



ГЕОЭКОЛОГИЯ/GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.104> EDN: VWGLLC

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Научная статья

Петров Д.А.^{1,*}, Никонорова И.В.², Буторов Н.С.³¹ ORCID : 0009-0003-0318-938X;² ORCID : 0000-0001-9250-1918;^{1,2,3} Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (daniil_0115[at]bk.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена комплексному анализу современных тенденций развития альтернативной энергетики в контексте перехода к устойчивому развитию. Проведено исследование технологических особенностей и экономической целесообразности использования основных видов возобновляемых источников энергии, включая солнечную, ветровую, биоэнергетику, гидроэнергетику и перспективные направления водородной энергетики. Особое внимание уделено детальной оценке потенциала внедрения технологий возобновляемой энергетики на региональном уровне, на примере Чувашской Республики, с рассмотрением потенциала внедрения технологий выработки, на основе солнечной энергии, ветровой, биоэнергетики, гидроэнергетики, и водородной энергетики. Статья обосновывает вывод о том, что ключевым направлением для региона является развитие биоэнергетики, основанной на переработке органических отходов агропромышленного комплекса и твердых коммунальных отходов.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), биоэнергетика, биогаз, устойчивое развитие, Чувашская Республика, твердые коммунальные отходы (ТКО), декарбонизация, энергетическая безопасность, агропромышленный комплекс.

PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS AND FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN THE REPUBLIC OF CHUVASHIA

Research article

Petrov D.A.^{1,*}, Nikonorova I.V.², Butorov N.S.³¹ ORCID : 0009-0003-0318-938X;² ORCID : 0000-0001-9250-1918;^{1,2,3} Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation

* Corresponding author (daniil_0115[at]bk.ru)

Abstract

This article is devoted to a complex analysis of current tendencies in the development of alternative energy in the context of the transition to sustainable development. A study has been conducted on the technological characteristics and economic viability of using the main types of renewable energy sources, including solar, wind, bioenergy, hydropower and promising areas of hydrogen energy. Particular attention is paid to a detailed evaluation of the potential for implementing renewable energy technologies at the regional level on the example of the Chuvash Republic, examining the potential for implementing technologies based on solar, wind, bioenergy, hydropower and hydrogen energy. The paper substantiates the conclusion that the key area for the region is the development of bioenergy based on the processing of organic waste from the agro-industrial complex and solid municipal waste.

Keywords: alternative energy, renewable energy sources (RES), bioenergy, biogas, sustainable development, the Chuvash Republic, municipal solid waste (MSW), decarbonisation, energy security, agro-industrial complex.

Введение

Современный этап развития мирового сообщества характеризуется возрастающим осознанием ограниченности традиционных углеводородных ресурсов и обострением экологических проблем, обусловленных антропогенным воздействием на климатическую систему планеты. В связи с этим происходит кардинальная трансформация энергетического сектора, ключевым вектором развития которого является переход к возобновляемым и альтернативным источникам энергии (ВИЭ). Данный переход диктуется не только необходимостью поддержания экологического баланса, но и экономической целесообразностью, связанной с обеспечением энергетической безопасности и независимости отдельных регионов и государств в целом. Актуальность развития альтернативной энергетики подтверждается принятием стратегических документов на международном и национальном уровнях, таких как Европейский зеленый курс (European Green Deal) и Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года [2].

В научной литературе последних лет активно обсуждаются вопросы трансформации энергетического сектора в контексте перехода к низкоуглеродной экономике [10]. Как отмечают исследователи, для российских регионов ключевой проблемой является адаптация общемировых трендов к локальным физико-географическим и экономическим условиям [10]. Особый интерес представляет оценка потенциала возобновляемых источников энергии

в субъектах РФ с развитым агропромышленным комплексом, где биоэнергетика может стать важной частью устойчивого развития региона [10].

Современный энергетический переход обусловлен не только истощением углеводородных ресурсов, но и нарастающей климатической напряженностью, отраженной в выводах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Эти вызовы стимулируют глобальный поиск низкоуглеродных решений, способных обеспечить устойчивый экономический рост без дальнейшей деградации окружающей среды. В данном контексте возобновляемая энергетика трансформируется из альтернативного направления в ключевой драйвер технологического и экономического развития, формируя новые рынки, высокотехнологичные рабочие места и способствуя достижению целей устойчивого развития.

Целью настоящего исследования является комплексный анализ физико-географических и экономических условий Чувашской Республики для определения наиболее перспективных направлений развития альтернативной энергетики и обоснования потенциала биоэнергетики как ключевого элемента устойчивого развития региона.

