

**М.С. Петухова, М.В. Кондратьев**

# Изменение климата, сельские территории и сельское хозяйство в Сибири: форсайт-прогноз<sup>1</sup>

УДК 63:551.5

**Аннотация.** В статье на основе обзора актуальных климатических и экономических исследований, а также выполненного авторами прогноза по методологии Rapid Foresight показаны основные проблемы развития сельского хозяйства и сельских территорий Сибирского федерального округа, вызванные интенсификацией климатических изменений. Наблюдаемый в сибирских регионах рост среднегодовой температуры и количества осадков может привести к улучшению сельскохозяйственной продуктивности отдельных территорий, положительно сказаться на качестве почвенных ресурсов, что станет предпосылкой для расширения зоны хозяйственной деятельности человека в северных широтах и создания новых сельских поселений. В то же время климатические изменения становятся косвенной причиной кратного увеличения количества природных чрезвычайных ситуаций. Складывающаяся ситуация требует принятия оперативных мер по придаче сельскому хозяйству статуса климатически ответственной отрасли, а также корректировке стратегий долгосрочного развития сибирских регионов.

**Ключевые слова:** сельские территории; изменение климата; сельское хозяйство; глобальное потепление; Сибирь; агроклиматические условия; растениеводство; животноводство; парниковый эффект

## Введение

Климатический аспект все чаще становится основополагающим при планировании сельского развития по всему миру [Lamonaca et al., 2022. P. 65]. Исследователи отмечают возрастающее влияние климатических изменений на аграрное производство и на сельские территории. Как прямое, так и косвенное воздействие климатических изменений порождает экологические и социальные проблемы для фермеров, ведет к экономическим сбоям, вынуждает разрабатывать стратегии адаптации

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–28–01504.

и смягчения последствий [Mahmood et al., 2021]. Помимо очевидных проблем для растениеводства, климат может оказывать негативное влияние и на животноводческие подотрасли, что указывает на актуальность изучения фактически неизбежных климатических изменений и адаптационных и компенсирующих механизмов у экономических агентов, вовлеченных в сельскохозяйственное производство [Rötter, van de Geijn, 1999].

Сельские территории России – это стратегически важный ресурс, обеспечивающий продовольственную безопасность, а также воспроизводство сельского населения и обеспечение сельского хозяйства трудовыми ресурсами. Кроме того, важнейшая функция сельских территорий – сохранение равновесия в экосистемах.

Все это непосредственно касается Сибирского федерального округа, где сосредоточено 25% лесов, 40% залежных земель и 21% сельхозугодий Российской Федерации [Kirilenko, Dronin, 2022].

При этом сельская местность подвержена многим угрозам и вызовам современного мира. Во-первых, это высокая зависимость от природно-климатических условий, вызванная ее «встроенностью» в природные экосистемы, в результате чего даже небольшое изменение в хозяйственной деятельности человека ведет к изменениям в окружающей среде, и наоборот. Во-вторых, в Сибири большая часть сельских территорий попадают в зону суровых климатических условий и рискованного земледелия. Короткий вегетационный период – существенный барьер для наращивания сельхозпроизводства в регионе. В-третьих, одним из мировых трендов является урбанизация, сопровождаемая депопуляцией сельских территорий. Так с 1990 по 2019 г. число сельских населенных пунктов в СФО сократилось на 319, а численность сельского населения – на 13%, или 638 тыс. человек [Rudoj, 2021]. Наконец, серьезным вызовом стало глобальное изменение климата, тесно связанное с первыми двумя рисками [Agnolucci, De Lipsis, 2020].

Согласно накопленным статистическим данным, увеличение концентрации парниковых газов изменяет мировой климат и увеличивает частоту и серьезность экстремальных погодных явлений. Ожидается, что глобальное потепление коренным образом изменит средний уровень и сезонную изменчивость температуры во многих регионах мира, включая российские.

Наиболее вероятно и значительно это повлияет на отечественное сельское хозяйство, во многом из-за его технологической незрелости, неготовности к климатической адаптации бизнес-процессов.

Эксперты международного научно-исследовательского института по продовольственной политике (IFPRI) предполагают, что при сохранении текущих климатических трендов на долгосрочную перспективу южные районы России, которые сегодня во многом обеспечивают продовольственную безопасность нашей страны, станут непригодны для ведения сельского хозяйства и проживания населения. Соответственно, произойдет смещение хозяйственной деятельности человека в северные широты, возможно – организация там новых населенных пунктов. При этом ожидается рост агропродовольственного потенциала регионов Сибири. В частности, прогнозируется, что уже к 2050 г. в южных районах России возможно полное прекращение выращивания пшеницы, в юго-западных – снижение урожайности на 25%, тогда как на юге Западной Сибири прогнозируется рост от 5 до 25%<sup>2</sup>. В перспективе здесь возможно расширение аграрной специализации за счет посевов новых для региона культур.

