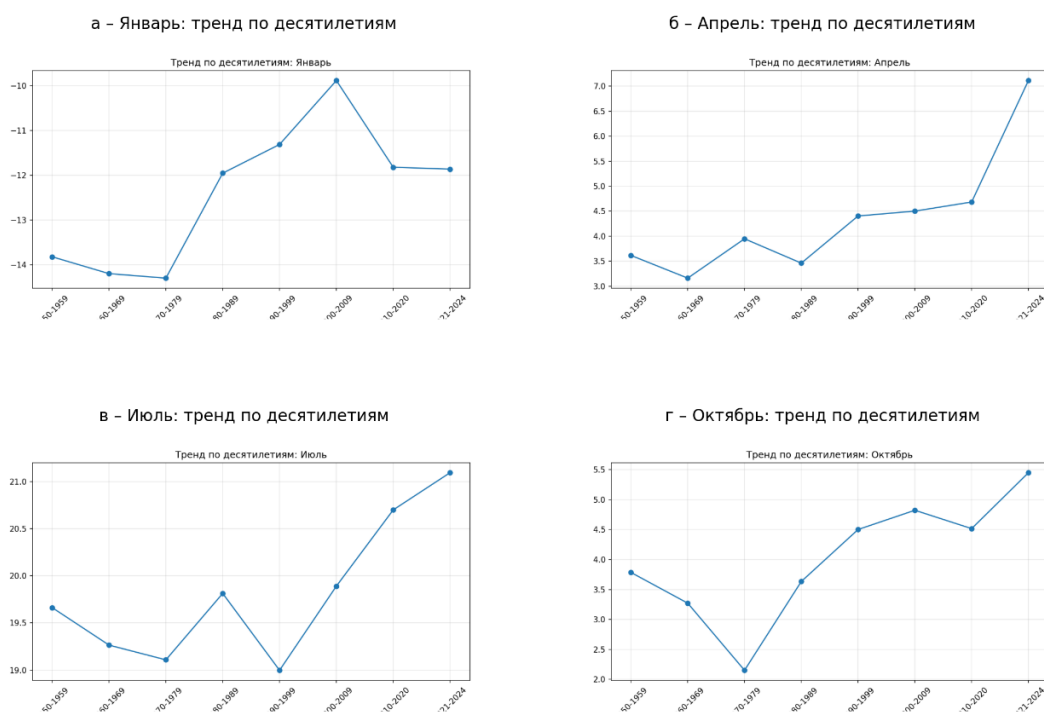


Рис. 2. Динамика среднемесячной температуры по десятилетиям для города Казань: а – январь; б – апрель; в – июль; г – октябрь

Значимые долговременные изменения температуры подтверждаются трендовым анализом (рис. 2а–г): во всех рассматриваемых месяцах фиксируется рост среднемесячных значений за 1950–2023 гг., [2] при этом автором выявлено, что в зимний сезон потепление согласуется с преобладанием эпизодов, характерных для положительных фаз NAO и АО, а также с ослаблением частоты арктических вторжений. Весенний и летний рост температуры может быть связан с изменением в преобладающих формах циркуляции, при которых увеличение частоты блокирующих процессов приводит к формированию над Поволжьем устойчивого гребня и теплового максимума. Одновременно отрицательные фазы EAWR в летний период ассоциируются с похолоданием, что важно учитывать при интерпретации междесятилетних колебаний [3].

Для выявления изменений сезонного хода температуры в Казани проведено сравнение среднего годового хода за три периода: 1950–1959, 2010–2020 и 2021–2023. Такой подход позволяет оценить современные изменения годового цикла температуры и насколько современные значения отличаются от климатической нормы исследуемого периода (рис. 3).

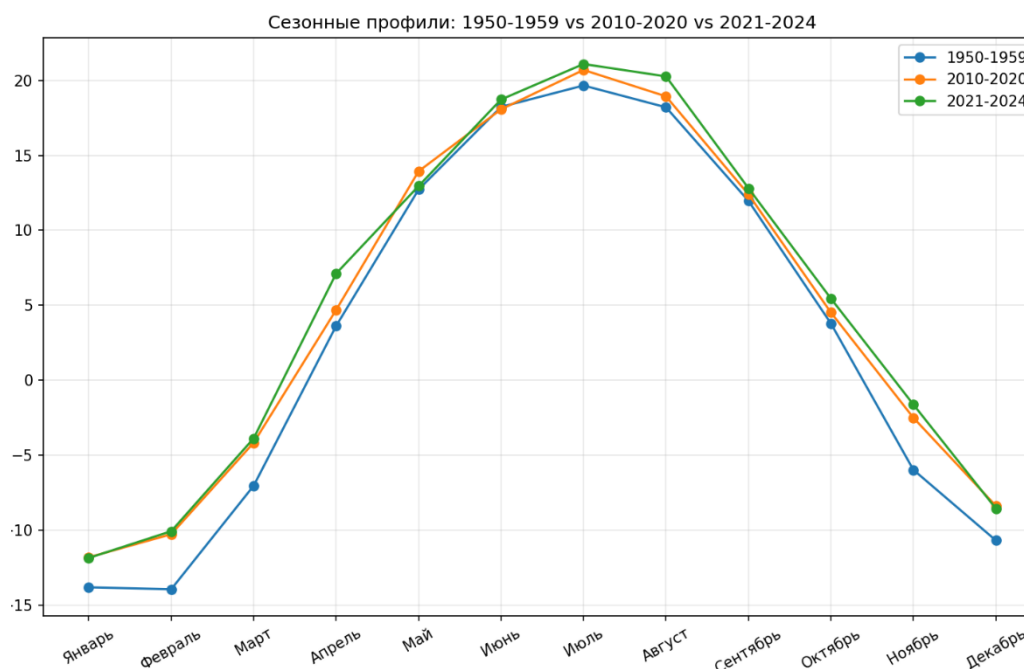


Рис. 3. Сезонные профили среднемесячной температуры в Казани по данным ERA5-Land для периодов 1950–1959, 2010–2020 и 2021–2023 гг.

Сезонные профили (рис. 3) подтверждают смещение всей кривой температуры вверх по сравнению с 1950–1959 гг.: зимний минимум стал менее глубоким, а летний максимум (июль–август) выше, чем в середине XX века [4]. Ускоренное потепление зимнего в многолетнем рассмотрении сопровождается положительными корреляционными связями между рядами среднемесячной температуры воздуха и индексами NAO и AO (рис. 1а–б, рис. 2а). Летнее повышение температуры воздуха приводит к увеличению продолжительности тёплого сезона. Анализ временных рядов температуры воздуха в регионе показывает согласованность хода температуры с индексом SCAND. Знак влияния SCAND для Татарстана зависит от фазы: положительная фаза ведёт к похолоданию, отрицательная — создаёт над регионом устойчивый гребень и жаркие условия, ведет к потеплению. Аналогичным образом выявлено, что отрицательная фаза EAWR летом способствует похолоданию.

Анализ многолетнего хода температуры воздуха показывает, что долговременный устойчивый тренд к потеплению климата региона проявляется во всех сезонах и согласуется с изменением крупномасштабной циркуляции:

зимой — с усилением зонального переноса (NAO, AO), летом и в переходные сезоны — с перестройками по SCAND/EAWR и изменением частоты блокирующих режимов.

Для детальной оценки климатических изменений в Казани проведено сравнение среднемесячных температур по десятилетиям с климатической нормой (1950-2024гг.) и рассчитаны аномалии (табл. 1).

Таблица 1

Средние температуры, климатическая норма и аномалии (1950–2024)

Месяц	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2020	2021- 2024	Норма 1950- 2024гг.
Январь	-13,82	-14,20	-14,30	-11,95	-11,31	-9,89	-11,82	-11,86	-12,39
Февраль	-13,95	-12,56	-12,24	-11,30	-10,43	-10,22	-10,28	-10,08	-11,38
Март	-7,04	-5,90	-4,64	-5,93	-4,74	-3,45	-4,17	-3,88	-4,97
Апрель	3,62	3,16	3,95	3,46	4,40	4,50	4,68	7,11	4,36
Май	12,72	12,07	12,63	12,12	12,03	12,39	13,94	12,95	12,61
Июнь	18,23	16,69	16,77	18,12	18,13	16,83	18,07	18,73	17,70
Июль	19,66	19,26	19,11	19,81	19,00	19,89	20,70	21,10	19,82
Август	18,21	17,20	16,97	17,04	16,34	17,93	18,94	20,27	17,86
Сентябрь	11,97	11,59	11,42	11,23	11,05	12,31	12,40	12,81	11,85
Октябрь	3,78	3,27	2,15	3,63	4,50	4,82	4,52	5,45	4,02
Ноябрь	-5,98	-4,07	-3,48	-4,97	-5,50	-2,47	-2,51	-1,62	-3,83
Декабрь	-10,69	-10,02	-9,97	-9,18	-9,72	-9,22	-8,39	-8,56	-9,47

Аномалии температуры воздуха по десятилетиям

Месяц	1950- 1959	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2020	2021- 2024
Январь	-1,43	-1,80	-1,90	0,44	1,08	2,51	0,57	0,53
Февраль	-2,57	-1,18	-0,86	0,09	0,95	1,17	1,10	1,30
Март	-2,07	-0,93	0,33	-0,96	0,22	1,52	0,80	1,09
Апрель	-0,75	-1,20	-0,41	-0,90	0,04	0,14	0,32	2,75
Май	0,11	-0,53	0,02	-0,48	-0,58	-0,21	1,33	0,35
Июнь	0,54	-1,01	-0,92	0,42	0,43	-0,87	0,38	1,03
Июль	-0,15	-0,55	-0,71	0,00	-0,82	0,07	0,88	1,28
Август	0,35	-0,66	-0,90	-0,82	-1,52	0,07	1,08	2,41
Сентябрь	0,12	-0,26	-0,42	-0,62	-0,79	0,46	0,55	0,96
Октябрь	-0,23	-0,74	-1,86	-0,38	0,48	0,81	0,50	1,43
Ноябрь	-2,16	-0,25	0,34	-1,14	-1,67	1,35	1,32	2,20
Декабрь	-1,22	-0,55	-0,51	0,28	-0,25	0,25	1,08	0,91

Как видно из таблицы 1, в 1950–1970-е годы зимние месяцы характеризовались более низкими температурами по сравнению с последующими десятилетиями.

Так, в январе и феврале отмеченные средние значения были на 1,5–2,5 °С ниже климатической нормы (табл. 1), что подтверждается отрицательными аномалиями (табл. 2). Начиная с 1980-х годов, зимние температуры постепенно повышаются, и в 2000–2020-е годы фиксируются положительные аномалии, достигающие +2,5 °С в январе и +1,1–1,3 °С в феврале [5].

Весенние месяцы характеризуются устойчивым ростом температуры: если в середине XX века апрель и май имели отрицательные аномалии (до –1,2 °С), то в последние десятилетия значения превышают норму на +0,3–2,7 °С. Особенно заметен скачок в апреле 2021–2024 гг., когда средняя температура составила 7,1 °С при норме 4,4 °С, что дало аномалию +2,75 °С.

Положительные аномалии температуры воздуха выявлены и в летние месяцы (июнь–август): если в 1960–1970-е годы июль и август характеризовались значениями ниже рассчитанной нормы (–0,5...–0,9 °С), то в 2010–2020-е и особенно в 2021–2024 гг. фиксируются отклонения до +1,3 °С в июле и +2,4 °С в августе.

Осенний период также характеризуется изменением температурного режима: в середине XX века сентябрь и октябрь имели отрицательные аномалии десятилетия ($-0,2 \dots -1,8$ °C), тогда как в XXI веке они становятся положительными, достигая $+0,96$ °C в сентябре и $+1,43$ °C в октябре. Ноябрь демонстрирует наиболее выраженные изменения: если в середине XX века его температура была ниже климатической нормы на 2 °C, то в 2021–2024 гг. фиксируется положительная аномалия $+2,2$ °C.

Представленные средние многолетние годовые гармоники температуры (рис. 3) свидетельствуют о росте температуры воздуха во все месяцы года по сравнению с 1950–1959 гг. При этом наблюдается более выраженное потепление в зимний период по сравнению с летом. Более тёплые зимы согласуются с положительными корреляциями температуры с индексами NAO и АО (рис. 1а–б) и наблюдаемым трендом (рис. 2а). Весенний рост температуры, особенно в апреле, подтверждается как положительными аномалиями (табл. 2), так и смещением сезонного профиля вверх (рис. 3), что отражает ускорение перехода к тёплому сезону. Летние положительные аномалии (табл. 2) и повышение сезонного максимума (рис. 3) связаны с циркуляционными конфигурациями SCAND и EAWR: положительная фаза SCAND сопровождается похолоданием, отрицательная — потеплением; отрицательная фаза EAWR летом ассоциируется с похолоданием, что объясняет эпизодические ослабления тренда на отдельных интервалах. Осенние положительные аномалии (табл. 2) также согласуются с перестройкой циркуляции (рис. 1в, 1г) и трендовыми изменениями (рис. 2г).

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что климатические изменения в регионе имеют устойчивый характер и проявляются во все сезоны года. Корреляционный анализ показал наличие связи между температурой воздуха и рядами макроциркуляционных индексов. Выявлено, что положительные фазы NAO и АО способствуют смягчению зимнего климата территории, а положительная фаза SCAND соответствует формированию блокирующих процессов и снижением температуры.

Проведенный трендовый анализ подтвердил долговременное повышение среднемесячных температур за период 1950–2023 гг. Зимы стали мягче, весенний переход к тёплому сезону ускорился, летние максимумы усилились, а осень характеризуется продлением тёплого периода.

Список литературы

1. Переведенцев Ю.П. Изменения температурного и влажностного режима на территории России (1976–2019 гг.). Казанский федеральный университет, 2020. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F90430129/Izmeneniya_temperaturno_vlazhnost_nogo_rezhima_na_territorii_Rossii_1976_2019_gg..pdf (дата обращения: 19.11.2025).
2. Особенности климатических изменений и их связь с макроциркуляционными индексами АО, NAO, EAWR, SCAND. Минск: Белорусский государственный университет, 2021. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/291653/1/69-87.pdf> (дата обращения: 19.11.2025).
3. Переведенцев Ю.П., Парубова Е.М., Шанталинский К.М., Мягков М.А., Шерстюков Б.Г. Изменчивость основных климатических показателей на территории Приволжского федерального округа в период 1966–2018 гг. // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2021. Т. 31. № 1. С. 65–75.
4. Марчук Н.А., Куленцан А.Л. Анализ особенностей состояния климата в России // Науки о Земле и смежные экологические науки. КиберЛенинка, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osobennostey-sostoyaniya-klimata-v-rossii> (дата обращения: 19.11.2025).
5. Лавров А.С., Стерин А.М. Детализация климатических трендов температуры и осадков на территории России с использованием квантильной регрессии и кластеризации // Фундаментальная и прикладная климатология. 2024. № 2. С. 219–243.

6. Логинов В.Ф., Микуцкий В.С., Бровка Ю.А. Изменение среднемесячных норм температуры широтных зон северного и южного полушарий в период 1956–2023 гг. // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2024. Т. 6, № 3. С. 272–285.

THE INFLUENCE OF MACROCIRCULATION INDICES ON THE THERMAL CONDITIONS OF KAZAN AND THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A.Yu. Bolshakov

Kazan Federal University, Kazan, ArYBolshakov@kpfu.ru

Abstract. This article analyzes the influence of the main macrocirculation indices (NAO, AO, EAWR, SCAND) on the climatic conditions of Kazan and the Republic of Tatarstan. Average monthly temperatures, their anomalies, and climate normals for the period 1950–2024 are examined. A statistically significant influence of circulation processes on seasonal temperature variability and the formation of extreme climatic events is established.

Keywords: Kazan climate, macrocirculation indices, temperature anomalies, atmospheric circulation, climate trends.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЯКУТИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕАНАЛИЗА

Е.В. Винокурова¹, Я.В. Дробжева¹, Ю.В. Ефимова¹

¹ «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-

Петербург

katekaulitz483@mail.ru

Аннотация: Проведен анализ вертикального распределения температуры воздуха в Якутии по данным реанализа ERA-5. Полученные данные имеют важное значение для совершенствования метеорологических прогнозов и изучения климатических процессов в арктических регионах.

Ключевые слова: Якутия, климат, анализ температуры, инверсия.

Актуальность. Изучение вертикального распределения температуры воздуха является одной из главных задач метеорологии и климатологии, имеющая важное значение для понимания процессов формирования погоды и климата. Особую актуальность это направление приобретает в условиях быстро меняющегося климата, которая наиболее выраженно проявляется в регионах с экстремальными условиями. Территория Якутии является уникальным местом для проведения подобных исследований, так как она характеризуется резко континентальным климатом с мощными инверсиями температуры [1].

Объект исследования. Термический режим и инверсии температуры над станцией Чокурдах (Якутия).

Методы исследования. В исследовании используются результаты зондирования атмосферы на метеорологических станциях Якутии и по данным реанализа ERA-5.

Обсуждение результатов

На рисунках 1-2 представлены вертикальные профили температуры по данным измерений на станции Чокурдах [2]. На каждом рисунке представлено распределение во все дни месяца.

Анализ вертикальных профилей температуры, представленных на рисунках 1 и 2, свидетельствует о высокой повторяемости приземных инверсий в январе, которая составила 207 случаев. Данные инверсионные слои характеризуются значительной мощностью, их вертикальная протяженность в отдельных случаях составляет 50–100 гПа. Наиболее интенсивные инверсии прослеживаются до уровня 925 гПа. Кроме того, зафиксированы случаи формирования инверсий в слое 900–800 гПа (рис. 1) и даже в более протяженном диапазоне 1000–800 гПа (рис. 2).

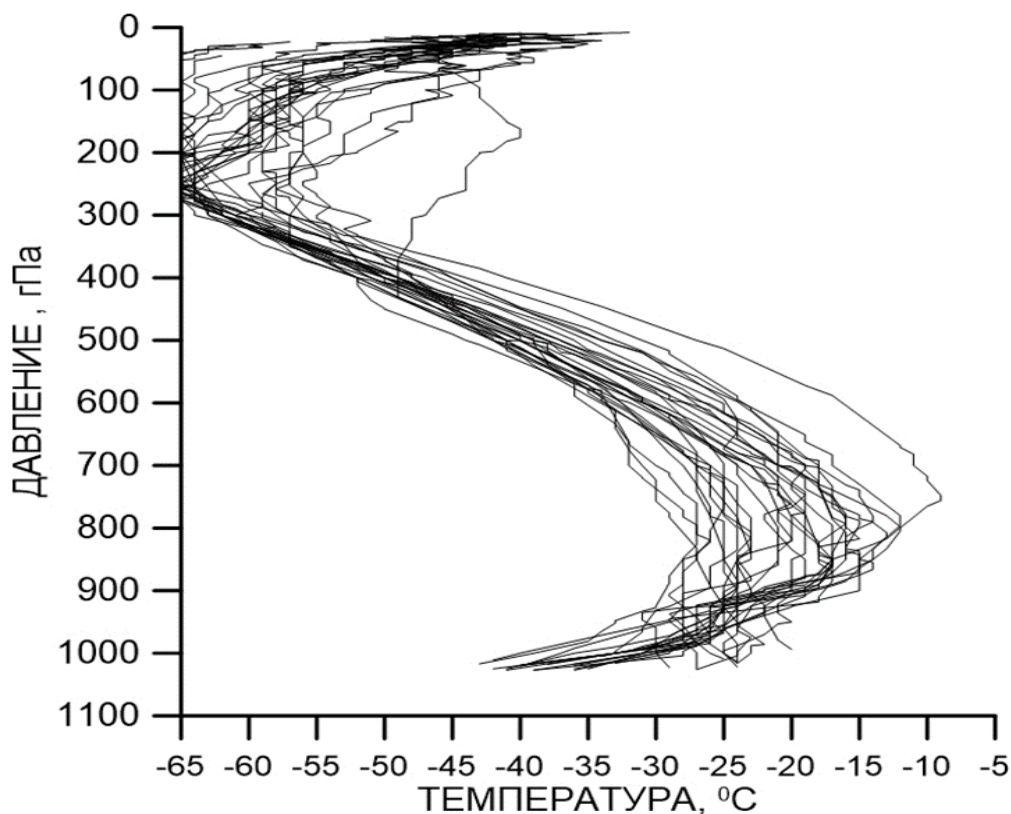


Рис. 1. Вертикальное распределение температуры воздуха по данным зондирования на метеорологической станции Чокурдах. Январь 2014 г., 00 UTC

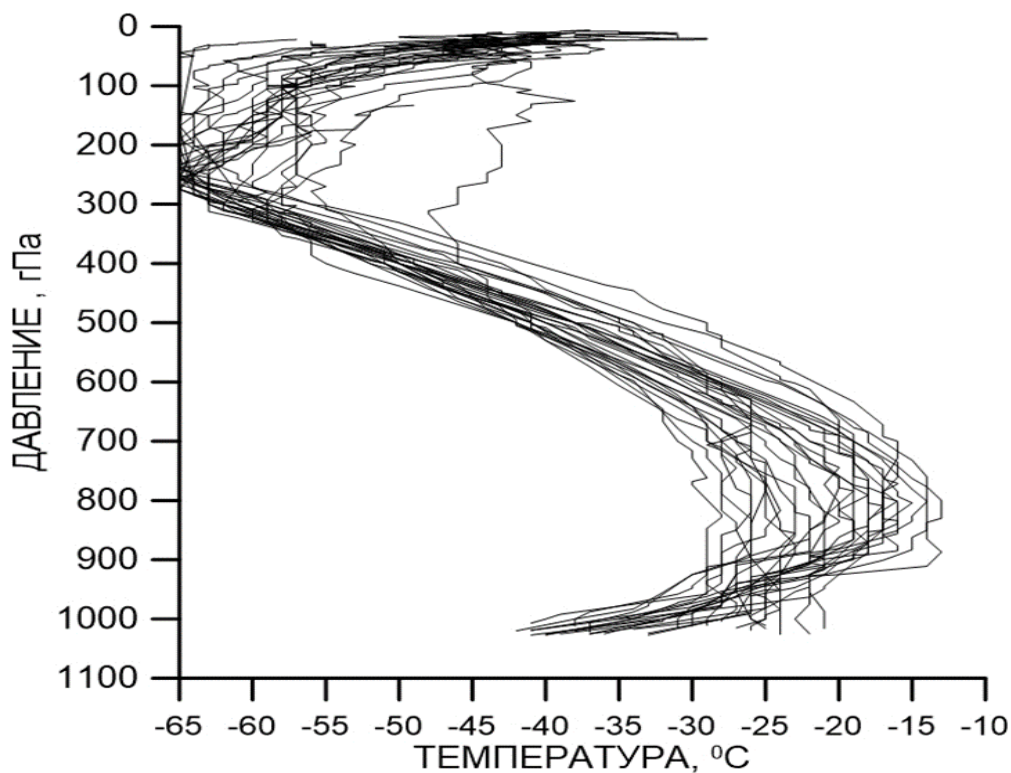


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры воздуха по данным зондирования на метеорологической станции Чокурдах. Январь 2014 г., 12 UTC

Выше указанных слоев наблюдается естественное понижение температуры с высотой. Начиная с уровня 400 гПа, вертикальное распределение температуры становится неупорядоченным, что свидетельствует о переходе к стратификации, характерной для вышележащих слоев атмосферы.

По данным реанализа ERA-5 [3] за 30-летний период были проанализированы наблюдения за 00 UTC, соответствующие утреннему времени и благоприятствующие формированию инверсий. Всего обработано 11323 моментов времени (суток), в 8211 случаях (72,5%) обнаружены инверсии температуры.

Средняя толщина инверсионных слоев составила $1159,1 \pm 467,8$ м, при этом минимальная толщина достигала 100 м, максимальная – 1500 м.

Особое внимание уделено приземным инверсиям (нижняя граница ниже 500 м): их доля составила 59,5% от всех наблюдений (6737 случаев). Эти инверсии отличаются большей толщиной ($1304,0 \pm 363,6$ м).

В зимний период (ноябрь-март) инверсии наблюдались в 38,1% случаев (1785 из 4689 зимних наблюдений). Зимние инверсии характеризуются меньшей толщиной ($700,2 \pm 499,7$ м), но большей высотой нижней границы ($482,1 \pm 520,0$ м). Доля приземных инверсий зимой снижается до 22,8% от зимних наблюдений, сохраняя при этом значительную толщину ($902,3 \pm 518,3$ м) относительно общих зимних показателей.

Полученные результаты подтверждают высокую повторяемость и мощность температурных инверсий в регионе, особенно в приземном слое, что характерно для арктических территорий с устойчивым режимом охлаждения.

Заключение

На основе проведённого анализа можно заключить, что климат Якутии характеризуется экстремальными условиями с уникальными особенностями. Территория отличается самыми низкими в Северном полушарии температурами (до -72°C) и мощнейшей вечной мерзлотой. Статистический анализ данных ERA-5 подтвердил высокую повторяемость температурных инверсий (72.5% случаев). Эти устойчивые инверсии в сочетании с современными климатическими трендами формируют особый термический режим атмосферы региона.

Полученные результаты расширяют имеющиеся данные о климатообразующих процессах и представляют ценную основу для верификации климатических моделей и прогнозирования изменений в арктической и субарктической климатических зонах. Выявленные закономерности демонстрируют необходимость учета специфики приземных инверсий при разработке региональных климатических прогнозов. В настоящее время исследование продолжается с целью расширения временных рядов наблюдений и анализа сезонной динамики инверсионных процессов, что позволит выявить долгосрочные тенденции в изменении термической структуры атмосферы Якутии.

Литература

1. Лобанов В.А., Кириллина К.С. Современные и будущие изменения климата Республики Саха (Якутия). Монография – СПб.: РГГМУ, 2019. – 157 с.
2. Данные зондирования <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> [электронный ресурс]. (дата обращения: 08.11.2025).
3. Данные реанализа ERA-5 <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/> [электронный ресурс]. (дата обращения: 14.11.2025).

VERTICAL DISTRIBUTION OF AIR TEMPERATURE IN YAKUTIA FROM OBSERVATION AND REANALYSIS DATA

E.V. Vinokurova¹, Y. V. Drobzheva¹, J.V. Efimova¹

¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg,
katekaulitz483@mail.ru

Summary: An analysis of the vertical air temperature distribution in Yakutia based on ERA-5 reanalysis data was carried out. The data obtained are important for improving meteorological forecasts and studying climate processes in Arctic regions

Keywords: Yakutia, climate, temperature analysis, temperature inversion

ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА В ПРИКАЗАНСКОМ РАЙОНЕ

К.С. Зорина,

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань

KaSZorina@stud.kpfu.ru

Аннотация: Представлены результаты и сравнительный анализ измерений потока метана на карбоновом полигоне «Карбон-Поволжье» и модельных данных Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) с декабря 2023 года по ноябрь 2024 года. Среднемесячные данные по потокам CH_4 на основе двух разных источников показали, что минимальные значения концентрации метана отмечалось на фоне максимальных значений температур воздуха, что может быть связано с лесными пожарами и установлением снежного покрова.

Ключевые слова: парниковые газы, метан, проблема, парниковый эффект, карбоновый полигон, изменение климата, поток.

Изменение климата является одной из наиболее важных проблем в современном обществе. Увеличение концентрации парниковых газов (климатически активных газов) в атмосфере тесно связано с повышением температуры Земного шара. Такими газами служат диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), хлорфторуглероды, водяной пар (H_2O), окись азота (N_2O), озон (O_3). Они задерживают тепло, которое исходит из атмосферы, создавая «парниковый эффект» [1].

Объекты и методы исследования

На сегодняшний момент одним из самых точных методов измерения потоков климатически активных газов является метод турбулентных пульсаций (Eddy covariance). Метод позволяет осуществлять пространственно интегрированные оценки потоков парниковых газов в турбулентной атмосфере на основе измерений [2].

В качестве объекта исследования был выбран карбоновый полигон «Карбон-Поволжье», в котором проводятся измерения с 22 ноября 2023 года и по сегодняшний день. Данный объект находится на территории Республики Татарстан – участок №1 «Обсерватория» (55°50' с.ш., 48°48' в.д.). Его основным типом ландшафта является липняк волосистоосоковый с елью и дубом на дерново-подзолистых почвах, расположенные на аллювиально-деллювиальных четвертичных отложениях третьей террасы крупных рек [3].

Обсуждение результатов

Для выявления особенностей потоков парниковых газов на исследуемом участке на первом этапе был проведён анализ изменчивости таких метеорологических параметров, как температура воздуха (в °C), сумма осадков (в мм) и высота снежного покрова (в см).

Температура воздуха и количество осадков зависят между собой, но эта зависимость нелинейна. В период, когда температура воздуха была максимальной (21,7°C), наблюдалась максимальная сумма осадков (107,5 мм), что связано с высоким нагревом воздуха в атмосфере. В период минимальной температуры воздуха (-12,8°C) количество осадков также оставалось высоким из-за выпадения снега в зимнее время года (рис.1-2).

На втором этапе были взяты данные потока CH_4 карбонового полигона «Карбон-Поволжье» и спутниковые данные CAMS (Нидерланды). На основе отобранных данных были построены распределения потока CH_4 полученные методом турбулентных пульсаций и модельных данных (рис.3-4).

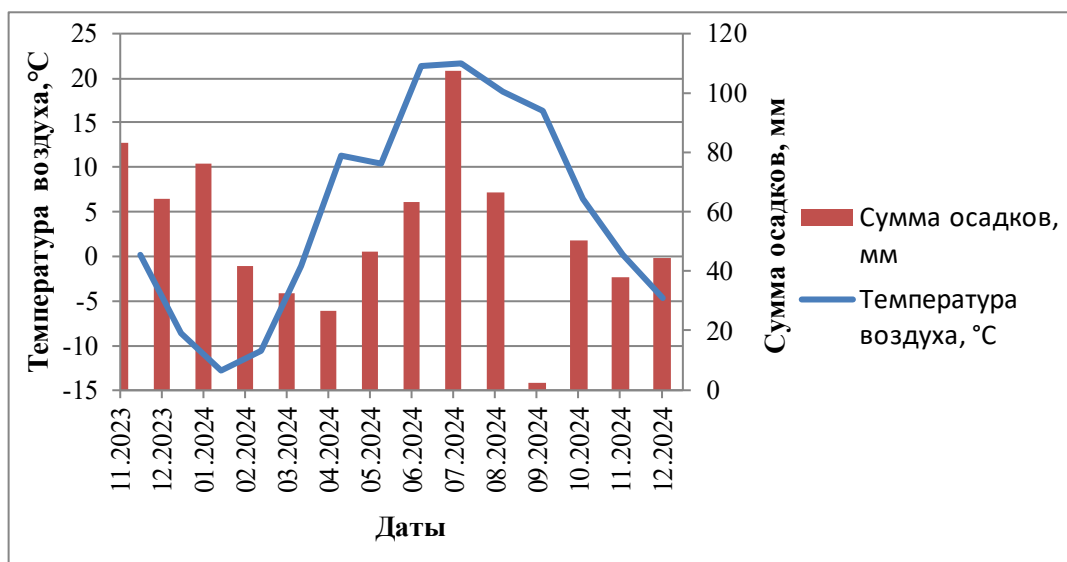


Рисунок 1. Графики распределения температуры воздуха и суммы осадков с ноября 2023 года по декабрь 2024 года.

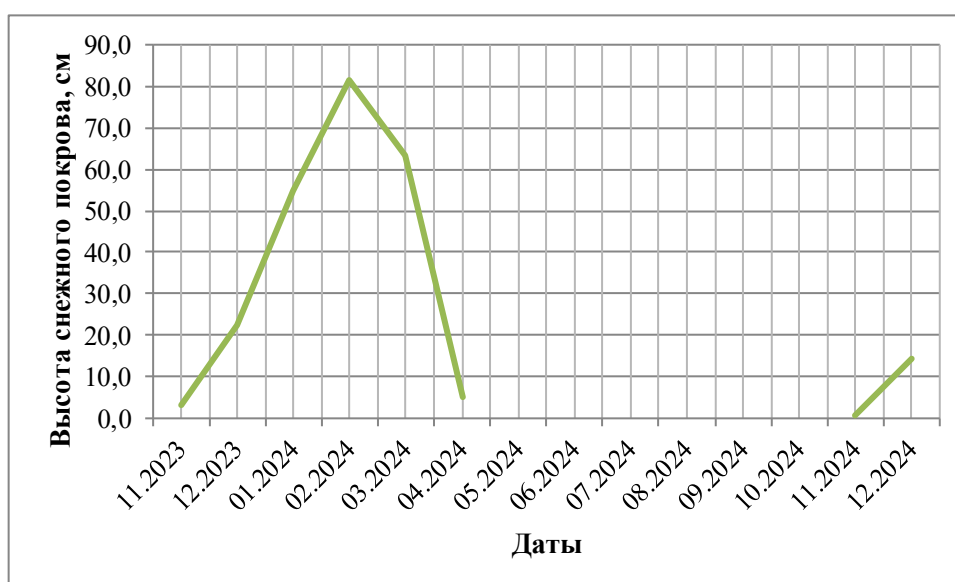


Рисунок 2. График распределения высоты снежного покрова с ноября 2023 года по декабрь 2024 года.

Можно заметить некоторые сходства потока CH_4 на основе двух разных источников данных. Минимальное значение потока метана приходится на июль 2024 года ($-0,012$ г/сутки) и август 2024 года ($4,49782\text{E-}11$ кг*м-2*с-1), что связано с повышением температуры воздуха ($21,7^\circ\text{C}$) и большим количеством

выпадения осадков (107,5 мм). Также можно увидеть 2 пика максимумов в феврале (0,011 г/сутки, $5,9031\text{E-}11 \text{ кг*м-2*с-1}$), сентябре (0,009 г/сутки) и ноябре 2024 года ($6,1112\text{E-}11 \text{ кг*м-2*с-1}$) на основе двух графиков. Это, может быть, связано с большим количеством снежного покрова в зимнее время и сжиганием растительной биомассы и началом замерзания почвенного покрова в осеннее время.

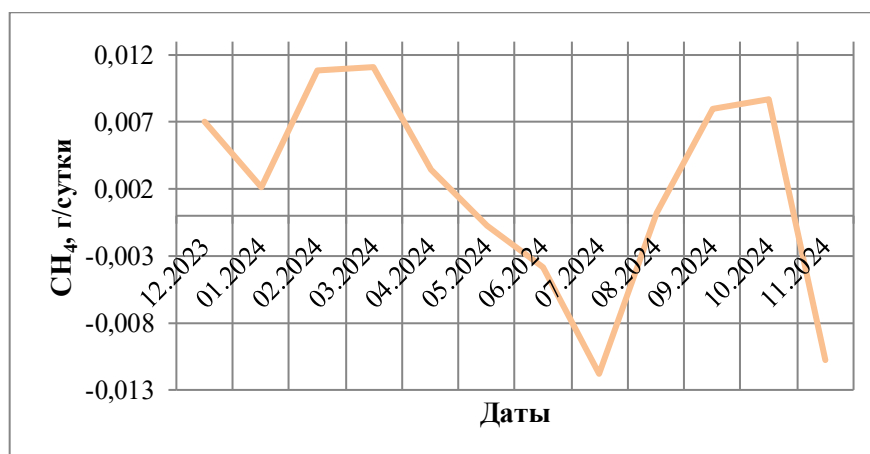


Рисунок 3. Поток CH₄ с декабря 2023 года по ноябрь 2024 года (Карбоновый полигон).

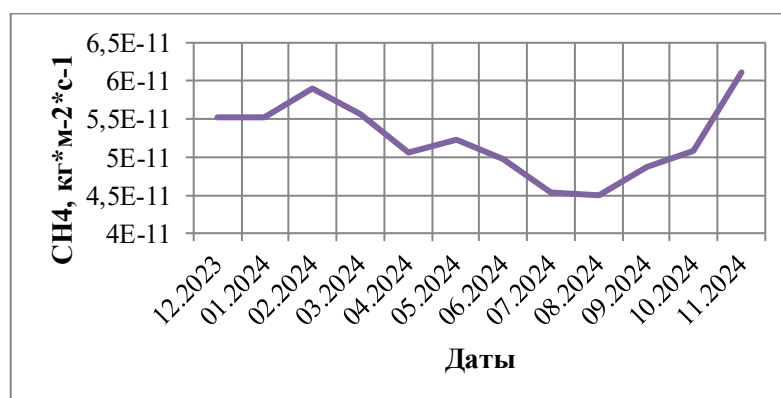


Рисунок 4. Поток CH₄ с декабря 2023 года по декабрь 2024 года (CAMS).

На территории Чеченской Республики также существует карбоновый полигон, в котором осуществляется мониторинг за потоками климатически активных газов. В 2023 году на рекультивированном участке «Карбоновая

ферма» Чеченского карбонового полигона ($43^{\circ}24'$ с.ш. и $45^{\circ}43'$ в.д.) проводились первые наблюдения за потоками парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и NH_3). Анализ результатов измерений потоков осуществлялся методами турбулентных пульсаций и экспозиционных камер. Измерения показали, что диапазон изменения потоков CO_2 на участках полигона в зависимости от атмосферных условий и наличия травянистой растительности изменялся от -1 до 6 мкмоль/(м²с). Потоки CH_4 , N_2O и NH_3 значительно варьировали по времени и в пространстве от отрицательных к положительным значениям, определяясь преимущественно температурой и влажностью почвы [4].

Выводы

На основании проведенного анализа зависимости между метеорологическими параметрами и потоком концентрации CH_4 (на основе инструментальных и модельных данных) выявлено, что в течение года с декабря 2023 года по ноябрь 2024 года концентрация метана повышается в осенне-зимний период. Это можно объяснить несколькими причинами: 1) осенью - значительным числом лесных пожаров; 2) зимой - большим количеством снежного покрова. Также наблюдается понижение концентрации метана и это приходится на летнее время года, что объясняется высокой температурой воздуха и большим выпадением осадков.

Данное исследование по определению пространственно-временной изменчивости CH_4 и между метеорологическими параметрами крайне важно для решения многих метеорологических и экологических задач, особенно направленных на выбор оптимальной стратегии декарбонизации и оценку роли природных экосистем в круговороте парниковых газов (например, CO_2).

Литература

1. Бердин В.Х., Грицевич И.Г., Кокорин А.О., Федоров Ю.Н. Парниковые газы — глобальный экологический ресурс: справочное пособие // WWF России, НОПППУ; М., 2004. — 137 с.;

2. Бурба Г.Г., Курбатова Ю.А., Куричева О.А., Авилов В.К., Мамкин В.В. Метод турбулентных пульсаций. Краткое практическое руководство / Москва: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, 2016. — 225 с.
3. Карбоновые полигоны. МИНОБРНАУКИ России – пилотный проект. Итоги первого года. ООО «Инконсалт К». [Электронный ресурс] 2021. URL: <https://carbon-polygons.ru/images/almanac-carbon-polygons-2021.pdf> (дата обращения 10.11.2025)
4. Карбоновый полигон Чеченской Республики: IV. Пилотные измерения потоков парниковых газов / Сатосина Е.М., Мамадиев Н.А., Махмудова Л.Ш., Керимов И.А., Курбатова Ю.А., Ольчев А.В. // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2023. Том 8. №2 (32). С. 53-64. DOI: 10.25744/genb.2023.97.15.008.

DYNAMICS OF CLIMATICALLY ACTIVE GASES BASED ON THE CHANGING CLIMATE IN PRIKAZANSKY DISTRICT

K.S. Zorina,

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

KaSZorina@stud.kpfu.ru

Abstract: The results and comparative analysis of methane flux measurements at the Carbon-Volga carbon landfill and model data from the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) from December 2023 to November 2024 are presented. The average monthly data on CH₄ fluxes based on two different sources showed that the minimum methane concentrations were observed against the background of maximum air temperatures, which may be associated with forest fires and the establishment of snow cover.

Keywords: greenhouse gases, methane, problem, greenhouse effect, carbon landfill, climate change, flow.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СУТОЧНЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ВЫПАДАЮЩИХ НАД ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТЬЮ

Е.А. Кочугова, Е.А. Свирко

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск,

kochugovae@mail.ru, el.svirko@yandex.ru

Аннотация: Изучена цикличность суточных максимумов атмосферных осадков на территории Иркутской области за период с 1977 по 2023 годы по данным 22-х метеорологических станций методом вейвлет-преобразования Морле. Выявлены региональные различия в структуре климатических циклов. Установлено усиление циклической активности в конце прошлого и начале нынешнего века с последующим затуханием.

Ключевые слова: суточный максимум атмосферных осадков, циклы, Иркутская область, изменение климата.