Материалами исследования послужили:

– научные публикации по проблематике возобновляемой энергетики, индексируемые в базе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ);

– данные государственных докладов о состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации;

– официальные документы стратегического планирования Российской Федерации в сфере энергетики;

– статистические данные о состоянии агропромышленного комплекса региона.

В работе использовались методы сравнительного анализа, систематизации информации, а также метод территориальной дифференциации при оценке потенциала размещения объектов альтернативной энергетики.

Современное состояние ключевых видов альтернативной энергетики

Ключевыми сегментами альтернативной энергетики являются солнечная, ветровая, гидроэнергетика, биоэнергетика и водородная энергетика [2].

Солнечная энергетика базируется на прямом преобразовании солнечного излучения в электрическую (фотогальваника) или тепловую энергию (солнечные коллекторы). Эффективность современных фотоэлектрических панелей стабильно растет, а себестоимость производства энергии снижается, что делает данный способ выработки энергии всё более конкурентоспособным. К преимуществам относится модульность и возможность размещения на непродуктивных землях, крышах зданий и фасадах. Основным недостатком остается зависимость от времени суток и погодных условий, что требует развития систем накопления энергии. Эффективность использования солнечной энергетики напрямую зависит от режима инсоляции, характеризующегося годовым приходом солнечной радиации, распределением по сезонам и количеством дней солнечного освещения [7], [8], [9].

Ветроэнергетика базируется на использовании кинетической энергии воздушных масс. Установки подразделяются на прибрежные (офшорные) и наземные (оншорные). Развитие офшорных ветропарков, характеризующихся более высокими и стабильными скоростями ветра, является одним из наиболее перспективных глобальных трендов. Как и солнечная выработка энергии, ветроэнергетика отличается переменчивым характером выработки. Критически важным фактором является детальная оценка ветрового режима территории: среднегодовая и сезонная скорость ветра, его преобладающее направление, повторяемость штилей [6].

Гидроэнергетика. Особый интерес представляет потенциал малой гидроэнергетики, основанной на использовании энергетического потенциала малых рек. В отличие от крупных гидроэнергетических объектов, оказывающих значительное преобразующее воздействие на экосистемы, малые ГЭС характеризуются существенно более низким экологическим следом при сохранении ключевого преимущества — способности обеспечивать стабильную и прогнозируемую выработку электроэнергии, независимо от времени суток и погодных условий.

Биоэнергетика занимается получением энергии из биологического сырья (биомассы). Это наиболее традиционный и диверсифицированный сегмент, включающий: сжигание древесных и сельскохозяйственных отходов, производство биогаза из органических отходов агропромышленного комплекса путем анаэробного сбраживания, производство биотоплива для транспорта. Развитие биоэнергетики является важнейшим направлением в контексте перехода к «зеленой» экономике и устойчивому развитию аграрных регионов [10]. Главным преимуществом биоэнергетики является способность обеспечивать стабильную, управляемую выработку, утилизируя при этом отходы и решая проблему их захоронения.

Водородная энергетика, хотя и находится на ранней стадии коммерциализации, рассматривается как ключевой элемент декарбонизации производств. «Зеленый» водород, производимый путем электролиза воды с использованием электроэнергии от ВИЭ, может стать решением для накопления энергии и декарбонизации отраслей, таких как тяжелая промышленность. Несмотря на высокую стоимость производства, хранения и логистики «зеленого» водорода, ведутся интенсивные научно-исследовательские работы, направленные на снижение издержек и создание безопасной инфраструктуры.

Потенциал и перспективы развития альтернативной энергетики в Чувашской Республике

Анализ потенциала развития альтернативной энергетики в регионе целесообразно проводить, разделяя физико-географические (природно-климатические) и экономические факторы. К физико-географическим относятся: режим солнечной инсоляции, ветровой потенциал, гидрологические характеристики рек. К экономическим — структура агропромышленного комплекса, объемы образования органических отходов, состояние энергетической инфраструктуры.

3.1. Физико-географические условия

Чувашская Республика, обладая специфическими физико-географическими условиями, демонстрирует дифференцированный потенциал для развития различных направлений альтернативной энергетики.