Известны и альтернативные оценки сокращения урожайности зерновых, в которых при сохранении фиксированных посевных площадей прогнозируется, что совокупная урожайность таких культур, как озимая, яровая пшеница и яровой ячмень в 2046–2065 гг. снизится соответственно на 18,0; 7,9 и 26,0%, а к концу столетия – на 31,2; 25,9 и 55,4%. Таким образом, даже если глобальное потепление положительно скажется на урожайности в ряде регионов Сибири и Северо-Востока, то его общее воздействие в масштабах страны на аграрное производство все же может оказаться разрушительным. Перенос сельскохозяйственных площадей в северные регионы страны поможет лишь смягчить этот шок, но в целом для поддержания текущих объемов производства зерна в России в условиях изменений климата требуются более энергичные адаптационные меры [Belyaeva, Bokusheva, 2018].

---

<sup>2</sup> Академик Андрей Папцов: Стратегию размещения зерновых и кормовых культур изменит климат // Крестьянские ведомости, 2018. URL: <https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=98e07b0f-6289-4678-8903-7bf5945240fd>

Все вышесказанное актуализирует исследование влияния последствий глобального изменения климата на развитие сельских территорий Сибири. Стратегически важно сегодня найти ответ на вопрос, что нужно сделать, чтобы помочь данным территориям адаптироваться к последствиям глобального изменения климата?

В своей работе мы опирались на постулат о том, что сельское хозяйство и смежные отрасли – это основополагающий вид деятельности на сельских территориях Сибири. Добыча природных ресурсов (нефте-, газодобыча и прочее), специфичная для отдельных регионов СФО, в данном исследовании не рассматривалась, так как эта тема требует отдельного изучения производственных процессов и их климатической составляющей.

### **Материалы и методы**

Целью исследования является формирование полноценной научно-обоснованной картины будущего влияния на сельское развитие уже формирующихся и предстоящих климатических изменений в Сибири, а также первичное представление о возможных стратегических и тактических адаптационных мерах, часть из которых нужно делать уже в ближайшее время. Источником информации о метеорологических показателях и явлениях послужила система специализированных массивов данных для климатических исследований АИСОРИ, а также материалы Росгидромета и МЧС России. Использованы данные аналитических и фундаментальных работ по теме исследования. В качестве методологической основы выступает Rapid Foresight, или «скоростной» форсайт, подразумевающий библиометрический анализ (сканирование и обзор) имеющихся источников с целью выявления вызовов, угроз и «окон возможностей» для объекта прогнозирования, в данном случае – сельских территорий и сельского хозяйства Сибирского федерального округа.

### **Результаты**

Климат – это основной фактор, определяющий успешность и продуктивность сельскохозяйственного производства. При этом, несмотря на высокий уровень зависимости от внешних условий, сельскохозяйственные системы все-таки являются управляемыми, то есть могут заранее подготовиться к их воздействию, снижая возможные негативные эффекты. Во всяком

случае, адаптироваться к изменяющимся экономическим условиям домохозяйства и сельхозфирмы уже научились, что позволяет предположить и их способность приспособиться к возможным климатическим изменениям [Agnolucci, De Lipsis, 2020].

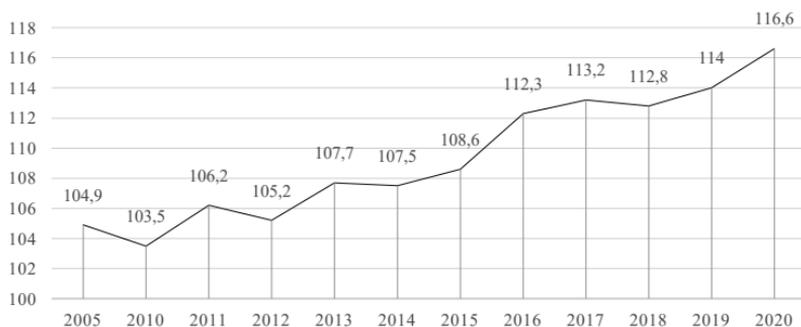
Однако такая адаптация будет очень затратной для будущих поколений, поскольку потребует создания инфраструктуры, устойчивой к изменениям климата, инвестирования в разработку и внедрение новых агротехнологий и технологий, препятствующих потере биоразнообразия, и пр. По оценкам ООН, затраты на борьбу с изменением климата во всем мире к 2030 г. могут составить около 4% глобального ВВП<sup>3</sup>. Отсутствие же адаптационных мероприятий может привести к значительным потерям, в том числе в сельскохозяйственном производстве – одном из наиболее климатически зависимых секторов экономики. В связи с этим уже сейчас необходим запуск масштабной программы подготовки российской экономики, включая сельское хозяйство, к последствиям глобального изменения климата.