Современный климат претерпевает значительные изменения, проявляющиеся не только в постепенном изменении средних показателей, но и в заметном росте повторяемости и интенсивности экстремальных метеорологических величин. Частота возникновения экстремальных климатических ситуаций в России существенно возросла, причем характер этих изменений становится всё более выраженным. Наблюдается увеличение количества эпизодов аномально сильных дождей, приводящих к разрушительным наводнениям. Так, к примеру, согласно отчету главы МЧС в 2024 г. наводнениям подверглись 64 региона России, а масштабы половодья в Оренбургской, Курганской и Тюменской областях были рекордными за всю историю наблюдений. Помимо этого, фиксируется рост длительных периодов засухи, негативно влияющих на сельское хозяйство. Эти климатические изменения создают дополнительные риски для устойчивого развития регионов и

требуют разработки эффективных мер адаптации и предотвращения последствий природных катастроф. В этой связи исследования, посвященные изучению осадков и их временной динамики, могут повысить точность прогнозирования климатических изменений, оценить экономический ущерб и обеспечить стабильность, безопасность жителей нашей страны [1].

Цель исследования – выявление долгопериодных циклов суточных сумм атмосферных осадков на территории Иркутской области. Для ее достижения были обработаны данные метеорологических наблюдений суточного разрешения за атмосферными осадками на 22-х метеостанциях, что составляет почти треть от всех работающих в Иркутской области на настоящий момент станций и постов. Станции были разделены согласно синоптико-климатическому районированию [2], схема представлена на рисунке 1. Изменение режима увлажнения рассматривалось за период с 1977 по 2023 г.

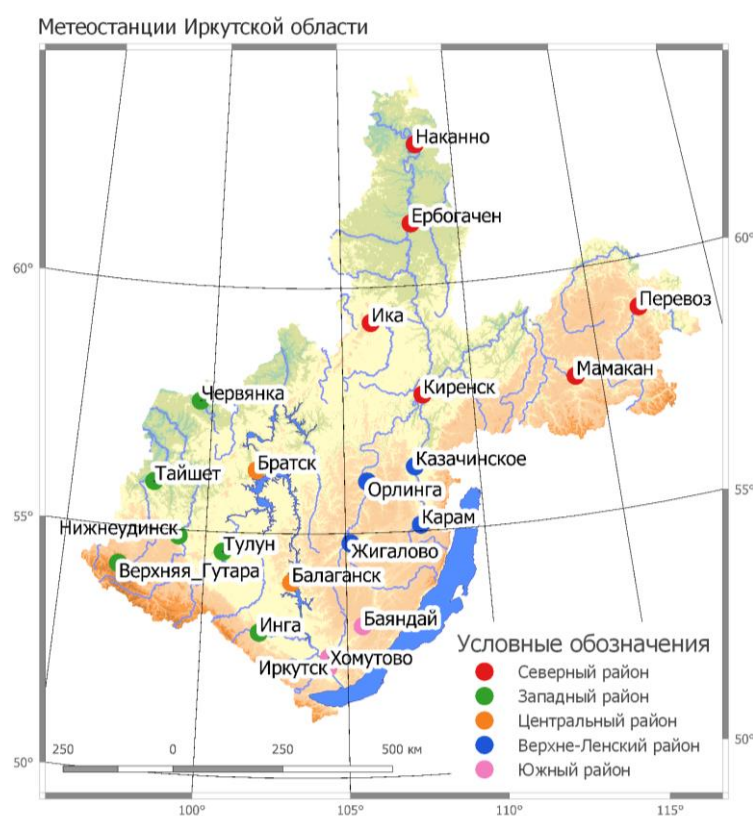


*Рис. 1. Карта-схема метеорологических станций,
используемых в исследовании*

Для оценки цикличности суточных сумм атмосферных осадков, использовался метод вейвлет-преобразования. В частности, локализованный спектральный анализ Морле, который является комплексным вейвлетом. Он определяется как гармонический сигнал, модулированный функцией Гаусса. Морле обладает выраженной локализацией как в физическом пространстве (времени), так и в пространстве частот [3].

Исследуемая территория расположена в пределах 51-64° с. ш. и 96-116° в. д. На пространственно-временное распределение осадков здесь оказывают: расположение в глубине континента, вдали от влияния Атлантического и Тихого океанов, что частично компенсируется обширной речной сетью, наличием нескольких крупных водохранилищ, а также озером Байкал; сложная орография, разделяющая территорию на две части центральную, находящуюся в пределах Среднесибирского плоскогорья, и юго-восточную и юго-западную – горную.

Огромную роль в распределении суточных сумм осадков играют особенности циркуляции атмосферы. Зимой при антициклональном типе погоды в среднем за сутки выпадает 0,5 мм твердых осадков. Крайне редко суточные суммы осадков могут достигать 15 мм. В летний период под влиянием азиатской депрессии наблюдается усиление циклонической активности, что на фоне сложного рельефа области, усиливает конвективную деятельность, способствуя увеличению облачности, и, соответственно, выпадению осадков. Поэтому в теплый период значение среднего суточного увеличивается в пять раз. В теплый период года южные районы региона подвержены влиянию циклонов, приходящих с территории Монголии, что вызывает затяжные и сильные ливневые осадки (до 120 мм/сут). Именно для этих районов паводочные наводнения исторически являются одним из основных климатических рисков, поскольку здесь они характеризуются наибольшей повторяемостью и силой воздействия.

Одновременно с увеличением риска паводков, режим увлажнения Иркутской области претерпевает значительные изменения, включая тенденцию к уменьшению годовых сумм осадков, преимущественно за счет летнего сезона.

Это приводит к увеличению сухости воздуха, дефицитов влаги и росту числа сухих дней во второй половине лета, что существенно повышает пожарную опасность в лесах региона. В зимний период, напротив, наблюдается тенденция к росту атмосферных осадков и их суточной интенсивности, что увеличивает нагрузку на инфраструктуру и транспорт, а аккумуляция твердых осадков может приводить к опасным весенним половодьям [4].

На рисунке 2 представлены результаты анализа вейвлет-спектра мощности для каждого из синоптико-климатических районов Иркутской области. Проведённый детальный анализ выявил наличие характерных временных циклов различной продолжительности в зависимости от географической зоны исследования. Так, в Западном, Центральном и Южном районах отчётливо выражены циклические колебания продолжительностью около трёх и пяти лет. Эти циклы имеют устойчивый характер и хорошо визуализируются на спектрах мощности. Что касается Северного и Верхне-Ленского районов, то здесь выделяются циклы большей длительности – порядка восьми – десяти лет. Однако важно отметить, что эти циклы находятся в пределах зон недостоверных данных, обусловленных недостаточным объёмом исходной выборки и длительностью анализируемого цикла. Таким образом, интерпретация указанных длиннопериодических колебаний требует осторожности и дополнительного подтверждения.

Проанализируем периодические колебания суточных сумм осадков для каждого района отдельно.

Северный район: наиболее выражен цикл 5-7 лет, который достигает максимальной интенсивности в период с 1980 по 1990 г. После 1990 г. начинается выраженный период спада циклической активности, который продолжается до конца 2010-х гг. В последние годы район характеризуется низкой межгодовой изменчивостью с фрагментарными короткими усилениями на различных частотах. С 2020 г. отмечается усиление четырёхлетнего цикла. Характерной особенностью района является наиболее контрастная динамика

спектра среди всех рассматриваемых территорий с четко выраженным пиком активности в 1980-х годах и последующим длительным затуханием.

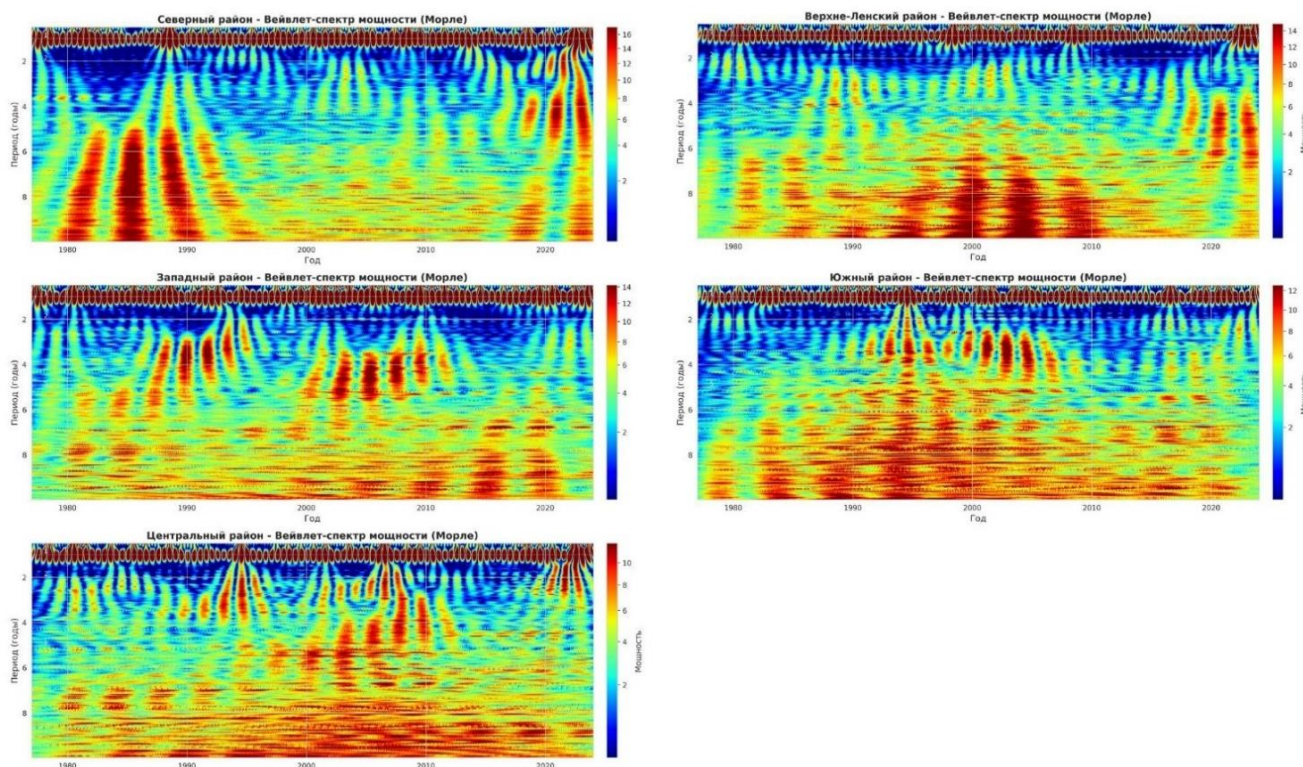


Рис. 2. Вейвлет-спектры мощности суточных сумм осадков для Северного, Верхне-Ленского, Западного, Южного и Центрального синопто-климатического района Иркутской области за период с 1977 по 2023 г.

Западный район: наиболее выражен цикл 3-5 лет. Усиление этой циклической компоненты начинается с 1985 г. В конце 1990-х гг. происходит временное ослабление активности, которое сменяется периодом максимальной интенсивности, продолжающимся до 2010 г. Особенно выраженная активность наблюдается в интервале 2000-2008 гг. После 2010 г. отмечается трансформация структуры спектра с усилением более долгопериодных циклов 5-8 лет и ослаблением высокочастотной составляющей. Район демонстрирует наиболее динамичную картину изменчивости с четко выраженным переходом от среднечастотных к низкочастотным колебаниям.

Центральный район: наиболее выражен цикл 2-5 лет с выраженной временной эволюцией доминирующих частот. До 1990 г. в районе наблюдается слабая

циклическая активность на всех частотах. Начиная с 1990 г. происходит усиление активности трёхлетнего цикла, которая нарастает в течение 1990-х гг. С 2000 по 2010 гг. отмечается максимум активности цикла 5 лет. После 2010 г. начинается постепенное снижение циклической активности, которое продолжается до конца периода наблюдений. К 2015-2023 гг. мощность спектра снижается до умеренных и низких значений с отсутствием устойчивых доминирующих периодов.

Верхне-Ленский район: наиболее выражена циклическая активность около 8 лет, что выделяет данный район среди остальных территорий. На более высоких частотах (периоды 2-4 года) цикличность практически не наблюдается на протяжении всего периода исследования. Максимальная активность восьмилетнего цикла отмечается в период с 1995 по 2010 г. Пик интенсивности приходится на 2000-2008 гг. До 1995 г. активность на этих периодах умеренная, идет постепенное нарастание мощности. После 2010 г. происходит некоторое ослабление интенсивности восьмилетнего цикла, но он продолжает оставаться доминирующей компонентой межгодовой изменчивости.

Южный район: хорошо выражена цикличность на двух различных временных масштабах: на периоде 3-4 года и около 8 лет. До 1990 г. циклическая активность умеренная, без ярко выраженных максимумов. Начиная с 1990 г. происходит одновременное усиление обоих циклов. Максимум активности этих циклических компонент отмечается в период с 1990 по 2010 гг. Особенно интенсивная активность цикла 3-4 года отмечается в интервале 1995-2010 гг. Восьмилетний цикл также достигает максимальной мощности в этот же временной интервал, особенно в период 2000-2005 гг. До 1990 г. и после 2010 г. особой циклической активности не наблюдается, мощность спектра на обоих доминирующих периодах снижается до умеренных значений. Наличие двух выраженных циклов на различных временных масштабах указывает на влияние различных климатических факторов.

Анализ вейвлет-спектров осадков пяти районов Иркутской области за период 1977-2023 гг. выявил существенную пространственно-временную

неоднородность циклической активности с характерными доминирующими периодами для каждой территории. Также наблюдается общая тенденция к усилению циклической активности в период 1990-2010 годов с последующим ослаблением в большинстве районов, за исключением Северного.

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить региональные различия в структуре климатических ритмов, характерные для отдельных районов Иркутской области, что имеет важное значение для понимания пространственно-временной динамики атмосферных процессов и разработки долгосрочных климатических прогнозов. Анализ структуры рядов суточных максимумов осадков показал периодичность с масштабом от 3 до 5 лет и от 8 до 10 лет. Последний масштаб обычно связывают с 18,6-летним лунным циклом, который присутствует в динамике засух и наводнений.

Литература

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2024 году: государственный доклад. Москва, 2025. 277 с.
2. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / Под ред. С.Д. Кошинского, А.Д. Дробышева. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 237 с.
3. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. Москва: СОЛОН-Р, 2002. 446 с.
4. Кочугова Е. А. Динамика климатических экстремумов на территории Иркутской области: монография. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. 171 с.

ANALYSIS OF THE TEMPORAL STRUCTURE OF DAILY PRECIPITATION TOTALS FALLING OVER THE IRKUTSK REGION

E. A. Kochugova, E. A. Svirko

FSBEI HE Irkutsk State University, Irkutsk

kochugovae@mail.ru, el.svirko@yandex.ru

Summary: The cyclicity of daily precipitation peaks in the Irkutsk region from 1977 to 2023 was studied using data from 22 meteorological stations using the Morlet wavelet transform. Regional differences in the structure of climate cycles were identified. An increase in cyclic activity was found at the end of the last century and the beginning of this century, followed by a decline.

Keywords: daily precipitation peak, cycles, Irkutsk region, climate change.

АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В УЛЬЯНОВСКЕ В КОНЦЕ XIX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Е.Е. Парфенова^{1,2}, О.В. Лопастейская¹, И.Д. Корчагина¹

¹Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации

Б.П. Бугаева, Ульяновск,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,

ekerparfenova@gmail.com^{1,2}

Аннотация: В работе рассмотрена временная изменчивость декадных, месячных и годовых сумм атмосферных осадков в г. Ульяновске по данным АМСГ Ульяновск-I (Баратаевка) в период с 1984 по 2024 г. Проанализирован годовой ход атмосферных осадков. Проведен сравнительный анализ климатических норм за базовые периоды с 1981 по 2010 гг. и с 1991 по 2020 гг.

Ключевые слова: изменение климата, атмосферные осадки, климатическая норма, тренд.

В последние десятилетия мировое научное сообщество все чаще акцентирует внимание на глобальных и региональных изменениях климата. Наиболее актуальная информация о динамике изменчивости климата представлена в Шестом оценочном докладе МГЭИК [1], а также в Третьем оценочном докладе Росгидромета [2]. Данные исследования используются для своевременной выработки мер по адаптации к изменениям климата для различных сфер народного хозяйства страны.

Согласно, [2] на территории Российской Федерации в период с 1976 по 2020 гг. наблюдается рост среднемесячных и максимально выпавших за сутки атмосферных осадков в определенные периоды и месяцы года. Полученные тенденции могут быть использованы, например отраслью сельского хозяйства, строительства, транспорта и т.д.

В данной работе в качестве исходных данных использовались декадные и месячные метеорологические наблюдения за атмосферными осадками на АМСГ Ульяновск-I (Баратаевка) в период с 1984 по 2024 г, а также климатические нормы для базовых периодов с 1981-2010 гг. и с 1991-2020 гг.

Для более детальной оценки тенденций изменения атмосферных осадков для всех месяцев года дополнительно была произведена разбивка на декады. Для выявления климатических изменений рассматриваемого метеорологического параметра для всех периодов были построены линейные тренды:

$$y(\tau) = a\tau + b, \quad (1)$$

где $y(\tau)$ – сглаженное значение индекса на момент времени τ ($\tau = 1, 2, 3 \dots n$), a – угловой коэффициент наклона линии тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения индекса, b – свободный член (начальное значение линии тренда). Положительное значение коэффициента a указывает на рост индекса, отрицательное – на падение.

Статистическая достоверность тренда оценивалась с привлечением коэффициента детерминации R^2 в рамках принятой стохастической модели климата с использованием 5%-го уровня значимости [3]. При используемом объеме выборки $n=41$ значимым был коэффициент детерминации $R^2 > 0,09$.

Рассмотрим динамику климатических норм атмосферных осадков по данным АМСГ Ульяновск-I (Баратаевка) за базовые периоды с 1981 по 2010 гг. и с 1991 по 2020 гг., рекомендованные ВМО.

Исходя из таблицы 1, можно сделать следующие выводы: в период с 1991 по 2020 гг. относительно периода с 1981 по 2010 гг., в основном отмечается увеличение значений климатической нормы атмосферных осадков. Наибольший рост наблюдается в январе и марте на 5 мм и 4 мм соответственно. Стоит отметить, что в июне, июле и ноябре климатическая норма понижается. Наибольшее снижение показателя климатической нормы приходится на июль -8 мм.

Таблица 1

Климатические нормы атмосферных осадков, мм

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
1981-2010	31	25	23	31	39	64	64	49	53	40	34	32	484
1991-2020	36	26	27	34	40	60	56	52	55	40	32	35	492
Δ	5	1	4	3	1	-4	-8	3	2	0	-2	3	8

Проанализируем годовой ход атмосферных осадков. Согласно расчетам, в период с 1984 по 2024 г. в г. Ульяновске в среднем за год выпадает 500 мм атмосферных осадков. Наибольшее количество осадков отмечается в июле и составляет 64 мм, минимальное в марте – 26 мм (рис. 1). Рассматривая суммы атмосферных осадков по декадам, выявлено, что наибольшее количество осадков наблюдается в первой декаде июля – 29 мм, наименьшее количество в третьей декаде февраля – 7 мм.

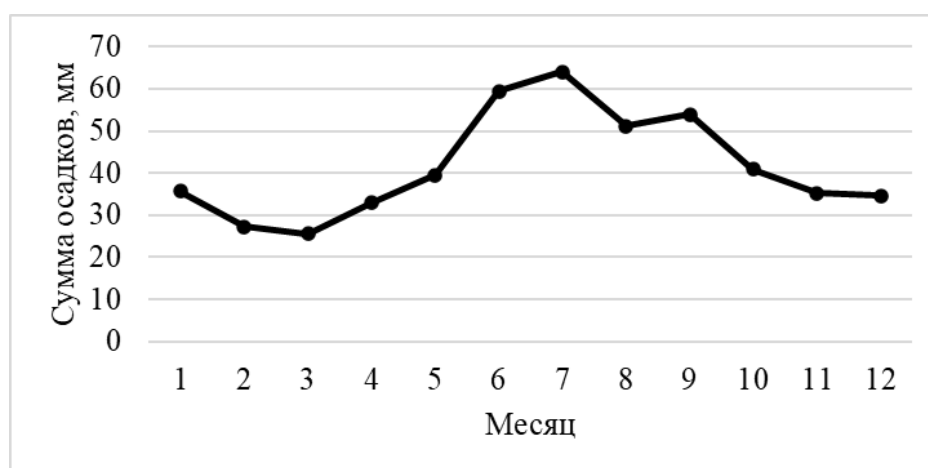


Рис.1. Годовой ход атмосферных осадков по данным АМСГ Ульяновск-I (Баратаевка) в период с 1984 по 2024 г., мм.

В метеорологии принято относить суммы осадков к так называемому гидрологическому году, в котором с ноября по март – холодный период, с апреля по октябрь - теплый. Наибольшее количество осадков приходится на теплый период и составляет 342 мм, в холодный в 2 раза меньше - 158 мм. В сезонном

распределении максимум осадков приходится на летние месяцы года и составляет 175 мм, минимум отмечается в зимние и весенние месяцы - 98 мм.

За рассматриваемый период КНЛТ сумм годовых атмосферных осадков принимает положительный знак, что говорит о росте данного показателя со скоростью 39,3 мм/10 лет, $R^2=0,2099$ (статистически значим) (рис.2). Полученные результаты согласуются с данными, приведенными в [2] как в целом по стране, так и по Приволжскому федеральному округу полученные в работе [4].

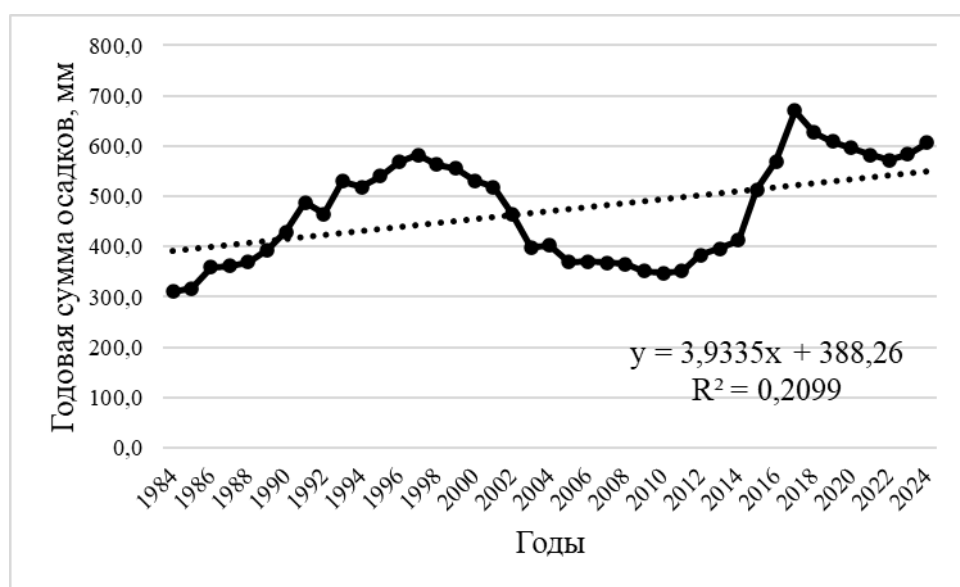


Рис. 2. Межгодовые изменения сумм атмосферных осадков по данным АМСГ Ульяновск-I (Баратаевка) в период с 1984 по 2024 г., мм.

В таблице 2 рассмотрены КНЛТ для всех месяцев года, а также для более детального рассмотрения тенденций произведена разбивка на декады. Статистически значимые изменения выделены курсивом и полужирным. Согласно полученным результатам, преобладает рост количества атмосферных осадков за рассматриваемый период с 1984 по 2024 гг. Наибольшая положительная тенденция отмечается в феврале и марте со скоростью 4,1 мм/10 лет и 5,6 мм/10 лет соответственно. В эти месяцы в феврале в первой декаде, в марте во второй и третьей декадах, а также в первой декаде августа наблюдается наибольший рост атмосферных осадков со скоростью 2,6 - 4,1 мм/10 лет. Сокращение количества осадков наблюдается с июня по сентябрь. Наибольший

вклад вносит июнь, отмечается падение со скоростью -8,3 мм/10 лет. Рассматривая декадные данные, отрицательная тенденция отмечается во второй декаде сентября и июня со скоростью -4,5 мм/10 лет и -5,5 мм/10 лет соответственно.

Таблица 2

Динамика изменчивости декадных и месячных атмосферных осадков в период с 1984 по 2024 гг., мм/10 лет

	1 декада	2 декада	3 декада	Месяц
Январь	1,4	1,0	1,4	3,8
Февраль	2,9	0,6	0,7	4,1
Март	0,3	2,7	2,6	5,6
Апрель	1,5	-0,4	1,2	2,3
Май	1,6	-0,3	-0,1	1,1
Июнь	0,9	-5,5	-3,7	-8,3
Июль	-1,0	-0,6	-3,2	-4,8
Август	4,1	-2,5	-2,5	-0,9
Сентябрь	0,4	-4,5	0,8	-3,4
Октябрь	-2,1	0,08	3,0	0,9
Ноябрь	-0,7	0,04	1,0	0,4
Декабрь	1,5	-0,3	0,9	2,0

В ходе работы были выявлены следующие климатические изменения атмосферных осадков в г. Ульяновске в период с 1984 по 2024 гг.:

1. Наибольшее количество атмосферных осадков наблюдается в июле, наименьшее в марте;

2. Годовая сумма атмосферных осадков увеличивается со скоростью 39,3 мм/10 лет;

3. В период с июня по сентябрь наблюдается отрицательная тенденция изменения атмосферных осадков, в остальные месяцы года положительная тенденция. Основное сокращение приходится на июнь со скоростью -8,3 мм/10 лет. Увеличение осадков происходит преимущественно в феврале-марте со скоростью 4,1 – 5,6 мм/10 лет.

Литература

1. IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. /H.-O. Portner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Loschke, V. Moller, A. Okem, and B. Rama (eds.). — Cambridge, UK and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2022, 3056 p.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме. – Санкт Петербург : Научно-технические технологии, 2022. – 124 с.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
4. Переведенцев Ю.П., Парубова Е.М., Шанталинский К.М. [и др.] Изменчивость основных климатических показателей на территории Приволжского Федерального округа в период 1966-2018 гг // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2021. – Т. 31, № 1. – С. 65-75.

ANALYSIS OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN ULYANOVSK AT THE END OF THE XIX - BEGINNING OF THE XXI CENTURY

E.E. Parfenova^{1,2}, O.V. Lopasteiskaya¹, I.D. Korchagina¹

¹Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P.

Bugaev, Ulyanovsk,

²Kazan (Volga Region) Federal Universitet², Kazan,

ekeparfenova@gmail.com

Abstract: The paper considers the temporal variability of decadal, monthly and annual amounts of atmospheric precipitation in Ulyanovsk according to the AMSG Ulyanovsk-I (Barataevka) in the period from 1984 to 2024. The annual course of atmospheric

precipitation is analyzed. A comparative analysis of climatic norms for the base periods from 1981 to 2010 and from 1991 to 2020 has been carried out.

Keywords: climate change, precipitation, climatic norm, trend.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕСУРСОВ ТЕПЛА И ВЛАГИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Е.В. Тихомирова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,

loool18rd.ru@mail.ru

Аннотация: работа представляет результаты анализа динамики коэффициента увлажнения Сапожниковой и индекса атмосферной засушливости (увлажнения) Д.А. Педя на территории Среднего Поволжья за два временных периода: основной (1991–2020 гг.) и расширенный (1986–2024 гг.). Методом наименьших квадратов рассчитан коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ), который позволяет количественно оценить направление и интенсивность изменений каждого индекса. Наиболее активные процессы роста отмечены в отдельных станциях (Большая Глушица и Батырево), тогда как в остальных регионах фиксируется малая динамика или стабильность индексов. Выводы исследования могут служить основой для совершенствования системы мониторинга климатических изменений и разработки стратегии адаптации к ним.

Ключевые слова: Среднее Поволжье, коэффициент увлажнения Сапожниковой, индекс атмосферной засушливости (увлажнения) Д.А. Педя.

Изменение температурно-влажностного режима является одним из ключевых индикаторов современных климатических преобразований, оказывающих прямое влияние на экосистемы, сельское хозяйство и водные ресурсы [1]. Среднее Поволжье относится к регионам, где климатические колебания проявляются особенно контрастно из-за сочетания лесостепных и степных природных зон. Анализ многолетних рядов коэффициента увлажнения С.А. Сапожниковой (Кус) и индекса атмосферной засушливости Д.А. Педя (S) позволяет выявить долгосрочные тенденции изменения баланса тепла и влаги,

определить характер и интенсивность засушливых либо влажных периодов, а также установить региональные особенности динамики климатических показателей. Учитывая рост климатической изменчивости и учащение экстремальных погодных явлений, исследование динамики $K_{ус}$ и S за период 1986–2024 гг. является актуальным и востребованным как для метеорологии, так и для хозяйственного планирования, оценки рисков засух и разработки адаптационных мер в агропромышленном комплексе.

Целью исследования явилась оценка изменений показателей температурно-влажностного режима в Среднем Поволжье за период 1986–2024 гг.

Основной задачей исследования явилось выявление изменений ресурсов тепла и влаги на территории Среднего Поволжья за два временных периода 1991 – 2020 гг. и 1986 – 2024 гг.

Материалы и методы исследования: в качестве исходных данных использовался архив 8-срочных данных по температуре воздуха и суммам атмосферных осадков ВНИИГМИ-МЦД [2] за период 1986–2024 гг.

Данные подвергались статистической обработке, рассчитывались: коэффициент увлажнения Сапожниковой [3]; индекс атмосферной засушливости (увлажнения) Д.А. Педя [4, 5]; коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ), достоверность КНЛТ определялась по критерию Стьюдента, при объеме выборки 39 лет – $R^2 \Rightarrow 0,078$ [6, 7].

В табл. 1 представлены расчеты коэффициента наклона линейного тренда коэффициента увлажнения ($K_{ус}$) на ряде метеорологических станций Среднего Поволжья за два временных периода: 1991–2020 гг. и расширенный период 1986–2024 гг. Показатели КНЛТ приведены для каждой отдельной метеорологической станции региона.

КНЛТ (ед./10 лет) коэффициента увлажнения С.А. Сапожниковой

Субъект РФ	Станция	1991-2020	1986-2024
Самарская область	Самара	0,2	0,3
	Большая Глушица	0,2	0,7
	Безенчук	0,2	0,2
	Серноводск	0,2	0,2
Кировская область	Опарино	0,4	0,4
	Яранск	0,3	0,3
	Кумены	0,3	0,3
	Кильмезь	0,3	0,3
	Фаленки	0,3	0,3
	Белая Холуница	0,3	0,3
	Кирс	0,3	0,3
Республика Татарстан	Казань	0,2	0,2
	Чулпаново	0,2	0,2
	Чистополь	0,2	0,2
	Муслюмово	0,2	0,2
Удмуртская Республика	Сарапул	0,3	0,3
	Глазов	0,3	0,3
	Ижевск	0,2	0,2
Республика Марий-Эл	Йошкар-Ола	0,3	0,3
Чувашская Республика	Чебоксары	0,2	0,2
	Батырево	0,3	0,3
Ульяновская область	Ульяновск	0,2	0,2
	Канадей	0,2	0,2
	Инза	0,2	0,2

Значения КНЛТ $K_{ус}$ представляют собой наклон линии тренда, определяемый методом наименьших квадратов. Высокое значение КНЛТ означает значительный рост $K_{ус}$ за период, а близость к нулю указывает на слабую динамику или стабильность показателя. Эти данные помогают выявить долгосрочные тенденции изменения рассматриваемого индекса и определить территориальные особенности динамики.

Если рассматривать территориально, Самарская область характеризуется низкими значениями КНЛТ, за исключением Большой Глушицы, где коэффициент резко увеличивается до 0,7 ед./10 лет. Такое различие может говорить о локальной природной аномалии или особенностях расположения пункта наблюдения. Остальные регионы (Кировская область, Республика

Татарстан, Удмуртская Республика, Марий Эл, Чувашская Республика, Ульяновская область) показывают умеренно низкие значения КНЛТ, колеблющиеся в диапазоне от 0,2 до 0,4 ед./10 лет. Относительно изменений за годы, за полный период (1986–2024 гг.) заметно некоторое снижение вариативности данных. Большинство станций демонстрируют одинаковый тренд, за исключением ст. Большой Глушицы, где сохраняется высокий КНЛТ. Максимальная величина КНЛТ $K_{ус}$ была зарегистрирована в Большой Глушице (Самарская область) за оба периода. Минимальные значения наблюдались в подавляющем большинстве городов региона, демонстрируя низкую скорость роста $K_{ус}$. Самые выраженные тенденции роста $K_{ус}$ выявлены в Большой Глушице. Прочие территории характеризуются низкой скоростью изменения коэффициента.

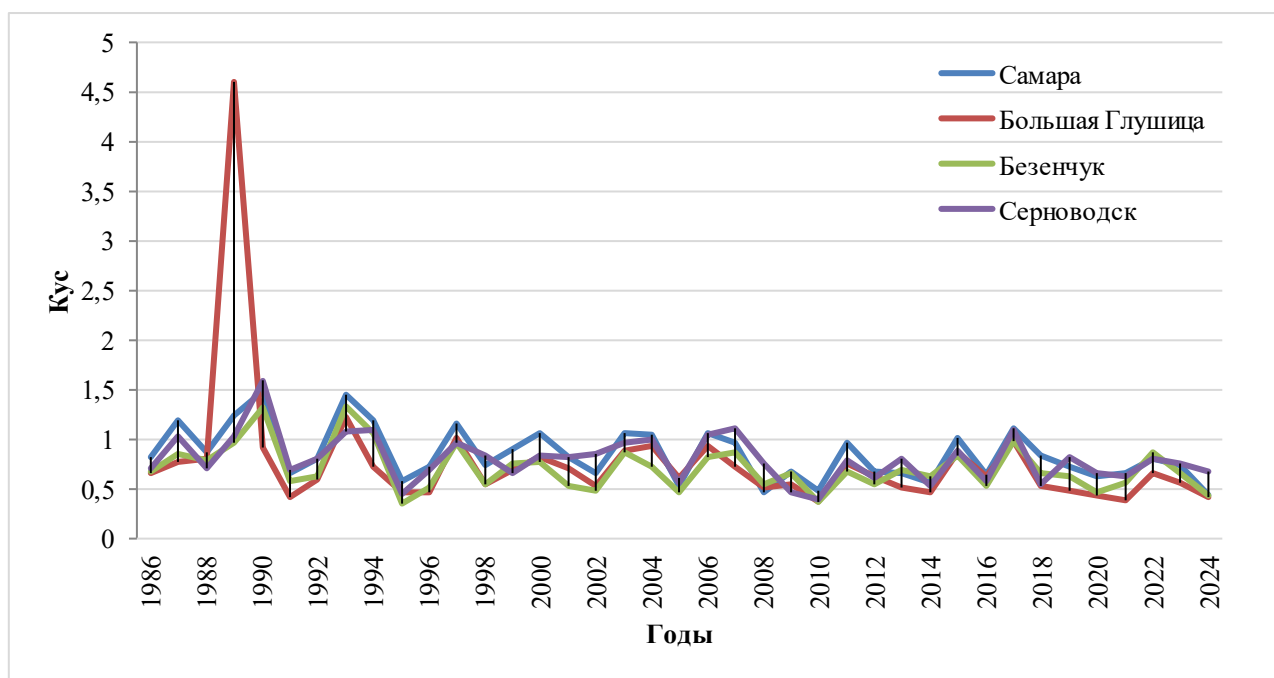


Рис. 1. Динамика коэффициента увлажнения С.А. Сапожниковой на метеорологических станциях Самарской области за 1986-2024 гг.

Оценка увлажненности территории Самарской области. По графику (рис. 1) $K_{ус}$ видно, что на ст. Самара значения $K_{ус}$ колеблются в пределах 0,7–1,3, что соответствует переходу между «недостаточной» и «достаточной» влагообеспеченностью. Это указывает на умеренно стабильный водный режим

без признаков сильных засух. На станции Безенчук диапазон значений близок к значениям коэффициента на станции Самара, примерно 0,8–1,2. Условия недостаточные, достаточные, что соответствует нормальным условиям влаги для лесостепи. На станции Серноводск показатели распределяются в пределах 0,7–1,1, что также указывает на умеренную влажность с тенденцией к недостаточной. На станции Большая Глушица значения $K_{ус}$ заметно выше остальных станций 1,3–1,8. Это соответствует достаточной, повышенной, избыточной влагообеспеченности.

Территория Самарской области характеризуется преимущественно нормальными и недостаточными условиями влаги, типичными для лесостепи. Резко выделяется станция Большая Глушица, где наблюдается наиболее влажный микроклимат среди станций области.

Таблица 2

КНЛТ (ед./10 лет) индекса засушливости Д.А. Педя

Субъект РФ	Станция	1991-2020	1986-2024
Самарская область	Самара	0,1	0,1
	Большая Глушица	0,1	0,1
	Безенчук	0,1	0,1
	Серноводск	0,1	0,1
Кировская область	Опарино	0,1	0,1
	Яранск	0,1	0,1
	Кумены	0,1	0,1
	Кильмезь	0,1	0,1
	Фаленки	0,1	0,1
	Белая Холуница	0,1	0,1
	Кирс	0,1	0,1
Республика Татарстан	Казань	0,1	0,1
	Чулпаново	0,1	0,1
	Продолжение табл. 2		
	Чистополь	0,1	0,1
	Муслюмово	0,1	0,1
Удмуртская Республика	Сарапул	0,1	0,1

	Глазов	0,1	0,1
	Ижевск	0,1	0,1
Республика Марий-Эл	Йошкар-Ола	0,1	0,1
Чувашская Республика	Чебоксары	0,1	0,1
	Батырево	0,2	0,2
Ульяновская область	Ульяновск	0,1	0,1
	Канадей	0,1	0,1
	Инза	0,1	0,1

Представлены расчеты (табл. 2) коэффициента наклона линейного тренда (КНЛТ) для индекса S на ряде метеорологических станций Среднего Поволжья за два временных периода: 1991–2020 гг. и расширенный период 1986–2024 гг. Показатели КНЛТ приведены для каждой отдельной метеорологической станции региона. Наблюдается общая низкая активность изменения индекса S . Абсолютное большинство значений находится на минимальном уровне (0,1), что соответствует небольшой скорости изменения индекса. Исключением является ст. Батырево (Чувашская Республика), где отмечается возрастание КНЛТ до 0,2 ед./10 лет, что может свидетельствовать о значительных изменениях или региональных особенностях. Добавление девяти лет в расширение периода (до 1986–2024 гг.) не оказало существенного влияния на общую картину, лишь подтвердив ранее установленные закономерности. Особенность станции Батырево остаётся постоянной независимо от расширения периода наблюдений. Полученные данные свидетельствуют о наличии значительной региональной неоднородности в динамике индекса S , причем ст. Батырево отличается повышенными темпами роста.

Оценка засушливости Республики Татарстан. По рис. 2 индекса S на станции Казань значения S колебались около 0 и 1, что соответствует нормальному увлажнению, слабой засухе. Станции Чулпаново, Чистополь, Муслюмово показали значения чаще всего в пределах от 0 до 0,8, что свидетельствует о нормальном увлажнении. Республика Татарстан в целом находится в зоне нормального увлажнения, без признаков устойчивых

засушливых тенденций. Размахи индекса малы, что подтверждается минимальными КНЛТ = 0,1 ед./10 лет.



Рис. 2. Динамика индекса засушливости Д.А. Педя на метеорологических станциях Республики Татарстан за 1986-2024 гг.

Проведённое исследование позволило всесторонне изучить изменения температурно-влажностного режима в Среднем Поволжье за период с 1986 по 2024 годы. Выявлено, что большинство метеорологических станций Среднего Поволжья демонстрируют слабый рост термических ресурсов, отражаемый показателем индекса $K_{ус}$. Исключение составляет станция Большая Глушица (Самарская область), где зафиксирован резкий подъём показателя до 0,7, т.к. данная станция расположена в долине реки Большой Иргиз, где формируется локальный увлажненный микроклимат.

Для района исследования характерны: повышенная увлажненность почвенного профиля за счёт подпитки грунтовыми водами, высокая пойменная разбитость рельефа, отсутствие крупных водных объектов, что снижает испаряемость, лесостепная переходная зона, отличающаяся нестабильным, но часто повышенным влагоснабжением. Именно эти особенности объясняют

наибольший рост $K_{ус}$ и максимальный КНЛТ по всей территории Самарской области [8].

Изучение индекса S продемонстрировало почти полное отсутствие динамики увлажнения на большей части территории Среднего Поволжья. Единственным исключением стало село Батырево (Республика Чувашия), где КНЛТ составил 0,2 ед./10 лет, что значительно превышает показатели большинства других регионов. Результаты подтвердили существование сильной территориальной неоднородности в динамике показателей $K_{ус}$ и S . Анализ подтверждает сохранение тенденций роста индексов в отдельных регионах, хотя значительная часть региона характеризуется чрезвычайно слабыми изменениями. Расширение периода наблюдений (1986–2024 гг.) не повлияло на общую картину и только усилило понимание роли локальных особенностей в формировании региональных отличий.