Солнечная энергетика. Потенциал солнечной энергетике в Чувашской Республике можно охарактеризовать как умеренный. Согласно данным Государственного доклада [6], среднегодовой приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность составляет около 1050–1150 кВт·ч/м², что ниже показателей южных регионов России, но достаточно для рентабельного использования фотоэлектрических технологий. Стоит отметить, что эффективность солнечных энергетических систем зависит от точного учета инсоляционных характеристик территории [7], [8]. Режим инсоляции в регионе отличается выраженной сезонностью: до 75% солнечной радиации поступает в период с апреля по сентябрь. Количество пасмурных дней в году существенно превышает количество солнечных, что необходимо учитывать при проектировании фотоэлектрических станций. В связи с этим наиболее эффективным представляется размещение фотоэлектрических станций малой и средней мощности для энергоснабжения удаленных или изолированных объектов, а также развитие кровельной электрогенерации в частном и коммерческом секторе, ориентированной в первую очередь на покрытие собственных нужд и снижение пиковых нагрузок на сеть в летний период [9].

Ветроэнергетика. Чувашская Республика не относится к зонам с высоким ветроэнергетическим потенциалом. Среднегодовая скорость ветра на территории республики не превышает 3,0–3,5 м/с [6], что находится на нижнем пороге рентабельности для большинства стандартных ветроустановок. Повторяемость штилевой погоды (скорость ветра менее 1 м/с) достигает 15–20% времени в году, а в летние месяцы может быть еще выше. Преобладающими являются ветра юго-западного и западного направлений. Существенным ограничением для эксплуатации в зимний период являются такие явления, как метелевый перенос и образование снежных заносов, осложняющие доступ к оборудованию, а также обледенение лопастей, снижающее эффективность работы и повышающее эксплуатационные расходы. В этих условиях точечное использование современных ветроустановок класса III (специально разработанных для районов со слабыми ветрами) может быть экономически оправдано лишь на отдельных возвышенных территориях, не защищенных лесными массивами, и требует предварительного проведения кампаний по мониторингу ветра.

Гидроэнергетика. Гидроэнергетический потенциал рек Чувашской Республики, ввиду равнинного характера местности, в целом невелик, однако представляет интерес для локального энергоснабжения. Территорию региона пересекает порядка 2356 малых рек и ручьев общей протяженностью более 8500 км, относящихся преимущественно к бассейну Волги [6]. Наиболее значимыми с точки зрения энергетике являются реки Цивиль, Большой Цивиль, Аниш, Кубня, Була. Водный режим рек характеризуется устойчивой летней и зимней меженью и высоким весенним половодьем, что обуславливает неравномерность выработки энергии в течение года. Уклоны русел малых рек незначительны, обычно составляя 0,1–0,5 м/км, а падение на отдельных, потенциально пригодных для энергоиспользования участках, редко превышает 5–10 метров. Таким образом, строительство малых ГЭС (мощностью до 0,1–1 МВт) могло бы обеспечить стабильной, хотя и сезонно-переменной, электроэнергией малые прибрежные населенные пункты и производства, но требует тщательного выбора площадок и проведения детальных инженерно-гидрологических изысканий. Для Чувашской Республики, обладающей развитой речной сетью, но не имеющей условий для строительства крупных гидроузлов, актуальным представляется использование кинетической энергии водотоков и ресурсов малых рек для энергоснабжения прибрежных населенных пунктов и малых производств.

3.2. Экономические факторы и биоэнергетический потенциал

Наиболее проработанным и высокоперспективным направлением для региона представляется биоэнергетика, основанная на утилизации органических отходов. Биоэнергетика является ключевым сегментом аграрного сектора экономики, основанным на преобразовании энергии органических отходов, и ее развитие соответствует глобальным трендам перехода к устойчивому развитию [10]. Высокая плотность сельскохозяйственного производства, наличие крупных животноводческих комплексов, птицефабрик и перерабатывающих предприятий создает постоянный объем органических отходов. Ежегодный объем образующихся в АПК отходов, по данным Государственного доклада [6], оценивается в сотни тысяч тонн, при этом значительная их часть представлена органическими отходами животноводства и растениеводства. Одновременно особую актуальность представляет проблема исчерпания мощностей действующих полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО), органическая фракция которых, по экспертной оценке, может составлять до 40–50% от общего объема.

Внедрение технологий анаэробного сбраживания с использованием специализированных биогазовых установок позволяет не только производить электро- и теплоэнергию (биогаз), но и рекультивировать действующие полигоны, а также получать высококачественные органические удобрения. Данное направление обладает ключевыми преимуществами, такими как независимость от погодно-климатических факторов и способность обеспечивать стабильную, управляемую выработку энергии. Биоэнергетика является безусловным приоритетом для Чувашской Республики в силу её высокоразвитого агропромышленного комплекса.