Следует отметить, что и сам аграрный сектор является одним из основных источников парниковых газов, которые ускоряют климатические изменения, причем в последние 15 лет объем его выбросов заметно вырос (рис. 1). Наиболее существенный вклад в объем выбросов имеют такие процессы, как возделывание почвы (54%), внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных (33,5%), а также системы сбора и хранения навоза (11,1%).

Это актуализирует задачу превращения отечественного АПК в климатически ответственный сектор экономики с тем, чтобы не допустить интенсификации его влияния на климатические условия в стране. В большинстве стран основной вклад в углеродный след сельскохозяйственного производства дает животноводство, однако в России продолжающееся уже много лет сокращение поголовья скота и в целом – экономической активности животноводческих предприятий, выдвинуло на первый план растениеводство, которое, по-видимому, будет лидировать и в дальнейшем.

---

<sup>3</sup> Climate Protection May Cut World GDP 4% by 2030, UN Says. Bloomberg. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-01-16/climate-protection-may-cost-4-of-world-gdp-by-2030>



**Источник.** Окружающая среда. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194>

*Рис. 1.* Объем выбросов парниковых газов (сельское хозяйство) в России, 2005–2020 гг., млн т CO<sub>2</sub> эквивалента в год

Согласно данным Росгидромета, на территории России в XXI в. среднегодовая температура повышается быстрее, чем во всем мире. Это ведет к нарастанию количества и масштабов аномальных и экстремальных природных явлений и может обернуться ущербом от накопленных климатических изменений в долгосрочном периоде. Действительно, за последние 12 лет площади, пройденные пожарами в России, увеличились втрое, растет интенсивность засух и наводнений. В то же время 60–65% территории России покрыта многолетней мерзлотой, следствием таяния которой может стать высвобождение больших объемов парниковых газов и изменение ландшафтов [Liefert W., Liefert O. 2015].

Главная особенность климатических изменений в России – их многообразие (в связи с обширной и разнообразной территорией) и неоднозначность влияния на экосистемы, экономику и население страны. Выделим следующие климатические изменения, характерные для северного полушария.

*Потепление, рост среднегодовой температуры*, которые связывают с увеличением атмосферной концентрации парниковых газов на 25% в период с 1976 по 2020 г. Темп потепления в этот период составил 0,18° С за каждые 10 лет, а в Северной полярной области – 2,64° (!). По предварительным данным Гидрометцентра России, 2022 г. стал в нашей стране вторым самым теплым в метеорологической летописи с 1891 г. после 2020 г. [Изменения..., 2022. С. 63]. В 2022 г. в большинстве регионов Сибирского

федерального округа зафиксированы отклонения от климатических норм<sup>4</sup> по значениям среднемесячных температур (табл. 1).

В среднем по Сибирскому федеральному округу отклонение от нормы среднемесячной температуры воздуха по июлю 2022 г. составило  $-0,3$  °С. По отдельным регионам Западной Сибири среднемесячная температура выше на  $1-2^{\circ}$  (Республика Алтай, Республика Хакасия, Алтайский край и Омская область), что свидетельствует о значительном изменении температурных условий.

**Таблица 1. Отклонение среднемесячной температуры в июле 2022 г. от климатических норм в Западной Сибири**

Регион	Среднемесячная температура в июле 2022 г.	Климатическая норма в 1991–2020 гг.	Отклонение, +/-
Республика Алтай	18,0	15,3	2,7
Республика Тыва	19,6	21,1	-1,5
Республика Хакасия	19,0	17,3	1,7
Алтайский край	19,9	18,2	1,7
Красноярский край	16,9	19,1	-2,2
Иркутская область	16,7	19,0	-2,3
Кемеровская область	17,3	19,3	-2
Новосибирская область	18,7	20,2	-1,5
Омская область	20,6	19,4	1,2
Томская область	17,8	18,8	-1

В качестве наглядного примера изменения данного климатического показателя мы рассмотрели динамику среднемесячной температуры в мае по метеостанции в п.г.т. Ордынское Новосибирской области (рис. 2).