Литература

1. Panova N., Ivanov V. Aridity Indices and Drought Assessment Methods // Journal of Hydrology. 2017. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/aridity-index> (дата обращения: 19.11.2025).
2. ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных» (meteo.ru) // URL: <https://meteo.ru> (дата обращения: 19.11.2025).
3. Сапожникова С.А. Методика расчёта коэффициента увлажнения // Метеорология и климатология. 1980. URL: <https://ecolog.academic.ru/5144> (дата обращения: 19.11.2025).
4. Педь Д.А. Показатель атмосферной засушливости и особенности его применения // Труды Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. URL: https://cawater-info.net/bk/water_laws/pdf/ped-index.pdf (дата обращения: 19.11.2025).

5. Кузьмина В.Н., Трешкин А.И. Оценка засушливости территории с использованием индекса Педя // Метеорология и гидрология. 2010. URL: <https://cawater-info.net/library/rus/ped.pdf> (дата обращения: 19.11.2025).
6. Российская Федерация. Стандарт ГОСТ Р 8.736–2011. Применение критерия Стьюдента. Приложение А. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200083114> (дата обращения: 19.11.2025).
7. MathNet. Метод наименьших квадратов (КНЛТ) // Электронная математическая библиотека MathNet.ru. URL: <https://www.mathnet.ru> (дата обращения: 21.11.2025).
8. Самарская область: природа и ресурсы. Атлас. Под ред. А. Ф. Полякова. – Самара: Самарское областное книжное издательство, 2013. – 216 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21234567> (дата обращения: 19.11.2025).

CHANGES IN HEAT AND MOISTURE RESOURCES IN THE MIDDLE VOLGA REGION OVER THE PAST DECADES

E.V. Tikhomirova

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, loool18rd.ru@mail.ru

Abstract: This paper presents the results of an analysis of the dynamics of the Sapozhnikova moisture coefficient and the D.A. Pedyu atmospheric aridity (humidity) index in the Middle Volga region over two time periods: the main period (1991–2020) and the extended period (1986–2024). The slope coefficient of the linear trend (SCLT) was calculated using the least squares method, allowing for a quantitative assessment of the direction and intensity of changes in each index. The most active growth processes were observed at certain stations (Bolshaya Glushitsa and Batyrev), while other regions showed little or no change in the indices. The study's findings can serve as a basis for improving climate change monitoring systems and developing adaptation strategies.

Keywords: Middle Volga region, Sapozhnikova's moisture coefficient, D.A. Pedyu atmospheric aridity (humidity) index.

СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ БЛОКИНГОВ НАД ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ РОССИИ И ИХ СВЯЗЬ С КРУПНОМАСШТАБНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ

Швец П. А.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, polinashvets0302@gmail.com

Аннотация: Атмосферные блокинги представляют собой квазистационарные меридиональные антициклоны, нарушающие зональный перенос в средних широтах и вызывающие продолжительные аномалии погоды. В работе проанализированы синоптические условия формирования омега-блокингов над Европейской территорией России в период 2023-2025 гг. с использованием индекса Тибальди-Молтени и данных реанализа ERA5. Исследована связь между частотой блокингов и климатическими индексами ONI, САК и АО. Установлено, что блокинги формируются при различных комбинациях индексов, при этом переходные фазы Эль-Ниньо и отрицательная фаза АО создают благоприятные условия.

Ключевые слова: атмосферное блокирование, омега-блок, индекс Тибальди-Молтени, Эль-Ниньо – Южное Колебание, Североатлантическое колебание, Арктическая осцилляция.

Атмосферное блокирование – это нарушение зонального переноса воздушных масс квазистационарным меридиональным антициклоном [1]. Блокирующие процессы сохраняются от 5-7 дней до нескольких недель, вызывая продолжительные температурные аномалии, засухи, наводнения и другие

экстремальные погодные явления, представляющие серьезную угрозу для сельского хозяйства.

Европейская территория России (ЕТР) входит в зону повышенной активности блокирующих процессов. Аномальная жара летом 2010 года, приведшая к массовым лесным пожарам и потерям урожая; температурные аномалии $+10...+13^{\circ}\text{C}$ в сентябре 2023 года; холодные вторжения февраля 2025 года – все эти события связаны с атмосферным блокированием [2].

Крупномасштабные климатические явления оказывают влияние на частоту и локализацию блокингов. Эль-Ниньо – Южное Колебание (ЭНЮК) изменяет положение струйных течений через механизм телеконнекций [3]. Североатлантическое колебание (САК) и Арктическая осцилляция (АО) модулируют меридиональность атмосферных процессов [4, 5]. Понимание этих взаимосвязей важно для прогнозирования неблагоприятных агрометеорологических условий.

Цель работы – анализ синоптических условий формирования атмосферных блокингов над ЕТР и выявление их связи с крупномасштабными климатическими индексами.

Для идентификации блокирующих процессов использовался квазиодномерный индекс Тибальди-Молтени [6], основанный на анализе градиентов геопотенциальной высоты поверхности 500 гПа. Градиенты рассчитывались для параллелей 50° и 70° с.ш. с вариацией $\pm 5^{\circ}$ по широте. Условия блокирования: $\text{GHGS}(50) > 0$ (обращение градиента в средних широтах) и $\text{GHGN}(70) < -10 \text{ м}/^{\circ}$ широты.

Данные геопотенциала получены из реанализа ERA5 ECMWF [7] с разрешением $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ за период 01.01.2022–14.04.2025. Синоптический анализ проводился с использованием приземных карт и карт АТ-500 Гидрометцентра России, совмещенных карт геопотенциала 500 гПа с приземным давлением.

Использовались климатические индексы: ONI (Oceanic Niño Index) – трехмесячное скользящее среднее аномалий температуры поверхности океана; САК – индекс Североатлантического колебания; АО – индекс Арктической осцилляции. Данные получены из NOAA Climate Prediction Center.

1) Начало сентября 2023 года. Над ЕТР сформировался классический омега-блок. На картах АТ-500 наблюдался антициклон с давлением 1020-1025 гПа и геопотенциалом > 5680 м. По обеим сторонам располагались циклоны: западный – над Гренландией (1000-1005 гПа), восточный – над восточной Европой. Изогипсы формировали Ω -образную конфигурацию с меридиональной амплитудой $\sim 20^\circ$ широты. Температурные аномалии составили $+10\dots+13^\circ\text{C}$ при фактических температурах $+24\dots+27^\circ\text{C}$. Блокирующая структура сохранялась 5-7 дней.

Середина февраля 2025 года. Омега-блок сформировался в результате перестройки атмосферной циркуляции. Западный циклон над Скандинавией обеспечивал заток холодного арктического воздуха, восточный циклон над Западной Сибирью поддерживал циркуляцию на восточной периферии. Эволюция включала стадии: зарождение (17-19.02), развитие (20-22.02), зрелость (22-23.02) и трансформация (23-25.02). Продолжительность эпизода ~ 8 дней.

Расчет индекса Тибальди-Молтени выявил повышенную частоту блокирований над ЕТР в диапазоне $50\text{-}70^\circ$ в.д. Временные ряды индекса подтвердили все рассмотренные случаи, демонстрируя высокую чувствительность к меридиональным деформациям поля геопотенциала.

Анализ климатических индексов выявил сложные взаимосвязи (табл. 1). Сентябрьский блокинг 2023 года сформировался при устоявшемся Эль-Ниньо ($\text{ONI} = +1,3\dots+1,8$), что согласуется с механизмом телеконнекций через волны Россби [8]. Случай февраля 2025 года выделяется формированием блокинга при

положительном САК (+1,60) и отрицательном АО (–0,86), что демонстрирует преобладание региональных факторов над глобальными.

Таблица 1

Климатические индексы в периоды блокирования

Период	Фаза ЭНЮК	ONI	САК	АО
Сентябрь 2023	Устоявшийся Эль-Ниньо	+1,3...+1,8	–0,44	+0,22
Февраль 2025	Нейтральная	–0,6...–0,4	+1,60	–0,86

Отрицательная фаза АО характеризуется ослаблением циркумполярного вихря и меридиональной структурой струйного течения, что создает благоприятные условия для амплификации планетарных волн и формирования блокирующих антициклонов [9]. Переходные фазы ЭНЮК характеризуются реорганизацией крупномасштабной циркуляции, что также способствует блокированию [10].

Атмосферные блокинги над ЕТР представляют серьезную угрозу для сельского хозяйства. Летние блокинги приводят к засухам, снижая урожайность зерновых культур и повышая риск лесных пожаров. Зимние блокинги могут вызывать как аномально теплую погоду с выпадением дождей, приводящую к вымоканию озимых, так и устойчивые морозы, повреждающие сельскохозяйственные культуры.

Атмосферные блокинги над ЕТР формируются преимущественно по омега-типу с продолжительностью 5-8 дней и пространственной протяженностью 40-50° по долготе. Индекс Тибальди-Молтени эффективно идентифицирует блокирующие процессы по данным ERA5. Блокинги формируются при различных комбинациях климатических индексов, при этом отрицательная фаза АО, переходные фазы ЭНЮК и устоявшийся Эль-Ниньо создают благоприятные синоптические условия. Результаты имеют значение для

долгосрочного прогнозирования неблагоприятных агрометеорологических условий.

Литература

1. Rex D.F. Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate // *Tellus*. 1950. Vol. 2. P. 196-211.
2. Кислов А.В. Климатология: учебник для вузов. М.: Академия, 2011. 224 с.
3. Trenberth K.E. The definition of El Niño // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1997. Vol. 78. P. 2771-2778.
4. Hurrell J.W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M. An overview of the North Atlantic Oscillation // *The North Atlantic Oscillation*. 2003. P. 1-35.
5. Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // *Geophysical Research Letters*. 1998. Vol. 25. P. 1297-1300.
6. Tibaldi S., Molteni F. On the operational predictability of blocking // *Tellus A*. 1990. Vol. 42. P. 343-363.
7. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020. Vol. 146. P. 1999-2049.
8. Horel J.D., Wallace J.M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation // *Monthly Weather Review*. 1981. Vol. 109. P. 813-829.
9. Woollings T., Hannachi A., Hoskins B. Variability of the North Atlantic eddy-driven jet stream // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2010. Vol. 136. P. 856-868.
10. Croci-Maspoli M., Schwierz C., Davies H.C. Atmospheric blocking: Space-time links to the NAO and PNA // *Climate Dynamics*. 2007. Vol. 29. P. 713-725.

SYNOPTIC CONDITIONS OF ATMOSPHERIC BLOCKING FORMATION OVER THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA AND THEIR RELATIONSHIP WITH LARGE-SCALE CLIMATE INDICES

Shvets P. A.

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg,
polinashvets0302@gmail.com

Summary: Atmospheric blockings are quasi-stationary meridional anticyclones that disrupt zonal transport in middle latitudes and cause prolonged weather anomalies. The paper analyzes synoptic conditions of omega-blocking formation over the European territory of Russia in 2023-2025 using the Tibaldi-Molteni index and ERA5 reanalysis data. The relationship between blocking frequency and climate indices ONI, NAO, and AO is investigated. It is established that blockings form under various combinations of indices, with transitional phases of El Niño and negative AO phase creating favorable conditions.

Keywords: atmospheric blocking, omega-block, Tibaldi-Molteni index, El Niño – Southern Oscillation, North Atlantic Oscillation, Arctic Oscillation.

СЕКЦИЯ ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 332.362

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ

Н.М.Ахилбеков¹, К.Б.Абдешев

¹Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
abdeshev.kuanysh@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы экологизации внутрихозяйственного землеустройства как инструмента перехода к устойчивому землепользованию в агроландшафтах. Проанализированы принципы ландшафтного и системного подходов, а также комплекс природосберегающих мероприятий и их влияние на почвенное плодородие, водные ресурсы и биологическое разнообразие. Разработан адаптированный план и методологическая схема природоохранных мероприятий для типичного хозяйства Туркестанской области.

Ключевые слова: экологизация; внутрихозяйственное землеустройство; устойчивое землепользование; агроландшафты; почвозащитные мероприятия; мониторинг.

Современные агроландшафты сталкиваются с множеством вызовов: деградация почв, эрозия, утрата биоразнообразия и снижение продуктивности при изменении климата. Глобальные отчёты подчёркивают, что рациональное использование земель и восстановление деградированных территорий - ключевые элементы обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития [1]. Применение приемов экологизации

внутрихозяйственного землеустройства - от агроландшафтного планирования до внедрения агроэкологических практик - рассматривается как практический путь к снижению негативных экологических последствий сельскохозяйственной деятельности и обеспечению долгосрочной продуктивности почв [2-4]. Необходимость интеграции ландшафтного подхода в хозяйственное землеустройство подтверждается исследованиями, показывающими влияние эрозии и фрагментации ландшафтов на устойчивость сельскохозяйственных систем [3, 4]. Таким образом, исследование методов и модели экологизации внутрихозяйственного землеустройства имеет актуальное прикладное значение. Объект исследования - совокупность внутрихозяйственных мероприятий по землеустройству и управления землепользованием в агроландшафтах; Цель: Обеспечить переход ПК «Ынтымак» на более устойчивую модель землепользования путём снижения деградации почв и водопотребления, повышения продуктивности хлопка и пшеницы и улучшения экономической устойчивости хозяйства в пределах 5 лет.

Предмет - методы и практики экологизации мероприятий, направленные на устойчивое землепользование.

Методологическая основа исследования включает:

- теоретический анализ научно-методической литературы по агроландшафтной экологии, агроэкологии и землеустройству [5, 6];

- системный и ландшафтный подходы к планированию использования земных ресурсов Мактааралского района Туркестанской области;

- синтез практик сохранения почвы и водных ресурсов (консервационное земледелие, управляемая ирригация, буферные полосы, агролесомелиорация) на основе рекомендаций международных организаций и эмпирических исследований [2, 3];

- применение инструментов оценки: классификация почвенно-ландшафтных типов, картирование (GIS), оценка индикаторов деградации (уровень эрозии, содержание органического углерода), моделирование потоков воды и миграций биоты на уровне хозяйства и ландшафта [1, 4].

Изучение ведётся с опорой на результаты региональных исследований, а также на обобщение практик устойчивого землепользования [7].

Экологизация внутрихозяйственного землеустройства предполагает интеграцию природосберегающих технологий и ландшафтного планирования в системное управление земельными ресурсами хозяйства. К ключевым принципам относятся:

- многофункциональность пространственного зонирования (разделение на производственные, защитно-рекреационные и восстановительные зоны);
- поддержание и увеличение почвенного покрова и органического вещества (cover crops, органические удобрения, минимальная обработка);
- скоординированное водоохранное и противоэрозионное обустройство (контурная обработка, террасы, водопропускные сооружения);
- создание и сохранение биокоридоров и буферных полос (для поддержания биоразнообразия и обеспечения экологических услуг) [5, 6].

Практические меры внутрихозяйственной экологизации. На уровне поля и хозяйства практики включают: минимальную или нулевую обработку почвы, поперечные и продольные контуры обработки, покровные культуры, мульчирование, органическое удобрение, чередование культур и междурядные посадки, полосовое землепользование (смешанное использование посевов и древесно-кустарниковых полос), системы точного земледелия для оптимизации внесения ресурсов и снижения негативного воздействия. На уровне ландшафта добавляются агролесомелиоративные системы, защитные лесополосы, водосборно-регулирующие сооружения и восстановление деградированных участков [2, 5, 8].

Эффекты и экологические услуги. Адаптация внутрихозяйственных мероприятий обеспечивает мультипликативный эффект: снижение скорости эрозии и потерь почвы (что повышает долгосрочную продуктивность), увеличение содержания почвенного органического углерода (капитализирует углерод и улучшает структуру почвы), уменьшение стока и улучшение качества воды, создание местообитаний для полезной фауны (опылители, естественные

враги вредителей), повышение устойчивости к экстремальным погодным явлениям [3, 4]. Исследования показывают, что борьба с эрозией и поддержка почвенной биоты существенно снижают экономические и экологические издержки сельского производства [3].

Ландшафтный масштаб и межхозяйственное взаимодействие. Эффективность внутрихозяйственной экологизации во многом зависит от ландшафтного контекста: фрагментированность земель, гидрологические связи между участками и наличие общих водоохраных коридоров требуют координации мероприятий между соседними землепользователями. Ландшафтное планирование (разработка зон устойчивого использования) позволяет выравнивать локальные усилия и повышать суммарный эффект от природосберегающих мероприятий [6]. Это согласуется с положениями глобальных оценок состояния земель и рекомендациями по кооперации для борьбы с деградацией [1].

Барьеры внедрения и экономическая сторона вопроса. К основным препятствиям относятся: отсутствие мотивации у собственников (короткий временной горизонт возврата инвестиций), дефицит знаний и технологий, институциональные ограничения (недостаточная поддержка со стороны государства и механизмов кооперации), а также экономическая неустойчивость мелких хозяйств. Политические инструменты (субсидии, платежи за экосистемные услуги, образовательные программы) и экономические стимулы показаны как эффективные меры поддержки перехода к экологизированным практикам [8, 9].

Методологическая схема внедрения экологизации внутрихозяйственного землеустройства на уровне хозяйства представлена следующей последовательностью действий (таблица 1) [10]:

- картирование и классификация внутрихозяйственных ландшафтных элементов (GIS);

- оценка рисков деградации (узкие места: эрозия, засоление, потеря плодородия);

- разработка многомасштабного плана (поле - участок - ландшафт) с наборами мероприятий (превентивные, корректирующие, восстановительные);
- экономическая оценка: расчёт затрат и потенциальных выгод (с учётом экосистемных услуг);
- мониторинг и адаптивное управление с участием местных сообществ и служб [2, 6, 8].

Таблица 1

Экологизация внутрихозяйственного землеустройства в ПК «Ўнтымак»
(Туркестанская область)

Раздел	Содержание
Исходные данные (базовая линия)	Площадь орошаемых пашен: 240 га. Структура посевов: хлопок - 140 га, пшеница - 80 га, прочее/инфраструктура - 20 га. Урожайность: хлопок - 1,20 т/га; пшеница - 2,50 т/га. Органический углерод в почве (SOC, 0-30 см): 1,1%. Система орошения: канальная, частично устаревшая. Водопотребление: ~6 000 м³/га/сезон.
Комплекс мероприятий	<i>Краткосрочный этап (1 год):</i> - Картирование полей (GPS, DEM, почвенные пробы). - Внедрение покровных культур (100 га). - Минимальная обработка (no-till) на 160-200 га. - Буферные полосы вдоль каналов (6 га). - Обучение персонала, пилотное тестирование оборудования. <i>Среднесрочный этап (2-3 года):</i> - Модернизация оросительной системы (120-140 га, капельное/микроорошение). - Контурная обработка, террасирование (20 га).

	- Посадка агролесополос (5-8 га). <i>Долгосрочный этап (4-5 лет):</i> - Введение бобовых и зелёных удобрений. - Развитие биокоридоров, межхозяйственная координация. - Система мониторинга и адаптивного управления.
Финансовые параметры	Первоначальные инвестиции: ~32,2 млн KZT (в т.ч. капельная система - 24 млн тг). Годовые затраты: покровные культуры, компост, обслуживание системы. Ожидаемые выгоды: ~14,7 млн тг/год (рост урожайности, экономия воды и топлива). Окупаемость: 2-3 года.
Ожидаемые эффекты (через 3 года)	<i>Экологические:</i> - Снижение эрозии: с «умеренной» до «низкой». - Рост SOC: 1,1% → 1,3% (цель 1,5% к 5 году). - Улучшение качества воды, снижение стока на 20-40%. - Экономия воды на капельных участках - до 40%. <i>Агрономические/экономические:</i> - Урожайность хлопка +10% (до 1,32 т/га), пшеницы +8%. - Доп. доход: 10-15 млн тг/год.
План мониторинга	Индикаторы и частота: - Почва (SOC, pH, EC): baseline + ежегодно/2 года. - Урожайность: ежегодно. - Вода (расход, качество): сезонно. - Эрозия: визуально и ловушки осадков - ежегодно. - NDVI (Sentinel-2): каждые 10-20 дней.

	- Отчётность: ежегодный отчёт с картами изменений.
Сравнение «до/после» (через 3 года)	Показатель
Риски и меры минимизации	- Недоступность инвестиций → субсидии, льготное кредитование. - Недостаток знаний → тренинги, партнёрство с вузами. - Климатические риски → диверсификация культур, повышение SOC, резерв воды. - Несогласованность с соседями → совместные буферные зоны, регулирование стока.
Практические рекомендации	- Начать с картирования и анализа почв. - Пилотное внедрение no-till (20-40 га) и покровных культур (50-100 га). - Подготовить проект модернизации орошения, подать на субсидии. - Вести постоянный мониторинг (GIS, NDVI, почва, вода). - Оптимизировать финансовый поток для поэтапного внедрения.
Вывод (кейс- резюме)	Реализация комплекса мер экологизации внутрихозяйственного землеустройства в ПК «Айдын» (240 га) является технически выполнимой и экономически целесообразной в горизонте 3-5 лет. Ключевые факторы успеха: модернизация орошения, внедрение покровных культур и no-till, создание буферных и лесных полос, надёжный мониторинг и доступ к финансовым инструментам. Проект демонстрирует практическое применение принципов устойчивого землепользования и повышение экологической устойчивости агроландшафта.

Экологизация внутрихозяйственного землеустройства выступает эффективным инструментом перехода к устойчивому землепользованию в агроландшафтах. Комплекс мер - от почвозащитных технологий и севооборотов до агролесомелиорации и ландшафтного зонирования - позволяет снижать деградацию земель, усиливать их продуктивность и обеспечивать multifunctionality сельскохозяйственных ландшафтов. Наибольшую

эффективность такие меры приобретают при интегрированном подходе, учитывающем ландшафтный контекст и предполагающем кооперацию между землепользователями. Для широкого внедрения необходимо сочетание технических решений, экономических стимулов и институциональной поддержки, а также система мониторинга и оценки результатов. Теоретическая модель экологизации внутрихозяйственного землеустройства может служить основой для практических проектов по восстановлению и устойчивому использованию земель в различных климато-почвенных условиях.

Литература

1. United Nations Convention to Combat Desertification. Global Land Outlook. - Bonn: UNCCD, 2017. - 300 p.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Save and Grow: A policymaker's guide to sustainable intensification of smallholder crop production. - Rome: FAO, 2011. - 72 p.
3. Montgomery D.R. Soil erosion and agricultural sustainability // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. - 2007. - Vol. 104, No. 33. - P. 13268-13272.
4. Oldeman L.R., Hakkeling R.T.A., Sombroek W.G. World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. - Wageningen: ISRIC, 1990. - 34 p.
5. Altieri M.A. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. - 3rd ed. - Boca Raton: CRC Press, 2018. - 360 p.
6. Forman R.T.T. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. - Cambridge: Cambridge University Press, 1995. - 632 p.
7. Процесс деградации почвы в Мактааральском районе Туркестанской области может превратить цветущий край в солончаки // *Казахстанская правда*. - 2021. - 28 июля.
8. Pretty J. Agri-Culture: Reconnecting People, Land and Nature. - London: Earthscan, 2002. - 320 p.

9. OECD. Environmental Performance of Agriculture: Issues and Policies. - Paris: OECD Publishing, 2001. - 120 p.
10. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2023 год. - Астана: Комитет по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, 2024. - 120 с.

ECOLOGIZATION OF INTRA-FARM LAND MANAGEMENT AS A TOOL FOR SUSTAINABLE LAND USE IN AGRICULTURAL LANDSCAPES

N.M. Akhilbekov¹, K.B. Abdeshev

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

abdeshev.kuanysh@mail.ru

Abstract: The article discusses the issues of ecologization of intra-farm land management as a tool for the transition to sustainable land use in agricultural landscapes. The principles of landscape and systemic approaches, as well as a set of nature-conservation measures and their impact on soil fertility, water resources, and biodiversity are analyzed. An adapted plan and methodological framework of environmental protection measures have been developed for a typical farm in the Turkestan region.

Keywords: ecologization; intra-farm land management; sustainable land use; agricultural landscapes; soil protection measures; monitoring. УДК 332.362

ОБЗОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГРИБНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

Е.С. Маркова¹

Научный руководитель: Д.В. Лежнев¹

¹Российский государственный аграрный университет - МСХА имени

К.А. Тимирязева, Москва, em511090@gmail.com

*Аннотация: В статье представлены результаты исследования по разработке модели прогнозирования массового плодоношения грибов на основе метеорологических данных. Исследование проводилось для следующих видов: *Boletus edulis* (белый гриб), *Armillaria mellea* (опята), *Tricholoma spp.* (рядовки) и *Pleurotus ostreatus* (вешенка) и др. В качестве предикторов использовались данные о среднесуточной температуре воздуха и осадки. Данные получены с метеостанции г. Александров. Построенная модель демонстрирует потенциал для точного прогнозирования урожайности грибов.*

Ключевые слова: настоящие грибы (Eumycetes), температура, влажность, культивирование, генеративный рост.

Актуальность

Промышленное грибоводство, базирующееся на культивировании сапротрофных (например, шампиньоны, вешенка) и ксилотрофных грибов, достигло высокого уровня технологичности. Благодаря многолетним исследованиям, для этих видов разработаны эффективные методы, позволяющие с высокой точностью управлять циклом развития и прогнозировать урожайность плодовых тел путем регулирования параметров микроклимата (температуры, влажности, концентрации CO₂) [1, 2, 3].

В то же время, обширная группа ценных макромицетов – микоризные грибы (например, белые грибы, подберезовики, трюфели, лисички) – остается недоступной для искусственного культивирования в контролируемых условиях.

Их облигатный симбиоз с корневыми системами определенных древесных пород (микориза) создает непреодолимые на сегодняшний день технологические барьеры для создания замкнутых агроценозов. Как следствие, единственным источником этих грибов являются их естественные местообитания – лесные экосистемы.

Управление этими природными ресурсами и их устойчивая эксплуатация в настоящее время осуществляются вслепую. Сбор дикоросов носит стихийный характер и зависит от эмпирических наблюдений, что приводит к ряду серьезных проблем:

1. Нерациональное использование ресурсов: отсутствие прогноза приводит к неконтролируемому антропогенному давлению на грибные угодья в периоды плодоношения, что может негативно сказываться на воспроизводстве мицелия и биоразнообразии экосистемы в целом.

2. Экономическая неэффективность: для коммерческих заготовителей и местного населения, для которого сбор грибов является источником дохода, сезонность и непредсказуемость урожая создают значительные экономические риски и не позволяют планировать логистику и трудозатраты.

3. Научно-прикладной вопрос: несмотря на существование моделей прогнозирования для культурных грибов, методология не была адаптирована для микоризных видов в естественной среде.

В связи с этим, актуальным представляется перенос принципов, успешно зарекомендовавших себя в промышленном грибоводстве, в сферу прогнозирования плодоношения микоризных грибов в природных условиях. Ключевым фактором, инициирующим и модулирующим процесс формирования плодовых тел, являются метеорологические условия (температура и влажность почвы и воздуха, количество осадков).

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка научно обоснованной модели прогнозирования сроков и интенсивности плодоношения ценных видов микоризных грибов на основе ретроспективного анализа корреляции между динамикой метеорологических показателей и

данными фенологических наблюдений. Реализация данной задачи позволит перейти от стихийного сбора к управляемому, ресурсосберегающему использованию грибных ресурсов, что имеет важное значение для экологии, экономики и устойчивого природопользования.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются с одной стороны дикорастущие грибы, с другой стороны данные о среднесуточной температуре воздуха и осадки.

Изначально фундаментальные механизмы морфогенеза плодовых тел агариковых грибов, в частности *Agaricus* и *Lentinula*, не были изучены из-за ограниченных знаний в области генетики и молекулярной биологии. Однако современные достижения в молекулярной биологии, подкреплённые масштабными исследованиями в области транскриптомики, позволили идентифицировать ключевые молекулярные пути и механизмы регуляции экспрессии генов, контролирующие переход мицелия от вегетативного роста к репродуктивной фазе и последующее формирование плодовых тел.

Данные исследования, охватывающие как коммерчески значимые виды, так и широко распространённые в природе (например, *Armillaria ostoyae* или *Lentinus tigrinus*), выявили комплексные генетические программы, лежащие в основе инициации плодоношения. Стоит отметить, что эмпирические методы культивирования, разработанные ранее методом проб и ошибок, были впоследствии систематизированы и научно обоснованы в исследованиях середины – второй половины XX века.

На основе совокупности полученных данных можно сформулировать научно обоснованный протокол культивирования шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus*) для достижения максимальной продуктивности [4, 5, 6, 7]:

1. Фаза колонизации субстрата. На начальном этапе необходимо обеспечить интенсивный вегетативный рост мицелия с целью максимизации его биомассы и площади колонизации компоста. Оптимальными условиями для данной фазы являются поддержание постоянной температуры и высокой относительной влажности воздуха (порядка 98%);

2. Фаза инкубации покровного слоя. После завершения колонизации основного субстрата наносится стерильный покровный грунт. Мицелию предоставляется возможность акропетально прорасти через покровный слой до его поверхности, что свидетельствует о готовности культуры к индукции плодоношения.

3. Индукция морфогенеза (инициация плодоношения). Ключевым этапом является переход от вегетативного роста к генеративному. Для этого осуществляется модуляция трех абиотических факторов:

- Температура: снижение с оптимальных для вегетации 24–25 °С до приблизительно 18 °С. Процесс охлаждения, как правило, проводится ступенчато в течение 7–9 суток (резкое снижение в первые 72 часа с последующим плавным охлаждением), при этом конкретные параметры могут варьироваться в зависимости от штамма.

- Концентрация CO₂: Снижение с уровня >5000 ppm, характерного для вегетативной фазы, до 1000 ppm при завязывании.

- Влажность: Незначительное снижение относительной влажности воздуха с 98% до 92–94%.

4. Фаза развития плодовых тел и волны плодоношения. После успешного завязывания грибов и их развития до размера горошины, осуществляется полив для обеспечения гидратации быстро растущих плодовых тел, которые состоят из воды на 90–95%. Во избежание развития бактериозов и грибных инфекций после полива проводится кратковременная подсушка поверхности покровного слоя. Указанный цикл «полив-подсушка» повторяется несколько раз вплоть до сбора первой волны урожая. После сбора проводят санитарную очистку камеры, и через 10–20 часов, при отсутствии признаков загрязнения, инициируют полив для стимуляции второй, а впоследствии и третьей волны плодоношения. Качественно колонизированный мицелий способен продуцировать до трех волн урожая. Следует отметить, что для индукции второй и последующих волн, как правило, не требуется повторного температурного шока (в отличие от первой волны, где применяется, полив теплой водой для стимуляции развития

инициированных в прохладе завязей). Однако, способность к формированию последующих волн плодоношения без повторной индукции сильно варьирует в зависимости от штамма. Детальное описание технологических регламентов культивирования представлено в технической документации производителей мицелия и компоста [8].

Сегодня известно, в том числе из исследований в области транскриптомики [9], что принцип перехода от вегетативного роста к генеративному у большинства грибов схож. Чтобы запустить экспрессию генов, переключающую мицелий в генеративный рост, необходим температурный шок в условиях достаточной влажности. Всё остальное делается для увеличения продуктивности мицелия. Например, покрытие с прорастанием покровной почвы в естественном мире происходит само, когда мицелий врастает в подстилку или верхний слой почвы. Без этого мицелий может дать грибы, только в меньшем количестве. Хорошим примером этому являются городские шампиньоны. Изменение CO₂ повышает выход грибов в условиях фермы, а в природе он мало меняется. Единственное что можно сказать – летом CO₂ по ночам заметно выше, чем осенью, когда нет вегетации и нет дыхания растительности. Зато летом днем он значительно ниже, по той же причине. А «в среднем» он примерно одинаков. Скорее всего уровень CO₂ как-то влияет и на мощности выходов грибов в природе, но данных об этом уровне нет, и никакие корреляции провести невозможно. Так же исследования говорят о пользе наличия определенного микробиома в субстрате, который находится в симбиозе с грибами, но этот фактор также никак нельзя учесть при небольшом исследовании, ведь никто этот микробиом не мониторит.

Обсуждение результатов

Проведенное исследование показало, что, базируясь на исследованиях о культивировании шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus*), можно спрогнозировать выход урожая грибов в дикой природе.

На основании проведенных наблюдений можно сформулировать трехфакторную модель, определяющую массовое плодоношение макромицентов

в дикой природе. Процесс является фазовым и требует последовательного выполнения следующих условий:

1. Фаза вегетативного роста и консервации мицелия. Первичным условием является разрастание вегетативного мицелия, которое происходит при стабильной положительной температуре и высокой влажности субстрата. Критическим является недопущение полной десикации мицелия. Наблюдения показывают, что даже при длительном отсутствии осадков (например, 50 дней при влажности субстрата ~10%) мицелий переходит в состояние покоя, что обеспечивается адаптацией фитоценоза: растительность минимизирует транспирацию, поддерживая в ризосфере минимальный, но стабильный уровень влажности, достаточный для выживания гиф. При этом длительное затопление (анаэробные условия) так же губительно, как и полное пересыхание.

2. Фаза инициации плодоношения. Для перехода от вегетативной стадии к генеративной необходим триггерный фактор в виде температурного шока - резкого колебания температурного режима при сохранении влажности субстрата выше критического порога покоя. Данный фактор служит абиотическим сигналом для закладки примордиев (зачатков плодовых тел).

3. Фаза роста плодовых тел. После успешной инициации для развития и наращивания биомассы плодовых тел требуется достаточное и устойчивое увлажнение субстрата. Именно на этой стадии влажность становится лимитирующим фактором, определяющим итоговый урожай.

Таким образом, массовый выход грибов является следствием строгой последовательности: подготовленный мицелий → температурный триггер → гидротермальный резерв для роста. Отсутствие любого из этих факторов

блокирует весь процесс, объясняя наблюдаемую цикличность и локальность

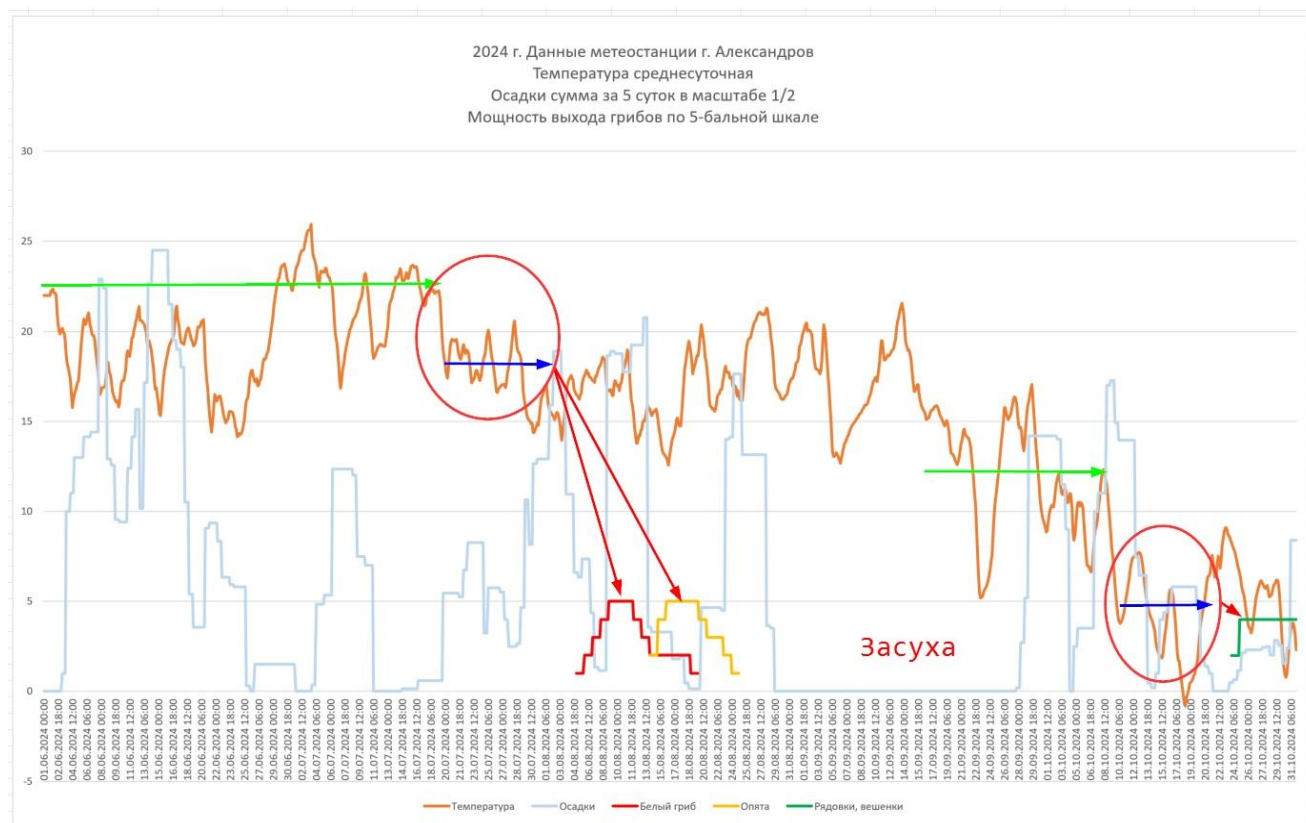


Рис. 1 Динамика мощности выхода грибов в зависимости от температурного режима и увлажнения (по данным метеостанции г. Александров, 2024 г.)

плодоношения.

На основании полевых наблюдений и анализа микроклиматических данных выделены следующие сценарии перехода к генеративной фазе развития у макромицентов, индуцируемой резким понижением температуры:

1. Оптимальный сценарий. Характеризуется продолжительным периодом стабильного температурного режима при высокой гидратации субстрата с последующим резким температурным шоком на фоне сохранения достаточной влажности. Данные условия обеспечивают синхронную инициацию примордиев и их последующее развитие, приводя к формированию максимальной биомассы плодовых тел («мощный слой»).

2. Наихудший сценарий. При наличии периода с благоприятными температурными условиями и влажностью последующее иссушение субстрата ниже критического порога до наступления температурного шока переводит

мицелий в состояние глубокого покоя. В этом случае резкое похолодание не выполняет роль триггера для плодоношения из-за отсутствия гидратационной готовности системы.

3. Сценарий с ограниченной эффективностью и низкой воспроизводимостью. После первоначальной инициации примордиев, вызванной температурным шоком при достаточной влажности, последующее снижение гидратации субстрата лимитирует развитие плодовых тел. Это может приводить к абортированию развития, формированию низкорослых и гиперплотных морфозов либо к быстрой десикации плодовых тел. Следует отметить, что микоризные виды, такие как *Leccinum versipelle*, *Neoboletus spp.* и *Suillellus spp.*, демонстрируют повышенную устойчивость к дефициту влаги в субстрате благодаря эффективному транспорту воды от растения-хозяина, что позволяет им в ряде случаев успешно завершать морфогенез.

4. Сценарий отсроченного («взрывного») роста. После успешной инициации примордиев в результате температурного шока последующее иссушение субстрата до критического уровня вызывает их переход в состояние вторичного покоя. Последующее восстановление гидратации в течение биологически релевантного временного окна (несколько недель) вызывает быстрое и синхронное развитие уже сформированных примордиев, что наблюдается как «взрывной» выход плодовых тел через 2-5 дней после осадков. Прогнозирование таких событий требует ретроспективного анализа периодов резкого охлаждения за 2-4 недели до дождя при оценке влажностных условий в потенциальных местах плодоношения в тот период.

Таким образом, эффективность температурного шока как триггера плодоношения критически зависит от гидратационного статуса мицелия до, во время и после события охлаждения, что объясняет пространственную и временную гетерогенность урожая.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило, что базовыми предикторами для прогнозирования плодоношения макромицентов являются среднесуточной

температуре воздуха и осадки. Использование косвенных оценок этих параметров на основе данных метеостанции позволило построить общую прогностическую модель. Однако ее точность ограничена неспособностью таких данных учитывать ключевые микроклиматические вариации (инсоляция, сила ветра, инверсии температуры), напрямую влияющие на термический и водный режим в припочвенном слое. Таким образом, для повышения точности прогнозов необходим переход от косвенных метеорологических показателей к прямым измерениям параметров субстрата (температура почвы на глубине 5 см и средняя влажность на глубине до 7 см) с использованием доступных агрономических датчиков

Литература

1. Flegg, P.B., 1968. Response of the cultivated mushroom to temperature at various stages of crop growth. J. Hortic Sci., 43: 441--452.
2. Flegg, P.B., 1970. Response of the cultivated mushroom to temperature during the two week period after casing. J. Hortic. Sci., 45: 187--196.
3. Flegg, P.B., 1972. Response of the cultivated mushroom to temperature with particular reference to the control of cropping. Mushroom Sci., 8: 75--84.
4. Flegg, P.B., 1979. Effect of temperature on sporophore initiation and development in *Agaricus bisporus*. Mushroom Sci., 10: part 1, 595--602.
5. Flegg, P.B., 1979. Effect of temperature on the development of *Agaricus bisporus* beyond a cap diameter of 2 mm. Mushroom Sci., 10: part. 1, 603--609.
6. Flegg, P.B., 1980. Temperature-induced synchronisation of sporophore production in the mushroom *Agaricus bisporus*. Scientia Hortic., 13: 307--314.
7. Baars JJP, Scholtmeijer K, Sonnenberg ASM, van Peer AV. Critical Factors Involved in Primordia Building in *Agaricus bisporus*: A Review. Molecules. 2020 Jun 29;25(13):2984.
8. Первый сельскохозяйственный завод [Электронный ресурс]. - <https://compost1.ru/process> - технология выращивания.