Конкретными перспективными проектами могут стать:

– Строительство региональных биогазовых станций на базе крупнейших животноводческих комплексов. Например, в Чебоксарском и Вурнарском районах, где сосредоточены мощные свиноводческие, птицеводческие, агрокультурные предприятия (такие как ООО «Агрофирма „Ольдеевская“», ООО «Вурнарский мясокомбинат»). Переработка навоза, помета, органических остатков растительного происхождения позволит решить проблему утилизации отходов, генерировать электро- и теплоэнергию для самих предприятий и близлежащих населенных пунктов, а также производить органические удобрения.

– Создание биогазового комплекса на полигоне ТКО в г. Чебоксары. Утилизация органической фракции твердых коммунальных отходов столицы республики и городов-спутников (Новочебоксарск) позволит не только сократить объем захоронения и выбросы метана, но и обеспечить энергоснабжение инфраструктуры самого полигона и мусоросортировочных комплексов.



– Развитие малых биогазовых установок в фермерских хозяйствах Моргаушского и Цивильского районов для энергообеспечения отдельных производств и жилых домов, снижая их зависимость от централизованных сетей.

3.3. Перспективные направления солнечной, ветровой и гидроэнергетики

Солнечная энергетика. Перспективными проектами в области солнечной энергетики, с учетом особенностей инсоляционного режима региона, являются:

– Развитие кровельной генерации: массовая установка солнечных панелей на крышах социальных учреждений (школы, больницы, административные здания) в малых городах и районных центрах, например, таких как г. Алатырь, г. Шумерля, г. Канаш. Это позволит снизить эксплуатационные расходы бюджетных организаций.

– Строительство солнечных электростанций малой мощности (100–500 кВт) для энергоснабжения удаленных населенных пунктов в Алатырском районе, где существуют риски перебоев в энергоснабжении из-за изношенности сетей.

– Оснащение фотоэлектрическими системами объектов рекреационной инфраструктуры на побережье Чебоксарского водохранилища и в зонах отдыха, что повысит их энергоавтономность и экологическую привлекательность.

Ветроэнергетика. Наиболее вероятными зонами для возможных проектов являются:

– Возвышенные участки Приволжской возвышенности на территории Моргаушского и Аликовского районов. Установка здесь одной-двух современных ветроустановок класса III (для слабых ветров) мощностью до 250 кВт каждая позволит провести мониторинг фактической выработки и обосновать (или опровергнуть) потенциал более масштабного строительства.

– Интеграция малых ветрогенераторов (мощностью 5–30 кВт) в гибридные системы (вместе с солнечными панелями и аккумуляторами) для энергоснабжения удаленных метеостанций, телекоммуникационных вышек или полевых станций в степных районах юго-востока республики.

Гидроэнергетика. Конкретные перспективные проекты связаны с малыми реками Чувашской Республики:

Строительство новых микроГЭС (мощностью до 50 кВт) на малых реках с достаточным перепадом высот, таких как Аниш, Цивиль, Малый Цивиль, Большой Цивиль, или Була, для обеспечения энергоснабжением отдельных прибрежных сел и ферм.

Водородная энергетика находится на стадии стратегического планирования. Её долгосрочная перспектива может быть связана с возможным проектом по производству «зеленого» водорода, ориентированным на экспорт или использование в качестве топлива для муниципального транспорта г. Чебоксары (автобусы), при условии создания необходимой заправочной инфраструктуры.

Таким образом, перспективный путь развития альтернативной энергетики в Чувашской Республике носит комплексный и территориально-дифференцированный характер. Он предполагает опережающее развитие биоэнергетики в аграрных районах, активное внедрение проектов по установке солнечных панелей в удаленных поселениях и на кровельных покрытиях, точечное использование потенциала малых рек и стратегическое планирование в области ветро- и водородной энергетики.

Заключение

Развитие альтернативной энергетики перестало быть исключительно экологической инициативой и в данный момент является общемировым экономическим трендом, определяющим конкурентоспособность национальных экономик в долгосрочной перспективе. Для России и ее регионов это путь к обеспечению энергобезопасности удаленных территорий и решению острых экологических проблем.