Отчетливо видна тенденция нарастания среднемесячной температуры: в период с 1948 по 2020 гг. рост составил  $4,9$  °С, или 50%.

*Увеличение количества осадков*, по различным данным, на  $5-10$  мм/год. По данным Росгидромета, в части регионов Сибири количество осадков зимой превышает многолетние нормы, а в республиках Алтай и Тыва, Кемеровской области стремится к 200% (в январе), при этом летом в абсолютном большинстве

<sup>4</sup> Климатическая норма – это среднее значение температуры, статистически полученное из многолетнего ряда наблюдений в данной местности.

регионов осадки ниже нормы (табл. 2). Так, регионы аграрной специализации в 2021 г. оказались в ситуации засухи, которая не позволила обеспечить запланированные показатели продуктивности растениеводства.

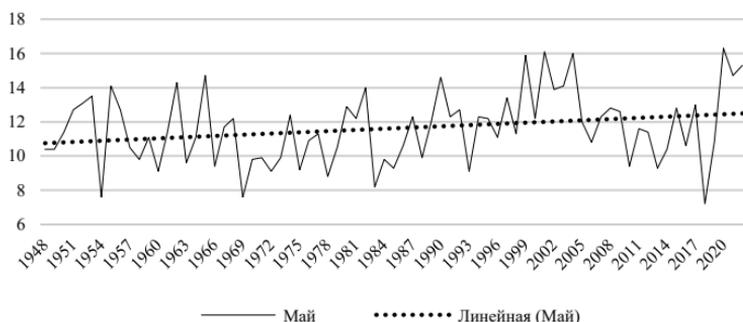


Рис. 2. Динамика среднемесячных температур в мае по метеостанции в п.г.т. Ордынское Новосибирской области в 1948–2020 гг.

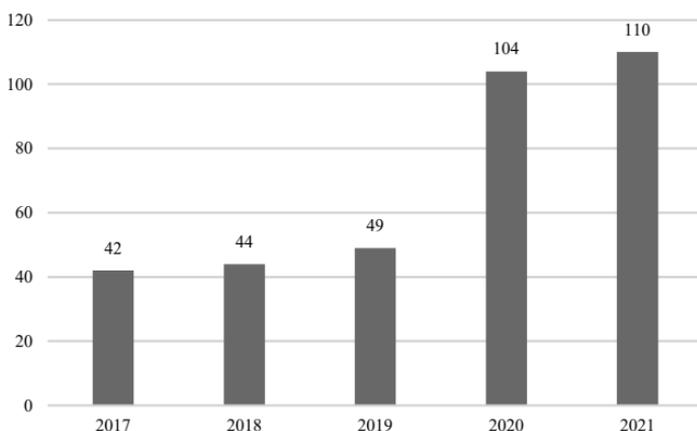
Отсутствие стабильной климатической обстановки является базовым риском для ведения сельского хозяйства, приводит к необходимости дополнительных инвестиций в страхование, усугубляет экономическую дифференциацию субъектов малого и среднего бизнеса [Rötter, van de Geijn, 1999].

Таблица 2. Количество осадков в регионах Сибири в 2021 г.

Регион	Осадки, январь, мм	% от нормы осадков	Осадки, июль, мм	% от нормы осадков
Республика Алтай	19	170	63	80
Республика Тыва	14	195	64	96
Республика Хакасия	41	69	76	72
Алтайский край	31	139	30	50
Красноярский край	26	118	60	111
Иркутская область	22	122	57	40
Кемеровская область	49	153	59	78
Новосибирская область	17	85	56	94
Омская область	16	82	77	122
Томская область	26	102	85	124

Источник. Окружающая среда. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194>

*Рост числа и масштабов экстремальных природно-климатических явлений:* наводнений, ураганов, тропических циклонов, лесных пожаров. Особенно это характерно для Сибири и Арктической зоны. По оценочным данным МЧС РФ, природные чрезвычайные ситуации являются наиболее чувствительными для экономики и социума страны в части последствий в виде экономического ущерба и количества пострадавших. Количество природных чрезвычайных ситуаций в последние пять лет неуклонно растет. Так, в 2021 г. их было на 161,9% больше, чем в 2017 г. (рис. 3).



**Источник.** Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году». М.: МЧС России. ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», 2022. 250 с.