9. Krizsán, K.; Almási, É.; Merényi, Z.; Sahu, N.; Virág, M.; Kószó, T.; Mondo, S.; Kiss, B.; Bálint, B.; Kües, U.; et al. Transcriptomic atlas of mushroom development reveals conserved genes behind complex multicellularity in fungi. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2019, 116, [7409–7418](#), doi:10.1073/pnas.1817822116.

REVIEW OF THE FORMATION OF ELEMENTS OF THE FUNGAL SYSTEM IN THE CONDITIONS OF THE MODERN CLIMATE

E.S. Markova¹

Scientific supervisor: D.V. Lezhnev

¹ Russian State Agrarian University – MTAA named after
K.A. Timiryazev, Moscow, em511090@gmail.com

Summary: The article presents the results of a study on the development of a model for predicting mass fruiting of mushrooms based on meteorological data. The study was conducted for the following species: Boletus edulis (porcini mushroom), Armillaria mellea (honey agaric), Tricholoma spp. (ryadovki) and Pleurotus ostreatus (oyster mushroom), etc. Data on average daily air temperature and precipitation were used as predictors. The data was obtained from the Alexandrov meteorological station. The constructed model demonstrates the potential for accurate prediction of mushroom yields.

Keywords: true fungi (Eumycetes), temperature, humidity, cultivation, generative growth.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

¹Н.В. Маслова, ¹С.М. Вавилова, ²Л.В. Бунеева

¹Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Воронеж, maslovanatvl@mail.ru

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора
Петра I, г. Воронеж, buneeval@mail.ru

Аннотация: В работе исследовано влияние полимерной композиции на основе гидрогеля и комплексного удобрения на физико-химические свойства черноземной, суглинистой и лесной почв. После инкубации смеси почвы с композицией в течение 72 часов зафиксировано увеличение влажности приблизительно на 20%, а также повышение содержания нитритного азота, что связано с активизацией процессов нитрификации при улучшенных водных условиях.

Ключевые слова :гидрогель, полимерная композиция, агрохимические свойства почвы, нитрификация, влагосодержание.

Современный мир сталкивается с множеством вызовов, включая изменения климата, истощение почвенных ресурсов и ограниченность пресной воды. По данным ООН, к 2050 году мировое население достигнет 9,7 млрд человек, что потребует увеличения продовольствия на 70% [1]. В этих условиях традиционные методы агрономии неэффективны, и необходимы инновационные подходы, такие как использование полимерных материалов, способных удерживать воду и питательные вещества .

Применение гидрогелей в сельском хозяйстве представляет собой одно из наиболее перспективных направлений. Однако их биохимическое взаимодействие с органоминеральными компонентами почвы изучено

недостаточно. Изучение этих процессов необходимо для прогнозирования долговечности и экологической безопасности гидрогелей.

Гидрогели широко применяют в различных областях как суперабсорбенты. Они обладают очень высокой степенью набухания в водных средах и позволяют регулировать содержание влаги. Количество воды в равновесно набухших гидрогелях колеблется в диапазоне 5-95%. Жидкость поглощаемая полимером заполняет весь объем полимерной части материала. В водной среде гидрогели диссоциируют с образованием катионов, связанных с цепью, а анионы находятся в растворе в свободном состоянии. Ввиду этого гидрогель набухает и увеличивается в объеме [2].

Известны работы [3, 4] в которых изучено влияние гидрогелей различных производителей на основную гидрофизическую характеристику почв и грунтов разного генезиса. Показана возможность увеличения водоудерживающей способности почв тяжелого состава при набухании гидрогелей в области , близкой к насыщению влагой. Однако применение таких технологий экономически не выгодно. Тем не менее, с развитием технологий производства гидрогелей их стоимость постепенно снижается, что делает их более доступными для аграриев.

Также стоит отметить, что эффективность гидрогелей может варьироваться в зависимости от типа почвы и климатических условий. Например, в песчаных почвах, где вода быстро уходит, гидрогели могут проявлять свои свойства наиболее эффективно, в то время как в глинистых почвах, где вода задерживается, их влияние может быть менее заметным [5]. Поэтому перед применением гидрогелей важно провести предварительные исследования, чтобы определить их целесообразность и эффективность в конкретных условиях.

Современные гидрогели, используемые в агротехнологиях, основаны на полиакриламиде, крахмале, целлюлозных производных и полиакрилатах калия. Эти полимеры содержат функциональные группы – карбоксильные ($-\text{COOH}$), амидные ($-\text{CONH}_2$) и гидроксильные ($-\text{OH}$), которые вступают в биохимические

взаимодействия с ионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , а также с органическими кислотами почвы [6, 7].

Гидрогели обладают оптимальным набором биохимических свойств, таких как упругость, адгезия, способность сохранять структуру и физико-химические свойства при контакте с водными средами [8].

Целью данного исследования является изучение эффективности применения полимерных композиций для улучшения показателей качества почвы.

Образцы почвы отбирали в Воронежской области: чернозем в агрокомплексе, с поля; суглинок (с. Малышево, луг) и лесная почва (Шиловский лес). Для проведения испытаний отбирали по 3 к, каждого вида почв, методом конверта. Определение физико-химических показателей проводили по стандартным методикам. В таблице 1 представлены результаты исследования почвы без внесения полимерной композиции.

Таблица 1.

Физико- химические показатели почв до внесения композиции

№ п/п	Агрохимический показатель	Результат испытаний почвы			ПДК [9]
		Чернозем	Суглинок	Лесная	
1	Водородный показатель солевой вытяжки, ед.рН	6,39	6,46	6,18	4,0- 6,0
2	Массовая доля влаги, %	14,95	14,10	14,92	–
3	Азот нитратов, мг/кг	3,12	5,62	3,75	130,0
4	Азот нитритов, мг/кг	0,10	0,10	0,17	–
5	Массовая концентрация фосфатов, мг/кг	2,24	2,24	0,62	27,2
6	Массовая концентрация оксида калия, мг/кг	22,00	22,00	23,00	360,0

Полученные результаты свидетельствуют о том, что отобранные образцы почвы не имеют признаков техногенного загрязнения. Кислотность типичная для слабокислых минеральных почв. Основные питательные элементы, такие как нитраты, фосфаты, калий, находятся на низком уровне, что является признаком бедного агрохимического состояния.

Для создания полимерной композиции использовали гидрогель марки «Агрикола» (производитель Китай), состоящий из сшивки акриламида и акрилата натрия. Он представляет собой прозрачные шарики, диаметром не более 2 мм. Гидрогель, предварительно взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г и осуществляют набухают в определенном объеме удобрения (Комплексное удобрение УНИВЕРСАЛЬНЫЙ для декоративно-лиственных и цветущих комнатных и садовых растений, производитель ОАО «Буйский химический завод»»).

Полученный полимерный композит смешивают с почвой в соотношении 1:10 и выдерживают на 72 часа при нормальных условиях. После этого делают почвенную вытяжку и проводят исследование по основным физико-химическим показателям. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические показатели почв после внесения гидрогеля с удобрением (72 ч инкубации)

№ п/п	Агрохимический показатель	Результат испытаний почвы		
		Чернозем	Суглинок	Лесная
1	Водородный показатель солевой вытяжки, ед.рН	6,39	6,46	6,18
2	Массовая доля влаги, %	17,94	16,92	17,90
3	Азот нитратов, мг/кг	3,74	6,75	4,50
4	Азот нитритов, мг/кг	0,10	0,10	0,17
5	Массовая концентрация фосфатов, мг/кг	2,24	2,24	0,62
6	Массовая концентрация оксида калия, мг/кг	22,00	22,00	23,00

Улучшение на 20% наблюдается по влаге (с 14–15% в контроле до 17%) и азоту нитратов (с 3–5 мг/кг до 3,7–6,75 мг/кг). рН сдвинулся к нейтральному, фосфаты и калий остались стабильными. Результаты таблицы подтверждают реакции нитрификации (рост NO₃-), где гидрогель обеспечивает влагу для

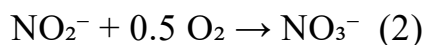
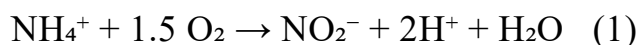
Nitrosomonas/Nitrobacter. В лесной почве ниже фосфаты из-за AlPO_4 в кислой среде.

В почве гидрогели подвергаются окислительно-восстановительным реакциям и гидролизу под действием ферментов (амилаз, эстераз, пероксидаз)

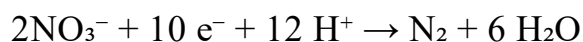
Возможны реакции амидазного расщепления полиакриламидных цепей с образованием акриламидных и карбонатных соединений. Органические остатки гидрогелей участвуют в образовании гумусоподобных веществ, улучшая структуру почвы. При биodeградации гидрогелей происходит выделение низкомолекулярных соединений, которые служат дополнительным источником углерода для почвенных микроорганизмов.

При внесении удобрения в почву протекают реакции нитрификации и денитрификации, превращения фосфора в почве:

1. Нитрификация протекает в две ступени в присутствии бактерий Nitrosomonas и Nitrobacter:

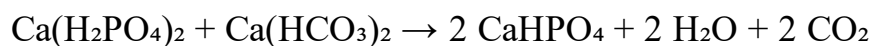


2. Денитрификация осуществляется в присутствии бактерий Pseudomonas

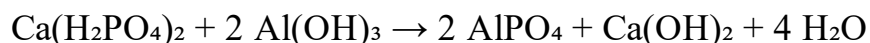


3. Превращения фосфора :

- нейтральных почвах:



- кислых почвах:



Гидрогели создают благоприятные условия влажности для развития микроорганизмов, включая азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии (Azotobacter, Bacillus, Pseudomonas). При этом возможно изменение соотношения аэробных и анаэробных форм, особенно в переувлажненных участках. Деградационные продукты некоторых синтетических гидрогелей

(например, акриламида) при избыточной концентрации могут оказывать ингибирующее действие на микрофлору [10].

Проведенное исследование показало, что внесение полимерной композиции на основе гидрогеля и комплексного удобрения приводит к улучшению отдельных агрохимических характеристик почвы в короткий срок инкубации. Отмечено увеличение влажности примерно на 20%, а также рост концентрации нитритного азота, что согласуется с усилением процессов нитрификации при повышенной доступности влаги. Кислотность осталась стабильной, фосфаты и калий не претерпели изменений, что отражает низкую подвижность этих элементов на ранних стадиях взаимодействия с полимером.

Полученные данные подтверждают, что гидрогели создают условия для активизации микробиологических процессов, связанных с превращениями азота, и могут рассматриваться как инструмент для повышения доступности влаги и элементов питания.

Экологически значимых отклонений не выявлено. Результаты указывают на перспективность применения полимерных композиций для улучшения физико-химических свойств почвы, однако требуют дальнейшего изучения процессов деградации гидрогеля и его возможного влияния на микробиологическое равновесие при длительном использовании.

Литература

1. Глобальный взгляд. Человеческие судьбы [Электронный ресурс] // Новости ООН URL: <https://news.un.org/ru/story/2013/12/1233551> (дата обращения 18.11.2025).
2. Наумов П.В., Щербакова Л.Ф., Околелова А.А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. №4 (32). С 77-81.
3. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Николаева Е.И. Термодинамический анализ влияния сильнонабухающих полимерных

гидрогелей на физическое состояние образцов почв и грунтов // Почвоведение. 2014. №2 С.192

4. Пулатов Я.Э., Бахриев С.Х., Пулатов Ш.Я. Инновационная влагосберегающая технология: гидрогель и устройство для его внесения в почву // Водные ресурсы, энергетика и экология. 2022. Т.2. № 3. С. 52-58.

5. Канзываа С.О., Хуурак А.В., Саарыг С.А. Изменение полевой влагоемкости почвы в зависимости от применяемых влагосорбентов // В сборнике: Проблемы плодородия почв в современном земледелии. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель. Красноярск. 2024. С. 61 -64

6. Якименко О. С., Нестеров П. В., Степанов А. А., Панова И. Г., Чернов В. Е., Ярославов А. А. Влияние гуматов калия, ксантановой камеди и бинарных композиций на их основе на свойства дерново-подзолистой почвы в модельных экспериментах [Электронный ресурс] // Почвы и окружающая среда, Т. 8(1), е302. <https://doi.org/10.31251/pos.v8i1.302> (дата обращения:18.11.2025)

7. Чудакова Т.А., Анфилов К.Л., Никулина С.Н., Гордеев А.С. Модификация почв и грунтов с использованием акриловых гидрогелей // В сборнике: Техносферная безопасность. Современные реалии. Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 119-122.

8. Цыганов А.Р., Чернуха Г.А., Чернуха В.Г. О набухании гидрогелей в почве // Почвоведение и агрохимия. 2024. № 1 (72). С. 35 – 42.

9. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве. – Введ. 19-01-2006. – Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 16 с.

10. Максимова Ю.Г., Максимов А.Ю., Демаков В.А., Будников В.И. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы // Вестник Пермского университета. Биология. 2010. Вып. 1 (1). С. 45 – 49

BIOCHEMICAL TRANSFORMATIONS IN SOIL USING POLYMER COMPOSITIONS

H.V. Maslova¹, S.M. Vavilova¹, L. V. Buneeva²

¹Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh,
maslovanatvl@mail.ru

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh,

Abstract: The effect of a polymer composition based on a hydrogel and a complex fertilizer on the physico-chemical properties of chernozem, loamy and forest soils is investigated. After incubation of the soil mixture with the composition for 72 hours, an increase in humidity of approximately 20% was recorded, as well as an increase in the content of nitrite nitrogen, which is associated with the activation of nitrification processes under improved water conditions.

Keywords: hydrogel, polymer composition, agrochemical properties of soil, nitrification, moisture content.

К ВОПРОСУ О ВЫРАЩИВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОЗЕЛЕНИ БАЗИЛИКА

Е.А. Бурмистров¹

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк

ugavm@yandex.ru

Аннотация. В представленном материале изложены сведения о методах выращивания микрозелени базилика, его полезных пищевых и лекарственных свойствах.

Ключевые слова: микрозелень, базилик, характеристика, спектры фитоламп, витамины, пигменты.

Актуальность. В связи с быстрым ростом населения городов во всем мире, очень актуальна потребность в продовольственном снабжении устойчивом, доступном, с компонентами богатыми питательными веществами. Городское сельское хозяйство, особенно в контролируемых условиях (теплицы, гидропоника, аэропоника) привлекает внимание как государственных структур и организаций, так и частных предпринимателей. Выращивание микрозелени является прогрессивным направлением растениеводства связанным с получением за короткий период времени молодых побегов, концентрирующих в себе все питательные вещества заложенные в посевном материале с учетом их трансформации в зеленую растительную массу. Для выращивания микрозелени используются разнообразный семенной материал, субстраты и источники искусственного освещения. Авторы предлагают в качестве семенного материала различные культуры: сельдерей, брокколи, капусту, фенхель, базилик, свеклу [1], амарант, редис, шпинат, пажитник, тыкву, редис, подсолнечник, морковь, горох, розеллу, горчицу [2, 3]. Для выращивания используются различные субстраты: синтетический - нетканый материал, растительные - джутовый и кокосовый, минеральные — агровата [1, 4]. В качестве источников света

используются чаще всего светодиодные лампы различных спектров. Различные технологии производства позволяют получить широкое разнообразие микрозелени отличающиеся своими характеристиками.

Методы исследований. Данная работа представляет собой аналитический обзор данных актуальных источников занимающихся изучением вопросов производства микрозелени. Анализ литературы осуществлялся с целью изучения последних данных публикаций авторов проводивших исследования по эффективности выращивания микрозелени различных культур, с применением разных субстратов и технологий выращивания и определения наиболее эффективных технологий с точки зрения как продуктивности так и качества и безопасности готовой продукции. Поиск научных публикаций осуществлялся в среди данных: научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<https://elibrary.ru>), публикаций из иностранных журналов индексируемых в Scopus и Web of Science.

Обсуждение. В изученных источниках представлен огромный спектр культур используемых в виде микрозелени [1, 3]. Мы ранее также изучали эффективность использования микрозелени горчицы белой и овощного гороха [4]. Одни культуры отличаются более высокой интенсивностью роста и продуктивностью (горох), другие более интересными вкусовыми качествами и питательностью. Такая культура как базилик (French basil. *Ocimum basilicum* L.) интересна своими вкусовыми качествами — существует большое количество подвидов и сортов культуры отличающихся разнообразием вкусовых и ароматических характеристик. Кроме того растения разных сортов могут отличаться и по содержанию пигментов. Так содержание β -каротина в микрозелени базилика может достигать 8592 мг/кг в сыром веществе [2]. Микрозелень базилика богата аскорбиновой кислотой, её содержание составляет 1206 мг/кг, в то время как у других культур этот показатель значительно ниже: чеснок — 416, горчица — 500, морковь — 947, фенхель — 602, подсолнечник — 940, редис — 1114, шпинат — 690 мг/кг.

Микрозелень базилика богата природными пигментами (таблица 1).

Таблица 1

Содержание пигментирующих веществ в микрозелени, мг/кг

Показатель	чеснок	горчица	морковь	фенхель	подсолнечник	базилик	редис	шпинат
лютеин	138	183	239	108	202	152	107	87
хлорофилл	295	528	433	903	333	800	509	353
флавоноиды	17	11	45	55	59	29	21	24

Лютеина в базилике 152 мг/кг, в этом показателе он уступает моркови, подсолнечнику и горчице. По содержанию хлорофилла базилик (800 мг/кг) лишь немного уступает фенхелю (903 мг/кг). Содержание флавоноидов в базилике на среднем уровне, лидером по содержанию флавоноидов является подсолнечник (59 мг/кг). [3]. Положительный эффект на содержание полезных веществ (общих фенолов — 36,7%, токоферола — 18,6%, лютеинов — 48,8%, каротина — 47,9%) оказывает использование светодиодных источников с красным спектром [5].

Многие авторы указывают на изменение свойств микрозелени в зависимости от спектров используемых источников света. Так у базиликов при сочетании красного и синего спектра 83 и 17% повышается содержание каротиноидов, в то время как при 100% красном спектре их количество было минимальным. Сочетание красного и синего 91 и 9% положительно влияет на общее содержание хлорофилла, худший показатель наблюдался при 100% красном освещении. Наивысшее проявление антиоксидантная активность базилика и перца по методу DPPH RSA отмечалась при сочетании 91 и 9% и составляла порядка 85%, в то же время как салатные, капустные культуры и шпинат отличались относительно более высокой антиоксидантной активностью при сочетании красного и синего спектров 83 и 17%.

Спектр освещения также оказывает влияние на рост и развитие как микрозелени, так и макрорастений. Так например при 100% красном спектре отмечается наибольшая интенсивность роста растений базилика (наибольшая высота куста), и слабое развитие («растение тянется»). Однако самым лучшим развитием отличались растения при сочетании красного и синего 91 и 9%, при этом кусты отличались лучшей облиственностью, масса растения как в свежем, так и в высушенном виде была наивысшей [6].

Изучение сенсорных качеств показало, что микрозелень красного и зеленого разновидностей базилика существенно отличаются между собой. Сенсорные показатели были оценены по 15 бальной шкале. Сладость зеленого (1,9) и красного (3,8) базилика была низкой, наивысшую оценку получил Швейцарский мангольд (5,9). Терпкость 4,7 и 3,0 соответственно, наивысшее значение терпкости было у кресс-салата и мibuны (7,5). Горечь 7,0 и 5,1 соответственно, наивысшие баллы здесь также были у кресс-салата (9,0) и мibuны (10,0). Острота 4,7 и 2,8 соответственно, рекордсмен по этому показателю снова кресс-салата (12,6). Кислый вкус 2,7 и 3,5 соответственно, наивысший бал у кресс-салата (8,7), мibuны (8,3) и амаранта (7,3). Травянистый вкус 12,7 (наивысший бал) и 8,2 (самый низкий) соответственно. Общий вкус 6,0 и 5,0 соответственно, наивысший показатель занял Швейцарский мангольд (8,5), хуже всех показатель у амаранта (2,5). Аромат был оценен 6,6 и 3,4 (антирекорд) соответственно, наивысший бал получил кориандр (13,0). По внешнему виду 9,2 и 9,1 соответственно, при этом у кориандра высший бал (11,4) и минимум у кресс-салата (6,2). За текстуру базилика получили 7,8 и 7,2 соответственно, максимум у пекинской капусты (8,3) и минимум у амаранта (4,9). Исходя из представленных данных базилики являются достаточно интересными культурами с точки зрения сенсорной оценки значительно не выделяющиеся негативными показателями [7].

Исследования использования базилика в разных видах (собственно зелень, порошковые препараты, экстракты) оказывает положительное воздействие на здоровье. Даже дозы от 0,3 г до 6 г в сутки снижают уровень сахара в крови, улучшают липидный профиль и артериальное давление у людей страдающих ожирением и сахарным диабетом. Использование как свежей зелени, спиртовых экстрактов, эфирных масел базилика оказывают положительное влияние на умственную работу, улучшается когнитивное восприятие, повышается величина β -волн мозга. Выявлена способность аромата эфирных масел базилика вызывать нейрофизиологические стимулы и повышать состояние бодрствования [8].

Использование спиртового или водного экстрактов базилика в дозах от 0,3 до 10,0 г в сутки на протяжении 1-4 недель повышают у здоровых людей концентрацию в крови клеток Т-киллеров и Т-хелперов, и улучшают иммунный ответ на внедрение возбудителей вирусных инфекций [9].

Исследования индийских ученых установили, что обработка ротовой полости экстрактом базилика в дозе 250 мг в сутки в течении 3, позволило снизить индекс зубного налета на 12% по сравнению с первоначальными показателями, у 80% пациентов снизилась кровоточивость десен и гнойных воспалительных процессов в ротовой полости. Также проводились сравнительные исследования влияние ополаскивания 0,2 хлоргексидином, листерином и экстрактом базилика на концентрацию в ротовой полости *Str.mutans*, вызывающего кариес, среднее снижение составило 53%, 45% и 43% соответственно по сравнению с исходными значениями.

Проведенные исследования влияния на кожу установили, что включение в состав крема для лица 3% экстракта базилика, улучшает увлажнение кожи, снижает шероховатость и количество морщин. Сравнение в дерматологической клинике применение стандартного метода лечения акме (двукратное пероральное применение тетрациклина 500 мг + серного лосьона для лица двукратно) и нанесение на ночь на кожу лица растертого вручную сока базилика с последующим утренним смыванием мылом на протяжении 8 недель установило одинаковую эффективность [10]. Все представленные выше результаты установили полное отсутствие побочных эффектов от использования препаратов с базиликом. Контроль безопасности используемого сельскохозяйственного сырья является неотъемлемой частью производства функционального питания и БАДов.

Закключение. Для выращивания микрозелени используется различные технологии, каждая из которых подбирается в соответствии с выбранной культурой. Базилик одна из культур, которая достаточно часто выбирается для производства микрозелени благодаря своей пищевой ценности и вкусовым качествам. Базилик может быть круглогодично использован в качестве одной из

культур для ситиферм, с целью производство молодой зелени, богатой полезными веществами. Подбор источников света, как и подбор субстратов, создание оптимальной температуры и влажности для выращивания, имеет важное значение для роста и развития растений как фазе микро- так и макрозелени. Микрозелень базилика может быть использована как эффективный компонент для производства продуктов функционального питания и как фармакологическая основа для производства БАДов и лекарственных препаратов.

Список литературы.

1. Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms / L. Tan, H. Nuffer, J. Feng [et al.] // Food Science and Human Wellness. – 2020. – Vol. 9, No. 1. – P. 45-51. – DOI 10.1016/j.fshw.2019.12.002. – EDN OQMKHB.

2. Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: a comparison between microgreens and baby greens / A. Lenzi, A. Orlandini, R. Bulgari, et al. // Foods. - 2019.- Vol. 8. - P. 487. – DOI 10.3390/foods8100487.

3. Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens / Manjula D. Ghora, Ashrita C. Haldipur, N. Srividya // Journal of Agriculture and Food Research. - 2020. - Vol. 2. - 100046. - ISSN 2666-1543. - DOI 10.1016/j.jafr.2020.100046.

4. Бурмистрова, О. М. К вопросу о пищевой ценности микрозелени горчицы белой / О. М. Бурмистрова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : Сборник IX Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 20 декабря 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 469-471. – EDN LDBBIIH.

5. Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens / G. Samuolienė, A. Brazaitytė, A. Viršilė, et al. // PLoS One. - 2016. - Vol.11. - e0163405. - DOI 10.1371/journal.pone.0163405.

6. Blue Light added with Red LEDs Enhance Growth Characteristics, Pigments Content, and Antioxidant Capacity in Lettuce, Spinach, Kale, Basil, and Sweet Pepper in a Controlled Environment. / M.T. Naznin , M. Lefsrud , V. Gravel , M.O.K. Azad // Plants.- 2019.- Vol. 8. - P.93.- DOI 10.3390/plants8040093.
7. Sensory Attributes and Consumer Acceptability of 12 Microgreens Species / F. Caracciolo, Ch. El-Nakhel, M. Raimondo [et al.] // Agronomy. – 2020. – Vol. 10, No. 7. – P. 1043. – DOI 10.3390/agronomy10071043. – EDN DNXVWQ.
8. Singletary, K. W. Basil: A Brief Summary of Potential Health Benefits / K. W. Singletary // Nutrition Today. – 2018. – Vol. 53, No. 2. – P. 92-97. – DOI 10.1097/NT.0000000000000267. – EDN VFTGKS.
9. Jamshidi, N. The Clinical Efficacy and Safety of Tulsi in Humans: A Systematic Review of the Literature. / N. Jamshidi, M.M. Cohen. // Evid Based Complement Alternat Med. - 2017.- 9217567. - DOI 10.1155/2017/9217567.
10. Rasul, A. Formulation and in vivo evaluation for anti-aging effects of an emulsion containing basil extract using non- invasive biophysical techniques. / A. Rasul, N. Akhtar // DARU Journal of Pharmaceutical Sciences. - 2011. - Vol. 19, No. 5. - P. 344-50. - URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3304398/>

ON THE ISSUE OF GROWING AND USING BASIL MICROGREENS

E.A. Burmistrov¹

¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, ugavm@yandex.ru

Summary: This article presents information on basil microgreen cultivation methods and their beneficial nutritional and medicinal properties.

Keywords: microgreens, basil, characteristics, phytolamp spectra, vitamins, pigments.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АГРОТУРИЗМ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

О.М. Залещёнок

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки,
Республика Беларусь, olgazales4enok@gmail.com

Аннотация: в статье раскрывается понятие экологического агротуризма, его принципы, цели и задачи, перспективы развития, проблемы и вызовы на пути становления, а также виды и перспективы развития экологического агротуризма.

Ключевые слова: экологический агротуризм, агроэкоусадаба, экологичность, органика, антропогенное влияние.

В эпоху урбанизации и цифровизации все больше горожан испытывают потребность в «возвращении к истокам» — к тишине, природе и простым радостям жизни. Ответом на этот запрос стал экологический агротуризм — динамично развивающийся сектор, который сочетает в себе отдых в сельской местности с принципами устойчивого развития и экологической ответственности. Это не просто жизнь в деревне, а целая философия, направленная на сохранение природного и культурного наследия.

Понятие «Экотуризм» возникло относительно недавно в середине 80-х годов XX века. А в моду вошел в 90-е годы XX века.

Экологический агротуризм представляет собой разновидность сельского туризма, где основное внимание уделяется экологически чистым методам сельского хозяйства и поддержке местных сообществ.

Все больше и больше людей с каждым годом задействованы в данной сфере. Причина этого предельно ясна: города разрастаются, темп урбанизации увеличивается; современная архитектура не блещет разнообразием, люди

устают от одинаковых фасадов; экологическая обстановка в городах, несмотря на предпринимаемые меры по её улучшению, все также остается на довольно низком уровне; высокий уровень автомобилизации, что приводит к увеличению транспортного потока. Поэтому люди хотят абстрагироваться от этого, отдохнуть от суеты города и уединиться [1].

Ключевыми принципами экологического агротуризма являются:

- локализация его в сельской местности, часто на действующих фермах или в экопоселениях;
- сохранение окружающей среды и минимальное воздействие на нее;
- знакомство гостей с традиционным укладом жизни, местными обычаями, ремеслами и национальными блюдами;
- вовлечение туристов на добровольной основе в повседневную сельскохозяйственную деятельность: сбор урожая, уход за животными, приготовление фермерских продуктов.

В Республике Беларусь термин «экологический агротуризм» начали использовать в 2006 г., хотя этапом становления называют период 2002–2004 гг., когда и появились первые агроэкоусадьбы. Сегодня это достаточно устоявшееся предложение со своими традициями.

По данным на 1 января 2025 г. в Беларуси насчитывается более 1,4 тыс. агроэкоусадоб: больше всего в Минской (393), Брестской (278) и Гродненской (276) областях.

Сегодня агроэкоусадьбы – важная часть комплексного туристического предложения в регионах. Они могут выступать своеобразным магнитом: турист либо едет смотреть достопримечательности – и получает сопутствующий продукт в агроэкоусадьбе, либо отправляется за уникальным опытом в агроэкоусадьбу – и способствует развитию инфраструктуры и культурно-исторических объектов, находящихся по пути.

Большинство агроэкоусадоб рекламируют свои органические и экологически чистые напитки, блюда, мед, ягоды, овощи, видя в этом конкурентное преимущество.

Также экологический агротуризм стимулирует социально-экономическую активность в сельской местности, позволяет создавать дополнительные рабочие места и помогает государству в сохранении культурного наследия и достижении целей устойчивого развития.

В свою очередь, существуют признаки, отличающие экологический агротуризм от просто сельского туризма:

- экологичность. Использование возобновляемых источников энергии, сортировка и переработка отходов, экономия воды, органическое земледелие;
- образовательность. Гости не только отдыхают, но и узнают о местной экосистеме, принципах устойчивого сельского хозяйства и здоровом образе жизни;
- поддержка локальных сообществ. Доходы от деятельности остаются в регионе, создаются новые рабочие места, поддерживаются местные производители;
- сохранение культурного наследия. Возрождение и популяризация традиций, ремесел, фольклора и местной кухни.

Во всем мире набирает силу тренд на органику, чистую еду. В России, по оценкам Инжинирингового центра органического сельского хозяйства Российской инженерной академии менеджмента и агробизнеса, спрос на нее превышает предложение в 3 раза.

В Беларуси же экологический агротуризм видят еще и как перспективный проект в рамках туристического мультипредложения регионов, делая ставку на креатив.

В связи с этим следует говорить о перспективах развития экологического агротуризма, так как современные туристы все чаще выбирают формы отдыха, которые соответствуют их ценностям: забота об экологии, здоровое питание, аутентичный опыт. Кроме этого, во многих странах (включая Беларусь, Россию, страны ЕС) развитие сельских территорий является приоритетом. Это выражается в предоставлении грантов, субсидий, льготного кредитования и помощи в продвижении.

Для фермеров же агротуризм — это дополнительный канал дохода, который помогает стать менее зависимыми от капризов рынка сельхозпродукции.

Развитие экологического агротуризма препятствует оттоку молодежи из деревень, способствует созданию новой инфраструктуры (дороги, связь) и улучшает качество жизни в целом. Это и идеальное направление для школьных экскурсий, семейного отдыха и тематических программ для всех, кто интересуется экологией и сельским хозяйством.

Но в данной теме существуют и свои проблемы в некоторых аспектах: отсутствуют четкие и утвержденные границы для категорий особо охраняемых, заповедных природных территорий; не установлен уровень негативного антропогенного влияния [2].

В связи с этим рассматривается вопрос об ограничениях на посещение охраняемых природных территорий только буферной зоной, а ядро заповедника должно оставаться заповедником, то есть не должно быть затронуто антропогенным влиянием. Также необходимо в буферной зоне ввести строгое соблюдение природоохранной системы, нормирование максимального числа посетителей [3].

Кроме этого, во многих привлекательных, с точки зрения природы местах, отсутствует качественная транспортная доступность, не развита цифровая связь (интернет), есть перебои с электричеством и водоснабжением. Открытие гостевого дома, соответствующего экологическим стандартам, требует значительных первоначальных вложений, у потенциальных организаторов часто нет знаний в сфере гостеприимства, маркетинга и менеджмента. Процедуры оформления земли, получения разрешительной документации, санитарных норм для приема гостей могут быть сложными, забюрократизированными и непрозрачными. Спрос на такой отдых сильно зависит от времени года, что создает проблемы с равномерной загрузкой и стабильным доходом. Небольшим семейным хозяйствам трудно конкурировать на рынке туристических услуг с крупными операторами. Отсутствие грамотного

присутствия в интернете и навыков онлайн-продаж делает их «невидимыми» для потенциальных клиентов.

Для успешного развития экологического агротуризма необходим комплексный подход:

со стороны государства. Упрощение регуляторных процедур, создание целевых программ финансирования и консультационной поддержки, развитие необходимой инфраструктуры в сельской местности;

со стороны местных сообществ. Объединение в кооперативы или кластеры для совместного продвижения, создания единых брендов и стандартов качества, организации общих служб бронирования;

со стороны организаторов. Вложение инвестиций не только в материальную базу, но и в собственное образование, в создание уникального, аутентичного продукта, основанного на местном колорите.

Выдвигается идея вовлечь в экологический агротуризм детей и подростков: обращение с животными (подкормка птиц зимой), походы и познавательные мероприятия [4].

Таким образом, экологический агротуризм – это динамически развивающаяся отрасль, которая становится популярнее с каждым годом из-за негативного антропогенного влияния на природу и желанием сохранить природу для потомков [5].

Экологический агротуризм — это не просто модное направление, а устойчивая модель развития, которая выгодна всем: туристы получают уникальный и полезный опыт, местные жители — экономические перспективы, а природа и культура — шанс на сохранение. Преодоление существующих проблем требует совместных усилий власти, бизнеса и общества, но открывающиеся перспективы делают эту инвестицию времени и ресурсов более чем оправданной. Это мост между традиционным укладом и будущим, в котором гармония с природой становится высшей ценностью.

Литература

1. Новикова А.В. Экологический туризм как перспективное направление развития в туристической РФ / А.В. Новикова // Бизнес-технологии в туризме и гостеприимстве: Сборник статей и тезисов научных докладов студентов и аспирантов по итогам II научной конференции. Москва, 2019. С. 339-344.
2. Рыженков А.Я. Правовое регулирование развития экологического туризма в России: проблемы и перспективы / А.Я. Рыженков // Бизнес. Образование. Право. 2014. № 4(29). С. 259-264.
3. Безуглова М.С. Геоэкологические особенности развития экологического туризма/ М.С. Безуглова, М.М. Иолин, Л.Ф. Трубицина, А.Р. Сулейманов // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 4(55). С.109-116.
4. Куприна Л.Е. Экологический туризм и экологичность туризма в аспекте создания учебных экологических троп/ Л.Е. Куприна // Интегративная перспектива в гуманитарных науках. 2015. № 2. С. 56-62.
5. Тарасова Е.С. Современный экотуризм: основные концепции, направления и формы / Е.С. Тарасова, О.А. Чижикова// Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона: Материалы международной научно-практической конференции. Донецк, 2019. С.46-48.

ECOLOGICAL AGRO-TOURISM: PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

O.M. Zaliashchonak

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

olgazales4enok@gmail.com

Summary: This article explores the concept of ecological agritourism, its principles, goals and objectives, development prospects, problems and challenges in its

development, as well as the types and prospects for the development of ecological agritourism.

Keywords: ecological agritourism, agro-eco-estate, environmental friendliness, organics, anthropogenic impact.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ

А.С. Иванова, А.И. Мокану

Саратовская государственная юридическая академия, Саратов,

antonellamokanu@mail.ru

Аннотация: в экологической сфере вопросы эффективности лицензирования отдельных видов деятельности являются актуальной и наиболее острой темой для правового анализа. Изучена роль лицензии в обеспечении охраны окружающей среды, безопасности общества, качества и регулирования работы бизнеса. Авторы выделяют недостатки системы, подкрепляя судебной практикой, предлагают возможные пути их совершенствования.

Ключевые слова: институт лицензирования, опасные отходы, охрана окружающей среды, эффективность, государственное регулирование.

Лицензирование является подвидом разрешительной системы государства, созданной для регулирования отдельных видов деятельности, в целях исполнения мер по защите окружающей среды. Статья 30 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об охране окружающей среды» гласит о том, что отдельные виды деятельности в области охраны окружающей среды подлежат обязательному лицензированию. Выдача лицензий обуславливает осуществление контроля за деятельностью, способной оказывать вредное воздействие на природу, необходимость использования технологий, которые могут уменьшить вредные последствия для природы и окружающей среды в целом. Для законного осуществления определённых видов деятельности, государство посредством создания нормативно-правового акта, а именно статья 12 Федерального закона от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 23.05.2025) «О лицензировании отдельных видов деятельности», закрепило перечень

лицензируемых видов деятельности. Как правило, это деятельность, осуществление которой может повлечь за собой нанесение ущерба и регулирование которых не может осуществляться иными методами, кроме как лицензированием.

Рассмотрим одну из наиболее специфических административных мер в области сбора, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания, размещения отходов I - IV классов опасности – лицензирование. Обращение с отходами на сегодняшний день является одной из самых острых, сложных и актуальных проблем в экологии, поэтому законодательство требует должного безопасного для здоровья населения и среды их обитания исполнения предъявляемых требований в соответствии с санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами. Следует отметить высокий уровень бюрократизации процедуры получения лицензии, это подчеркивает незащищенность бизнеса, следовательно, замедляется работа экономического сектора рассматриваемого вида деятельности. Вышесказанное подтверждает наличие серьезной проблемы, которая требует правового разъяснения, и возможной модернизации всей системы лицензирования.

Нормативное закрепление произошло в 2020 году посредством утверждения Постановления Правительства РФ № 2290 «О лицензировании деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности». Нормативно-правовой акт содержит в себе порядок лицензирования деятельности, перечень грубых нарушений лицензионных требований, а также полный список работ с отходами. Изучая вопрос эффективности лицензирования, нельзя прийти к однозначному выводу. Безусловно, существует ряд аргументов, которые подтверждают необходимость и эффективность рассматриваемого института в области опасных отходов. Так, лицензирование помогает исключить из рынка недобросовестных участников, что особенно важно в сферах, связанных с опасными видами деятельности, в связи с большой вероятностью нанести непоправимый вред окружающей среде. Главным достоинством лицензирования

является функция государственного контроля (надзора), которая позволяет оценивать контроль качества. Наличие лицензии служит гарантией соответствия деятельности установленным стандартам и требованиям.

Существующее законодательство о лицензировании в области обращения с отходами претерпевало большое количество изменений, в связи с этим правоприменитель сталкивался со всеми возможными проблемами и по настоящее время в некоторых случаях подвергается критике [1]. Как правило, процедура оформления и получения лицензий достаточно сложна, поэтому зачастую это может тормозить развитие бизнеса и создавать определенные административные барьеры. Стоит отметить, что чрезмерное лицензирование может препятствовать входу новых участников и снижать конкуренцию, это является прямым нарушением принципа совершенной конкуренции в экономике. В некоторых случаях лицензирование используется для получения взяток или монополизации рынка, что образует злоупотребление, которое может привести к административной или уголовной ответственности лицензиатов.

Так, Арбитражным судом Тюменской области было рассмотрено дело, к ООО НПП «Союзтехнология» о привлечении к административной ответственности по части 2 статьи 14.1 КоАП РФ на основании протокола об административном правонарушении. Материалами дела подтверждено, что ответчик осуществляет деятельность по сбору, обработке, транспортированию, обезвреживанию отходов III-IV классов опасности на сортировочной площадке, которая не указана в истекшей по сроку годности лицензии, что образует объективную сторону состава административного правонарушения. В отзыве ответчик указал, что предпринимает все возможные меры по переоформлению лицензии, однако получило многочисленные отказы уполномоченного органа. Общество не может повлиять на сокращение сроков согласования документов государственными органами. Принимая во внимание все доводы, суд решил заявленные требования удовлетворить. Привлечь ООО НПП «Союзтехнология» административной ответственности, предусмотренной частью 2 статьи 14.1

Кодекса РФ об административных правонарушениях и назначить наказание в виде административного штрафа в размере 40 000 (сорок тысяч) рублей [2].