Как демонстрирует проведенный анализ, Чувашская Республика обладает значительным, в первую очередь, биоэнергетическим потенциалом, практическая реализация которого может стать отправной точкой устойчивого развития региона. Детальная оценка природно-климатических условий (низкие скорости ветра, умеренная инсоляция, малые уклоны рек) показывает, что развитие солнечной, ветровой и малой гидроэнергетики имеет локальный характер и может играть вспомогательную роль в стабилизации энергобаланса, прежде всего, в формате распределенной электрогенерации. Реализация технологий по переработке отходов агропромышленного комплекса в энергию и удобрения соответствует как глобальным трендам циркулярной экономики, так и специфике региона. Развитие солнечной и ветровой выработки энергии будет способствовать повышению надежности и устойчивости энергоснабжения потребителей, однако их вклад в общий энергобаланс региона, в силу объективных природных ограничений, будет второстепенным по сравнению с биоэнергетикой.

В качестве одного из первоочередных пилотных проектов может быть рассмотрено создание современных объектов по обращению с ТКО (сортировочных станций, комплексов по переработке), энергоснабжение которых будет полностью или частично обеспечиваться за счет локальных ВИЭ — биогазовых установок, солнечных панелей или гибридных систем. Это позволит не только решить экологические задачи, но и создать энергонезависимую, экономически эффективную инфраструктуру, соответствующую мировым трендам «зеленого» строительства и устойчивого развития [3], [4], [5].

Реализация таких проектов не только снизит эксплуатационные расходы объектов и углеродный след от их деятельности, но и позволит на практике реализовать цели, поставленные в Указе Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [1].

Таким образом, комплексное освоение потенциала возобновляемых источников энергии в Чувашской Республике создает фундамент для достижения долгосрочной энергетической безопасности через диверсификацию регионального энергобаланса и снижение зависимости от традиционных источников выработки электроэнергии. Развитие распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии, особенно в удаленных и сельских территориях, напрямую способствует повышению устойчивости энергоснабжения и снижению рисков перебоев.



Одновременно данный процесс вносит прямой вклад в достижение целей устойчивого развития за счет замкнутого цикла использования органических отходов, сокращения объемов их захоронения и снижения углеродного следа региона. Формирование такой интегрированной системы, сочетающей энергетическую независимость с экологической ответственностью, соответствует как принципам зеленой экономики, так и стратегическим национальным приоритетам в области климатической и энергетической политики.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Клепиков О.В., Воронежский государственный университет, Воронеж Российская Федерация, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.104.1>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Klepikov O.V., Voronezh State University, Voronezh Russian Federation, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.166.104.1>

Список литературы / References

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542?ysclid=mn3en14c5h560175155> (дата обращения: 02.09.2024).
2. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года: распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2025 г. № 908-р // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202504140013> (дата обращения: 08.09.2025).
3. Об утверждении Правил осуществления деятельности регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Чувашской Республики: постановление Кабинета Министров Чуваш. Респ. от 30.12.2017 № 557 (ред. от 12.04.2023) // Собрание законодательства Чуваш. Респ. — 2018. — № 1, часть 2. — Ст. 45.
4. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р // Собрание законодательства РФ. — 2018. — № 5. — Ст. 769.
5. Об утверждении Порядка накопления твердых коммунальных отходов (в том числе их отдельного накопления) на территории Чувашской Республики: приказ Мин-ва природопользования и экологии Чуваш. Респ. от 22.12.2022 № 810 // Вестник природопользования Чувашии. — 2023. — № 1. — С. 45–52.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». — Москва: Минприроды России, 2023. — 700 с.
7. Васильев А.И. Особенности эксплуатации сетевой солнечной станции / А.И. Васильев, В.Д. Кочаков, А.В. Смирнов // Физико-химические проблемы возобновляемой энергетики. — Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013. — 263 с.
8. Габдрахмановна Т.С. Проблемы мониторинга солнечных энергетических систем в России / Т.С. Габдрахмановна, С.И. Зайцев, С.В. Киселева [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. — 2015. — Том 15, № 4. — С. 60–68.
9. Гобокан Е.Н. Солнечная энергия и ее использование / Е.Н. Гобокан // Будущее науки: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества: сборник научных статей 2-й Всероссийской молодежной научной конференции. — Курск: Университетская книга, 2024. — С. 66–69.
10. Демёхин Г. Д. Биоэнергетика как сегмент аграрного сектора экономики, основанной на преобразовании энергии органических отходов / Г. Д. Демёхин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». — 2019. — Вып. 4. — С. 46–51.