*Рис. 3.* Количество природных чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации в 2017–2021 гг., ед.

Отметим, что Сибирский федеральный округ является вторым макрорегионом России по количеству чрезвычайных природных ситуаций. В его регионах за 2021 г. таковых зафиксировано 17, в том числе 7 – в республике Тыва, 5 – в Иркутской области. А в 2020 г. Новосибирская область заняла первое место в стране по числу ландшафтных пожаров.

Традиционно наиболее распространённые типы природных чрезвычайных ситуаций – паводки и лесные пожары, но в последнее время участились также случаи зооинфекций,

поражения сельхозрастений болезнями и вредителями, что во многом обусловлено повышением средней температуры.

*Сокращение площади арктического морского льда, снежного покрова и вечной мерзлоты.* В период с 1975 по 2020 гг. расчетная масса ледников во всем мире сократилась на 30%. На российских арктических островах масса арктического льда на суше уменьшилась приблизительно на 500 Гт. Сильнее всего сократился баланс льда в арктических районах Северной Америки, Гренландии и в северных районах Центральной Сибири, что связывают с повышением среднегодовой температуры на планете [Изменения..., 2022. С. 55–56].

Аналогичная ситуация наблюдается со снежным покровом, площадь которого в период с 1971 по 2019 гг. сократилась во всем мире на 21%, а на евразийском континенте – на 25%.

Снежный покров оказывает серьезное воздействие на температуру на планете в силу его изолирующих свойств и способности отражать солнечные лучи. Поэтому сокращение его площади может сильно ускорить процессы глобального потепления.

Проекция глобальных изменений климата на территорию России и Сибири имеет ряд особенностей. Потепление на суше России происходит вдвое быстрее, чем в целом по миру (в среднем на 0,5° С за 10 лет), а в Арктической зоне (далее АЗРФ) еще быстрее (на 0,7° С за такой же период). Для Российской Арктики характерны максимальные значения зимних потеплений, уменьшение разности между максимальной и минимальной суточной температурой [Изменения..., 2022. С. 69].

Эти обстоятельства способствуют улучшению теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, так как температура почвы на разных глубинах повышается, и в целом могут оказать положительное влияние на сельскохозяйственное производство в северных регионах нашей страны. При этом в период с 1976 по 2020 гг. сложилась тенденция сокращения продолжительности залегания снежного покрова, особенно на юге Западной и севере Средней Сибири. Вкупе с ростом температуры и количества осадков зимой это приведет к увеличению снегонакопления и продолжительности вегетационного периода, что положительно скажется на выращивании сельхозкультур в сибирских регионах.

Изменяется под воздействием глобального потепления и гидрологический цикл рек. В крупных водосборах Лены и Енисея ожидается рост годового стока. В горных и предгорных районах юга Западной Сибири, Восточных Саян, бассейна Амура происходит увеличение расхода воды. В отличие от юга России, в Сибири прогнозируется сокращение продолжительности сухого периода<sup>5</sup>. В Восточной Сибири ожидается рост максимальной суточной суммы осадков. Для АЗРФ рост максимальных осадков составит 15 и 33% соответственно в середине и конце XXI в. [Там же. С 66–67].

Прогнозируемые изменения климата оказывают неоднозначное влияние на один из важнейших для сельского хозяйства показателей: углеродный баланс почв. Так, повышение температуры может привести к сокращению органического вещества в почве, а увеличение осадков, напротив, вызывает рост его запасов [Mahmood et al., 2021; Rötter, van de Geijn, 2022]. В этой связи наблюдаемые тенденции усиления засушливости в южных регионах России – основных производителей сельскохозяйственной продукции – свидетельствуют о дополнительных рисках для продовольственной безопасности нашей страны.

С целью минимизации последних необходима диверсификация географии посевов, ввод в сельскохозяйственный оборот новых земель, в том числе расположенных на территории Сибири. По мнению академика А.Г. Папцова, «если сейчас не готовиться к переносу основных зон производства зерновых на более северные территории, через несколько лет можно будет услышать немало заявлений о “внезапных” засухах, которые нанесут фатальные удары по сельскому хозяйству Юга России»<sup>6</sup>.

Климатически обусловленная урожайность яровой пшеницы в азиатской части России в настоящее время составляет 90–95% от уровня 1961–1990 гг. [Kirilenko, Dronin, 2022]. При этом данные мониторинговых систем НИЦ «Планета», оценивающих состояние посевов зерновых культур в сибирских регионах, свидетельствуют о разности потенциала выращивания зерновых в регионах Сибири.