Институт лицензирования в области природопользования одновременно решает две взаимосвязанные задачи – охраны и регуляции [3]. Лицензирование является неотъемлемым инструментом, который служит контрольно-пропускной системой для осуществления особо важных для окружающей среды видов деятельности. Не всегда эффективность подтверждается: в некоторых сферах лицензирование не обеспечивает ожидаемого уровня безопасности или качества, а лишь создает дополнительные издержки.

Необходимо пересмотреть процедуру выдачи и переоформления лицензий. Предлагаем создание единой государственной системы, посредством которой уменьшится срок выдачи и переоформления лицензий, так как снизится нагрузка на Интернет-платформу. Также следует упростить порядок лицензирования деятельности, связанной с отходами IV класса опасности, обладающим наименьшим уровнем токсичности. Сдерживающим фактором будут являться внеплановые выездные проверки, которые будут контролировать воздействие на окружающую среду, а также выявлять и ликвидировать недобросовестных лицензиатов.

Литература

1. Галыгин А.Ю. Особенности лицензирования деятельности по обращению с отходами: проблемы и пути их решения в правоприменении : выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) / А. Ю. Галыгин. – Тюмень, 2021. – 74 с.
2. Решение от 17 декабря 2019 г. по делу № А70-19293/2019 Судакт [Электронный ресурс]. URL: <https://sudact.ru/arbitral/doc/UneLWMDmFhJq/> (дата обращения: [10.11.2025]).
3. Л.С. Рахимкулова, Р.И. Рашитова. Лицензирование в сфере окружающей

среды, рационального использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности // Теория и практика современной науки. 2016. №12-2 (18). С. 134-136.

ON THE ISSUE OF THE EFFECTIVENESS OF LICENSING CERTAIN TYPES OF ACTIVITIES

A.S. Ivanova, A.I. Mokuanu

Saratov State Law Academy, Saratov,

antonellamokuanu@mail.ru

Abstract: in the environmental sphere, issues of the effectiveness of licensing certain types of activities are an urgent and most pressing topic for legal analysis. The work examined the role of licenses in ensuring environmental protection, public safety, quality, and business regulation. The authors highlight the shortcomings of the system, supporting it with judicial practice, and also suggest possible ways to improve them to increase their effectiveness and meet modern requirements.

Keywords: licensing institute, hazardous waste, environmental protection, efficiency, government regulation.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ
Cs-137 В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НИФХИ им. Л.Я. КАРПОВА**

Я.В. Непогодина¹, А.А. Удалова^{2,3}, Т.В. Мельникова^{2,3}, Л.А. Киселева²

¹КГУ им. К. Э. Циолковского, 248023, Калуга, rectorat@tksu.ru

²ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск, info@iate.obninsk.ru

³Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва,
info@mephi.ru

Аннотация: Представлены результаты шестилетнего мониторинга (2018-2023 гг.) содержания техногенного ^{137}Cs в почвах санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» (г. Обнинск). Установлено, что удельная активность ^{137}Cs варьирует от $2,6 \pm 0,3$ до $10,6 \pm 0,8$ Бк/кг. Наибольшие значения характерны для ненарушенных лесных почв и соответствуют региональному фоновому уровню глобальных выпадений. Выявлены статистически значимые корреляции с содержанием органического вещества ($r=0,74$; $p<0,05$) и актуальной кислотностью ($r=-0,67$; $p<0,05$). Влияние деятельности предприятия на содержание ^{137}Cs не обнаружено.

Ключевые слова: ^{137}Cs , почва, радиоэкологический мониторинг, исследовательский реактор, техногенные радионуклиды.

Радиоэкологический мониторинг почв в зонах влияния радиационно опасных объектов является важным инструментом для оценки состояния окружающей среды и прогнозирования потенциальных экологических рисков.

Одним из ключевых представителей объектов атомной науки и технологий неэнергетического профиля является АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова» (НИФХИ), расположенный в г. Обнинске. На его территории размещены исследовательский ядерный реактор ВВР-ц, ускорители электронов, радиоизотопные источники ионизирующего

излучения, а также разнообразные исследовательские и производственные установки.

В период с 2018 по 2023 гг. проводился ежегодный отбор почвенных проб в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН) НИФХИ. При выборе мест пробоотбора (рис. 1) учитывались ландшафтные особенности территории и роза ветров. Преимущественное направление ветра в данной местности – с запада и юго-запада [1], поэтому значительное число мест отбора почвы (точки 2.5-2.12) расположено с восточной стороны от НИФХИ, «под факелом». При этом точки 1.6, 1.10, 2.6, 2.7, 2.7а, 2.8, 2.10а находятся на открытой местности с луговой растительностью; почвы по большей части являются антропогенно нарушенными. Остальные места пробоотбора расположены в лесных насаждениях: точки 1.1, 1.7-1.9 – рядом с федеральной автотрассой; точки 2.1-2.4 – в лесопосадках рядом с северо-западным углом предприятия; точки 2.5, 2.9-2.12 – по краю и в глубине леса с подветренной стороны от НИФХИ. В соответствии с территориальным расположением и ландшафтными особенностями, места пробоотбора объединены в четыре кластера (рис. 1): 1 – антропогенно нарушенные, 2 – лес, у автотрассы, 3 – лес, северо-запад, 4 – лес, восток.



Рис. 1. Расположение точек отбора проб почвы в СЗЗ и ЗН НИФХИ

Также, в октябре 2018 г. три пробы почвы (К1, К2, К3) были отобраны в Национальном Парке «Угра» (д. Суковка, рядом с г. Юхнов; около 70 км к югу от НИФХИ); они изначально рассматривались как референтные (фоновые) по уровню общего техногенного воздействия.

На каждой пробоотборной площадке пробы почвы отбирали методом конверта в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84.

Измерение удельной активности ^{137}Cs в пробах почвы проводилось с помощью гамма-спектрометров «Прогресс-Гамма» (НПП «Доза») с сцинтилляционным детектором NaI(Ti) (2018-2022 гг.) и ГАММА-1П с полупроводниковым детектором HPGe (2023 г.). Минимально измеряемая активность по ^{137}Cs – 3 Бк/кг, ^{226}Ra – 8 Бк/кг, ^{232}Th – 8 Бк/кг, ^{40}K – 40 Бк/кг.

В отобранных пробах почв определяли содержание органического вещества по методике [2] в модификации ЦИНАО, актуальную кислотность (рН) почвенного раствора – потенциометрическим методом [3].

Статистическую обработку результатов измерений проводили стандартными методами, с использованием программного пакета MS Excel. Статистические различия между выборками анализировали с помощью критерия Стьюдента.

Долгоживущие техногенные изотопы в атмосферных выбросах НИФХИ отсутствуют, сброс радиоактивных веществ в гидрографическую сеть прекращен с 2017 г. [4]. Однако по данным радиационного мониторинга НПО «Тайфун» [5] в воздухе г. Обнинска регистрируется ^{137}Cs и другие долгоживущие радионуклиды. Так, в 2021, 2022 и 2023 гг. среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в приземном слое атмосферы составила $5,1 \cdot 10^{-7}$, $3,3 \cdot 10^{-7}$ и $3,7 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³ (что на много порядков ниже допустимой объемной активности 27 Бк/м³). Источниками техногенных радионуклидов в окружающей среде могут быть ЯРОО г. Обнинска. Однако необходимо учитывать, что наибольшее загрязнение территории РФ техногенными радионуклидами произошло в 1954-1980 гг., в

период испытаний ядерного оружия; отдельные регионы подверглись дополнительному загрязнению в результате радиационных аварий.

Находящиеся в атмосфере загрязняющие и радиоактивные вещества осаждаются на подстилающую поверхность, при этом значительная часть выпадений задерживается в почвенном слое, который является мощным природным сорбентом [6]. Обусловленные глобальными выпадениями средние концентрации ^{137}Cs в дерново-подзолистых почвах Центральной России составляют 10,0 Бк/кг [7]. Для Калужской области характерен большой диапазон значений удельной активности ^{137}Cs в почвах – от 2,9 Бк/кг на границе с Московской областью до 2400 Бк/кг в южной части Калужской области, пострадавшей от Чернобыльской аварии [8]. Изучение пространственного распределения долгоживущих техногенных загрязнителей (например, долгоживущих искусственных радионуклидов) в почвах позволяет оценить вклад разных источников в загрязнение окружающей среды.

Результаты измерения удельной активности техногенного радионуклида ^{137}Cs в почвах в СЗЗ и ЗН НИФХИ за период с 2018 по 2023 гг., а также в пробах из Национального парка «Угра» представлены на рис. 2. Сравнение показало, что уровни ^{137}Cs в зоне влияния НИФХИ не превышают фоновых значений.

Содержание ^{137}Cs в почвах СЗЗ и ЗН НИФХИ варьировало от $1,0 \pm 0,0$ до $17,1 \pm 3,3$ Бк/кг (рис. 2). Известно, что ^{137}Cs эффективно сорбируется почвенным покровом и имеет низкую подвижность в почвах [6, 9]. Стабильные уровни содержания этого радионуклида на изучаемой территории на протяжении 6-ти лет говорят об отсутствии существенных источников нового поступления ^{137}Cs в почву в изученный период.

Изучение распределения уровней ^{137}Cs по выделенным кластерам показало (рис. 2, табл. 1), что самые низкие значения удельной активности имеют место в группе точек «1 – антропогенно нарушенные» несмотря на то, что большинство точек этого кластера находится под “факелом” выброса (рис. 1). Отметим, что в 43% проб почвы в этом кластере (табл. 1) содержание ^{137}Cs не было определено (н.о. – ниже предела обнаружения).

Кластеры «2 – лес, у автотрассы» и «3 – лес, северо-запад» демонстрируют схожие результаты (рис. 2, табл. 1) в отношении содержания ^{137}Cs в почвах, что является вполне закономерным, т.к. территориально они расположены рядом. Статистически достоверных различий между средними значениями для этих кластеров не выявлено.

Таблица 1

Удельная активность ^{137}Cs в почвах в зависимости от территориального расположения и ландшафтных особенностей мест отбора

Кластер	Удельная активность ^{137}Cs в почвах, Бк/кг			Н.о. ^а , %
	Min	Max	Среднее по кластеру	
1 – антропогенно нарушенные	<3	4,6±1,8	2,6±0,3 *	42,9
2 – лес, у автотрассы	<3	9,1±2,3	4,6±0,7 *	22,7
3 – лес, северо-запад	<3	10,0±0,0	5,2±0,6 *	20,0
4 – лес, восток	<3	18,0±0,0	10,6±0,8	4,0

^а – доля проб, в которых удельная активность ^{137}Cs была ниже предела обнаружения

* – достоверные различия с кластером «4 – лес, восток» ($p<0,05$)

Наиболее высокие уровни ^{137}Cs на протяжении всего периода исследования регистрировались в кластере «4 – лес, восток». Эта зона представляет собой лесной массив, не тронутый техногенной деятельностью. Среднее значение удельной активности ^{137}Cs в этой зоне (10,6±0,8 Бк/кг) достоверно превышает средние значения в других кластерах (табл. 1). В отдельных пробах содержание ^{137}Cs статистически значимо ($p<0,05$) превышало 10 Бк/кг (точка 2.9 в 2018 г. и 2023 г., точка 2.11 в 2023 г.), однако среднее значение по кластеру совпадает с уровнем глобальных выпадений.

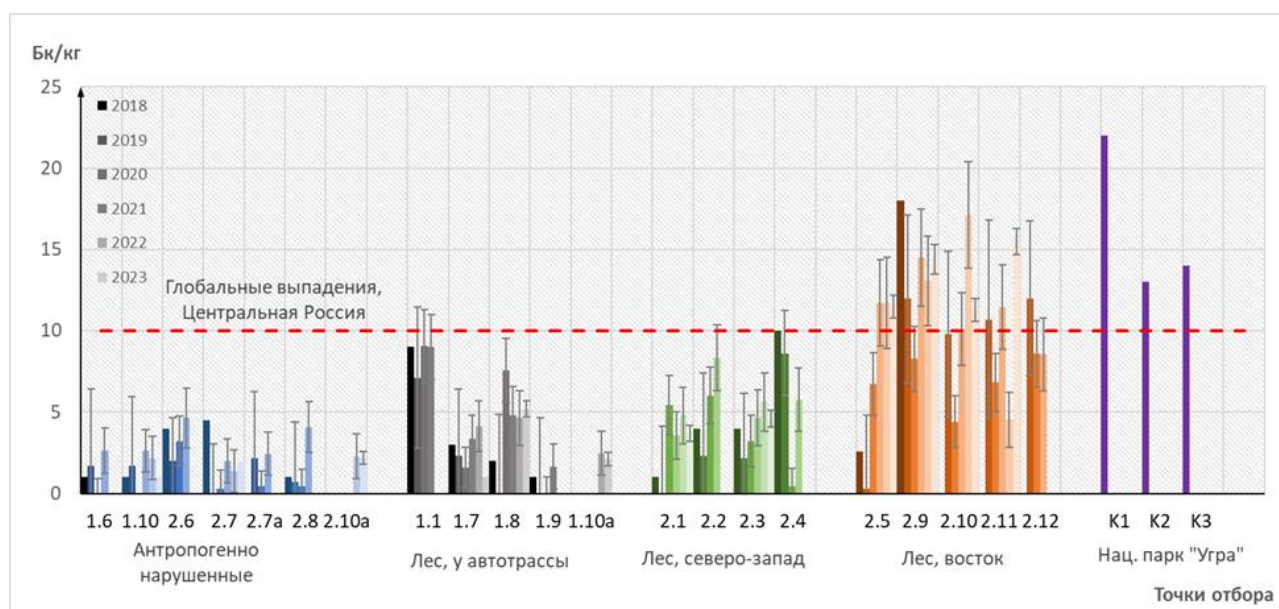


Рис. 2. Удельная активность ^{137}Cs в почве в СЗЗ и ЗН НИФХИ в 2018-2023

гг.

Полученные данные опровергают гипотезу о влиянии выбросов НИФХИ на содержание ^{137}Cs . Наблюдаемое распределение объясняется исключительно степенью сохранности почвенного покрова.

Знание физико-химических свойств почвы имеет большое значение как для понимания возможных изменений почвы в результате осуществляемой техногенной деятельности, так и для интерпретации поведения загрязняющих веществ в почвенном слое и других компонентах природных экосистем.

Среди изучавшихся в данной работе физико-химических свойств почвы статистически достоверная зависимость удельной активности ^{137}Cs установлена для содержания органического вещества и актуальной кислотности почвы (рис. 3).

Самое низкое содержание органического вещества – $1,9 \pm 0,3\%$, достоверно отличающееся от остальных кластеров, установлено в кластере «1 – антропогенно нарушенные». Самые высокие значения получены в нетронutom техногенной деятельностью кластере «4 – лес, восток» ($4,3 \pm 0,3\%$), что хорошо видно из рис. 3. Установлена прямая корреляция между содержанием ^{137}Cs и органического вещества, что объясняется сорбцией радионуклида в гумусовом

горизонте. В целом, полученные значения вполне характерны для дерново-подзолистых почв, среднее содержание гумуса в которых составляет 2-4% [9].

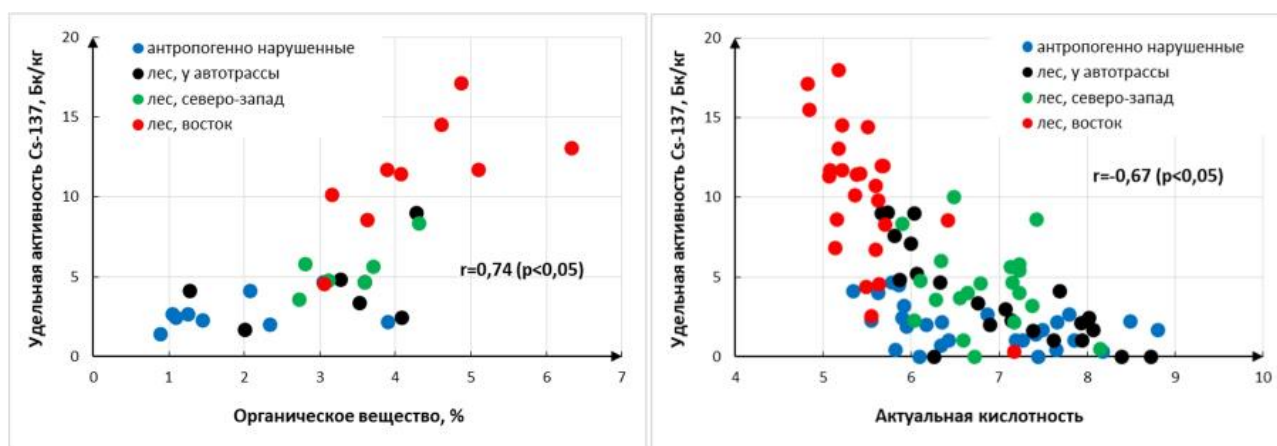


Рис. 3. Зависимости между: УА ^{137}Cs и содержанием органического вещества в почве (2021-2022 гг.); УА ^{137}Cs и актуальной кислотностью почв (2018-2023 гг.)

Что касается актуальной кислотности, почвы кластера «4 – лес, восток» ($\text{pH } 5,5 \pm 0,1$) проявляют кислую реакцию, характерную для дерново-подзолистых почв [10]. Данный кластер достоверно отличается ($p<0,05$) от кластеров «1 – антропогенно нарушенные», «2 – лес, у автотрассы», «3 – лес, северо-запад», где актуальная кислотность лежит в границах нейтрального pH ($6,8 \pm 0,2$; $7,0 \pm 0,2$; $6,8 \pm 0,1$ соответственно). Обнаружена обратная зависимость между удельной активностью ^{137}Cs и pH , однако ландшафтные особенности оказали большее влияние, чем кислотность.

На основании комплексного радиоэкологического исследования почв санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» установлено:

1. Содержание техногенного ^{137}Cs в почвах территории варьирует в диапазоне от $2,6 \pm 0,3$ до $10,6 \pm 0,8$ Бк/кг, что не превышает региональный фоновый уровень.
2. Пространственное распределение ^{137}Cs определяется степенью сохранности почвенного покрова: максимальные значения зафиксированы в

ненарушенных лесных почвах кластера 4 ($10,6 \pm 0,8$ Бк/кг), минимальные — в антропогенно нарушенных почвах кластера 1 ($2,6 \pm 0,3$ Бк/кг).

3. Установлена прямая корреляционная зависимость между удельной активностью ^{137}Cs и содержанием органического вещества ($r=0,74$), а также обратная зависимость с актуальной кислотностью почв ($r=-0,67$).

4. Стабильность уровней ^{137}Cs в течение шестилетнего периода наблюдений и их соответствие фоновым значениям свидетельствует об отсутствии влияния деятельности НИФХИ на накопление данного радионуклида в почвах.

Литература

1. Архив погоды в Обнинске: [Электронный ресурс] // World weather. – 2023. – URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/obninsk/>. (Дата обращения: 17.06.2025).
2. Отчет по экологической безопасности за 2022 год. АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», 2023. – 39 с.
3. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Стандартинформ, 2021. – 11 с.
4. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2008. – 6 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2023 году: ежегодник. Обнинск: НПО «Тайфун», 2024. – 347 с.
6. Алексахин Р. М., Васильев А. В., Дикарев В. Г. и др. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р. М. Алексахиной, Н. А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – 396 с.
7. Лащенко Т. Н., Зозуль Ю. Н. Определение фонового содержания радионуклидов и тяжелых металлов в почве // Атомная энергия. – 2006. – Т. 100. – № 3. – С. 231-237.

8. Эдомская М. А., Лукашенко С. Н., Ступакова Г. А., Шупик А. А., Шаповалов С. Г. Оценка содержания плутония и цезия-137 в почве и разнотравье Калужской области // Плодородие. – 2023. – №1 (130). – С. 14-19.
9. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Квадро, 2021. – 680 с.
10. Минеев В. Г., Сычев В. Г. Агрохимия. Учебник / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF Cs-137 CONTENT IN SOILS WITHIN THE IMPACT ZONE OF THE KARPOV INSTITUTE OF PHYSICAL CHEMISTRY

Y.V. Nepogodina¹, A.A. Udalova^{1,2}, T.V. Melnikova¹, L.A. Kiseleva¹

¹K.E. Tsiolkovsky Kaluga State University, 248023, Kaluga, rectorat@tksu.ru

²Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, National Research Nuclear University MEPHI, Obninsk, info@iate.obninsk.ru

³National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, info@mephi.ru

Summary: The paper presents the results of a six-year monitoring (2018-2023) of technogenic ¹³⁷Cs content in soils of the sanitary protection zone and surveillance zone of Karpov Institute of Physical Chemistry (Obninsk). The specific activity of ¹³⁷Cs was found to range from 2,6±0,3 to 10,6±0,8 Bq/kg. The highest levels are characteristic of undisturbed forest soils and correspond to the regional background level of global fallout. Statistically significant correlations with organic matter content ($r=0,74$; $p<0,05$) and actual acidity ($r=-0,67$; $p<0,05$) were revealed. No influence of the enterprise's activities on the ¹³⁷Cs content was detected.

Keywords: ¹³⁷Cs, soil, radioecological monitoring, research reactor, technogenic radionuclides.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ

А. А. Рожнова¹, В. В. Шуберт¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Калужский государственный университет им. К.Э.

Циолковского", Калуга,

rroznova1976@yandex.ru, shubertvv@tksu.ru

*Аннотация: Воздействие человека на природные системы остаётся одной из ключевых экологических проблем нашего времени. Нужны простые и дешёвые инструменты, которые позволяли бы быстро и надёжно отслеживать изменения в окружающей среде. Одним из таких инструментов служит биоиндикация — оценка качества среды по реакции живых организмов. Среди растительных индикаторов особо выделяется берёза повислая (*Betula pendula* Roth). Эта древесная форма широко распространена и в лесах, и в урбанизированных зонах Калужской области, поэтому её легко использовать для региональных мониторинговых программ.*

Ключевые слова: биоиндикация, берёза повислая, мониторинг.

Листья берёзы повислой являются особенно уязвимой частью растения, реагирующей на антропогенное загрязнение комплексом морфометрических изменений. Именно поэтому целесообразным становится применение метода флуктуирующей асимметрии листовой пластины.

Лист — первый «приёмник» атмосферных и почвенных стрессов, и по его состоянию можно получить немало информации [1]. Берёза ценна для биоиндикации по ряду причин [4].

Во-первых, дерево чувствительно к широкому спектру загрязнителей: диоксиду серы (SO₂), оксидам азота (NO_x), озону (O₃), тяжёлым металлам (Pb, Cd, Zn) и

Во-вторых, она повсеместно встречается в разных ландшафтах региона — от почти нетронутых лесов до промышленных окраин и городских улиц, что делает сравнение популяций удобным и репрезентативным [7].

И, в-третьих, морфологическая пластичность берёзы — её способность менять форму и структуру листа в ответ на условия — даёт возможность фиксировать даже относительно тонкие изменения среды [2].

Для практических мониторинговых работ в Калужской области целесообразно сочетать несколько подходов [5].

1. Морфометрический анализ. Измеряют параметры, которые статистически реагируют на стресс: площадь листовой пластинки, длину черешка, выраженность флуктуирующей асимметрии [6]. Обычно при загрязнении площадь листа сокращается, черешки становятся короче, а уровень флуктуирующей асимметрии повышается — то есть листья теряют ту самую зеркальную симметрию, что была раньше. Сравнение образцов из фоновых зон (например, национальный парк «Угра») и из промышленных районов (Калуга, Обнинск, Людиново) обычно показывает заметные различия [3].

2. Анатомические наблюдения. При микроскопическом исследовании поперечных срезов листа выявляются характерные изменения: истончение листа и кутикулы, разрушение клеток мезофилла и палисадной паренхимы, а также деформация устьичных комплексов и снижение их функциональности [8]. Эти изменения не всегда очевидны невооружённым глазом, но дают ценные данные о длительности и характере стресса.

3. Химический анализ накоплений. Листья аккумулируют как растворимые соединения, так и аэрозольные частицы с тяжёлыми металлами. Анализ золы листового материала (атомно-абсорбционная спектрометрия и прочие методики) позволяет количественно оценить содержание свинца, кадмия, цинка и других элементов [1]. Отбор проб вдоль автодорог (скажем, Московское шоссе) и возле промпредприятий даёт понимание вкладов дорожной и

промышленной эмиссии — и это сопоставляется с фоновыми уровнями в центральных лесах области.

Экологическая картина Калужской области — мозаичная. Поэтому при планировании мониторинга целесообразно выделять несколько типов территорий [4]:

- фоновые территории: национальный парк «Угра», заповедник «Калужские засеки» — здесь листья берёзы берут за эталон: низкая асимметрия, стабильные морфометрические показатели и минимальные уровни тяжёлых металлов [7].

- промышленные центры: Калуга (машиностроение, металлообработка), Обнинск (научно-промышленный комплекс), Людиново (тяжёлая промышленность). В этих точках ожидаются наибольшие отклонения по всем параметрам [9].

- транспортные коридоры: трассы МЗ «Украина», А-130 и другие — автотранспорт здесь главный фактор; в листьях это проявляется повышенным содержанием свинца и цинка [6].

- сельскохозяйственные районы: доминирующие факторы — агрохимикаты (пестициды, удобрения), что отражается в физиологическом состоянии листьев и может влиять на морфологию и анатомию [2].

Использование листьев берёзы повислой даёт практичный и экономичный способ мониторинга качества воздуха и почв в регионе. Комбинация морфометрии, микроскопии и химического анализа позволяет не только обнаружить наличие загрязнений, но и судить об их природе и интенсивности. Создание региональной системы наблюдений на основе берёзы могло бы обеспечить властям и научным службам надёжные данные для принятия управленческих решений и планирования мероприятий по охране окружающей среды.

Литература

1. Адамович, Т. А., Олькова, А. С. Вариативность флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth в зависимости от условий произрастания // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 3. С. 250–262.
2. Башмаков, Д. И. Морфологические индексы листьев *Betula pendula* roth. как индикаторы загрязнения почв тяжелыми металлами / Д. И. Башмаков // Российский журнал прикладной экологии. – 2022. – № 4(32). – С. 28-35. – DOI 10.24852/2411-7374.2022.4.28.35. – EDN BIJBSH.
3. Берентсева, С. В., Борисова, Г. Г., Собенин, А. В., Малева, М. Г. Changes in the leaf structure and pigment complex of *Betula pendula* under conditions of technogenic air pollution // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2024. № 2. С. 4–14.
4. Бунькова, Н. П., Абраменко, В. В. Оценка качества среды в городском лесопарке методом флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Леса России и хозяйство в них. 2020. Вып. 1 (72).
5. Горбунова, В. Д., Менщиков, С. Л. Макроэлементный состав листьев берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) в градиенте аэротехногенного загрязнения (АО «Карабашмедь») // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2023. № 5. С. 170–178.
6. Горбунова, В. Д., Менщиков, С. Л. Связь содержания поллютантов в листьях берёзы повислой с жизненным состоянием древостоя на примере АО «Карабашмедь» // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2024. Т. 28, № 5. С. 129–137.
7. Макаров, В. П., Филенко, Р. А., Михеев, И. Е., и др. Elemental Composition of the Leaves of the Hanging Birch (*Betula pendula* Roth) in the Area of the Transbaikalia Gold Deposit // Агрохимия (или соответствующий журнал). 2024. № 4. С. 95–104.
8. Тагирова О.В., Кулагин А.Ю. Изменчивость листьев *Betula pendula* Roth в течение вегетационного периода в рекреационной зоне промышленного центра // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021. Т. 29, № 2. С. 127–137.

9. Шуберт В. В., Лаврентьева Г. В., Рожнова А. А., Повилайтес П. А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ В УРБОЭКОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КАЛУГИ // Экология урбанизированных территорий. 2024. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-bioindikatsii-v-urboekologii-na-primere-goroda-kalugi> (дата обращения: 29.11.2025).

ON THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF AN URBANIZED TERRITORY USING THE BIOINDICATION METHOD

A. A. Rozhnova¹, V. V. Shubert¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky", Kaluga,

rroznoval976@yandex.ru, shubertvv@tksu.ru

*Summary: Human impact on natural systems remains one of the key environmental problems of our time. We need simple and cheap tools that allow us to quickly and reliably monitor changes in the environment. One such tool is bioindication, which involves assessing the quality of the environment based on the response of living organisms. Among plant indicators, the pendulous birch (*Betula pendula* Roth) stands out. This tree species is widely distributed in both forests and urban areas of the Kaluga region, making it an easy choice for regional monitoring programs.*

Keywords: bioindication, pendulous birch, monitoring.

**АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
НА УЧАСТОК СЕЛЬХОЗУГОДИЙ ФГБНУ «ФНЦ РИСА»
И ОЦЕНКА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

А.И. Сичинава, А.Г. Максименко

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, maximenkoanna@rambler.ru

Аннотация: представлены результаты комплексной экологической оценки сельскохозяйственных угодий ФНЦ риса, расположенных в непосредственной близости от автомагистрали. Исследование проводилось в 2025 г., применялась методика по уточнению границ санитарно-защитной зоны, биоиндикационные исследования и фитотестирование почв. Экспериментальные данные демонстрируют сохранение удовлетворительного состояния агроценоза несмотря на техногенную нагрузку. Материалы статьи представляют практический интерес для сельскохозяйственных предприятий, осуществляющих деятельность в зонах влияния транспортных магистралей.

Ключевые слова: сельскохозяйственные угодья, санитарно-защитная зона, древесные насаждения, запыленность, биотестирование, фитотоксичность.

Актуальность работы обусловлена необходимостью оценки экологического состояния сельскохозяйственных угодий Федерального научного центра риса – ключевой научной организации в области селекции и семеноводства риса в странах СНГ. Исследование проводилось на участке пашни площадью 5,64 га, расположенном вдоль Елизаветинского шоссе в пос. Белозерный. В 2018 г. «ФНЦ риса» получил статус базовой организации по повышению квалификации специалистов государств – участников СНГ по вопросам селекции и семеноводства риса [1]. Территория «ФНЦ риса» обширна

и может быть рассмотрена в качестве многофункционального природопользователя.

Объекты и методы исследования. Площадь исследуемого объекта – участка сельскохозяйственного угодья ФГБНУ «ФНЦ риса» – составляет 5,64 Га с вероятностью пашни 1,0. Участок расположен вдоль Елизаветинского шоссе на участке А-289, 5-й километр.

Цель исследования – анализ воздействия техногенных объектов на участок сельхозугодий «ФНЦ риса» и оценка его экологического состояния. Исследования на территории изучаемого объекта проводились с июня по июль 2025 г. Были использованы следующие методики.

1. Общая характеристика объекта исследования. На пашне проводились систематические визуальные наблюдения, основанные на прогнозировании и анализе экологических характеристик природной системы на определенный момент, также проведена организация системы мониторинга на территории посредством наложения мониторинговой сетки.

2. Анализ санитарно-защитной зоны (СЗЗ), отделяющей сельхозугодья от автотрассы. Построение конфигурации СЗЗ предприятия позволяет выявить и устранить неточности построения усредненной конфигурации СЗЗ. Это особенно четко прослеживается при сравнении обеих конфигураций. Для построения конфигурации СЗЗ с учетом розы ветров вычисляются значения по формуле: $L=L_0 (P/P_0)$, м, где: L – расчетный размер СЗЗ с учетом розы ветров по конкретному румбу, м; L_0 – расчетный размер СЗЗ без учета ветров; P – среднегодовая повторяемость направления ветров, просматриваемого румба, %; P_0 – повторяемость направления ветра одного румба при круговой розе ветров; $P=(N_{\text{румб}}/N_{\text{год}})100$.

Для построения санитарно-защитной зоны с учетом розы ветров, необходимы данные: повторяемость направления ветров на протяжении года, размер санитарно-защитной зоны.

3. Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений (по Е.Г. Мозулевской и др., 1997).

На пробной площадке велся подсчет деревьев, входящих в состав лесной полосы, и оценивалась их категория состояния. Далее были описаны состояние листьев на деревьях. По соотношению выявленных категорий деревьев производилась оценка состояния древостоя на изучаемой территории.

4. Определение загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений. Определялась степень запыленности воздуха по листьям листопадных пород визуальным методом вдоль, в лесополосе. Одновременно были отобраны листья с деревьев, произрастающих в чистой зоне (контроль).

5. Биотестирование как метод оценки токсикологической нагрузки на агроценозы основано на анализе реакции тест-объектов при их контакте с потенциальными загрязнителями. В рамках проведенного исследования выполнена оценка фитотоксичности почвенных образцов по показателям развития проростков сельскохозяйственных культур. Особую ценность методики составляет ее способность интегрировать воздействие не только исходных пестицидов, но и продуктов их трансформации, часто демонстрирующих более выраженное угнетающее действие на растения. Важным преимуществом подхода остается его доступность – для получения достоверных результатов не требуется специализированное лабораторное оборудование или дорогостоящие химические реактивы [2]. Для тестирования отобраны образцы почв на сельскохозяйственном угодье «ФНЦ риса» после уборки сельхозкультур.

6. Разработка мероприятий по улучшению экологического состояния.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Учреждение «ФНЦ риса» занимается научными исследованиями и разработками в области естественных и технических наук. Территориальная организация учреждения построена по принципу функционального зонирования, где каждому структурному подразделению отведена специализированная площадь. В составе научно-исследовательского кластера сосредоточены: многофункциональный корпус, экспериментальный блок, генетическая и

биотехнологическая лаборатории, агрохимический комплекс, тепличный сектор и деревообрабатывающий участок. Такое пространственное распределение объектов обеспечивает оптимальные условия для проведения исследований и технологических процессов.

2. Санитарно-защитная зона – это буферная зона между промышленным объектом и нормируемой территорией. Экологическая безопасность дороги – состояние защищенности окружающей природной и социальной среды от воздействия дороги на этапах строительства, реконструкции, эксплуатации, содержания и ремонта, когда параметры воздействия дороги на среду не выходят за пределы фоновых значений или не превышают санитарно-гигиенических (экологических) нормативов. Автомобильные и железные дороги отнесены к объектам повышенной экологической опасности [2, 3]. Елизаветинское шоссе относится к III классу опасности для окружающей среды. Это объект, оказывающий незначительное, локальное воздействие на окружающую среду. Это автомобильная дорога с расчетной интенсивностью движения менее 2000 ед. в сутки и транспортные сооружения на них. Для III класса опасности ориентировочный размер СЗЗ составляет 300 м. Расчет размера СЗЗ производится на основе формулы, установленной в соответствующих нормативных документах, таких как СанПиН 2.1.4.1390-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к территориям, подверженным загрязнению от предприятий, объектов и других источников загрязнения окружающей среды».

Размер СЗЗ по румбам будет рассчитываться следующим образом:

- 1) расстояние до северной границы СЗЗ – 320 м;
- 2) расстояние до северо-восточной границы СЗЗ – 290 м;
- 3) расстояние до восточной границы СЗЗ – 290 м;
- 4) расстояние до юго-восточной границы СЗЗ – 180 м;
- 5) расстояние до южной границы СЗЗ – 180 м;
- 6) расстояние до юго-западной границы СЗЗ – 500 м;
- 7) расстояние до западной границы СЗЗ – 480 м;
- 8) расстояние до северо-западной границы СЗЗ – 170 м.

Границы фактической СЗЗ не выходят за границы уточненной. В результате можно считать, что близлежащие объекты находятся в безопасности от выбросов и рассеивания вредных веществ от автотранспорта.

3. Комплексная оценка состояния природной среды по интегральным показателям состояния древесных насаждений [4] была проведена на территории исследования на следующего участка – лесополоса длиной 237 м, расположенная вдоль Елизаветинского шоссе на участке А-289, 5-й км.

Выборка деревьев оставила 15 растений из одной породы на участке. По соотношению выявленных категорий деревьев было оценено состояние древостоя на изучаемых территориях и выделены классы состояния насаждений. Так, на территории лесополосы были оценены породы Маклюры оранжевой (*Machura pomifera*). Это листопадное двудомное дерево высотой до 20 м, с сильно ветвистой, густой, раскидистой кроной.

По результатам исследования 10 растений были отнесены к 0 категории состояния, то есть без признаков ослабления; 4 растения к 1 категории (ослабленные – до 25% сухих ветвей) и 1 к 2 категории (ослабленные – сухих ветвей от 25 до 50%).

4. Запыленность листовых пластин оценивалась визуальным методом. Изучаемая порода – Маклюра оранжевая (*Machura pomifera*). За контроль была взята аллея длиной 235 м, расположенная на территории Белозерного парка. На каждой точке-площадке пыль отбиралась с 15 деревьев, через равное расстояние друг от друга. Таким образом, было проведено сравнение 30 листов бумаги с кусочками скотча. После сравнения сделан вывод, что лесополоса, расположенная вдоль автодороги, обладает наибольшей запыленностью со всех сторон, чем деревья, произрастающие в Белозерном парке. На скотче было обнаружено большое количество пылевых частиц, делающее ленту непрозрачной.

5. Метод биотестирования был выбран, чтобы оценить экологическое состояние исследуемой территории и оценить токсичность почвы. Для создания почвенной вытяжки было взято 15 проб почвы с исследуемого участка

сельхозугодий по всему периметру и 1 проба на чистом участке в парке на территории «ФНЦ риса» (контроль). Далее образцы были высушены до воздушно-сухого состояния и тщательно растерты до частиц не более 0,5 мм. Подготовленные 15 проб соединили между собой и навеску почвы 10 г в 3-кратной повторности поместили в 3 колбы с 90 мл воды. Взболтав содержимое колбы 5–10 мин, дали ей отстояться в течение суток и затем фильтровали через воронку с бумажным фильтром в стеклянный сосуд. Далее 50 семян яровой пшеницы были помещены на бумажную полосу, далее закрывались снова влажной бумажной полосой, фиксируя семена пальцами. После этого «сэндвич» сворачивается в рулон и помещается в сосуд с почвенной вытяжкой. Те же самые действия были проделаны и с контрольным образцом. Опыт проводился в течении 1 сут. при комнатной температуре (+24 ...25°C).

Так, средняя длина корней опытного варианта составляет 1,4 мм, контрольного – 1,5 мм. На основе проведенного опыта можно прийти к выводу о том, что почва с двух участков подходит для полноценной вегетации растений. Всхожесть семян составила 100%, проростки почти нормальной длины, крепкие и ровные, что говорит о слабой загрязненности сельхозугодья.

Далее была рассчитана фитотоксическая активность остаточных количеств пестицидов в процентах ингибирования по формуле: $A_{\phi} = 100 - (D_x/D_k) \times 100$, где: A_{ϕ} – фитотоксическая активность ингибирования, %; D_x – средняя длина корней на опытном варианте, мм; D_k – средняя длина корней на контроле, мм.

Фитотоксичность – это свойство химических веществ оказывать токсическое (ядовитое) действие на растения. Это может проявляться в разных формах и влиять на здоровье и развитие растений на разных этапах их жизненного цикла.

Интерпретация результатов была проведена в соответствии со шкалой Н.Б. Максимовой и др. (2003): при <20% – фитотоксичность не проявляется; при > 60% – сильная фитотоксичность.

Если фитозэффект составляет 20% и более, то фитотоксическое действие считается доказанным. При помощи полученных данных, рассчитаем фитотоксическую активность: $A_{\phi} = 100 - \left(\frac{1,4}{1,5}\right) \times 100 = 6,6 \%$

Фитотоксичность составила 6,6%, следовательно, на территории исследуемого участка сельхозугодий фитотоксичность не проявляется, так как полученное значение явно меньше 20%. Это означает, что нет угнетения роста и развития растений под воздействием каких-либо веществ, например загрязняющих.

6. Экологическое состояние участка сельхозугодий «ФНЦ риса» не относится к критическому. Причина, по которой рекомендуется очищать лесозащитные насаждения, заключается в следующем: защитные лесные полосы сохраняют плодородные земли и защищают населённые пункты, пашни от ветровой и водной эрозии. Выброс мусора из проезжающих мимо автомобилей приводит к накоплению отходов в лесополосе и приостанавливает рост травянистых растений, что приводит к эрозии почвы. Актуальна защита от загрязнения, которое может вернуться к человеку в виде загрязнённой грунтовой воды, токсичной пыли. Мероприятия по поддержанию чистой лесополосы включают агротехнические меры, ручной труд и использование техники, а также учёт законодательных норм. Важно сохранять полезные функции лесополос – защищать почвы от ветровой эрозии, иссушения и других негативных процессов.

Поддерживать экологию пашни в сельском хозяйстве можно, сочетая агротехнические меры, рациональное использование химических средств, мелиорацию земель и мониторинг состояния почв и водных ресурсов, чтобы минимизировать негативное воздействие сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду, сохранить плодородие почвы и сохранить экосистемы.