Список литературы на английском языке / References in English

1. O nacional'nyh celyah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda: ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2024 № 309 [On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036: Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2024 No. 309] // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii [Official Internet portal of legal information]. — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542?ysclid=mn3en14c5h560175155> (accessed: 02.09.2024). [in Russian]
2. Ob utverzhenii Energeticheskoj strategii Rossijskoj Federacii na period do 2050 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 12 aprelya 2025 g. № 908-r [On approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2050: Decree of the Government of the Russian Federation dated April 12, 2025 No. 908-r] // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii [Official Internet portal of legal information]. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202504140013> (accessed: 08.09.2025). [in Russian]
3. Ob utverzhenii Pravil osushchestvleniya deyatel'nosti regional'nogo operatora po obrashcheniyu s tverdymi kommunal'nymi otkhodami na territorii Chuvashskoy Respubliki: postanovleniye Kabineta Ministrov Chuvash. Resp. ot 30.12.2017 № 557 (red. ot 12.04.2023) [On approval of the Rules for the implementation of activities of the regional operator for the management of solid municipal waste on the territory of the Chuvash Republic: Resolution of the Cabinet of Ministers



of the Chuvash Republic dated December 30, 2017 No. 557 (as amended on April 12, 2023)] // Sobraniye zakonodatel'stva Chuvash. Resp. [Collection of Legislation of the Chuvash Republic]. — 2018. — № 1, part 2. — Art. 45. [in Russian]

4. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i obezvrezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda: rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 25.01.2018 № 84-r [On approval of the Strategy for the development of the industry for processing, recycling and neutralization of production and consumption waste for the period up to 2030: Decree of the Government of the Russian Federation dated January 25, 2018 No. 84-r] // Sobraniye zakonodatel'stva RF [Collection of Legislation of the Russian Federation]. — 2018. — № 5. — Art. 769. [in Russian]

5. Ob utverzhdenii Poryadka nakopleniya tverdykh kommunal'nykh otkhodov (v tom chisle ikh razdel'nogo nakopleniya) na territorii Chuvashskoy Respubliki: prikaz Min-va prirodopol'zovaniya i ekologii Chuvash. Resp. ot 22.12.2022 № 810 [On approval of the Procedure for the accumulation of municipal solid waste (including its separate accumulation) on the territory of the Chuvash Republic: Order of the Ministry of Nature Management and Ecology of the Chuvash Republic dated December 22, 2022, No. 810] // Vestnik prirodopol'zovaniya Chuvashii [Bulletin of Nature Management of Chuvashia]. — 2023. — № 1. — P. 45-52 [in Russian]

6. Gosudarstvennyj doklad "O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2022 godu" [State report "On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2022"]. — Moscow: Russian Ministry of Natural Resources, 2023. — 700 p. [in Russian]

7. Vasil'ev A.I. Osobennosti ekspluatatsii setevoy solnechnoj stancii [Features of operation of a grid-connected solar power plant] / A.I. Vasil'ev, V.D. Kochakov, A.V. Smirnov // Fiziko-himicheskie problemy vozobnovlyaej energetiki [Physico-chemical problems of renewable energy]. — Saint Petersburg: Polytechnic University, 2013. — 263 p. [in Russian]

8. Gabderahmanovna T.S. Problemy monitoringa solnechnyh energeticheskikh sistem v Rossii [Problems of monitoring solar energy systems in Russia] / T.S. Gabderahmanovna, S.I. Zajcev, S.V. Kiseleva [et al.] // Al'ternativnaya energetika i ekologiya [Alternative energy and ecology]. — 2015. — Vol. 15, № 4. — P. 60–68. [in Russian]

9. Gobokan E.N. Solnechnaya energiya i ee ispol'zovanie [Solar energy and its use] / E.N. Gobokan // Budushchee nauki: vzglyad molodyh uchenyh na innovacionnoe razvitie obshchestva: sbornik nauchnyh statej 2-j Vserossijskoj molodezhnoj nauchnoj konferencii [Future of science: the view of young scientists on the innovative development of society: collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Youth Scientific Conference]. — Kursk: University Book, 2024. — P. 66–69. [in Russian]

10. Demekhin G. D. Bioenergetika kak segment agrarnogo sektora ekonomiki, osnovannoy na preobrazovanii energii organicheskikh otkhodov [Bioenergy as a segment of the agricultural sector of the economy based on the conversion of organic waste energy] / G. D. Demekhin // Vestnik FGOU VPO «MGAU im. V.P. Goryachkina» [Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agrarian University named after V.P. Goryachkin"]. — 2019. — Issue 4. — P. 46-51. [in Russian]