---

<sup>5</sup> Сухой период – непрерывный период с осадками менее 1 мм/сут.

<sup>6</sup> Академик Андрей Папцов: Стратегию размещения зерновых и кормовых культур изменит климат // Крестьянские ведомости, 2018. URL: <https://www.ras.ru/digest/showdnews.aspx?id=98e07b0f-6289-4678-8903-7bf5945240fd>

Так, в 2022 г. хорошее состояние посевов зерновых культур наблюдалось только на 25,8% общей посевной площади, удовлетворительное – на 67,4%. В настоящее время наиболее благоприятными для выращивания зерновых являются Новосибирская область и Алтайский край, в которых процент пашни с хорошим качеством посевов находится в диапазоне 45–60%.

В Новосибирской области высоким качеством посевов зерновых по итогам мониторинга 2022 г. отличаются Черепановский (91,1%), Сузунский (86,8%) и Маслянинский (85,2%) районы. Именно на этих территориях ведется активная экспансия вертикально интегрированных агрохолдингов. В Алтайском крае хорошее и удовлетворительное качество посевов фиксируется в центральной части, на западе и юге края. Наихудшая ситуация складывается на территориях, пограничных с Республикой Алтай и Казахстаном.

### **Обсуждение**

Учеными Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН прогнозируется замещение в Сибирском федеральном округе лесостепи степью, существенная трансформация ландшафтов мерзлоты в сторону роста их продуктивности [Ryazanova, Voropaу, 2017]. Это говорит о возможности расширения посевных площадей в новые степные зоны региона. Кроме того, согласно прогнозу Росгидромета, повышение температуры в Западной и Восточной Сибири не будет сопровождаться засухами и затронет в большей степени весенний период, что позволит использовать в сельскохозяйственном производстве позднеспелые культуры и увеличит общую урожайность<sup>7</sup>. Это можно отнести к большинству регионов Сибирского федерального округа, за исключением, может быть, республик Хакасия и Тыва, где уже сейчас имеются засушливые территории с низким уровнем урожайности сельскохозяйственных культур.

Изменения климата уже меняют условия для ведения сельского хозяйства в России, например, в Волгоградской области стали появляться винодельческие районы, с течением времени прогнозируется появление таких хозяйств и в Алтайском крае,

---

<sup>7</sup> Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.

тогда как южные территории страны, которые традиционно были винодельческими, из-за участившихся засух все чаще теряют в объемах и качестве производимой продукции<sup>8</sup>. Аналогичная ситуация сейчас сложилась в Канаде, где местные производители начали выращивать виноград, а также другие альтернативные сельскохозяйственные культуры.

Таким образом, главным последствием прогнозируемых климатических изменений на территории Сибири станет сдвиг посевных площадей на север и появление возможностей для выращивания новых сельскохозяйственных культур, ранее не характерных для сибирских регионов. Неплохие перспективы складываются и для животноводческих хозяйств: предполагаемые климатические изменения могут привести к увеличению периода выпаса скота на летних пастбищах и сокращению сроков стойлового содержания, что, несомненно, положительно скажется на продуктивности стада.

Однако использование открывающихся перспектив будет сопровождаться рядом сложностей, связанных с необходимостью создания новых сортов культур, внедрения инновационных агротехнологий, которые позволят сделать сельскохозяйственное производство более климатонезависимым [Верхозина и др., 2022; Изменения..., 2022. С. 183–187]. Глобальное потепление несет для сельских территорий Сибири не только преимущества, но и серьезные угрозы, способные препятствовать успешному наращиванию сельхозпроизводства и вовлечению в него новых территорий.

1. Увеличение числа и масштабов экстремальных природно-климатических явлений.

2. Рассинхронизация фенологических фаз у растений и опылителей.

3. Таяние вечной мерзлоты ускоряет процессы заболачивания территорий.

4. Растет вероятность торфяных пожаров.

5. Ожидаются вспышки размножения насекомых-вредителей. Например, прогнозируется расширение ареала опасного итальянского пруса на север и северо-восток России.

---

<sup>8</sup> Озимые на юге России пострадали от заморозков и засухи // Агроинвестор [Эл. ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/regions/news/33636-ozimye-na-yuge-rossii-postradali-ot-zamorozkov-i-zasukhi/> (дата обращения: 20.06.2023).