Выводы. Уточнённая СЗЗ сельхозугодий по отношению к автомобильной дороге (III класс опасности), не превышает 500 м и обеспечивает защиту угодий; 67% деревьев лесополосы не имеют признаков ослабления; запыленность придорожной растительности значительно превышает фоновые показатели;

фитотоксичность почв составляет 6,6% (ниже порога значимости). Экологическое состояние сельхозугодий ФНЦ риса оценивается как стабильное, однако требуется регулярный мониторинг лесозащитных полос и очистка от отходов воздействий автотрассы и техногенных объектов, для предотвращения эрозионных процессов. Сохранение плодородия пашни обеспечивается сочетанием агротехнических мероприятий и системного экологического контроля.

Литература

1. ВНИИ риса повышает свой статус // Рисоводство. – 2018. – № 3(40). – С. 1а.
2. Биотестирование: методические указания по выполнению лабораторных работ / Сост. С.Д. Борисова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 64 с.
3. Бершадский В.Я. Требования экологической безопасности при проектировании транспортно-дорожных комплексов. Ч. I. Экологическая безопасность дороги: учеб. пособие / В.Я. Бершадский. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. – 142 с.
4. Музалевский А.А. Комплексная оценка (гео)экологической обстановки в крупных городах и промышленных зонах / А.А. Музалевский, Е.А. Яйли // Ученые записки РГГМУ. – 2006. – № 3. – С. 104–114.

ANALYSIS OF IMPACTS OF TECHNOGENIC OBJECTS TO A PLOT OF FARMLAND OF THE FGBNU «FNC OF RICE» AND ASSESSMENT OF ITS ECOLOGICAL CONDITION

A.I. Sichinava, A.G. Maksimenko

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar,

maximenkoanna@rambler.ru

Summary: The paper presents the results of a comprehensive environmental assessment of agricultural lands belonging to the Federal Scientific Rice Center, located in close proximity to a highway. The study was conducted in 2025 using a methodology that included clarifying the boundaries of the sanitary protection zone,

bioindication research, and phytotesting of soils. Experimental data demonstrate the maintenance of satisfactory condition of the agroecosystem despite the technogenic load. The article's materials are of practical interest for agricultural enterprises operating within zones influenced by transport highways.

Keywords: agricultural lands, sanitary protection zone, tree plantations, dust pollution, biotesting, phytotoxicity.

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ BRASSICA JUNCEA ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМЕДИАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ БИОСОРБЕНТОВ

Щепетова А.А., Бабенко А.А., Хако М.Д., Аллилуев И.А., Черникова Н.П.,
Бадмаева А.А., Старовойтова Н.В., Минкина Т.М.

Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону,

shepe.anna@yandex.ru

Аннотация: исследована эффективность комплексных биосорбентов на основе биочара при ремедиации. Установлено, что применение биочара, инокулированного консорциумом микроорганизмов-деструкторов ПАУ, снизило содержание МДА в побегах Brassica juncea на 49% по сравнению с фоном. Одновременно увеличились концентрации хлорофилла а, b и каротиноидов на 19%, 12,5% и 11% соответственно, что свидетельствует об улучшении физиологического состояния растений.

Ключевые слова: ремедиация, Brassica juncea, биосорбент, тяжелый металл, фотосинтетические пигменты, МДА, поллютант.

Актуальность

Накопление тяжелых металлов (ТМ) и полиароматических углеводородов (ПАУ) в почвах представляет серьёзную угрозу для продовольственной безопасности и здоровья человека, поскольку несет риск их транслокации в сельскохозяйственные культуры и далее по пищевым цепям [1]. При высоких концентрациях ПАУ и ТМ в почве происходит изменение метаболизма растений, что может проявляться в снижении фотосинтетической активности, уменьшении содержания хлорофилла, увеличении стрессовых маркеров и изменении профиля фитогормонов. Фиторемедиация — один из перспективных подходов очистки почв от поллютантов, но для повышения его эффективности требуется дальнейшее изучение биохимических процессов растений и разработка

конкретных технологий [2]. Применение комплексных биосорбентов является способом значительного улучшения результатов фиторемедиации, благодаря использованию микроорганизмов, проявляющих высокие сорбционные свойства и способных к разрушению поллютантов. Более того, из-за своей органической природы они экологически безопасны [1].

Целью работы являлась оценка физиолого-биохимических параметров *Brassica juncea* при проведении фиторемедиации с использованием комплексных биосорбентов.

Объекты и методы исследования

В качестве загрязненной почвы был выбран хемозем, отобранный на территории высохшего озера Атаманское, использовавшегося с начала 60-х и до середины 90-х гг. XX в. как резервуар для сброса промышленных стоков химических заводов. Контролем служила аллювиальная луговая почва с близкими к хемозему физическими и химическими свойствами, расположенная на удалении 1 км от шламонакопителя. Почвы отбирались из 0-20 см слоя.

Горчица сарептская (*Brassica juncea*) использовалась как тест-культура из-за её высокой устойчивости к загрязнению почвы ПАУ и ТМ и способности к повышенной аккумуляции поллютантов. Растение считается одним из наиболее изученных и широко применяемых в фиторемедиации [3].

При проведении фиторемедиации в качестве биосорбента был выбран биочар, изготовленный из осадка сточных вод и соломы ячменя путем сопирилиза в соотношении 1:1, характеризующийся высокими показателями пористости, ароматичности и стабильности. Также в качестве сорбентов был внесен биочар, инокулированный консорциумом микроорганизмов (*Bacillus atrophaeus* + *Pseudomonas taiwanensis* A10 + *Rhodococcus opacus* Nah7IF). Консорциум микроорганизмов, используемый для инокулирования биочара, включал аборигенные микроорганизмы-деструкторы ПАУ, которые обладают не только повышенным метаболическим потенциалом по отношению к полиаренам, но и выделяют биосурфактанты, способные повышать сорбцию поллютантов, а также устойчивые к загрязнению ТМ. Сорбенты были внесены в

почву в дозе 2% в 3-кратной повторности. Инкубация почвы и сорбентов составила 1 месяц.

Отбор растительных проб был проведен спустя месяц после всходов. Растения извлекались из почвы вместе с корневой системой. Объединенный образец горчицы состоял из 8–10-точечных проб. Образцы корней и побегов были тщательно промыты дистиллированной водой и высушены в духовке при температуре 65°C. Высушенные образцы растений были измельчены в мельнице и пропущены через сито с размером ячейки 0,25 мм. Образцы подвергали нагреванию при температуре 450°C в течение 6 часов в соответствии с методическими рекомендациями по определению содержания металлов в сельскохозяйственных почвах и культурах [4]. Полученную золу растворяли в 5 мл 20%-ного раствора хлористого водорода и фильтровали через бумажный фильтр Whatman. Концентрации кадмия и цинка определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометрического анализатора ("КВАНТ 2-АТ", ООО "Кортек", Россия).

Для определения содержания хлорофилла а, b и каротиноидов 0,1 г растительной ткани гомогенизировали в 10 мл 80% ацетона, затем центрифугировали при 10000 g 4°C в течение 10 мин. Оптическую плотность надосадочной жидкости измеряли при $\lambda = 663$, $\lambda = 645$ и $\lambda = 470$ нм на спектрофотометре Beckman DU800 (Beckman Coulter, Inc., США) [5].

Определение содержания малонового диальдегида (МДА) проводили по методу Ходжеса использованием 2-тиобарбитуровой кислоты. Для этого к 0,5 г растительного биоматериала, измельчённого в ступке с жидким азотом, добавляли 2,5 мл 0,6% тиобарбитуровой кислоты в 10% трихлоруксусной кислоте. Смесь нагревали при 100 °C в течение 15 минут, затем центрифугировали при 10000 g в течение 10 минут. Измерения проводились на спектрофотометре Beckman DU 800 (Beckman Coulter, Inc., США) при $\lambda=532$ нм и $\lambda=600$ нм для корректировки неспецифического поглощения. Для вычисления содержания МДА использован коэффициент молярной экстинкции $\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ см}^{-1}$ [6].

Полученные результаты были проанализированы с использованием one-way ANOVA в GraphPad Prism 8.0.2 (2019).

Обсуждение результатов

Эффективность фиторемедиации в значительной степени зависит от способности растения минимизировать токсическое воздействие поллютантов. В данном исследовании основным механизмом положительного действия биосорбентов, вероятно, является иммобилизация токсикантов в почве, что приводит к снижению их биодоступности для растений. В контрольных значениях содержание кадмия в побегах 0.06 ± 0.0289 мкг/кг и в корнях – 0.096 ± 0.045 мкг/кг, цинка в побегах 30.42 ± 3.193 мкг/кг, в корнях – 53.56 ± 4.295 мкг/кг. Фоновые значения кадмия и цинка возросли в 58 и 5 раз соответственно. Падение концентрации кадмия на 62% и 60% в корнях и побегах, цинка на 51% и 35% в корнях и побегах свидетельствовало о снижении токсического влияния ТМ на растения (рис.1). Биочар благодаря своей пористой структуре способен адсорбировать ТМ, снижая его подвижность. Использование консорциума микроорганизмов повысило сорбционные свойства биочара.

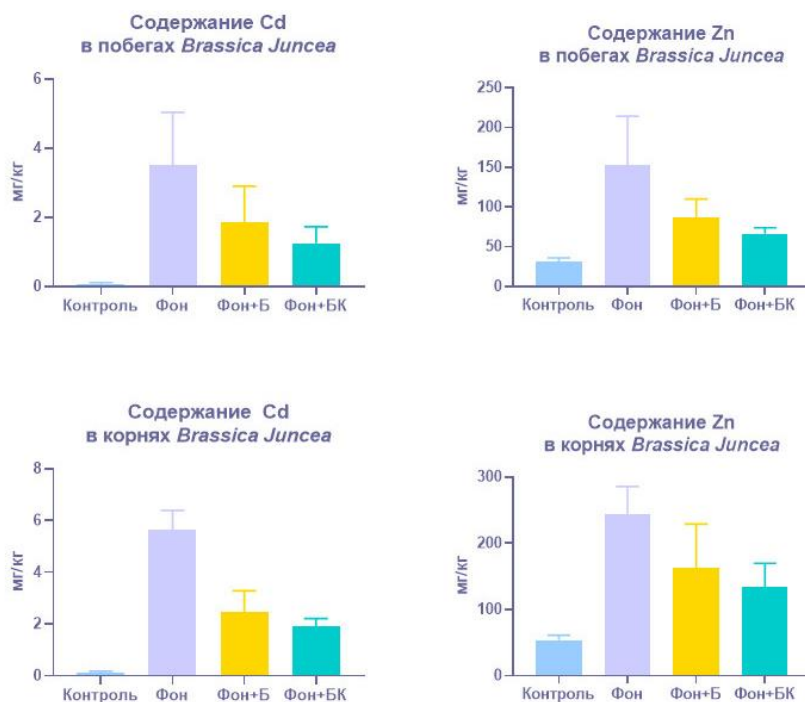


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в побегах и корнях горчицы сарептской (*Brassica juncea*). Контроль – аллювиальная луговая почва; Фон - хемозем; Б - биочар; БК - биочар, инокулированный ПАУ-деструкторами и металлустойчивыми микроорганизмами.

Несмотря на то, что горчица сарептская является фитоэкстрактором, применение биосорбентов приводило к иммобилизации поллютантов в почвенной матрице и снижению их биодоступности. В результате растение испытывало меньший токсический стресс и демонстрировало лучшее физиологическое состояние, хотя аккумуляция ТМ в его тканях снижалась. В данном случае приоритетной задачей является не максимальное извлечение ТМ, а восстановление здоровья почвенной экосистемы и растения-ремедианта.

Содержание хлорофилла является одним из факторов, определяющих эффективность фотосинтеза [5]. Концентрация хлорофилла а и b в контрольных растениях горчицы составила 0.515 ± 0.021 мг/г сырой массы и 0.191 ± 0.09 мг/г сырой массы (рис. 2). ПАУ и ТМ способны вызывать снижение содержания фотосинтетических пигментов путем прямого взаимодействия с молекулами пигментов или путем ингибирования их синтеза. Рост горчицы в присутствии поллютантов привел к падению содержания хлорофилла а на 20%, хлорофилла b на 22%. Такое изменение содержания фотосинтетических пигментов приводит к сокращению эффективности фотохимических реакций. Это может сказаться на процессах фиксации углерода и производстве энергии, что в конечном итоге снижает рост и негативно влияет на развитие растений. Внесение биосорбентов привело к повышению содержания фотосинтетических пигментов, что указывает на их эффективность в снижении негативного воздействия стрессовых факторов, влияющих на фотосинтетическую активность и улучшения функционального состояния растений в условиях загрязнения.

Каротиноиды представляют собой другую важнейшую группу пигментов, широко распространенных в природе и обладающих важными метаболическими функциями. Выращивание растений на загрязненной почве приводило к снижению содержания каротиноидов на 40% (рис. 2). Уменьшение содержания каротиноидов повышает чувствительность фотосинтетических процессов растений к неблагоприятным условиям. В процессе фотосинтеза каротиноиды выполняют роль антенн, передавая поглощенную энергию хлорофиллу. Они также обладают способностью тушить свободные радикалы [6]. Применение

биочаров независимо от типа его модификации не приводило к восстановлению значений содержания каротиноидов до уровня контроля. Максимальный эффект продемонстрировало внесение биочара, инокулированного консорциумом микроорганизмов. При этом отличия составили 25% от контрольных значений горчицы. Биосорбенты напрямую не влияют на синтез каротиноидов, но благодаря связыванию токсичных веществ улучшается состояние почвы, что оказывает благоприятное действие на растения.

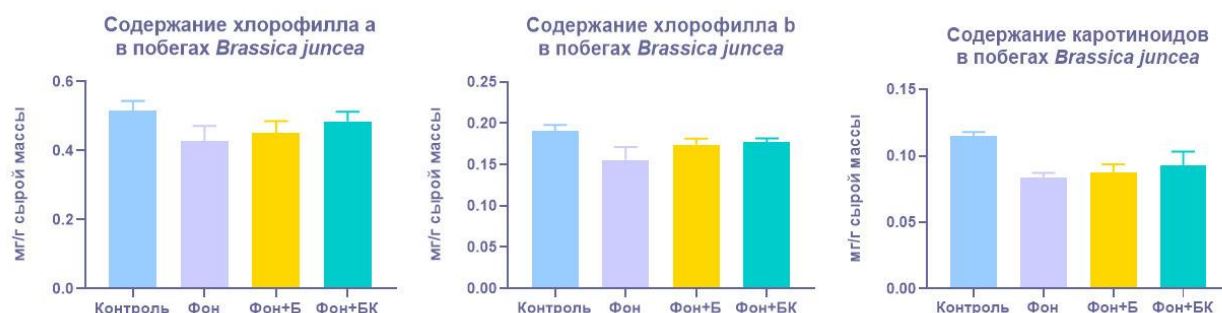


Рис. 2. Содержание фотосинтетических пигментов в побегах горчицы сарептской (*Brassica juncea*). Контроль – аллювиальная луговая почва; Фон - хемозем; Б - биочар; БК - биочар, инокулированный ПАУ-деструкторами и металлустойчивыми микроорганизмами.

Другим важным показателем, связанный с липидным обменом, является интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), одним из маркеров которого является содержание МДА. Характерным признаком окислительного стресса является ПОЛ, который вызывается несбалансированным равновесием между производством и удалением активных форм кислорода (АФК) при стрессе ТМ и ПАУ. Окислительный стресс приводит к ряду негативных эффектов, среди которых наиболее распространены изменения клеточных структур, нарушение активности цитозольных и митохондриальных ферментов, истощение антиоксидантных защитных систем, изменение состава метаболитов и снижение состояния и качества растений. Содержание МДА в контрольных растениях горчицы составило в побегах 15.89 ± 0.97 нмоль/г сырой массы (рис. 2). При выращивании растений на загрязненной почве концентрации МДА возросла до 58.79 ± 1.70 нмоль/г сырой массы [7, 8, 9]. Максимальный эффект продемонстрировало применение биочара, инокулированного консорциумом микроорганизмов, при обработке растений

горчицы. Снижение относительно фоновых значений произошло более чем в два раза. Применение биочаров способствовало смягчению окислительного стресса, вызванного ТМ, генерирующих АФК, с помощью их стабилизации.

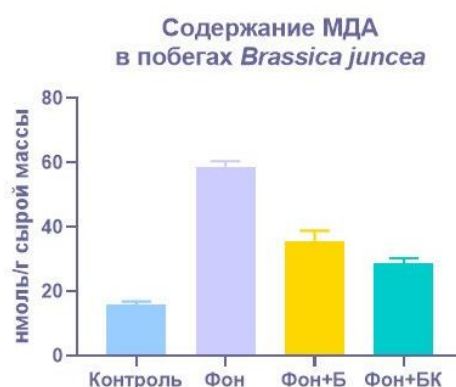


Рис. 3. Содержание МДА в побегах горчицы сарептской (*Brassica juncea*). Контроль – аллювиальная луговая почва; Фон - загрязнение; Б - биочар; БК - биочар, инокулированный ПАУ-деструкторами и металлустойчивыми микроорганизмами.

Оба типа сорбентов продемонстрировали положительное влияние на горчицу во время ремедиации, но биочар, инокулированный консорциумом микроорганизмов показал наибольшую эффективность из-за синергизма, так как микроорганизмы, способные к биodeградации, обеспечивали дополнительную очистку почвы, пока сорбент концентрировал поллютанты в зоне их действия, обеспечивая более полное удаление ТМ и ПАУ.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует эффективность применения комплексных биосорбентов на основе биочара для снижения стрессовой нагрузки на *Brassica juncea* при проведении ремедиации.

Использование сорбентов стабилизирует ТМ, приводя к снижению их концентрации в горчице сарептской. Из-за уменьшения токсического эффекта поллютантов у растения смягчается окислительный стресс и улучшается фотосинтетическая функция, что делает данный метод перспективным для повышения эффективности фиторемедиации.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № FENW-2024-0001.

Литература

1. Sarwar N., Imran M., Shaheen M. R., Ishaque W., Kamran M. A., Matloob A., Rehim A., Hussain S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives // *Chemosphere*. – 2017. – V. 171. – P. 710-721.
2. Родькин Олег Иванович. Фиторемедиация как метод комплексного решения экологических проблем // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*. 2024. №3. С. – 284-295
3. Бганцова Мария Викторовна. Использование горчицы сарептской и райграса пастбищного для фиторемедиации загрязненных свинцом почв // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2009. №324. С. – 350-353
4. ГОСТ 26929-94 «Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов»
5. Lichtenthaler H. K., Wellburn A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. – 1983.
6. Hodges D. M. et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds // *Planta*. – 1999. – Vol. 207. – P. 604-611.
7. Shao Q. et al. Effects of shade treatments on photosynthetic characteristics, chloroplast ultrastructure, and physiology of *Anoectochilus roxburghii* // *PloS one*. – 2014. – V. 9. – №. 2. – P. e85996.
8. Zhang H. et al. Toxic effects of heavy metal Cd and Zn on chlorophyll, carotenoid metabolism and photosynthetic function in tobacco leaves revealed by physiological and proteomics analysis // *Ecotoxicology and environmental safety*. – 2020. – V. 202. – P. 110856

9. Oliveira A. B. et al. The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development //PLOS One. – 2013. – V. 8. – №. 2. – P. e56354

**EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL
PARAMETERS IN BRASSICA JUNCEA DURING REMEDIATION USING
COMPLEX BIOSORBENTS**

Shchepetova A.A., Babenko A.A., Khako M.D., Alliluev I.A., Chernikova N.P.,
Badmaeva A.A., Starovoitova N.V., Minkina T.M.

Academy of Biology and Medicine, Rostov-on-Don

E-mail: shepe.anna@yandex.ru

Abstract: The effectiveness of complex biosorbents based on biochar in remediation was studied. It was found that the use of biochar inoculated with a consortium of PAH-degrading microorganisms reduced the content of MDA in Brassica juncea shoots by 49% compared to the background. At the same time, the concentrations of chlorophyll a, b, and carotenoids increased by 19%, 12.5%, and 11%, respectively, indicating an improvement in the physiological state of the plants.

Keywords: remediation, Brassica juncea, biosorbent, heavy metal, photosynthetic pigments, MDA, pollutant

СЕКЦИЯ МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 551.588.3

ВЛИЯНИЕ МЕСТНОГО ВЕТРА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ СЕРОЗЕМАХ

Ш.Т. Холикулов¹, И.Н.Бобобеков¹, Halil Erdem², Д.Т. Холматова¹

¹Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,
Самарканд, kholikulov48@mail.ru

². Tokat Gaziosmanpaşa University. Türkiye, erdemh@hotmail.com

Аннотация: В статье рассматривается загрязнение типичных орошаемых сероземов Зарафшанского оазиса тяжёлыми металлами под воздействием отходов Самаркандского химического завода. Согласно полученным результатам, максимальное количество подвижных тяжёлых металлов в исследуемых почвах наблюдалось в радиусе 1500–2000 м от завода и на полях, расположенных в западном и северо-западном направлениях — по направлению господствующих ветров.

Ключевые слова: Самаркандский химический завод, орошаемый типичный серозем, тяжёлые металлы, загрязнение.

Введение: Одной из наиболее актуальных проблем, стоящих перед человечеством, является эффективное и рациональное использование природных ресурсов. Особое значение в этой связи имеет охрана почв. Поскольку основная часть продовольствия производится растениями, выращиваемыми на суше, роль почвы не ограничивается обеспечением сельскохозяйственного производства; она также имеет важное экологическое значение в биогеоценозах и биосфере.

В современных условиях развития науки и техники всё чаще фиксируется загрязнение орошаемых почв различными вредными соединениями, в том числе тяжёлыми металлами. Загрязнение орошаемых земель тяжёлыми металлами

связано с деятельностью различных промышленных предприятий: горно-обогатительных комбинатов, автотрасс, производств нефтепродуктов, внесения удобрений и применения токсичных химических веществ в сельском хозяйстве [1, 2, 3].

Тяжёлые металлы, поступающие в почву различными путями, включаются в биохимические потоки, нарушая экологическую устойчивость природных систем. Со временем их накопление оказывает негативное влияние на состав почвы, её физико-химические и микробиологические свойства. В итоге страдает экология растений и других организмов, обитающих в почве. К наиболее опасным тяжёлым металлам, вредным для окружающей среды, относятся ртуть, свинец, кадмий, мышьяк и др. Изучение характера их распределения и динамики имеет важное значение для улучшения свойств почв и экологического состояния территорий [4, 5].

Исходя из этого, необходимо постоянно контролировать содержание тяжёлых металлов в почве. Учитывая вышеизложенное, целью нашей работы стало изучение влияния местного ветрового режима на содержание тяжёлых металлов в почвах района Самаркандского химического завода — одного из источников загрязнения орошаемых земель Зарафшанского оазиса.

Объект и методы исследования. Характеристика Самаркандского химического завода: Самаркандский химический завод был основан в 1954 году под названием Самаркандский суперфосфатный завод. До 1975 года он производил около 320 тыс. тонн суперфосфата, 120 тыс. тонн серной кислоты, а также 1250–1800 тонн кремнефторида натрия и селенового концентрата ежегодно. Для производства использовалось 220 тыс. тонн Каратавского фосфорита, несколько тысяч тонн апатитового концентрата и 100–120 тыс. тонн железного колчедана. Основным твёрдым отходом являлся пиритный порошок — около 250 тыс. тонн в год, который вместе с пылью очистных сооружений сбрасывался в окружающую среду и вывозился железнодорожным и автомобильным транспортом на цементные заводы. В 1975 году после реконструкции предприятие перешло на выпуск аммофоса. Производственная

мощность стала 600 тыс. тонн аммофоса в год. При этом увеличились выбросы диоксида серы (до 5000 тонн/год) и фторсодержащих соединений (до 85 тонн/год).

Несмотря на реконструкцию, пиритные отвалы оставались основным источником загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. Прорывы дымовой трубы неоднократно приводили к дополнительным выбросам загрязняющих веществ.

Природные условия и климат. Исследование проводилось в техногенной биогеохимической провинции пустыни Даргам, которая входит в территорию северных предгорий горы Каратепа на границе Самаркандской области, Самаркандского и Пастдаргамского районов. Пустыня Даргам переходит с севера в обширную холмистую полупустыню, называемую пустыней Джам. На востоке исследуемая территория разделена на части каналом Даргам. Здесь обнаружена сеть глубоких пещер. Временные водотоки из этих пещер впадают в канал Даргам. Эти воды несут токсичные отходы Самаркандского химического завода. Климат исследуемой территории засушливый, с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха, над прогреваемой территорией наблюдается циклоническая система термической депрессии. По данным Самаркандской зональной гидрометеорологической станции, средняя многолетняя температура на исследуемой территории составляет $+13,1^{\circ}\text{C}$, с максимальной температурой $+42,3^{\circ}\text{C}$ в июле. С апреля по октябрь температура в регионе превышала 14°C . Это оказало положительное влияние на биохимические процессы в почве, в том числе на образование подвижных форм тяжелых металлов. С повышением температуры относительная влажность воздуха уменьшается, в результате чего самая низкая его относительная влажность наблюдается летом. От лета к осени относительная влажность увеличивается. Осадки выпадают в основном в январе-марте, и практически отсутствуют с апреля по сентябрь. Это оказывает специфическое влияние на загрязнение почв тяжёлыми металлами за счет отходов химических предприятий. Ветровой режим данного региона формируется под влиянием синоптических условий (юго-

западная периферия антициклона, холодные фронты с запада и севера, выход южного циклона, термическая депрессия). Особенности рельефа местности оказывают существенное влияние на ветровые условия. Направление ветра и среднегодовая повторяемость составляют (в процентах): С-6, С-8, С-34, С-27, С-2, С-5, С-10, С-8, штиль-34. Направление ветра и среднегодовая повторяемость региона показаны на рисунке 1.

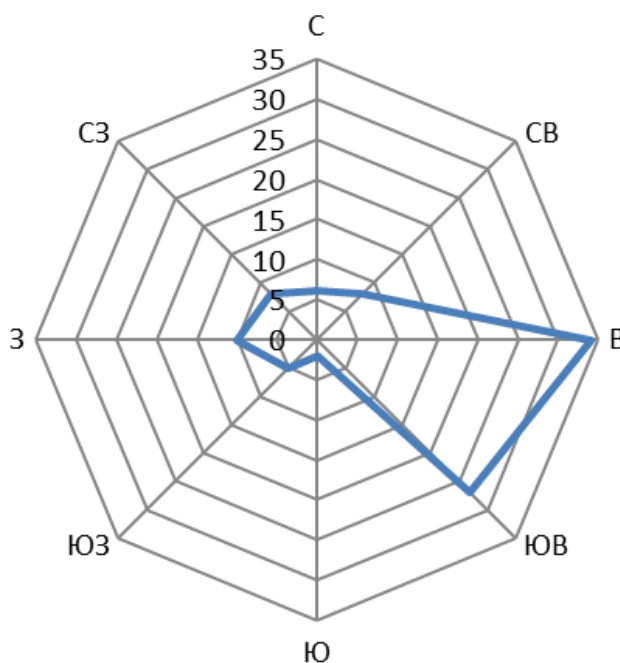


Рисунок 1. График «Роза ветров» региона

Химический завод был построен в пустыне Даргам с учетом всех факторов, и, согласно расчетам, все отходы (оксид серы, аэрозоль, пыль) должны быть вынесены в сторону от рабочего лагеря и города восточными и юго-восточными ветрами (61%). При этом большая часть ветрового баланса приходится на штиль. В штилевых условиях скорость ветра очень низкая (менее 2 м/с). Закономерности рассеивания отходов в атмосфере в этот период изучены недостаточно. Это может оказывать негативное влияние на окружающую среду.

Характеристика почв и растений. Почвы исследуемой территории мало отличаются от почв других регионов и характеризуются карбонатностью, низким содержанием гумуса и отсутствием гипса. Из-за низкого содержания гумуса (0,8-2,0%) в составе почвы содержание питательных веществ также низкое. В верхнем слое почвы (0–30 см) содержание общего азота составляет 0,06–0,11%,

общего фосфора – 0,12–0,18%, общего калия – 1,5–2,5%. Почвы слабо обеспечены подвижными элементами питания: подвижного фосфора – 15–40 мг/кг, калия – 180–330 мг/кг. По механическому составу почвы относятся к легко- и среднесуглинистым.

Растительный покров чрезвычайно разнообразен: здесь произрастают различные эфемеровые и эфемероидные растения – калужница (*Matrigaria*), мак (*Paraver pavoninum*), кузиния смолистая (*Cousinia resinosa* С.), полынь (*Artemisia*), солодка (*Glycyrrhiza*), мята (*Mentha*) и другие растения.

Также на объекте исследования выращиваются хлопчатник (*Gossipium*), пшеница (*Triticum aestium*), кукуруза (*Zea maus*) и другие культуры. Имеются также сады и виноградники. Площади возделывания этих культур соответствуют землям Пастдаргамского и Самаркандского районов.

Методы исследования

а) механический состав почвы – пипеточным методом Качинского; б) определение гумуса почвы – методом Тюрина; и) общий NRK – методом Мальцевой-Гриценко в одной пробе; г) N–N03 – методом Грандвальда-Ляю; д) N–NH4 – с реактивом Несслера; е) подвижный фосфор – методом Мачигина; и) обменный калий – определялся пламенным фотометром по методу Мачигина-Протасова.

ж) В ходе исследования изучались подвижные формы меди, цинка, свинца, кобальта и мышьяка. Для определения количества подвижных тяжелых металлов в почве образцы почвы предварительно измельчали и высушивали до воздушно-сухого состояния. Затем образец почвы заливали ацетатным буфером, встряхивали в установке в течение 8 часов и фильтровали. Количество тяжелых металлов в вытяжке определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Сатурн-2».

Результаты и их обсуждение

Известно, что подвижные элементы питания почвы играют значительную роль в питании растений. Кроме того, подвижные тяжелые металлы почвы непосредственно поступают из почвы в растение в процессе питания растений,

оказывая на него существенное негативное воздействие и загрязняя продукцию. В связи с этим был установлен предельно допустимый уровень содержания этих элементов в почве. В республике установлены предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжёлых металлов: Co – 5,0 мг/кг, Cu – 3,0 мг/кг, Pb – 32 мг/кг, As – 2,0 мг/кг, Zn – 23 мг/кг [6].

Наибольшее загрязнение тяжелыми металлами в орошаемых почвах вокруг Самаркандского химического завода в основном обнаружено в почвах, распределенных в радиусе 1500 метров от завода и в западном и северо-западном направлениях по направлению ветра.

В этих почвах: медь - 1240 мг/кг (250 метров к западу от завода), свинец - 1450 мг/кг (700 метров к западу), свинец - 526 мг и мышьяк - 410 мг/кг (250 метров к западу), кобальт - 550 мг/кг (750 метров к северо-западу), и были обнаружены в верхнем слое почвы 0-30 см. Почвы к востоку, югу и юго-востоку от химического завода менее загрязнены тяжелыми металлами. Тяжелые металлы наиболее сконцентрированы в верхнем слое почвы и уменьшаются вниз по профилю [7, 8]. Максимальная концентрация подвижной меди в исследовании составила 32 мг/кг (рис. 2). Данный показатель наблюдался в почве в 250 метрах к западу от химического завода. На севере наибольшая концентрация подвижной меди составила 24 мг/кг, а на востоке и юге - 10,5-12 мг/кг. Во всех направлениях концентрация подвижной меди в почве уменьшалась по мере удаления от завода. Например, на расстоянии 500 метров в западном направлении - 18,5 мг/кг, на расстоянии 1000 метров - 6,2 мг/кг, в северном направлении - 20 и 6 мг/кг, в южном направлении - 6,5 и 5,2 мг/кг, и на востоке - 6,5 и 3,2 мг/кг. В 1500 метрах от химического завода количество подвижной меди в почве во всех направлениях резко уменьшается и составляет 1,5-2,0 мг/кг. На расстоянии 2000 метров от завода количество этого элемента практически одинаково во всех направлениях и приближается к фоновому (0,8 мг/кг), а местами и вовсе незначительно. Подвижное количество цинка в фоновом режиме составляет 1,8 мг/кг, а в комбинированной среде.

Количество свинца, как и меди и свинца, уменьшалось с расстоянием от завода. Участки с высоким содержанием свинца были обнаружены в основном в почвах к западу и северу от завода. Во всех других направлениях с востока от завода количество свинца в почве было обнаружено выше фонового значения (1,5 мг/кг). На востоке, после расстояния 3000 метров, количество свинца в почве было равно или близко к фоновому значению. Таким образом, почвы к западу от завода были сильно загрязнены свинцом. Как и медь, свинец и свинец, кобальт и мышьяк были обнаружены выше в почвах к западу от завода. Наибольшее содержание кобальта было обнаружено равным 40 мг/кг, а содержание мышьяка - 19,0 мг/кг (рисунок 2). Фоновые уровни этих элементов составляли -3,0 и 0,8 мг/кг соответственно. Начиная с расстояния 1500 метров на востоке, 4000 метров на юге и севере и 4500 метров на западе, уровень кобальта близок к фоновому уровню, равен или ниже его. Минимальный уровень мышьяка составляет -1,0 мг/кг (5000 метров на юге и востоке), и его уровень превышает фоновый уровень. Таким образом, загрязнение почв мышьяком выражено сильно и сохраняется на больших расстояниях.

Заключение: Таким образом, загрязнение орошаемых почв Зарафшанского оазиса подвижными тяжелыми металлами наблюдается преимущественно в радиусе 1500-2000 метров вокруг станции. Направление местного ветра оказывает специфическое влияние на распределение тяжелых металлов в составе почв.

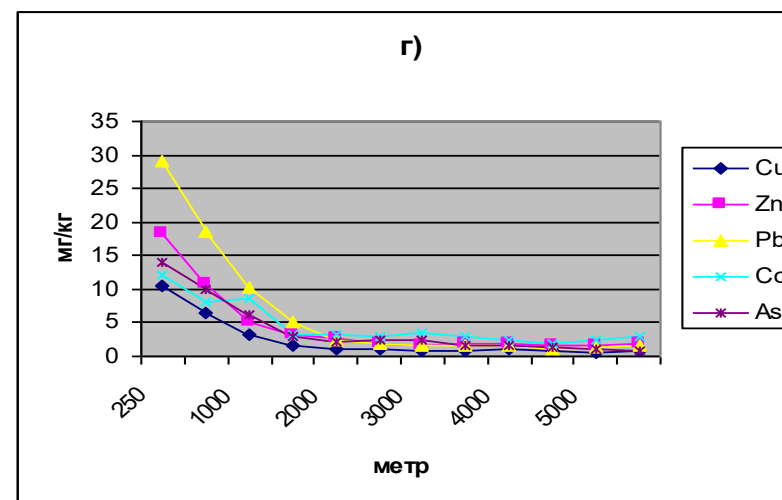
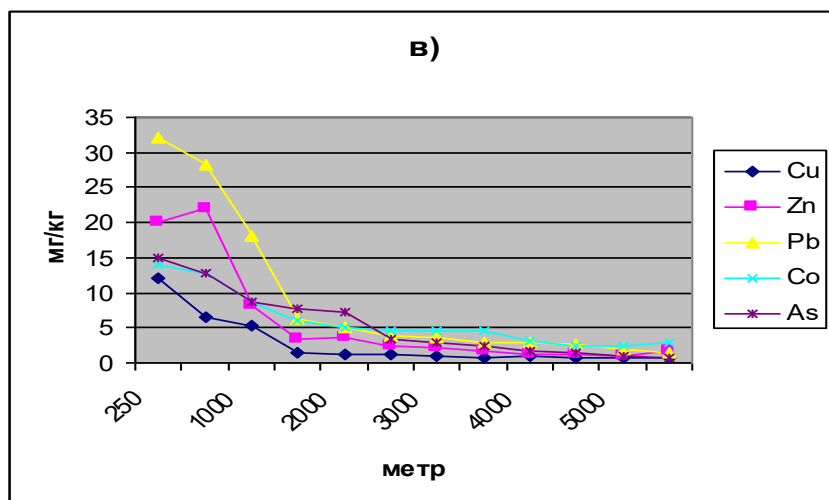
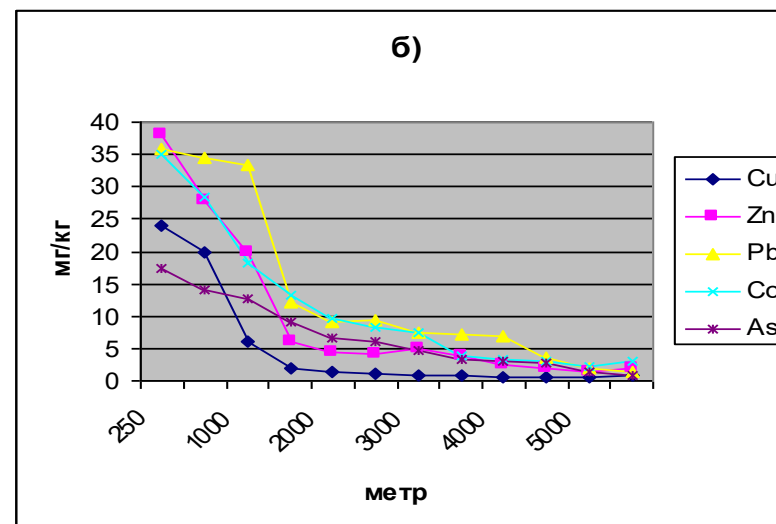
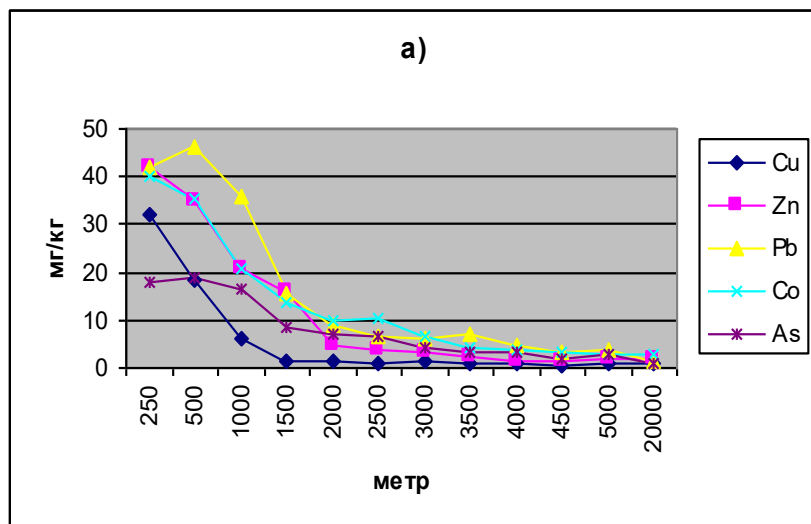


Рисунок 2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, расположенных вокруг завода в 2000–2003 гг.: а) западное направление; б) северное направление; в) южное направление; г) восточное направление.

Список литературы:

1. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С.. Загрязнение почв тяжелыми металлами.Способы контроля и нормированиязагрязненных почв. Воронеж. Воронежскогогосударственного университета. 2009. 22.с
2. Водяницкий Ю.Н. Функциональные различия тяжелых и сверхтяжелых металлов и металлоидов в почвах // Бюл. Почв.ин-та им. Докучаева. 2009б. Вып. 64. С. 50–56.
3. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. 304 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды РФ; НПП «Кадастр», 2018. 888 с.
5. Селюкова С. В. Тяжелые металлы в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 85–93. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10815
6. Санитарные нормы, правила и гигиенические норматива республика Узбекистан//Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) экзогенных вредных веществ в почве.Сан ПиН- №095596.- Ташкент.: 1996.-16 с
7. Kholikulov Sh.Bobobekov I. Technogene pollution of irrigated gray soils of Zarafshan valley//J.Environmental radioecology and applied ecology.Kazan.- 2004.Vol.10-№4.-P.23-29
8. KholikulovSh, Bobobekov I, AbdurakhimovM, AbdumalikovJ, Yakubov T. The Effect of Fertilizers on the Extraction of Heavy Metalsand Arsenic in Soil by Plant Biomass. Journal. Ecological Engineering & Envinomen Texnology. 2024, 25(1), 227–237 <https://doi.org/10.12912/27197050/175137>

INFLUENCE OF LOCAL WIND PATTERNS ON HEAVY METAL CONTENT IN IRRIGATED TYPICAL SEROZEMS

Sh.T.Kholikulov¹, I.N.Bobobekov¹, Halil Erdem², D.T. Kholmatova¹

¹Samarkand State University named after Sharaf Rashidov, Samarkand, Uzbekistan,

kholikulov48@mail.ru

²Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye, erdemh@hotmail.com

Abstract. This study investigates the distribution of heavy metals in irrigated typical serozems of the Zarafshan Oasis under the influence of emissions from the Samarkand Chemical Plant. The findings indicate that the highest concentrations of mobile heavy metals occur within a 1500–2000 m radius of the plant. Elevated levels were also detected in agricultural fields located to the west and northwest, corresponding to the dominant wind directions in the region.

Keywords: Samarkand Chemical Plant; irrigated typical serozem; heavy metals; soil contamination; wind dispersion.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ
СТАТИСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИХ
АСИММЕТРИИ В РАМКАХ ТРЁХПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

В.Б. Бубер, В.В. Ильинич

Федеральный Научный Центр Гидротехники и Мелиорации

имени А.Н. Костякова, Москва, contact@vniigim.ru

***Аннотация.** Предлагается подход к оценке асимметрии в рамках широко используемого в России трёхпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля. Он должен позволить более точно характеризовать асимметрию распределения при имеющихся ограниченных рядах гидрометеорологических наблюдений. Целью работы является демонстрация на характерном примере статистического ряда возможности получения коэффициента асимметрии более точно, чем при использовании традиционных методов.*

***Ключевые слова:** гидрометеорологические ряды наблюдений, распределение случайных величин, асимметрия*

Актуальность.

В гидрометеорологических и климатических расчётах для оценки вероятности превышения (обеспеченности) конкретных значений принято использовать стандартные распределения случайных величин. Такие оценки достаточно просто выполнять в случае применения нормального закона распределения с достаточно простым вычислением необходимых для этого параметров: среднее значение и коэффициент вариации, которые достаточно точно можно определять по 30-летним рядам наблюдений [1, 2, 3], а иногда и по менее продолжительным. Однако, гораздо чаще приходится иметь дело с рядами

наблюдений, которые явно не могут быть аппроксимированы нормальным распределением, их коэффициент асимметрии (C_s) превышает 0,1. В этих случаях определить численное значение C_s даже по длительным рядам (порядка 100 лет) с точностью до 20% -30% удаётся в редчайших случаях как методом моментов [4], так и другими способами [1, 2, 5] при использовании различных распределений случайных величин. В представляемой работе предлагается подход к оценке асимметрии в рамках широко используемого в России трёхпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [6]. Предлагаемый подход должен позволить более точно определять параметры распределения при имеющихся ограниченных рядах гидрометеорологических наблюдений по сравнению с традиционными методами. Целью работы является демонстрация на характерном примере статистического ряда возможности получения коэффициента асимметрии более точно, чем при использовании традиционных методов. Задачами исследования являлись:

- определение параметров аналитической кривой обеспеченности традиционными методами на примере статистического ряда стока реки Дон к Цимлянскому водохранилищу;
- определение значений эмпирической обеспеченности относительно рассматриваемого статистического ряда;
- получение зависимостей между медианой и параметрами принятого закона распределения;
- оценка асимметрии исследуемого статистического ряда с помощью предлагаемого способа.

Объекты и методы исследования.

Уравнение плотности вероятностей трёхпараметрического гамма распределения имеет вид:

$$p(x, x_m, \gamma, b) = \left[\frac{\Gamma(\gamma+b)}{\Gamma(\gamma)} \right]^{\frac{\gamma}{b}} \frac{1}{\Gamma(\gamma)b|x_m} \left(\frac{x}{x_m} \right)^{\frac{\gamma}{b}-1} e^{-\left[\frac{x}{x_m} \frac{\Gamma(\gamma+b)}{\Gamma(\gamma)} \right]^{1/b}}, \text{ при } x > 0 \quad (1)$$

В этом уравнении x_m – математическое ожидание (среднее значение) распределения наблюдаемых значений, γ и b – параметры, каждому сочетанию которых соответствуют определенные значения коэффициентов вариации и асимметрии (C_v , C_s), которые связаны следующими трансцендентными уравнениями:

$$C_v = \left[\frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma+2b)}{\Gamma^2(\gamma+b)} - 1 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{\frac{\Gamma^2(\gamma)\Gamma(\gamma+3b)}{\Gamma^3(\gamma+b)} - 3 \frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma+2b)}{\Gamma^2(\gamma+b)} + 2}{\left[\frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma+2b)}{\Gamma^2(\gamma+b)} - 1 \right]^{3/2}} \quad (3)$$

В этих уравнениях $\Gamma(z)$ – гамма-функции соответствующих аргументов. Приведенное распределение получено посредством степенного преобразования общеизвестного гамма распределения и, в частном случае - при $b=1$, совпадает с ним. В гидрометеорологии принято рассматриваемое распределение характеризовать тремя параметрами аналитической кривой обеспеченности: X_m , C_v и C_s . В рамках трёхпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля обычно используются соотношения C_s/C_v (от 0,5 до 6).

В силу краткости периодов наблюдений оценка параметров распределения вероятностей имеет погрешности относительно истинной величины. Ошибки параметров зависят от самого закона распределения вероятностей, выбранного для описания наблюдаемых значений, от числа параметров, от количества членов статистического ряда (наблюдённых значений стока) и их автокорреляционной функции (если ее составляющие значительно отличаются от нуля). Среди используемых в гидрометеорологической практике параметров функций распределения вероятностей с наибольшей погрешностью определяется коэффициент асимметрии (C_s). В настоящее время он определяется различными способами, при этом классический подход (на основе метода моментов) к его оценке в российской практике соответствует следующей формуле:

$$C_s = \frac{n \sum (x_i - x_m)^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3}, \quad (4)$$

где σ – стандартное отклонение,

n – длина гидрологического ряда.

В качестве исходного ряда для проведения исследований был принят ряд наблюдений за годовыми объёмами стока реки Дон к Цимлянскому водохранилищу за 53 года с 1972 по 2024 годы ($i=1\div 53$).

Выбор данного периода наблюдений за стоком обусловлен тем, что, как было показано ранее [7], в 70-х годах произошло изменение тренда стока к Цимлянскому водохранилищу.

Среднегодовую величину годового стока для рассматриваемого гидрологического ряда равна 16729 млн куб.м, а вычисленные методом моментов коэффициенты вариации и асимметрии соответственно равны: $C_v=0,287$; $C_s=0,6$.

В рамках координат и объёмов стока были определены точки эмпирической обеспеченности (рис. 1) с помощью рекомендованной для этого формулы Вейбула [1, 2, 5].

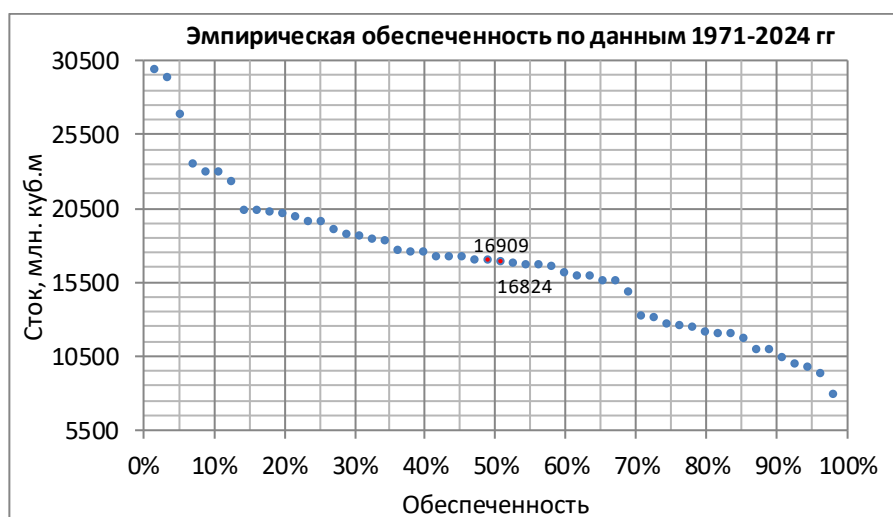


Рис. 1. Точки эмпирической обеспеченности годового стока реки.

По Рис.1 достаточно точно, но без строгой оценки погрешности можно определить величину стока для медианы распределения (ордината при обеспеченности $P=50\%$) ~ 16870 млн м^3 .

С использованием аналитического выражения для распределения Крицкого-Менкеля, полученного на основе вышеприведённых уравнений (1)-(3), была построена численная зависимость значений асимметрии As от разности $(X_m - Me)$ среднего значения X_m и медианы Me для различных значений параметров b и γ в диапазонах значений 1-5 для b и 70-250 для γ (Рис.2). Значения асимметрии в указанном диапазоне параметров b и γ изменяется в диапазоне значений от ~ 0.1 до ~ 1.4 . Полученная зависимость очень хорошо аппроксимируется степенной функцией

$$As = 0.021 (X_m - \Delta)^{0.567} \quad (5)$$

где $\Delta = X_m - Me$ - разность выборочных среднего и медианы.

Коэффициент достоверности данной аппроксимации 0.999, т.е. аппроксимация описывает зависимость с достаточно высокой точностью.

Полученные результаты позволяют определять величину коэффициента асимметрии через значение медианы выборки. При этом в силу характера аппроксимирующей зависимости погрешность определения асимметрии оказывается порядка погрешности определения медианы, что существенно меньше, чем погрешность определения асимметрии непосредственно по данным выборки методом моментов.

По формуле (5) для 53-х летнего гидрологического ряда стока к Цимлянскому водохранилищу была вычислена величина коэффициента асимметрии, оказавшаяся равной 0,7. Величина эмпирического коэффициента асимметрии, полученная для этого ряда методом моментов, равна 0.6, что меньше расчетной. Эмпирическое значение коэффициента асимметрии вычислялось, как исправленное выборочное значение. Корректирующий коэффициент k вычислялся в соответствии с формулой [2]: $k = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n-2} = 1.029$.

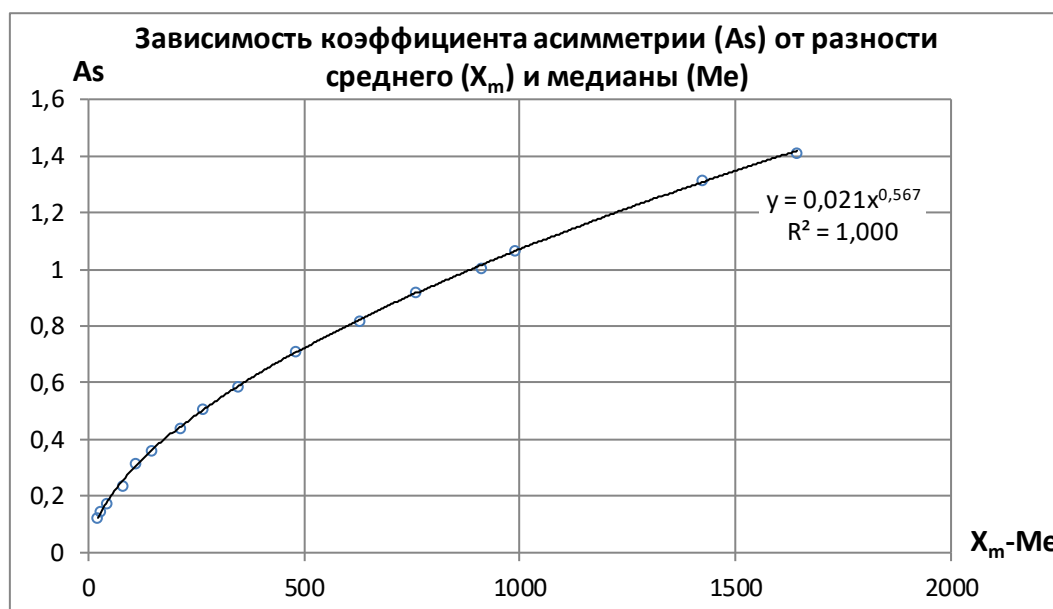


Рис. 2. Зависимости значений асимметрии As от разности среднего значения X_m медианы Me

Обсуждение результатов

Полученные результаты позволяют вычислять значения выборочного коэффициента асимметрии через выборочное значение медианы с точностью, заметно превышающей точность его определения методом моментов для относительно коротких временных рядов, подчиняющихся распределению Крицкого-Менкеля. Для оценки погрешности определения медианы по выборочным данным для рядов различной длины с различными характеристиками изменчивости и асимметрии необходимо провести дополнительные исследования.

Выводы.

В статье на примере конкретного типового статистического ряда гидрологических наблюдений представлена принципиальная возможность уточнения статистических параметров в рамках широко используемого в России трёхпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля для определения расчётных гидрометеорологических характеристик.

Литература.

1. R. Sneyers, “On the Statistical Analysis of Series of Observations,” WMO Technical Note 143, WMO No. 415, TP-103, World Meteorological Organization, Geneva, 1990, P.422.
2. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals - WMO-№ 1203[Электронный ресурс] - Режим доступа: https://library.wmo.int/viewer/55797/download?file=1203_en.pdf&type=pdf&navigator=1 Дата обращения: 31.10.2025.
3. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33- 101-2003. - М.: Стройиздат, 2004. - 72 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - М.: Наука, 1991. - 384 с.
5. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации.. - СПб.: изд. РГГМУ. 2007 - 279 с.
6. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком.- М.: Наука, 1981.— 225 с.
7. 7. Болгов М.В., Косолапов А.Е., Бубер В.Б., Ильинич В.В., Бубер А.Л. Выбор периода гидрологического ряда наблюдений для разработки эффективных правил регулирования стока водохранилищем в условиях климатических и антропогенных изменений на водосборе // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3. С. 5–20. DOI: 10.35567/19994508-2024-3-5-20.

DETERMINATION OF ANALYTICAL DEPENDENCIES BETWEEN STATISTICAL PARAMETERS OF HYDROMETEOROLOGICAL OBSERVATION SERIES TO REFINE THE CHARACTERISTICS OF THEIR ASYMMETRY WITHIN THE FRAMEWORK OF A THREE- PARAMETER GAMMA DISTRIBUTION

V.B. Buber, V.V. Ilinich

Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation

named after A.N. Kostyakova, Moscow, contact@vniigim.ru

Abstract: *An approach to estimating asymmetry within the framework of the three-parameter gamma distribution of S.N. Kritsky and M.F. Menkel, widely used in Russia, is proposed. This approach should allow for a more accurate characterization of distribution asymmetry given the limited available hydrometeorological observation data. The aim of this paper is to demonstrate, using a representative example of a statistical series, the possibility of obtaining the asymmetry coefficient more accurately than using traditional methods.*

Key words: *hydrometeorological observation series, distribution of random variables, asymmetry*

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИХ ОХРАНЫ

Нигматова Д. И., Кутлияров А.Н.

Башкирский государственный аграрный университет

Уфа

nigmatova.dilara@bk.ru, Kutliarov-a@mail.ru

Аннотация: Данное исследование посвящено изучению необходимости разработки общенациональной платформы для планирования использования земель и охраны земельных богатств, учитывая современные экологические вызовы и социальные вопросы. Особое значение придается важности согласования целей различных заинтересованных сторон, включая правительственные органы, бизнес-сообщество и граждан, для гарантии стабильного развития.

Ключевые слова. Государственное планирование, использование земель, охрана земель, устойчивое развитие, земельные ресурсы, экологические вызовы, социальные аспекты.

Данная работа сосредоточена на государственной системе, регулирующей планирование в области использования земельных ресурсов и их сохранения, в соответствии с принципами устойчивого развития. В рамках этой системы изучаются существующие инструменты, механизмы регулирования и подходы, обеспечивающие эффективное управление землей, защиту экосистем и соблюдение интересов заинтересованных сторон.

Кроме того, объектом исследования являются нормативные, финансовые и административные компоненты, влияющие на управление земельными ресурсами. Анализируются правовые акты, экономические стимулы и управленческие методы, формирующие политику землепользования и охраны земельных участков.

Данная статья ставит своей задачей проведение анализа современных методов управления и защиты земельных ресурсов на государственном уровне. В рамках исследования планируется определить ключевые затруднения и уязвимости существующих механизмов, а также представить конкретные предложения, направленные на улучшение и оптимизацию данных систем. Особое внимание будет уделено выявлению слабых мест в текущих стратегиях и разработке практических советов для повышения их эффективности.

Государственное планирование использования земель и их охраны является основополагающим инструментом для обеспечения устойчивого развития территорий, рационального использования природных ресурсов и сохранения благоприятной окружающей среды. Данный процесс представляет собой комплексную, разветвленную систему, требующую согласованного взаимодействия между различными ветвями власти, принятия во внимание интересов всех причастных сторон, а также внедрения передовых научно-технических разработок.

В нынешних реалиях человечество переживает период серьезных экологических и общественных проблем, включая сокращение запасов природных ископаемых, глобальное потепление, рост городов и увеличение численности людей. В связи с этим, рациональное распоряжение земельными фондами становится крайне важным. Земля – это не просто географическое пространство, а многогранная экологическая структура, база для сельскохозяйственного производства, строительства, кладезь природных материалов, а также среда обитания для людей и различных видов живых организмов.

Разработка всесторонней государственной стратегии планирования землепользования и ее защиты является основой для обеспечения устойчивого прогресса, защиты природы и улучшения условий жизни граждан.

Сегодняшние экологические и общественные проблемы выдвигают на первый план новые цели в сфере использования земельных ресурсов. Ухудшение состояния почв, прогрессирующее опустынивание, сокращение биоразнообразия, загрязнение земельных участков, хаотичный рост городов – все это диктует настоятельную необходимость в коренном изменении методов управления земельными фондами [2].

Ключевая задача государственного планирования землепользования – обеспечение гармонии между нуждами общества в земельных ресурсах и необходимостью их сохранения для процветания будущих поколений. Для достижения этой цели решается ряд важных задач:

Определение функционального назначения земельных участков для разнообразных видов деятельности (аграрного сектора, промышленности, жилой застройки, рекреационных зон, природоохранных территорий) на основе всесторонней оценки природного потенциала, социально-экономических факторов и экологических ограничений [3].

Реализация комплекса мероприятий, направленных на предотвращение и борьбу с деградацией земель, включая эрозию почв, опустынивание, загрязнение и истощение земельных ресурсов.

Обеспечение охраны особо значимых сельскохозяйственных земель, лесных угодий, водных объектов, а также территорий, характеризующихся высоким уровнем биологического разнообразия. Совершенствование планировки населенных пунктов, размещения промышленных предприятий и объектов инфраструктуры с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Принятие взвешенных решений не представляется возможным без достоверных и своевременных сведений. В качестве основных составляющих информационного обеспечения выступают:

Государственный земельный реестр и Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН): Данные о географическом положении, размерах, границах, целевом использовании и юридическом статусе любого земельного надела.

Инструментарий слежения за землями: Непрерывный контроль над состоянием почвенного покрова, растительного мира, степенью загрязнения окружающей среды.

Геоинформационные платформы (ГИС): Средство для обработки и графического представления пространственных данных, обеспечивающее создание картографических материалов, моделирование различных ситуаций.

Эффективная структура государственного планирования и защиты земельных ресурсов не может существовать в отрыве от остального общества. Необходимым условием её успешного функционирования является активное участие всех заинтересованных сторон:

Государственный сектор: Властные структуры федерального, регионального и муниципального уровней, в чью компетенцию входит управление земельными ресурсами, градостроительная политика, экологическая безопасность и развитие сельского хозяйства. Именно они отвечают за разработку законодательной базы, подготовку планов и контроль над их реализацией.

Предпринимательское сообщество: Агропромышленные комплексы, производственные предприятия, строительные фирмы, туристические агентства. Их деятельность неразрывно связана с эксплуатацией земельных ресурсов, что обуславливает необходимость учета их интересов в процессе планирования с соблюдением экологических норм и требований.

Местное население: Жители конкретных территорий. Их интересы заключаются в создании благоприятной среды обитания, обеспечении доступа к

местам отдыха, сохранении традиционного образа жизни и получении адекватной компенсации за использование принадлежащих им земель.

Некоммерческие организации: Экологические, природоохранные и правозащитные организации, осуществляющие общественный контроль и продвигающие принципы устойчивого развития. [4].

Принцип учета интересов разных сторон предусматривает, что в процессе разработки планов и стратегий принимаются во внимание нужды и возможности всех перечисленных групп, ведется открытый диалог и достигаются взаимовыгодные компромиссы. Это позволяет создавать не только юридически обоснованные, но и социально одобряемые решения, которые будут эффективно реализованы на практике.

Анализ текущей системы управления земельными ресурсами выявил ряд ключевых проблем и слабостей:

Недостаточная прозрачность процессов оформления и регистрации земельных операций, вкупе с частыми злоупотреблениями при заключении договоров аренды и купли-продажи земли, создают благоприятную почву для коррупционных действий и незаконного захвата привлекательной недвижимости. Отсутствие централизованного органа, обеспечивающего контроль за соблюдением законодательства в сфере земельного оборота, приводит к многочисленным нарушениям, особенно заметным в сельской местности и небольших населенных пунктах, где надзор практически не осуществляется.

Действующая нормативная база характеризуется недостаточной детализацией и наличием нечетких формулировок. Это открывает возможности для различных интерпретаций и субъективных решений со стороны должностных лиц, что противоречит принципу правовой определенности [1].

Неэффективная система кадастрового учета и картографии земель, с устаревшими картами и неточными данными о границах участков, является

причиной многочисленных споров между собственниками соседних земель и увеличивает нагрузку на судебную систему.

Для преодоления отмеченных негативных явлений и оптимизации управления земельными активами предлагаются следующие конкретные действия:

Сформировать унифицированный общероссийский кадастр всех земельных наделов с развернутыми сведениями о собственниках, владельцах и ограничениях прав. Этот реестр должен представлять собой открытый информационный ресурс, доступный как частным лицам, так и предприятиям, упрощая получение необходимой информации и повышая прозрачность земельного рынка.

Реализовать преобразование системы предоставления разрешений на строительство и освоение новых территорий. Необходимо упростить процедуры рассмотрения обращений, исключить чрезмерные требования и сократить временные рамки выдачи разрешительной документации.

Организовать учет земельного фонда с применением передовых технических средств и инновационных методов геодезической съемки. Эти меры позволят точно определить границы участков, минимизировать разногласия между смежными землепользователями и предотвратить возникновение конфликтных ситуаций.

Создать общенациональную программу поддержки проектов вовлечения в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения и восстановления лесов. Эта программа должна включать налоговые преференции, дотации и финансовую поддержку аграриям и инвесторам, содействующим восстановлению и сохранению земельных ресурсов.

Ужесточить контроль за соблюдением экологических стандартов при возведении масштабных инфраструктурных объектов и промышленных зон.

Вывод

Построение результативной государственной системы планирования землепользования и их защиты – это динамичный процесс, нуждающийся в систематической модернизации, экспертной оценке и политической решимости. В контексте актуальных экологических и общественных проблем, компетентное планирование и бережное отношение к земельным активам приобретают решающее значение для обеспечения благополучия граждан, защиты биологического разнообразия и прогрессивного развития.

Объединение интересов государства, предпринимательства и локального общества, базирующееся на принципах открытости, научной обоснованности и вовлеченности, даст возможность создать систему, способствующую процветанию настоящего и грядущих поколений. Такой подход гарантирует комплексное и сбалансированное управление земельными ресурсами.

Библиографический список

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 25.12.2023). – Доступ из справочно-правовой системы "КонсультантПлюс".
2. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (ред. от 25.12.2023). – Доступ из справочно-правовой системы "КонсультантПлюс".
3. Туганова, Л.Р. Актуальные проблемы земельного кадастра / Туганова Л.Р., Кутляров Д.Н., Кутляров А.Н. // В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию высшего аграрного образования в Ивановской области. 2018. С. 396-399.

4. Кутлиаров, А.Н. Земли в Республике Башкортостан: охрана и мониторинг / Кутлиаров А.Н., Кутлиаров Д.Н., Рамазанова Г.З. // В сборнике: Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Башкирский государственный аграрный университет. 2014. С. 213-218.

**FORMATION OF THE STATE SYSTEM FOR LAND USE AND
PROTECTION WRITE AN ARTICLE**

D.I. Nigmatova, Kutliyarov A.N.

Bashkir State Agrarian University

Ufa

nigmatova.dilara@bk.ru, Kutliarov-a@mail.ru

Summary. This study examines the need to develop a nationwide platform for planning land use and protecting land wealth, taking into account modern environmental challenges and social issues. Particular importance is attached to the importance of coordinating the goals of various stakeholders, including government agencies, the business community, and citizens, to ensure sustainable development.

Keywords. Government planning, land use, land protection, sustainable development, land resources, environmental challenges, social aspects.

IMPACT OF SOIL AND CLIMATE CONDITION OF THE AKMOLA REGION ON GRAIN SOWING TECHNOLOGY AND ADAPTIVE TILLAGE PRACTICES

Zhunusov T.T.¹, doctor of technical sciences, professor, Kakabaev N.A., PhD¹,

Turlybekova K.E.¹, Uzbergenova S.Zh.¹

¹ Kokshetau University named after. Sh. Ualikhanov, Kokshetau,

tt0307@mail.ru, nurbol.ka@mail.ru, Kamila.bakitzhanova1@gmail.com,

sauleuzbergenova@gmail.com

Abstract: This article presents an overview of the impact of modern climate change on the agro-industrial complex of the Akmola region. Long-term meteorological data are analyzed to identify trends in temperature increases, precipitation variability, and growing season duration, and their impact on grain yields. The need for implementing water-saving and adaptive technologies, including a 3.6-meter combined tillage and seeding unit, is substantiated.

Keywords: climate change; meteorological conditions; crop yield; grain crops; soil conditions; adaptive technologies.

Introduction

Agriculture in the Akmola region faces serious climate challenges. Rising temperatures, variable precipitation, and more frequent droughts are creating new conditions for agricultural systems [1, 2]. Because the climate is changing faster than traditional technologies can adapt, a revision of farming methods is required.

For a region dominated by traditional agriculture, these changes are critical. Increasing warming, increased evaporation, and a shorter period of stable moisture demand water-saving technologies. Multi-pass tillage exacerbates soil degradation, accelerates moisture loss, and increases costs [3].

Combined tillage and seeding units are a key solution for climate adaptation in the region's agricultural sector. By performing multiple operations in a single pass, they minimize mechanical impact, reduce work time, conserve moisture, and accurately place seeds and fertilizers.

This research investigates the effectiveness of combined tillage and seeding technology for grain crop cultivation under the soil and climatic conditions of the Akmola region.

The study examines the impact of climate change and soil properties on the efficiency of seeding technologies using new combined tillage and seeding units.

Research methods include:

- statistical analysis of long-term meteorological data series (temperature, precipitation, anomalies) to identify climate trends.
- agroecological assessment of the region's soil and climate conditions and their compliance with the agronomic requirements of grain crops.
- generalization and systematization of climate vulnerability factors in agricultural systems to substantiate adaptation measures.

The research methodological framework combines climatological, agronomic, and engineering-technological approaches.

Climate Features of the Akmola Region of Northern Kazakhstan.

The Akmola Region has a sharply continental climate, characterized by sharp temperature fluctuations, low precipitation, and high solar radiation. Temperatures range from winter to summer, reaching 60°C. Winters are harsh (–16°C to –28°C), while summers are short but warm (+18°C to +21°C), with highs exceeding +35°C, leading to rapid topsoil drying.

Precipitation occurs primarily in short-term downpours, reducing its effectiveness in forming productive moisture. Strong winds (up to 15–20 m/s) intensify deflation and degrade soil structure. All of this creates an unstable agroclimatic environment.

Analysis of meteorological data and climate trends

Analysis of long-term data reveals persistent climate change. According to [3], the average annual temperature in Kazakhstan is increasing by 0.32°C per decade. This leads to increased evaporation and decreased available moisture during critical phases of plant development. Earlier soil warming shortens the optimal sowing time, as increased evaporation quickly dries the topsoil. As a result, the "sowing window" is often reduced to just a few days, creating serious risks for crop production.

Table 1

Average annual temperature in the Akmola region and Kazakhstan

Year	Average annual temperature in Kazakhstan (°C)	Average annual temperature in Akmola region (°C)
2013	8	4,9
2014	6,4	3,3
2015	7,1	4,8
2016	6,9	4,6
2017	6,7	5,2
2018	5,5	2,5
2019	6,9	4,9
2020	7,3	5,6
2021	7	4,3
2022	7,2	5
2023	8	6,2
2024	7,93	5,7

compiled by the authors based on data from [6, 7]

Table 1 shows that the anomalies in the average annual air temperature in 2024 were positive over almost the entire territory of Kazakhstan, except for a small area in the south, where the anomaly was -0.2 °C [4].

Table 2

Average annual yield in the Akmola region and Kazakhstan

Year	Grain crop yield in Akmola region (centners per 1 hectare)	Average grain yield in Kazakhstan (centners per 1 hectare)
2013	10,4	11,6
2014	10,6	11,7
2015	10,8	12,7
2016	12	13,5
2017	11,6	13,4
2018	11,7	13,5
2019	10,4	11,4
2020	11,9	12,8
2021	9,1	10,4
2022	12	13,8
2023	6,4	10,3
2024	14,1	15,2

compiled by the authors based on data from [6, 7]

Table 2 compares grain yields in the Akmola region and Kazakhstan from 2013 to 2024. While Kazakhstan's yield was consistently 1-2 centners higher for most years, 2023 saw a sharp decline, particularly in Akmola (6.4 centners/ha), which was associated with highly uneven precipitation distribution. However, 2024 marked a strong recovery, with both reaching record highs, indicating high volatility but also a positive rebound from previous adverse conditions.

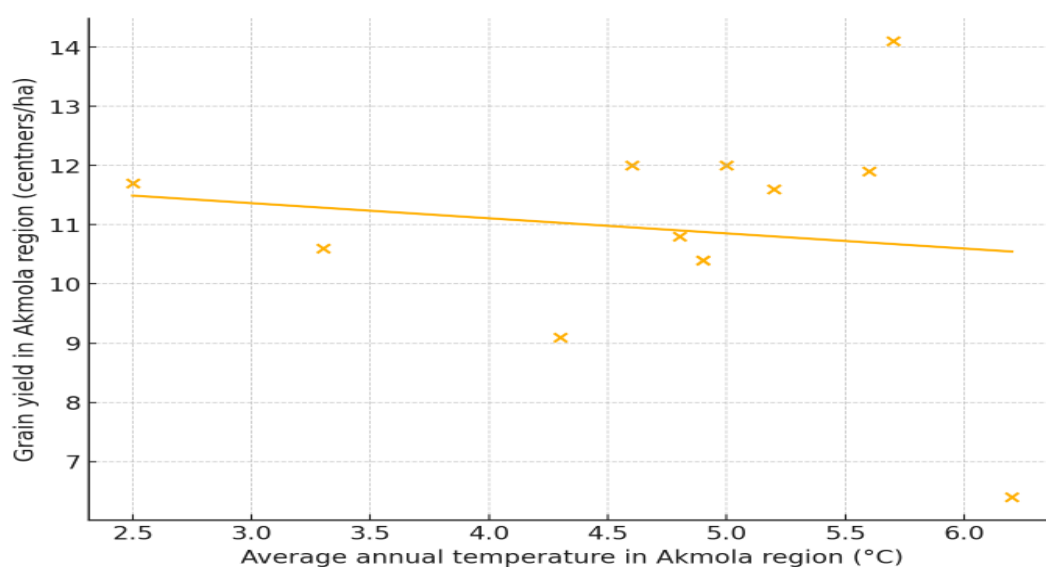


Figure 1. The influence of temperature on the average yield of grain crops in the Akmola region

Precipitation dynamics demonstrate even more pronounced instability. Despite the relative stability of the total annual amount (300–380 mm), its seasonal distribution fluctuates. There are periods when a significant portion of precipitation falls as intense downpours, leading to surface runoff and preventing the accumulation of productive moisture. In some years (for example, 2018–2020), precipitation fell to critical levels, leading to a sharp decline in crop yields. These trends are clearly evident in the graph (Fig. 1), which shows precipitation fluctuations over the past 10 years.

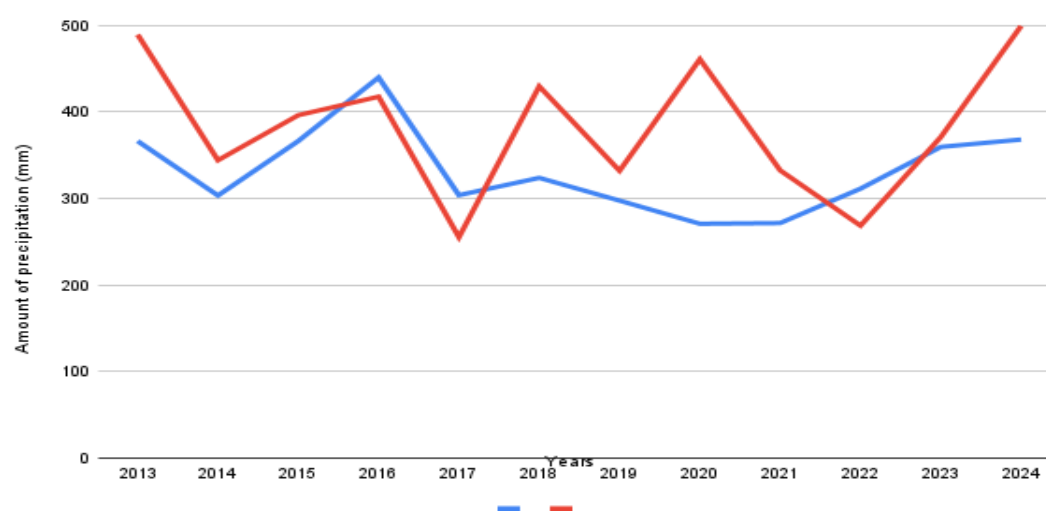


Figure 2. Average annual precipitation in the Akmola region and Kazakhstan (compiled by the authors based on data from [6, 7])

An analysis of the precipitation graph (Fig. 2) for 2013–2024 shows significant interannual fluctuations and a divergence of trends between the Akmola region and Kazakhstan. In 2017–2021, precipitation in the region consistently exceeded national indicators, demonstrating sharp variability. In 2022, with a nationwide increase, a decrease was recorded in the region. Extreme precipitation values were noted in 2024 (499 mm, maximum) and 2017 (255.2 mm, minimum). The periods 2013–2016 and 2023–2024 were characterized by high humidity, whereas 2017 and 2021–2023 were characterized by low humidity.

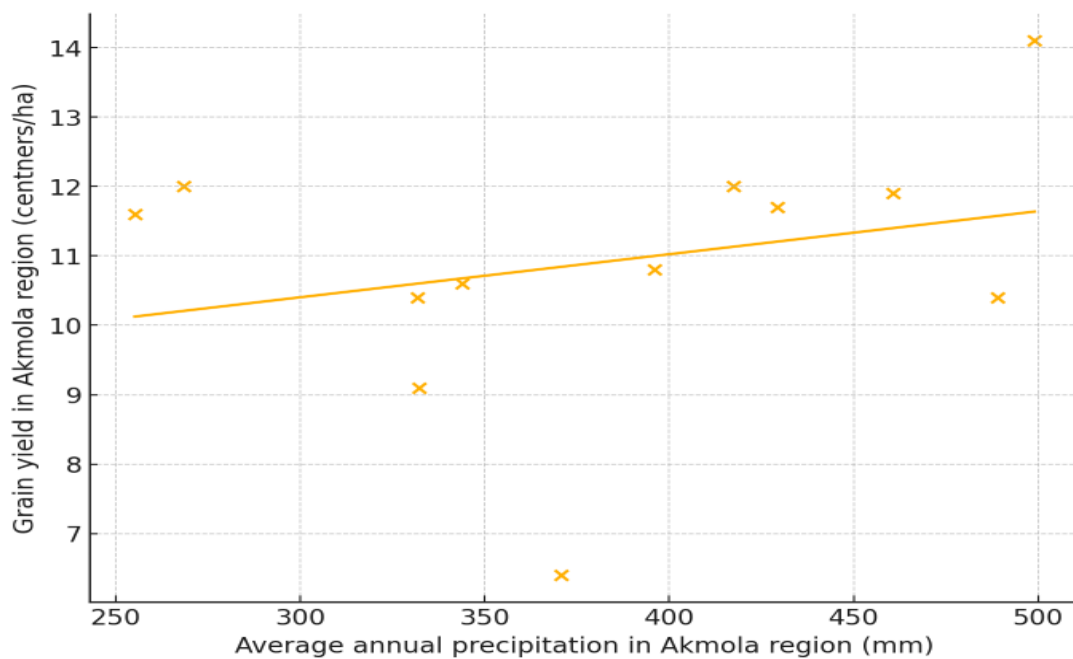


Fig. 3. The impact of average annual precipitation on grain yields in the Akmola region.

Figure 3 shows a direct relationship between precipitation and crop yield. As expected, the highest yields occurred in years with maximum precipitation (2013, 2020, 2024), while productivity decreased in dry years (2017, 2022). The difference between the maximum and minimum precipitation values was 243.8 mm, demonstrating the region's strong dependence on weather conditions for agriculture.

Soil Conditions of the Akmola region

The soils of the Akmola region are formed under conditions of strict latitudinal zonation, with the climate becoming increasingly arid from north to south [5]. The region has the largest tract of highly fertile chernozems and dark chestnut soils in Kazakhstan, covering approximately 44 million hectares. Chernozems constitute the bulk of the arable land, where over 70% of grain is produced. Their distribution follows a moisture gradient: from north to south, leached, ordinary, and southern chernozems successively replace one another, converging into a zone of dark chestnut soils in the south.

Despite their high natural fertility, these soils exhibit several problematic properties that are exacerbated by traditional tillage: destruction of the upper-horizon structure, formation of plough pans, increased deflation risk, deterioration of hydrophysical properties, and reduced biological activity. These factors increase the negative impact of climate risks and reduce the effectiveness of traditional cultivation technologies.

Discussion

An analysis of the region's climatic, meteorological, and soil conditions reveals significant uncertainty in agricultural management. Rising temperatures and more frequent extreme events are reducing optimal sowing times, worsening the initial conditions for plant development, and creating persistent moisture deficits. Uneven precipitation distribution reduces the volume of productive moisture.

Soil characteristics—low humus content, poor structure, and degradation—reduce water-holding capacity, while traditional tillage increases moisture loss. All this leads to sharp fluctuations in yield: in dry years, yield declines reach 50%, and overall interannual variability is 40–60%, significantly increasing production risks and reducing the effectiveness of fertilizer application.

The implementation of adaptive, water-saving technologies is becoming a necessity. Minimal and combined tillage techniques reduce moisture loss, minimize mechanical stress, improve fertilizer efficiency, shorten work time, and increase grain yields. To this end, a research project is developing a 3.6-meter-wide combined unit

[8], which is a key element in adapting regional agriculture to soil and climate conditions.

Conclusion

An analysis of climate trends, soil properties, and production factors indicates that traditional farming methods are becoming increasingly ineffective amid climate instability. A transition to adaptive technologies is essential for increasing the resilience of agricultural systems.

Therefore, it is necessary to introduce new adaptive technologies and technical means for cultivating grain crops, taking into account the Akmola region's climatic conditions. To this end, within the framework of the State Fund of the Russian Federation (GFIRN) project AP23490415, "Development of a combined tillage and seeding unit with a working width of 3.6 meters for broadcast sowing of grain crops," a technical solution is being developed that provides moisture-saving technologies, reduces the number of operations with simultaneous seeding and fertilizer application, and increases grain yields. The research results will be presented for future discussions.

Funding information. This research was supported by a grant from the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Project No. AP23490415).

References

1. 8th National Communication and 5th Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the UN Framework Convention on Climate Change. Astana, 2022 – 514 p.
2. Bulletin prepared by the Department of Climate Research of the Scientific Research Center of the RSE "Kazhydromet". Astana, 2024.
3. Irmulatov B.R., Akhyrbekova B.A., Nelis I.L. Agrotechnics of wheat cultivation under changing climate conditions. [Electronic resource] // URL: <https://baraev.kz/novosti/3366-agrotehnika-vozdelyvaniya-pshenicy-v-usloviyah-menyayuschegosya-klimata.html> (accessed: 19.11.2025).

4. Review of the climatic features on the territory of Kazakhstan 2024. Republican State Enterprise "Kazhydromet", 2025. [Electronic resource] // URL:
https://www.kazhydromet.kz/uploads/calendar/280/year_file_en/682ca255cbcd6obzor-osobennostey-klimata_kazahstan-za-2024_rus.pdf
5. Saparov A.S., Dzhalankuzov T.D., Sharypova T.M., Saparov G.A. Soil fertility management in Northern Kazakhstan. [Electronic resource] // URL:
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/265-270_3.pdf (accessed: 19.11.2025).
6. Data from the official website of the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan: <https://stat.gov.kz/ru/region/akmola> (accessed: 19.11.2025).
7. Data from the official website of the RSE "Kazhydromet":
<https://www.kazhydromet.kz/ru/post/3125> (accessed: 19.11.2025).
8. Application No. 325878 – Patent for Invention. Combined soil-cultivating and sowing machine. Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov. Application registration No. 2024/0966.1, dated 11.11.2024, RSE "NIIS", Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ТЕХНОЛОГИЮ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И АДАПТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Жунусов Т.Т¹., д.т.н., профессор, Какабаев Н.А., PhD¹, Турлыбекова К.Е¹,
Узбергенова С.Ж¹.