Дополнительным стимулом к трансформации сельских территорий Сибири станет развитие туризма, в том числе экологического. Оценочное увеличение продолжительности комфортной температуры для туристов в Сибири к концу XXI в. составляет 1–2 месяца, в то же время сокращается число дней с температурой в диапазоне от  $-25$  до  $-15$  °С [Изменения..., 2022. С. 242–245]. Все это оказывает положительное влияние на рекреационный бизнес. Создание соответствующей инфраструктуры в сельской местности придаст ускорение ее социально-экономическому развитию [Петухова, 2022].

В дальнейших исследованиях авторы намерены сосредоточиться на более детальном освещении представленных «окон возможностей» для сельскохозяйственного производства и сельских территорий Сибири в условиях глобального изменения климата.

### **Заключение**

Климатические изменения пока не сильно сказываются на сельскохозяйственном производстве России, однако уже сейчас необходимо формирование качественной стратегии дальнейшего развития аграрного сектора, содержащей ответы на вызовы, которые могут возникнуть в обозримой перспективе. Увеличение среднегодовой температуры, количества осадков при сохранении выделенного тренда могут сыграть как положительную, так и отрицательную роль для ведения сельского хозяйства, а перемещение сельскохозяйственных зон с юга страны на север не способно стать равноценной заменой в плане сохранения объемов и качества сельскохозяйственной продукции.

По своим качественным характеристикам почвы в Сибири значительно уступают плодородному чернозему юга, так что уровень урожайности сельхозкультур в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской области в 2–3 раза выше, чем сибирских регионах, даже в долгосрочной перспективе. Если на Юге России доля пшеницы 3-го класса в урожае доходит до 90%, то в Сибири составляет в среднем 60–70%. При этом валовой сбор зерна только в трех южных регионах вдвое выше, чем во всем Сибирском федеральном округе в 2022 г.

В Сибири расположено 782 тыс. га залежных земель, которые теоретически могут быть вовлечены в сельскохозяйственный оборот. При средней урожайности зерновых культур в 20 ц/га,

дополнительный валовой сбор может составить 1,6 млн т. В совокупности прогнозируемый валовой сбор в СФО в 2,5 раза ниже его объема в южных регионах.

Ввод залежных земель в сельскохозяйственный оборот будет сопровождаться значительными технико-технологическими трудностями, необходимостью проведения агромелиоративных мероприятий. Но это основа будущей продовольственной безопасности России перед лицом глобального изменения климата, поэтому уже сейчас необходимо начинать готовиться к нему.

Тревожная ситуация с увеличением количества природных и биолого-социальных чрезвычайных ситуаций также требует внимания. Назрела необходимость разработки стратегий управления рисками в сельском хозяйстве, в том числе и в части недопущения возникновения эпизоотических очагов, а также территорий, непригодных для ведения сельского хозяйства.

В целом сибирский макрорегион вполне может стать основным для развития растениеводства и животноводства России в прогнозируемом будущем, однако лишь при условии значительных инвестиций в ведение ответственного и устойчивого сельского хозяйства. Уже наблюдаемые природно-климатические изменения должны обязательно учитываться при разработке стратегий и мероприятий долгосрочного развития сибирских регионов, направленных на обеспечение устойчивости экосистем сельских территорий.

## Литература/References

*Верхозина А.В., Воронин В.И., Морозова Т.И. и др.* Формирование концептуальных основ оценки экологических рисков состояния растительного покрова. В кн.: *Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории*. Новосибирск: Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, 2022. С. 91–138.

Verkhovina, A.V., Voronin, V.I., Morozova, T.I. et al. (2022). Formation of conceptual foundations for assessing environmental risks of vegetation cover. In: *Fundamental principles, methods and technologies of digital monitoring and forecasting of the ecological situation of the Baikal natural territory*. Novosibirsk. V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS. Pp. 91–138. (In Russ.).

Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы: Монография / Под ред. акад. РАН Б.Н. Порфирьева, чл.-корр. РАН В.И. Данилова-Данильяна. М.: Научный консультант, 2022. 514 с.

Porfir'ev, B.N., Danilov-Danil'yan V.I. (Ed.). (2022). *Climate Change and the Russian Economy: Trends, scenarios, forecasts*. Monograph. Moscow. Nauchnyi konsul'tant, 514 p. (In Russ.).

Петухова М.С., Рудой Е.В., Орлова Н.В. Оценка влияния инновационной активности в сельскохозяйственном производстве на уровень жизни сельского населения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (386). С. 111–115.

Petukhova, M.S., Rudoi, E.V., Orlova, N.V. (2022). Assessment of the impact of innovative activity in agricultural production on the standard of living of the rural population. *International Agricultural Journal*, Vol. 2 (386). Pp. 111–115. (In Russ.).

Agnolucci, P., De Lipsis, V. (2020). *Long-run trend in agricultural yield and climatic factors in Europe*. *Climatic Change* 159. Pp. 385–405.

Belyaeva, M., Bokusheva, R. (2018). *Will climate change benefit or hurt Russian grain production? Statistical evidence from a panel approach*. *Climatic Change*, Vol. 149. Pp. 205–217.

Kirilenko, A., Dronin, N. (2022). *Recent grain production boom in Russia in historical context*. *Climatic Change*, Vol. 171. P. 22.

Lamonaca, E., Bouzid, A., Caroprese, M. et al. (2022). *A framework towards resilient Mediterranean eco-solutions for small-scale farming systems*. *Agric & Food Secur*, Vol. 11. P. 65.

Liefert, William, M. & Liefert Olga (2015). *Russia's potential to increase grain production by expanding area*. *Eurasian Geography and Economics*, Vol. 56. Pp. 505–523.

Mahmood, F., Khokhar, M.F. & Mahmood, Z. (2021). *Investigating the tipping point of crop productivity induced by changing climatic variables*. *Environ Sci Pollut Res*. Pp. 2923–2933.

Rötter, R., van de Geijn, S. (1999). *Climate Change Effects on Plant Growth. Crop Yield and Livestock*. *Climatic Change*, Vol. 43. Pp. 651–681.

Rudoi, E.V. (2021). *The Siberian village: features and conditions of integrated development*. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. Vol. 91. No. 2. Pp. 97–101.

Ryazanova, A.A., Voropay, N.N. (2017). *Droughts and Excessive Moisture Events in Southern Siberia in the Late XXth – Early XXIst Centuries*. The open access volume of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). Vol. 96. No. 1. 012015. DOI: 10.1088/1755–1315/96/1/012015

Статья поступила 05.06.2023

Статья принята к публикации 09.06.2023

**Для цитирования:** Петухова М.С., Кондратьев М.В. Изменение климата, сельские территории и сельское хозяйство в Сибири: форсайт-прогноз // ЭКО. 2023. № 8. С. 155–171. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2023-8-155-171

### Информация об авторах

Петухова Марина Сергеевна (Новосибирск) – доктор экономических наук. Новосибирский государственный аграрный университет.

E-mail: petuhova\_ms@nsau.edu.ru; ORCID: 0000–0003–0133–2851

*Кондратьев Михаил Викторович* (Новосибирск) – аспирант. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН; Новосибирский государственный аграрный университет.

E-mail: kondratevmv@nsau.edu.ru; ORCID: 0000–0003–3606–5327

**For citation:** Petukhova, M.S., Kondratyev, M.V. (2023). Climate Change, Rural Areas and Agriculture in Siberia: Foresight Projection. *ECO*. No. 8. Pp. 155–171. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-8-155-171

## Summary

*M.S. Petukhova, M.V. Kondratyev*

### **Climate Change, Rural Areas and Agriculture in Siberia: Foresight Projection**

**Abstract.** Based on a review of current climatic and economic studies, as well as the authors' forecast using Rapid Foresight methodology, the paper shows the main problems in the development of agriculture and rural areas of the Siberian Federal District caused by the intensification of climate change. The growth of average annual temperature and precipitation observed in the Siberian regions may lead to an improvement in agricultural productivity of certain territories, and have a positive impact on the quality of soil resources, which will be a prerequisite for expanding the zone of human economic activity in the northern latitudes and creating new rural settlements. At the same time, climatic changes become an indirect cause of a multiple increase in the number of natural emergencies. The current situation requires prompt measures to give agriculture the status of a climate-responsible industry, as well as to adjust the strategies of long-term development of Siberian regions.

**Keywords:** *rural areas; climate change; agriculture; global warming; Siberia; agro-climatic conditions; crop production; livestock husbandry; greenhouse effect*

### **Information about the authors**

*Petukhova, Marina Sergeevna* (Novosibirsk) – Doctor of Economic Sciences, Novosibirsk State Agrarian University

E-mail: petuhova\_ms@nsau.edu.ru; ORCID: 0000–0003–0133–2851

*Kondratyev, Mikhail Viktorovich* (Novosibirsk) – Post Graduate Student, Junior Research Associate. Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS; Novosibirsk State Agrarian University.

E-mail: kondratevmv@nsau.edu.ru; ORCID: 0000–0003–3606–5327