¹ Кокшетауский университет им. Ш.Уалиханова, г. Кокшетау,
tt0307@mail.ru, nurbol.ka@mail.ru, Kamila.bakitzhanova1@gmail.com,
sauleuzbergenova@gmail.com

Аннотация: в статье представлен обзор влияния современных климатических изменений на агропромышленный комплекс Акмолинской области. Проанализированы многолетние метеоданные, выявлены тенденции роста температуры, изменчивости осадков и продолжительности вегетации и их влияние на урожайность зерновых. Обоснована необходимость внедрения влагосберегающих и адаптивных технологий, включая комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат 3,6 м.

Ключевые слова: климатические изменения; метеоусловия; урожайность; зерновые культуры; почвенные условия; адаптивные технологии.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕМЕЛЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДАМИ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ
БАБЫНИНСКОГО РАЙОНА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ)**

М.В. Захарова, А.В. Соколов

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, Калуга,

ZaharovaMV@tksu.ru

Аннотация: В статье представлена тематическая карта эрозионного потенциала Бабынинского района Калужской области. Подсчитано, что суммарная площадь территорий, потенциально склонных к развитию эрозии, составляет 11,4 км². Установлено, что основная часть сельскохозяйственных угодий располагается на равнинных участках с уклоном менее 4°, что благоприятно для ведения аграрного производства. Выделены локальные зоны, где значения топографического фактора LS достигают максимальных значений.

Ключевые слова: эрозионный потенциал, топографический фактор LS , тематическая карта, моделирование, геопространственный анализ.

Актуальность исследования заключается в необходимости оценки и прогнозирования процессов эрозии почв на землях сельскохозяйственного назначения, поскольку они оказывают значительное влияние на продуктивность сельского хозяйства, качество окружающей среды и устойчивость агроэкосистем. Использование методов геопространственного анализа позволяет объективно оценить эрозионный потенциал территорий, выявить зоны повышенного риска и разработать эффективные меры по защите и рациональному использованию земельных ресурсов. Исследование актуально для разработки научно обоснованных рекомендаций по сохранению плодородия почв и устойчивого развития аграрного сектора Калужского региона.

Объект исследования – земли сельскохозяйственного назначения Бабынинского района Калужской области.

Методы исследования включают: 1) технологии дистанционного зондирования Земли, включающие визуализацию и дешифрирование спутниковых снимков Landsat 8 для картографирования земель сельскохозяйственного назначения; 2) методы компьютерного моделирования для численного моделирования эрозионного потенциала земель сельскохозяйственного назначения на основании модели RUSLE в геоинформационной системе QGIS.

Для оценки эрозионной опасности земель сельскохозяйственного назначения Бабынинского района Калужской области использовались спутниковые снимки Landsat 8 каждого из сезонов текущего 2025 года с разрешением 30 м загруженные с сайта геологической службы США [1]. Помимо этого, в исследовании в качестве картографической основы применялась ЦМР FABDEM (Forest And Buildings removed Copernicus DEM) [2] и карта земель сельскохозяйственного назначения ЕФГИС ЗСН Министерства сельского хозяйства [3].

Визуализация спутниковых снимков показала, что большая часть сельскохозяйственных земель находится в центральной и северо-восточной частях территории, однако для более точного выделения земель было решено использовать карту земель сельскохозяйственного назначения ЕФГИС ЗСН Министерства сельского хозяйства. На рисунке 1 представлен дешифрованный спутниковый снимок Бабынинского района Калужской области с результатом работы по выделению земель сельскохозяйственного назначения, которые обозначены заштрихованными областями с контурами ярко-зеленого цвета.

Можно увидеть, что большая часть земель сельскохозяйственного назначения сосредоточена в восточной части исследуемой территории с небольшими пустотами в виде лесов, населенных пунктов и других территорий.

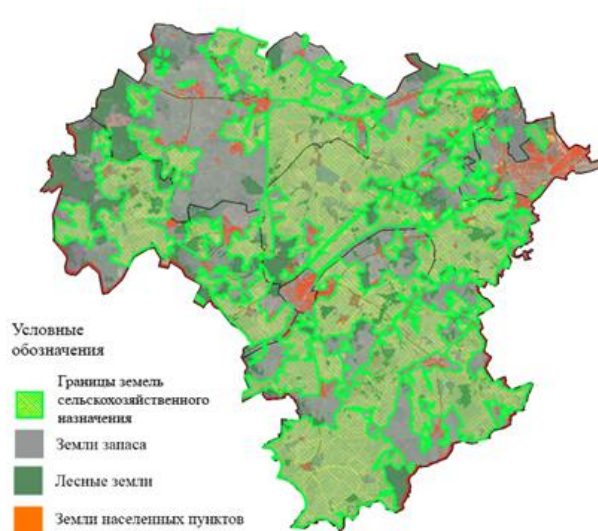


Рис. 1. Границы земель сельскохозяйственного назначения

Одним из наиболее часто применяемых методов оценки эрозионного потенциала является топографический фактор LS , который является ключевым компонентом универсального уравнения потерь почвы (USLE, RUSLE) [4, 5]. Этот фактор позволяет количественно оценить влияние рельефа местности на интенсивность водной эрозии. Он показывает, как длина и крутизна склона усиливают смыл почвы по сравнению с условным эталонным участком. В данном исследовании фактор LS моделировался на основе ЦМР FABDEM в геоинформационной системе QGIS по уравнению [5]:

$$LS = (m + 1) \times \left(\frac{A_s}{22,13} \right)^m \times \sin \left(\frac{B}{0,0896} \right)^n,$$

где A_s – удельная площадь водосбора; B – локальное значение уклона в градусах; m – показатель площади ($m=0,4$); n – показатель уклона ($n=1,3$).

Результатом моделирования топографического фактора LS стала тематическая карта, отображающая его распределение в виде поля изолиний (рис. 2). Представленная тематическая карта демонстрирует эрозионный потенциал земель сельскохозяйственного назначения, оцениваемый значением величины топографического фактора LS . Геопространственный анализ позволил

выделить на карте низкие значения (0,52-0,77) топографического фактора LS , которые соответствуют равнинным участкам с малыми уклонами, где эрозионные процессы развиты слабо. Повышенные значения (до 1,35) наблюдаются в зонах пересечённого рельефа и вдоль водотоков, что свидетельствует о большей интенсивности смыва почв. Основная зона максимальных значений LS расположена вдоль водных объектов, что указывает на концентрацию эрозионных процессов именно в этих участках. Суммарная площадь территорий, где топографический фактор LS достигает наибольших значений, составляет 11,4 км², что свидетельствует о значительном эрозионном потенциале данных участков.

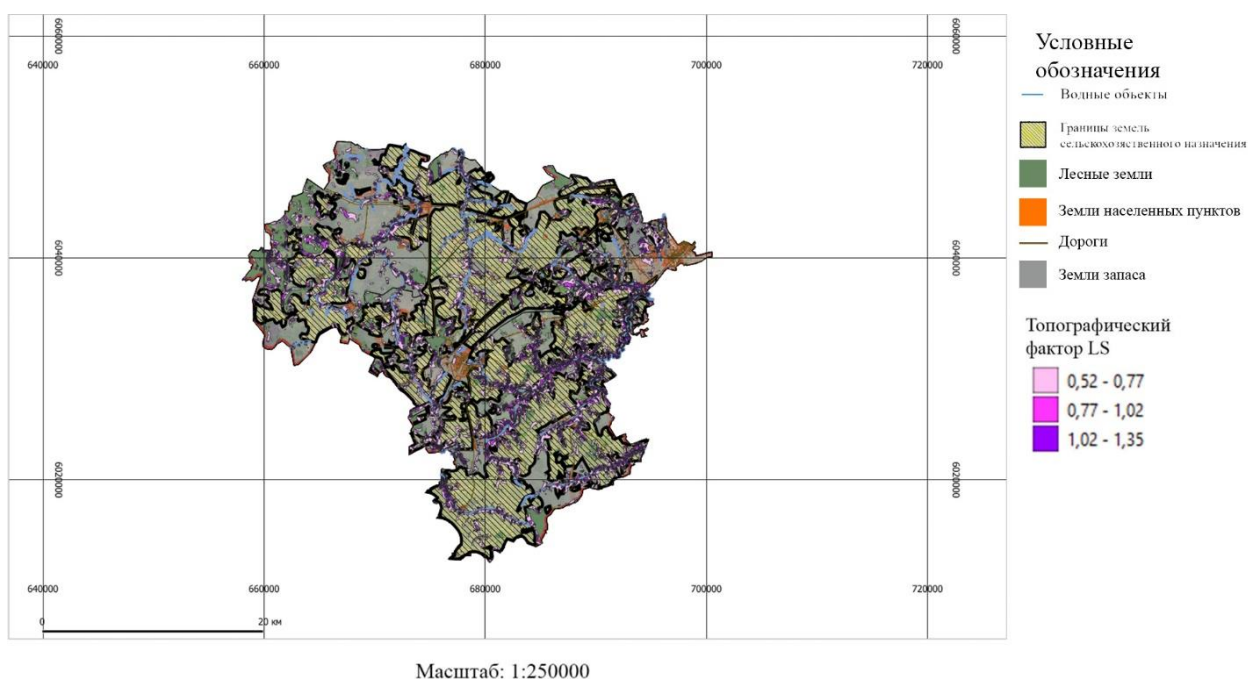


Рис. 2. Тематическая карта эрозионного потенциала Бабынинского района Калужской области (на подложке карты с обозначением категорий земель разного назначения)

Полученные результаты показали, что исследуемая территория в целом характеризуется спокойным рельефом и относительно низкой степенью эрозионной опасности. Основная часть сельскохозяйственных угодий располагается на равнинных участках с уклоном менее 4°, что благоприятно для ведения аграрного производства. Тем не менее, были выделены локальные зоны,

где значения топографического фактора LS достигают максимальных значений. Эти участки приурочены, как правило, к речным долинам, овражно-балочным системам и повышенным формам рельефа, где наблюдается концентрация поверхностного стока и повышенный риск смыва почвенного слоя.

Важным результатом исследования стало выявление взаимосвязи между морфологическими характеристиками рельефа и структурой землепользования. Было установлено, что некоторые сельскохозяйственные угодья расположены в пределах зон повышенной эрозионной опасности, что требует корректировки структуры землепользования и внедрения противоэрозионных мероприятий. Среди таких мероприятий можно выделить: контурную обработку почвы, полосное размещение посевов, создание лесополос и травяных буферных зон, ограничение вспашки на крутых склонах, а также внедрение технологий минимальной обработки почвы.

Литература

1. EarthExplorer [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 30.10.2025).
2. FABDEM V1-2 - Datasets [Электронный ресурс]. URL: <https://data.bris.ac.uk/data/dataset/s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn> (дата обращения: 30.10.2025).
3. Единая федеральная информационная система (ЕФИС) [Электронный ресурс]. URL: <https://efis.mcx.ru/efis> (дата обращения: 30.10.2025).
4. Кузнецова А.С., Краснощеков К.В., Дергунов А.В., Ерунова М.Г., Макаров Д.С., Харламов Д.В., Якубайлик О.Э. Моделирование водной эрозии с использованием уравнения RUSLE в масштабе землепользования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 3. С. 145-154.
5. Moore I.D., Wilson J.P. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation // Journal of Soil and Water Conservation. 1992. Vol. 47, No. 5. P. 423-428.

MODELING OF THE EROSION POTENTIAL OF AGRICULTURAL LANDS USING GEOSPATIAL ANALYSIS METHODS (ON THE EXAMPLE OF THE BABYNINSKY DISTRICT OF THE KALUGA REGION)

Zakharova M.V., Sokolov A.V.

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovski, Kaluga,

ZaharovaMV@tksu.ru

Summary: Thematic map of the erosion potential of the Babyninsky district of the Kaluga region is presented in this article. It is estimated that the total area of the territories at risk of erosion is 11.4 km². It has been established that the majority of agricultural land is located on flat areas with a slope of less than 4°, which is favorable for agricultural production. Local zones have been identified where the values of the topographic factor LS reach their maximum values.

Keywords: erosion potential, topographic factor LS, thematic map, modeling, geospatial analysis.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. А. Лебедева¹, Н. В. Островский²

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина», Краснодар, lebedevaea21@gmail.com

² ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина», Краснодар, @nik-ostrovskij@yandex.ru

Аннотация: статья посвящена исследованию вопросов комплексного применения технологий дистанционного мониторинга и автоматизированных систем для повышения эффективности мелиорации и охраны земель в Краснодарском крае. Рассмотрены современные проблемы, связанные с нерациональным распределением водных ресурсов. Предложен практический подход к созданию концептуальной автоматизированной системы управления поливом на основе доступных технологий дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: автоматизация, мелиорация, ресурсосбережение, дистанционный мониторинг, качество земель, точное земледелие.

Сельское хозяйство Краснодарского края сталкивается с необходимостью решения сложных задач по рациональному использованию водных ресурсов и сохранению плодородия почв. В современных условиях особенно остро проявляются проблемы, связанные с изменением климата, увеличением частоты засушливых периодов и ростом антропогенной нагрузки на земельные ресурсы [1]. Традиционные подходы к мелиорации, основанные на усредненных нормах полива и ручном управлении, часто не учитывают реальной потребности растений в воде и фактического состояния почвы. Это приводит к неоправданным потерям воды и ухудшению качества земель. Целью данного исследования является концептуальная разработка практических подходов к

автоматизации мелиоративных систем, доступных для внедрения в условиях Краснодарского края.

В современной практике водопользования региона можно выделить несколько ключевых проблем, характерных для многих сельскохозяйственных предприятий края. Типичной проблемой является проведение полива по установленному графику без учета фактической влажности почвы и выпадения атмосферных осадков. Например, в хозяйствах, применяющих традиционные методы орошения, полив часто начинают согласно календарному плану, даже если почва уже достаточно увлажнена. Это приводит к перерасходу воды: когда почва содержит достаточное количество влаги, дополнительный полив обуславливает переувлажнение [2]. Излишки воды не используются растениями, а просачиваются вглубь почвенного профиля, вызывая вынос питательных веществ за пределы корнеобитаемого слоя.

Другой распространенной проблемой является засоление почв, особенно характерное для районов с высоким уровнем минерализации поливной воды. При использовании вод с повышенным солесодержанием и традиционных методов полива дождеванием на 1 га за сезон вносится около 5000 м³ воды. Если минерализация воды составляет 1,0-1,5 г/л, то на каждый гектар поступает до 5-7,5 тонн солей. В условиях интенсивного испарения в летний период эти соли накапливаются в верхних слоях почвы, постепенно снижая ее плодородие [3].

Энергетические затраты также существенны. Насосные станции среднего размера мощностью 100 кВт при непрерывной работе в течение поливного сезона (около 120 дней) потребляют примерно 288 000 кВт·ч электроэнергии. При тарифе 5 рублей за кВт·ч это составляет 1 440 000 рублей только за электроэнергию.

Сокращение перерасхода воды на полив и переработки насосных станций способствуют методы и средства автоматизации. Современная концепция автоматизации процессов орошения базируется на комплексном использовании современных технологических платформ, образующих единый управленческий контур [4]. Структурно автоматизированная мелиоративная система

организована по иерархическому принципу, включающему последовательные уровни сбора и обработки информации.

Фундаментальным элементом системы выступает сеть почвенных датчиков (тензиометров), размещаемых в активной корневой зоне сельскохозяйственных культур. Контроль влажности осуществляется на стандартных горизонтах 20, 40 и 60 см, что обеспечивает репрезентативность данных о водном балансе территории. Современные модификации измерительных приборов оснащены модулями беспроводной передачи информации, осуществляющими регулярную отправку показаний на централизованный сервер. Ключевой эксплуатационной характеристикой оборудования является энергетическая независимость – автономные источники питания гарантируют непрерывную работу измерительных устройств на протяжении нескольких производственных сезонов.

Для оперативной оценки состояния агроценозов применяются специализированные онлайн-платформы, в частности ресурс OneSoil. Данный сервис предоставляет пользователям инструментарий для мониторинга фитосанитарного состояния посевов через анализ вегетационных индексов (NDVI) [5]. Пример применения данной платформы продемонстрирован на рисунке 1. Функциональность платформы позволяет идентифицировать границы сельскохозяйственных угодий, классифицировать возделываемые культуры и отслеживать динамику биометрических показателей в течение всего периода вегетации.

Практическая ценность нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) в мелиоративной практике определяется возможностью диагностики водного дефицита и состояния сельскохозяйственных культур. Критическим сигналом служит устойчивое снижение показателя на локальных участках поля.

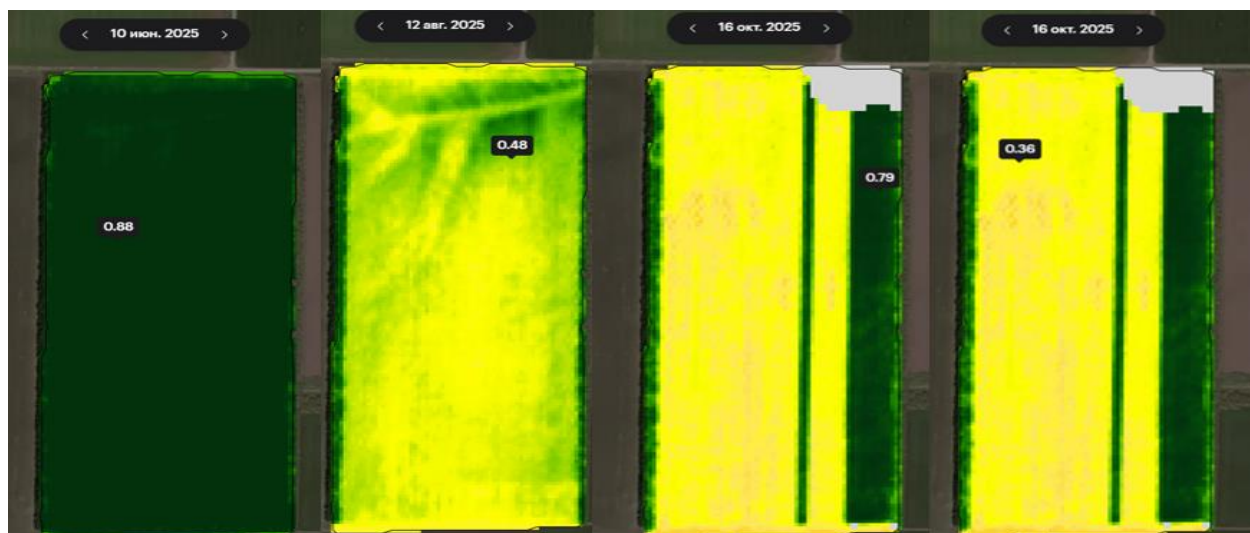


Рис. 1. Пространственное распределение индекса NDVI на сельскохозяйственных угодьях Краснодарского края

Например, уменьшение индекса с нормативных 0,7-0,8 до критических 0,4-0,5 для кукурузы свидетельствует о развитии стрессовой ситуации и необходимости оперативной коррекции поливного режима [6]. Такой подход обеспечивает переход к адресному нормированию водоподачи с учетом актуальных потребностей растений.

Совместная обработка информации от наземных сенсоров и дистанционного зондирования формирует базу для интеллектуальной системы поддержки принятия решений [7]. Специализированное программное обеспечение осуществляет сравнительный анализ текущих показателей влажности почвы с референсными значениями для конкретной фенологической фазы культуры. На основе полученных результатов генерируются управляющие воздействия для исполнительных механизмов – регулирующей арматуры и насосного оборудования.

На завершающем этапе управляющие сигналы транслируются на электромагнитные клапаны, осуществляющие дозированную подачу воды на заданные участки.

Для верификации технологической эффективности проведено сравнительное моделирование для условного участка орошаемых земель площадью 100 га, характерного для центральных районов Краснодарского края.

Результаты сопоставительного анализа традиционного и автоматизированного подходов к мелиорации систематизированы в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная эффективность систем мелиорации

Показатель	Традиционная система	Автоматизированная система	Эффект
Удельное водопотребление, м ³ /га	5500	4125	снижение на 25%
Удельное энергопотребление, кВт·ч/га	385	340	снижение на 12%
Затраты на рекультивацию, руб./га/год	5000	3000	снижение на 40%

Снижение водопотребления на 25% достигается за счет того, что полив включается только когда влажность почвы опускается ниже критического уровня. Например, вместо 10 поливов по 500 м³/га проводится 7-8 поливов, но точно в нужное время. Это сохраняет 1375 м³ воды на каждом гектаре.

Экономия электроэнергии 12% связана с уменьшением времени работы насосных станций. Меньший объем воды требует меньше времени на ее перекачку. При сокращении водопотребления на 25% пропорционально уменьшается и время работы насосов.

Снижение затрат на рекультивацию на 40% объясняется предотвращением деградации почв. Точечный полив по потребности не позволяет развиваться процессам заболачивания и засоления, поэтому требуется меньше средств на восстановление земель.

Практическая реализация в Краснодарском крае автоматизированных систем управления поливами сельскохозяйственных культур под контролем NDVI может обеспечить существенный экономический и экологический эффект. Основные преимущества включают:

- реальное водосбережение за счет полива только при необходимости;
- сохранение плодородия почв через предотвращение засоления и заболачивания;

- снижение эксплуатационных затрат на энергию и ремонт.

Рассматриваемый концептуальный подход к комплексному использованию технологий дистанционного зондирования Земли и автоматизации мелиоративных систем может быть поэтапно внедрен в хозяйствах края. Дальнейшие исследования планируется направить на детальное изучение принятых решений, адаптацию систем автоматизации в рамках концептуального подхода для локальных условий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом их специфических потребностей.

Литература

1. Михайленко Д. С., Крупенко Е. А., Хатхоху Е. И. Влияние изменения климата на системы сельскохозяйственного водоснабжения: адаптация и меры по смягчению последствий // Инновационное развитие науки и образования: проблемы, достижения и перспективы развития М.: ООО «ЭТНОС», 2025. С. 292-294.

2. Черняева С. О., Чебанова Е. Ф. Причины деградации орошаемых почв сельскохозяйственных ландшафтов // Virtuozы науки: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных за 2023 г. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 563-565.

3. Павлов А.Т., Павлова Ю.Н., Павлова П.А. Обоснование возможности предотвращения вторичного засоления полей при мелиорации // Качественное экологическое образование и инновационная деятельность - основа прогресса и устойчивого развития. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 255-264.

4. Эффективные решения по автоматизации локализованных ирригационных систем / Н. В. Островский, В. В. Ванжа, Ю. Н. Самойлюков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 11. – С. 102-107.

5. Малышевский В. А., Кирсанов А. А. Применение технологии дистанционного зондирования земли в изучении мелиоративного состояния ложа

Шапсугского водохранилища // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Международной научно-практической конференции. Том 1. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. С.264-267.

6. Малышевский В. А., Островский Н. В., Островский В. Т. Определение азота в тканях растений риса по данным космической съемки // Аграрная наука - основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: Материалы Международной научно-практической конференции, Том 1. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. – С. 267-269.

7. Малышевский В. А., Федулов Ю. П., Островский Н. В., Лебедовский И. А. Расчет содержания гумуса с использованием данных дистанционного зондирования земли // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 92. – С. 859-883.

AUTOMATION OF RECLAMATION SYSTEMS BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

E. A. Lebedeva¹, N. V. Ostrovsky²

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar,
lebedevaea21@gmail.com

² Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, @

Abstract: The article is devoted to the study of the issues of integrated application of remote monitoring technologies and automated systems to improve the efficiency of land reclamation and land protection in the Krasnodar Territory. Modern problems associated with the irrational distribution of water resources are considered. A practical approach to the creation of a conceptual automated irrigation control system based on available Earth remote sensing technologies is proposed.

Keywords: automation, land reclamation, resource saving, remote monitoring, land quality, precision farming.

ВСПАШКА ПРИЕМ - ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

О. Чандыров¹

¹Туркменский сельскохозяйственный институт, г.Дашогуз

ocandyrow.56@gmail.com

Аннотация. В статье проанализировано значение углубления основной обработки почвы. По состоянию пахотного слоя было предложено два способа: производит вспашку плугом на глубину 27–30 см с оборотом пласта, второй с применением культиваторов глубокихлителей для глубокого разрыхления. Второй способ предполагает ежегодную или периодическую (2–3года) обработку с применением культиваторов глубокихлителей с разрушением сложения почвы.

Ключевые слова: зяблевая вспашка, глубокое рыхление, углубление подпахотного слоя, плужная подошва, минерализации почвы.

Основное назначение зяблевой вспашки состоит в том, чтобы создать на поверхности пашни рыхлый мелкокомковатый слой почвы, способный поглотить всю воду осадков без значительного уплотнения почвы. Переместить верхний горизонт почвы, обогащенный за вегетационный период питательными веществами, содержащий большое количество органических остатков, в нижнюю часть пахотного слоя, где питательные вещества более доступны растению, заделать в нижнюю часть пахотного слоя семена сорняков и зимующих в растительных остатках и в поверхностном слое почвы вредителей растений и возбудителей грибных болезней. Вспашка прием обработки почвы, обеспечивающий оборачивание и рыхление обрабатываемого слоя почвы, а также подрезание подземной части растений, заделку удобрений и пожнивных

остатков [1]. Вспашка выполняется отвально-лемешными плугами с оборотом пласта (таб.1). К плугу придается дисковый нож, отрезающий пласт по вертикали. Важная часть плуга предплужник, устанавливаемый перед основным корпусом. При вспашке он подрезает верхнюю часть пахотного слоя на глубину 8–12 см и сбрасывает его на дно плужной борозды. Захват предплужника составляет примерно $\frac{3}{4}$ ширины захвата корпуса [7]. Благодаря предплужнику получается более совершенная заделка пласта и более ровная поверхность пашни. Глубина вспашки отвальными плугами зависит от почвы и назначения поля, но обычно она составляет 20–23 см, а там, где позволяет мощность гумусового горизонта 25–27 см. Для увеличения глубины вспашки при мелком пахотном слое используют плуги с почвоуглубителем, рыхлящим подпахотный слой на 10–15 см или глубокорыхлителей для глубокого разрыхления. Способы отвальной вспашки приведены в таблице 1 [6].

При вспашке на большую глубину создаются условия для накопления и сохранения влаги, а в нижней части пахотного слоя - условия для бескислородного разложения органического вещества с образованием свежего перегноя, играющего очень большую роль в цементировании мельчайших частичек почвы и пыли в более крупные отдельности. В хлопкосеющих районах Туркменистана зяблевую вспашку проводят, как правило, на глубину 27–30 см, в орошаемом хлопководстве такая глубина зяблевой вспашки особенно необходимо, так как здесь при высоких летних температурах и наличии орошения процессы разложения органического вещества протекают очень бурно [3, 4, 8].

Способы отвальной вспашки

Пахота	Глубина обработки, см	Применяемые машины- орудия	Область применения
Отвальная	16...18 18...20	Отвальные плуги с предплужниками	При перепашке паров, зяби и на маломощных почвах
Отвальная	20...22	Отвальные плуги с предплужниками	Зяблевая вспашка, главным образом под зерновые колосовые
Отвальная	25...27	Отвальные плуги с предплужниками	Под пропашные культуры на мощных или хорошо окультуренных почвах
С одновре- менным вырав- ниванием поверхност	16...18 18...20 20...22 25...27	Комбинированный пахотный агрегат из плуга с бородами или катками	Все виды вспашки

Увеличением глубины зяблевой вспашки их можно несколько замедлить. Кроме того, при глубокой зяблевой вспашке значительно повышается водопроницаемость почвы, что приводит к более производительному использованию воды и лучшему сохранению ее в почве. Положительное влияние глубины зяблевой вспашки на засоренность поля проявляется не только перед первой, но и перед последующими обработками, при этом наиболее резкие различия и наибольшая польза от глубокой вспашки получается на сильно засоренных землях [2].

На засоленных почвах преимущество глубокой зяблевой вспашки способствует лучшему опреснению почв при проведении промывных и вегетационных поливов. Весьма важное преимущество зяблевой вспашки состоит в том, что почва, вспаханная с осени на большую глубину, подвергается попеременному оттаиванию и замерзанию, отчего глыбы почвы растрескиваются, теряют связность и легко поддаются крошению на мелкокомковатые частички.

При увеличении глубины пахоты до 40 см и более на поверхность извлекаются слабо окультуренный слой почвы, бедный по содержанию питательных веществ и органического вещества. Вследствие этого растения хлопчатника длительное время находится в неблагоприятных условиях, голодают, отстают в развитии и начинают нормально развиваться только с июня-июля, когда корни хлопчатника, достигая плодородных и биологически активных слоев почвы, заделанных при вспашке на большую глубину, образуют массу деятельных корней. Но для этого требуется много времени и поэтому эффективность 40-сантиметровой вспашки получается на почвах, образовавшихся на мощных ирригационных наносах. Необходимость глубокого рыхления или углубление подпахотного слоя издавна привлекала внимание многих ученых и практиков для самых различных почвенно-климатических зон (Е. Г. Петров, 1931; Г. М. Меерсон, 1937; И. С. Рабочев, 1955; И. Н. Антипов, Каратаев, Л. П. Белякова, 1958; А. К. Кашкаров, 1958) [5, 7].

Проведенными исследованиями показано большое значение перехода к глубокой, вплоть до 30–40 см, основной пахоте в условиях орошаемого земледелия Средней Азии. По мнению исследователей, этот прием наиболее пригоден на почвах, вышедших из-под люцерны, также предварительно обогащенных питательными веществами. Почвоуглубление до 45 см, проведенное по методу Т. С. Мальцева, в сравнении с основной обработкой почвы на глубину до 27 см оказало положительное влияние на рост и развитие корней хлопчатника. Рыхление плотных подпахотных слоев почвы в сочетании с

обычной вспашкой на 30 см — один из радикальных приемов улучшения их свойств. Оно снижает объемный вес, повышает водопроницаемость, влагоемкость, накопление влаги в нижних слоях почвы и обеспечивает лучшее ее использование растениями, во многом активизирует микробиологические процессы. Разрушение плотных подпахотных слоев способствует мощному развитию корней с охватом большего объема почвы, чем при обычной вспашке. При этом, чем на большую глубину проводится рыхление подпахотного слоя, тем сильнее формируется корневая система хлопчатника. Рыхление почвы на 40–60 см, в сочетании с обычной вспашкой обеспечивает за счет развитой сети корней большее использование растениями питательных элементов из большого объема почвы. Лучший рост и развитие корневой системы положительно коррелируется с урожайностью хлопчатника. однократное углубление пахотного слоя продолжает сохранять положительные последствия на рост корней, надземных органов, плодоношение и урожай хлопка-сырца в течение трех-пяти лет.



Рис. 1. Рабочий орган глубокорыхлителя разрушает плужную подошву

Воздействия на формирование корней и урожай хлопка от глубокого рыхления усиливается при ежегодном его повторении на одном и том же участке. Поэтому применение культиваторов глубокорыхлителей для глубокого разрыхления на глубину 40–60 см является наиболее эффективным, где корни должны глубоко прорасти, чтобы получить доступ к почвенной влаге. Глубокое

разрыхление особенно полезно, когда оно используется для уничтожения плужной подошвы. Если слой почвы, находящийся ниже глубины разрыхления, содержит другие ограничения, например, кислотность, плохую структуру от солености или минерализации почвы, выгода от глубокорыхлителя будет ограничена.

Выводы. Таким образом, благоприятное влияние на структуру пахотного слоя оказывают вспашка почвы на глубину 27–30 см с последующим углублением пахотного горизонта на глубину 40–50 см, где под влиянием ежегодной вспашки на одну и ту же глубину образовался уплотненный подпахотный слой, препятствующий проникновению корней в почву и впитыванию в нее влаги. Такая обработка поддерживает оптимальное строение почвы в течение 2–3 лет в системе дифференцированной обработки почвы.

Литература

1. Воронин Н. Г. Орошаемое земледелие. М.: Агропромиздат, 1989. 336 с
2. Голованов А. И. Мелиоративное земледелие / А. И. Голованов и др. — М.: Агропромиздат, 1986. — 328 с.
3. Кузнецова Е. И. Орошаемое земледелие: учебник / Е. И. Кузнецова, Е. Н. Закабунина, Ю. Ф. Снопич. — М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. — 117 с.
4. Рыжов С. Н. Сукач И. Ф. Орошаемое земледелие. Изд. УзССР, Ташкент, 1965. 375 с.
5. Макаров, И. П. Эффективность приёмов минимализации обработки почв/ И. П. Макаров // Актуальные проблемы земледелия. — М.: Колос, 2009. — С. 82–89.
6. Карпенко А. Н. и Халанский В. Н. Сельскохозяйственные машины. — М.: Агропромиздат, 1989.

7. Гильштейн, Петр Мошкович. Почвообрабатывающие машины и агрегаты [Текст]: Конструирование и расчет / П. М. Гильштейн, Д. З. Стародинский, М. З. Циммерман. — Москва: Машиностроение, 1969. — 191 с.

8. Мухамеджанов М.-А. В. Корневая система и урожайность хлопчатника. — Ташкент: Узбекистан, 1978. — 330 с.

PLOWING SOIL CULTIVATION TECHNIQUE

¹O. Chandyrov

¹Turkmen agricultural Institute, Turkmenistan, Dashoguz city,

ocandyrow.56@gmail.com

Abstract. This article analyzes the importance of deepening primary tillage. Two methods were proposed based on the condition of the arable layer: one involves plowing with a plow to a depth of 27–30 cm with soil turnover, and the other involves using deep-ripping cultivators for deep loosening. The second method involves annual or periodic (2–3 years) cultivation using deep-ripping cultivators, breaking up the soil texture.

Keywords: autumn plowing, deep loosening, deepening the subsoil, plow pan, soil mineralization.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ	4
В.Н. Павлова, С.Е. Варчева, А.А. Карачёнова	4
АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА	
Ю.П. Переведенцев, А.А. Николаев, Б.Г. Шерстюков, Н.А. Мирсаева, Т.Р. Аухадеев, М.Ш. Тагиров, А.Д. Янгиров	12
ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ПЕРИОД 1966-2024 ГГ	
Ш.Т. Холикулов, М.А.Мазиров, М.Т.Чулиева, Д.Т. Холматова	22
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ КЛИМАТА ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА	
А.А. Галимова Е.А. Дронова	30
КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДОСТУПНОСТИ КОРМОВОЙ БАЗЫ ДЛЯ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ АСТРАХАНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА	
Денисов Е.А., Антонов Е.В.	40
РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ОТРАСЛЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	
К.Ю. Максимович, Н.Н. Воропай, В.К. Каличкин	50
РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АДАПТАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ СИБИРИ К УСЛОВИЯМ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА	
В.В. Пискарев, Н.И. Бойко, В.А. Апарина	57
УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ПОРАЖЕНИЮ ЛИСТОВЫМИ ПАТОГЕНАМИ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ИММУНИТЕТ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Д.В. Смирнов	66
ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	
Н. В. Басова, А. В. Галкин	76
ПЕРЕРАБОТКА ТРЕСТЫ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА КАК ПРИМЕР РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	
М.Е. Ламмас, А.В. Трифонова	83
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: КЛЮЧ К УСТОЙЧИВОСТИ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА	
К.А. Темирдашева, В.М. Гукеев	93
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОСАДКОВ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РЕСУРСЫ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	
В.Н. Абанников, В.А. Лобанов, А.И. Груздев, А.С. Ятченко	99
ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО И БУДУЩЕГО КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО-ЗАПАДНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ	
Д.Д. Асыллова, Н.А. Мирсаева	108
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗАМОРОЗКОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	
А. Г. Бессуднова	115
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА	
А.В. Гаврилов, В.Н. Кузьмин	122
ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОПРОИЗВОДСТВОМ В РФ	
Н.Г. Гаврилова	131
ЦЕНА ЗАСУХИ: КАК ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ПОДРЫВАЕТ АГРАРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АФРИКАНСКИХ СТРАН (НА ПРИМЕРЕ ЗАМБИИ)	
В.А. Кочнева, Н.А. Мирсаева	138
ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАСУШЛИВОСТИ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ	
А.Г. Бессуднова, Д.Р. Осьмушкина	148
АГРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ	
	157

А.В. Поварницына	
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВЫРАЩИВАНИЕ БАТАТА В РОССИИ	164
А.Р. Тяжкороб	
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (LOTUS CORNICULATUS L.) В СОЗДАНИИ СЕЯНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ	170
СЕКЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ	
Ю.П. Переведенцев, В.В. Гурьянов, Н.А. Мирсаева	170
ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ В ПЕРИОД 1980-2022 ГГ.	
М.А. Локощенко	181
СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА МОСКВЫ	
Давыденко И.В., Воропаев И.А.	191
КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕГАПОЛИСЕ	
Е.А. Жарков	203
ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	
К.В. Климова, Д.Ю. Осин	211
ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА	
Р.В. Володин	216
АНОМАЛИИ ОБЛАЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЛЕТОМ В 2025 ГОДУ	
Шишкина Т.Р., Анискина О.Г., Иванова И.А., Топтунова О.Н.	223
ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЯ ГРАДА 03 ИЮЛЯ 2023 В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ WRF-ARW	
Авдеев С.М., Свистунова Н.Ю., Минькова Я.В., Ромашкина С.И., Канунникова В.Ю., Кочешкова А.А., Дивашук М.Г.	231
СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СВЕТА КАК ФАКТОР ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА В СПИДБРИДИНГЕ	
А. И. Алейникова	237
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАСЕЙНА РЕКИ АМУР НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	
А.Ю. Большаков	243
ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ НА ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КАЗАНИ И РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	
Е.В. Винокурова, Я.В. Дробжева, Ю.В. Ефимова	253
ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЯКУТИИ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕАНАЛИЗА	
К.С. Зорина	258
ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА В ПРИКАЗАНСКОМ РАЙОНЕ	
Е.А. Кочугова, Е.А. Свирко	264
АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ СУТОЧНЫХ СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ВЫПАДАЮЩИХ НАД ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТЬЮ	
Е.Е. Парфенова, О.В. Лопастейская, И.Д. Корчагина	272
АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В УЛЬЯНОВСКЕ В КОНЦЕ XIX - НАЧАЛЕ XXI ВЕКА	
Е.В. Тихомирова	279
ИЗМЕНЕНИЕ РЕСУРСОВ ТЕПЛА И ВЛАГИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ	
Швец П. А.	288
СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ БЛОКИНГОВ НАД ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ РОССИИ И ИХ СВЯЗЬ С КРУПНОМАСШТАБНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ	
Н.М.Ахилбеков, К.Б.Абдешев	294
ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ	
Е.С. Маркова	303
ОБЗОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГРИБНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА	

И.В. Маслова, С.М. Вавилова, Л.В. Бунеева	313
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	
Е.А. Бурмистров	320
К ВОПРОСУ О ВЫРАЩИВАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОЗЕЛЕНИ БАЗИЛИКА	
О.М. Залещёнок	328
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АГРОТУРИЗМ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
А.С. Иванова, А.И. Мокану	335
К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ	
Я.В. Непогодина, А.А. Удалова, Т.В. Мельникова, Л.А. Киселева	340
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ Cs-137 В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НИФХИ им. Л.Я. КАРПОВА	
А. А. Рожнова, В. В. Шуберт	349
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ	
А.И. Сичинава, А.Г. Максименко	354
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА УЧАСТОК СЕЛЬХОЗУГОДИЙ ФГБНУ «ФНЦ РИСА» И ОЦЕНКА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	
Щепетова А.А., Бабенко А.А., Хако М.Д., Аллилуев И.А., Черникова Н.П., Бадмаева А.А., Старовойтова Н.В., Минкина Т.М.	363
ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ BRASSICA JUNCEA ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМЕДИАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ БИОСОРБЕНТОВ	
	372
СЕКЦИЯ МЕЛИОРАЦИЯ	
Ш.Т. Холикулов ¹ , И.Н.Бобобеков ¹ , Halil Erdem ² , Д.Т. Холматова ¹	372
ВЛИЯНИЕ МЕСТНОГО ВЕТРА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ СЕРОЗЕМАХ	
В.Б. Бубер, В.В. Ильинич	382
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ СТАТИСТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИХ АСИММЕТРИ В РАМКАХ ТРЁХПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	
Нигматова Д. И., Кутляров А.Н.	390
ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИХ ОХРАНЫ	
Zhunusov T.T., Kakabaev N.A., Turlybekova K.EI, Uzbergenova S.Zh.	398
IMPACT OF SOIL AND CLIMATE CONDITION OF THE AKMOLA REGION ON GRAIN SOWING TECHNOLOGY AND ADAPTIVE TILLAGE PRACTICES	
М.В. Захарова, А.В. Соколов	408
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДАМИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ БАБЫНИНСКОГО РАЙОНА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ)	
Е. А. Лебедева, Н. В. Островский	414
АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
О. Чандыров	421
ВСПАШКА ПРИЕМ - ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	

Электронное издание

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,
ПОСВЯЩЁННАЯ 165-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ**

В.А. МИХЕЛЬСОНА

**«АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА»**

Сборник статей

Издается в авторской редакции

Корректурa авторов

г. Москва ФГБУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева