

Арктика и Антарктика

Правильная ссылка на статью:

Дегтярев К.С., Берёзкин М.Ю., Синюгин О.А. Оценка потенциала местных возобновляемых энергетических ресурсов Архангельской области // Арктика и Антарктика. 2024. № 4. DOI: 10.7256/2453-8922.2024.4.72226
EDN: KJDKAM URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=72226

Оценка потенциала местных возобновляемых энергетических ресурсов Архангельской области

Дегтярев Кирилл Станиславович

ORCID: 0000-0002-1738-6320

кандидат географических наук

преподаватель; кафедра Географический факультет, НИЛ возобновляемых источников энергии;
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
научный сотрудник; МГУ им. М.В. Ломоносова; географический факультет; НИЛ возобновляемых
источников энергии

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 19

✉ kir1111@rambler.ru

Берёзкин Михаил Юрьевич

ORCID: 0000-0002-6945-2131

кандидат географических наук

старший научный сотрудник; Географический факультет, научно-исследовательская лаборатория
возобновляемых источников энергии; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, Ленинские Горы, 1

✉ mberezkin@inbox.ru

Синюгин Олег Анатольевич

ORCID: 0000-0001-5874-4342

кандидат экономических наук

старший научный сотрудник; Географический факультет, научно-исследовательская лаборатория
возобновляемых источников энергии; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, Ленинские Горы, 1

✉ sinyugin.oleg@yandex.ru



[Статья из рубрики "Природные ресурсы Арктики и Антарктики"](#)

DOI:

10.7256/2453-8922.2024.4.72226

EDN:

KJDKAM

Дата направления статьи в редакцию:

05-11-2024

Дата публикации:

19-11-2024

Аннотация: Предметом исследования является оценка возможностей использования местных возобновляемых энергоресурсов в северных регионах России на примере Архангельской области. Проведён анализ топливно-энергетического комплекса региона, объёмов производства и структуры потребления тепловой и электрической энергии в пространственном аспекте и по источникам энергии. Проведены расчёты объёмов отходов лесозаготовок и их энергетического потенциала, рассчитана их потенциальная доля в производстве энергии в области. Обозначены также другие возобновляемые энергетические ресурсы на территории региона – гидроэнергетические, ветровые, солнечные, приливные, торфяные ресурсы, и их возможная роль в его энергообеспечении. Выявлены районы области, где создание и развитие энергетики на основе местных возобновляемых энергоресурсов наиболее востребовано. Для этих территорий проведены расчёты потребностей в автономных электроэнергетических мощностях на основе местных возобновляемых энергетических ресурсов. В качестве информационно-методической базы работы использована федеральная, региональная и отраслевая статистика по природным ресурсам и объектам генерации энергии, аналитические материалы, результаты предшествующих исследований, существующие в настоящее время методические указания по определению потенциала ВИЭ. Основными выводами работы являются: 1. Производство тепловой и электроэнергии в Архангельской области зависит примерно на 90% от углеводородных, преимущественно привозных энергоносителей. Активное расширение использования местных биоресурсов в последние годы затрагивает, прежде всего, генерирующие объекты небольшой мощности. 2. Потенциальная доля отходов лесозаготовок в производстве энергии при текущем их объёме составляет 15% – 50% от общего объёма производства энергии в настоящее время. 3. Архангельская область обладает также высоким потенциалом гидроэнергии, ветровой энергии, приливной энергии, биоэнергии на основе сельскохозяйственных отходов, локально – солнечной энергии. Теоретически, совокупный потенциал ВИЭ позволяет не только полностью удовлетворить текущие потребности региона в энергии, но и наращивать его энерговооружённость. 4. Наиболее востребовано развитие электроэнергетики на местных возобновляемых энергоресурсах, прежде всего, в малых автономных формах, на энергоизолированных сельских территориях области. В то же время, они переживают быструю депопуляцию, связанную с отрицательным естественным приростом и большим оттоком населения, что требует дополнительного анализа и учёта при подготовке проектов и программ, связанных с их развитием.

Ключевые слова:

возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, лесозаготовки и лесопереработка, отходы производства, Архангельская область, тепловая энергетика, электроэнергетика, гидроэнергетика, ветровая энергетика, сельские территории

ВВЕДЕНИЕ

Развитие энергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России остаётся актуальной задачей. С одной стороны, это непосредственно следует из присоединения России к Парижскому соглашению по климату [\[1\]](#) и принятия программы социально-экономического развития страны с низкими выбросами парниковых газов [\[2\]](#).

Другой аспект связан с необходимостью наращивания энерговооружённости регионов страны, в первую очередь – энергетически и удалённых территорий, с целью обеспечения устойчивого энергетического и, как следствие, социально-экономического развития. В данном случае, опора на местные возобновляемые энергоресурсы может оказаться экономически выгоднее поставки энергоносителей из других регионов.

В последние годы в нашей стране наиболее активно развивались солнечная и ветровая электроэнергетика; при этом основная часть мощностей концентрируется на юге России [\[3; 4\]](#). Северные регионы с очевидно меньшими солнечными и, в большинстве случаев, ветровыми ресурсами, в данный момент находятся вне фокуса внимания к возобновляемой энергетике, во всяком случае – на своего рода информационной периферии. Между тем, северные территории России обладают собственным, обусловленным природно-климатическими условиями и спецификой хозяйства, спектром ВИЭ, способных сыграть заметную роль в энергообеспечении.

В данной статье потенциал ВИЭ северных российских регионов рассматривается на примере Архангельской области (без учёта Ненецкого автономного округа) – одного из самых крупных по площади и численности населения субъектов севера европейской части страны. В качестве основного объекта оценки выступают древесные отходы лесоперерабатывающего комплекса. В то же время, внимание уделено и другим местным возобновляемым энергетическим ресурсам территории, обусловленным её климатом и особенностями географического положения.

Целью работы является определение возможностей развития энергетики региона на основе местных ВИЭ, а также выявление районов Архангельской области, где это наиболее востребовано.

В качестве информационно-методической базы работы выступают данные федеральной, региональной и отраслевой статистики и аналитические материалы, результаты предшествующих исследований природных ресурсов региона, в частности [\[5, 6, 7\]](#), существующие в настоящее время методические разработки и указания по определению потенциала ресурсов ВИЭ [\[8, 9, 10\]](#) и собственные разработки авторов, связанные с исследованием возобновляемых энергоресурсов регионов и их типологизацией [\[11, 12, 13\]](#).

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Архангельская область (рис.1) без учёта Ненецкого автономного округа (НАО) занимает площадь 413 тыс. км² и имеет численность населения (оценка на 01.01.2024) 956 тыс. чел., в т.ч. городское – 747 тыс., сельское – 209 тыс. [\[14\]](#). Более 30% всего населения и 40% городского населения – 300 тыс. человек, живёт в столице региона г. Архангельске; вместе с Северодвинском и Новодвинском общая численность населения столичной агломерации – более 500 тыс. человек, или более половины населения области.

Среди основных особенностей природы и географического положения, существенных с точки зрения оценки возобновляемых энергоресурсов, следует отметить:

- территория области лежит в умеренном климатическом поясе; зоне умеренно-континентального климата с элементами субарктического климата на севере; в зоне избыточного увлажнения, обладает густой и разветвлённой гидрологической сетью (средняя густота речной сети $0,61 \text{ км/км}^2$ [15]; годовой объём местного речного стока составляет более 140 км^3 в год, или в среднем $350\,000 \text{ м}^3/\text{км}^2$ в год; область относится к территориям с высокой водностью рек [16]);
- территория области лежит в лесной зоне (подзоне северной тайги), обладает большими лесными ресурсами; лес занимает 54% площади, покрытая лесом площадь составляет более 220 тыс. км^2 [17], а лесные ресурсы оцениваются в величину около 2700 млн. м^3 [18], в среднем $65 \text{ м}^3/\text{га}$ площади региона, или $120 \text{ м}^3/\text{га}$ лесной площади;
- Архангельская область является равнинной территорией с отдельными возвышенностями абсолютной высотой до 350, большей частью – до 250 метров;
- Архангельская область имеет выход к Белому морю.



Рис. 1. Карта территориально-административного деления Архангельской обл. [19]

Климат Архангельской области на большей части территории можно характеризовать как умеренно-морской на большей части, умеренно-континентальный в юго-восточных районах и субарктический на крайнем северо-востоке. Средние температуры воздуха повышаются с северо-востока на юго-запад области: январские с -18°C до -12°C , июльские с 10°C до 17°C . Среднегодовое количество осадков от 400 до 600 мм при среднем коэффициенте увлажнения от 1,4 до 1,5. Погода отличается неустойчивостью в связи с сочетанием влияния Северного Ледовитого океана и Атлантики. Отмечается высокая частота экстремальных погодных явлений, таких, как сильные ветры, метели и дожди, преимущественно в прибрежных частях области. В то же время, в течение второй половины XX – начала XXI века фиксируются тренды к снижению частоты экстремально сильных ветров и метелей одновременно с увеличением количества осадков [20, 21] и потеплением климата.

Предварительно можно сделать вывод, что Архангельская область в силу широтного положения и метеоусловий не обладает высоким потенциалом солнечной энергии, а

ветровая энергия концентрируется, главным образом, в прибрежных районах. Архангельская область отличается густой гидрологической сетью и большими объёмами речного стока (см. выше), что позволяет рассматривать её гидроэнергетические перспективы; в то же время сдерживающими факторами являются небольшие перепады высот и замерзание водотоков зимой на длительное время. Отметим, что погодноклиматические изменения, отмеченные выше, в целом повышают потенциал ВИЭ в регионе и создают более благоприятные условия для их использования.

Наиболее очевидными и доступными являются биоэнергетические ресурсы Архангельской области, связанные с лесом и отходами лесоперерабатывающего комплекса, а также торфяными месторождениями и торфоразработками.

При анализе объёма, структуры и проблем энергообеспечения Архангельской области следует разделять **тепловую энергетику** и **электроэнергетику**.

Тепловая энергетика Архангельской области по состоянию на конец 2023 года представлена 613 котельными [22], включая 4 когенерационные станции (ТЭС) с общим количеством котлов (энергоустановок), равным 1721. Основная часть котельных приходится на небольшие (табл. 1), в том числе 449, или 73% от общего числа – на котельные мощностью до 3 Гкал/ч, расположенные, большей частью, в сельской местности – 396 котельных, или 65% от общего числа.

Однако суммарные мощности и производство тепловой энергии сконцентрированы на крупных установках, расположенных в городах и обслуживающих городское население и крупных промышленных потребителей. На 4 крупнейшие ТЭЦ Архангельской области – Архангельскую ТЭЦ, группы Северодвинских ТЭЦ, а также ТЭЦ Архангельского и Котласского ЦБК, приходится порядка 6040 Гкал/ч, или 73% всех установленных тепловых мощностей и 11 500 тыс. Гкал, или 64% всего произведённого тепла (в 2023 г.).

В свою очередь, на котельные в сельских населённых пунктах приходится 800 Гкал/ч, или 10% всех установленных теплоэнергетических мощностей, и 877 тыс. Гкал, или менее 5% всего произведённого тепла.

Таблица 1. Производство тепловой энергии в Архангельской области, 2023 [22]

Показатель	Архангельская область (без НАО)	В том числе города и посёлки городского типа	В том числе сельские населённые пункты
Число котельных, в т.ч.:	613	217	396
мощностью до 100 ГКал/ч	599	209	390
мощностью 100 ГКал/ч и более, включая ТЭЦ	14	8	6
Суммарная тепловая мощность источников теплоснабжения, Гкал/ч, в т.ч.:	8 223	7 423	800
установки мощностью до 100 ГКал/ч	2 175	1 375	800
установки мощностью 100 ГКал/ч и более, включая ТЭЦ	6 048	6048	0

Производство тепловой энергии, тыс. ГКал, в т.ч.:	1 / 925	1 / 048	8 / 1
на установках мощностью до 100 ГКал/ч	2 596	1 720	877
на установках мощностью 100 ГКал/ч и более, включая ТЭЦ	15 329	15 328	0

В качестве топлива в котельных используются местные виды биотоплива (дрова, щепа, древесные топливные гранулы – пеллеты) и привозные энергоносители: каменный уголь, природный газ, мазут. В области идёт активный процесс перевода тепловых мощностей на местные виды древесного топлива, прежде всего, отходы ЛПК и целлюлозно-бумажной промышленности (щёлок). Так, с 2007 по 2016 год доля привозного топлива в потреблении областной коммунальной энергетики снизилась с 57% до 29%, а доля местных биоресурсов выросла с 18% до 42%; по ситуации на 2018 год на биотопливо были переведены более 50 котельных. [23]. В то же время, следует отметить, что в небольших объёмах нефть и газ добываются и на территории Архангельской области, поэтому замещение привозных ресурсов местными может включать также увеличение доли местных ископаемых энергоносителей.

По данным на середину 2023 года, в 334 котельных Архангельской области в качестве основного топлива использовались дрова, в 40 – древесное топливо, в 8 – пеллеты (т.е. на биотопливе работает 62% котельных области). Годовая потребность котельных в дровах оценивалась в 546 тыс. м³, в древесном топливе – 362 м³, в пеллетах – 14 тыс. т. [24].

Данные о расходе энергоносителей по видам (табл. 2) показывают, что 92% энергоресурсов для производства тепла в Архангельской области расходуется в городах, при этом заметно различается структура производства по источникам между городской и сельской местностью. В среднем, более половины тепла в области производится за счёт природного газа – за счёт которого работает большая часть ТЭЦ региона (табл.), однако в городах его доля составляет 56%, а в сёлах – 6%. Другой крупный источник – твёрдое топливо (включающее как древесный материал, так и каменный уголь), на долю которого в среднем приходится 46%, в городах – 42%, а в сёлах – 91,7%.

Таблица 2. Расход топлива по видам на производство тепла, 2023 [22; расчёты авторов]

Источник	Расход в единицах, используемых для данного вида топлива	Эквивалент в млн. кВтч	Доля в общем расходе, %
Архангельская область			
Всего	2 506 тыс. т.у.т.	20 404	100,0%
Твёрдое топливо	2 002 734 т.	9 329	45,7%
Жидкое топливо	37 824 т.	340	1,7%
Природный газ	1 135 758 тыс. м ³	10 733	52,6%
Электроэнергия	1,7 млн. кВтч	1,7	0,01%
Города и посёлки городского типа			
Всего	2 316 тыс. т.у.т.	18 857	100,0%

Твёрдое топливо	1 609 375 т.	7 911	42,0%
Жидкое топливо	34 465 т.	310	1,6%
Природный газ	1 125 519 тыс. м3	10 636	56,4%
Электроэнергия	1,3 млн. кВтч	0,4	0,002%
Сельские населённые пункты			
Всего	190 тыс. т.у.т.	1 546	100,0%
Твёрдое топливо	393 359 т.	1 418	91,7%
Жидкое топливо	3 359 т.	30	2,0%
Природный газ	10 239 тыс. м3	97	6,3%
Электроэнергия	0,4 млн. кВтч	1,3	0,09%

При отсутствии прямых данных о расходе угля в угольных котельных, мы можем, опираясь на косвенную информацию - о потребностях котельных на древесном топливе (см. выше), оценить в энергетическом эквиваленте расход древесного материала (порядка 500 тыс. тонн в год) примерно в 2000-2500 млн. кВтч. - всего в 25% от твёрдого топлива и 10% в общей структуре потребления. Это согласуется с другими оценками, согласно которым до 86% потребляемых первичных энергоресурсов ввозится в Архангельскую область из других регионов [\[5\]](#) – главным образом, это каменный уголь и газ.

Также есть данные о поставках каменного угля в начале XXI века, согласно которым, объём поставок только Интинского угля (Воркутинский бассейн) в Архангельскую область составлял 1 млн. тонн [\[25\]](#), что также согласуется с вышеприведёнными оценками. Очевидно, что в настоящее время происходит сокращение объёмов поставок и замещение угля местными видами топлива – главным образом, древесного, но привозное твёрдое топливо по-прежнему играет существенную роль в энергообеспечении региона – во всяком случае, в городских отопительных системах.

Таким образом, процесс замещения угля биотопливом идёт, главным образом, на уровне небольших котельных, в результате чего, хотя большинство котельных в настоящее время работает на биотопливе, его общий вес в структуре энергопотребления уступает и газу, и углю.

Параллельно идёт процесс перевода угольных котельных Архангельской области на газ, о чём сообщает ряд региональных СМИ; также Архангельская область включена в программу газификации «Газпрома». Отмечается сохраняющийся низкий уровень газификации сельских населённых пунктов региона.

Существуют также планы дальнейшего увеличения доли древесных пеллет в отоплении. Так, в ближайшее время планируется строительства 20 новых пеллетных котельных с общим объём потребления 25 тыс. тонн пеллет в год [\[26\]](#) – однако, такое количество принципиально не меняет структуру энергопотребления в области в пользу местных возобновляемых ресурсов.

Также существенную роль в отоплении частных домовладений Архангельской области играют дрова. По данным [\[27\]](#), годовой объём заготовок дров в Архангельской области – около 700 тыс. м3, т.е. порядка 150 тыс. м3 дров направляется не в котельные (см. выше), а в частные домовладения. По некоторым данным, на дрова приходится более трети всех энергоресурсов области, задействованных в муниципальной энергетике [\[28\]](#).

Электроэнергетика Архангельской области представлена, прежде всего, 10 крупными тепловыми электростанциями (ТЭС) общей мощностью 1605 МВт (табл. 3). В данную оценку не входят ТЭЦ Соломбальского ЦБК, признанного банкротом, информация о которых в открытых источниках отсутствует. Практически все мощности сгруппированы в Архангельской агломерации (Архангельск, Новодвинск, Северодвинск), часть – в агломерации Котлас – Коржма.

Таблица 3. Электростанции Архангельской области [\[29; 30; 31\]](#)

Название	Местоположение	Годы ввода агрегатов в эксплуатацию	Электрическая мощность, МВт	Тепловая мощность, Гкал/ч	Топливо

Архангель- ская ТЭЦ	Архангельск	1970-1979	450	1 368	природн газ, маз осадки сточных в древесн отходы
Северодвин- ская ТЭЦ-1	Северодвинск	1964-1967	150	578	каменн уголь
Северодвин- ская ТЭЦ-2	Северодвинск	1976—1988	410	1 105	природны
ТЭС-1 Архангел- ьского ЦБК	Новодвинск	1963—2013	182	612	уголь, кородреве топлив осадо сточных
ТЭС-2 Архангель- ского ЦБК	Новодвинск		12		мазут, щё
ТЭС-3 Архангель- ского ЦБК	Новодвинск		30		щёлок кородреве отходы, ос сточных
ГТ ТЭЦ Вельская	Вельск	2003	18	40	природны
ТЭЦ-1 Котласского ЦБК	Коряжма	1961—1996	305	1 242	природн газ, камен уголь
ТЭС-2 Котласского ЦБК	Коряжма		30		кородреве отходы, щё природны
ТЭС-3 Котласского ЦБК	Коряжма		18		щёлок
Всего			1 605	4 945	

Значительная их часть – порядка 600 МВт мощностей, или почти треть, принадлежат крупным лесоперерабатывающим и целлюлозно-бумажным холдингам, и работает, в значительной степени, на энергообеспечение предприятий, являющихся крупнейшими потребителями области (табл. 4).

Таблица 4. Крупнейшие потребители электроэнергетических мощностей Архангельской области [\[32\]](#)

Потребитель	Максимальное потребление мощности, МВт
Филиал АО «Группа Илим» в г. Коряжме	191,3
АО «Архангельский ЦБК»	119,0
ОАО «РЖД»	70,3
АО «ПО Севмаш»	36,7
АО «ИПС Звёздочка»	10,8

10.7256/2453-8922.2024.4.72226	10.7256/2453-8922.2024.4.72226
--------------------------------	--------------------------------

Основная часть мощностей создана в советский период, начиная с 1960-х. Первоначально в качестве основного топлива выступал уголь, однако к настоящему времени ведущую роль в производстве электроэнергии играет природный газ, а в последние 10-15 лет идёт активное вовлечение в производство местных биоэнергетических ресурсов – отходов лесозаготовки, деревообработки и производства целлюлозы, а также отходов сточных вод.

Электростанции других типов – АЭС, ГЭС или другие станции на ВИЭ, на данный момент в регионе отсутствуют, равно как и проекты строительства новых электростанций. На стадии обсуждения находится проект строительства Мезенской приливной электростанции в Мезенском заливе Белого моря («мегапроект» мощностью до 8000 МВт), а также ветроэлектростанций на территории области, но в обозримом будущем начало реализации этих проектов маловероятно.

Помимо крупных ТЭС, еще 40 дизельных электростанций с гораздо меньшей мощностью (крупнейшая – Мезенская ДЭС мощностью 7 МВт) расположены в зоне децентрализованного энергоснабжения. Общая их мощностью составляет более 40 МВт или 2,5 % от общей мощности всех электростанций. Использование ДЭС в отдалённых районах является типичной ситуацией для арктических регионов мира [\[33\]](#), равно как и задача их замены или дополнения за счёт использования местных ВИЭ.

В Архангельской области до начала 1970-х гг. существовало более 60 малых ГЭС с мощностями от 6,5 до 107 кВт, которые были заменены на более дешёвые из условий на тот момент времени дизельные электростанции (ДЭС) [\[5\]](#).

Большая часть ДЭС сосредоточена в Лешуконском и Мезенском муниципальных районах с постоянным населением 6000 и 8000 человек, где размещены 22 местных ДЭС общей мощностью около 19 МВт [\[5\]](#).

Выработка электроэнергии на всех электростанциях Архангельской области в 2023 году составила 6 594 млн. кВтч, в то время как электропотребление – 7853 млн. кВтч. Дефицит составляет 1 259 млн. кВтч, или 16% от величины потребления энергии. В дополнение к этому большая часть электроэнергии на данный момент вырабатывается на ископаемых энергоносителях, поставляемых из других регионов.

Данные по доле биоотходов в производстве электроэнергии в Архангельской области отсутствуют. Из таблицы 3 следует, что около 50 МВт, или 3% мощностей, работают полностью на отходах лесопереработки, и ещё 650 МВт, или 40%, работают на них частично. Можно предположить, что фактически за счёт отходов лесозаготовок, лесопереработки, деревообработки, целлюлозно-бумажной промышленности, коммунальных отходов производится 10%-20% всей электроэнергии области, или 650-1300 млн. кВтч.

Энергосистема Архангельской области (рис. 2) связана с энергосистемами: Вологодской области по двум линиям ЛЭП 220 кВ и четырёх в 110 кВ, республики Коми – по одной в 220 кВ и одной в 110 кВ, Кировской области по двум ВЛ 110 кВ, республики Карелии по одной ВЛ 110 кВ. В электроэнергетический комплекс Архангельской области входят также 18 линий электропередачи классом напряжения 220 кВ протяженностью 1526,54 км и 130 линий 110 кВ протяженностью 3816,05 км, протяженность линий 35 кВ – 2152,3 км.

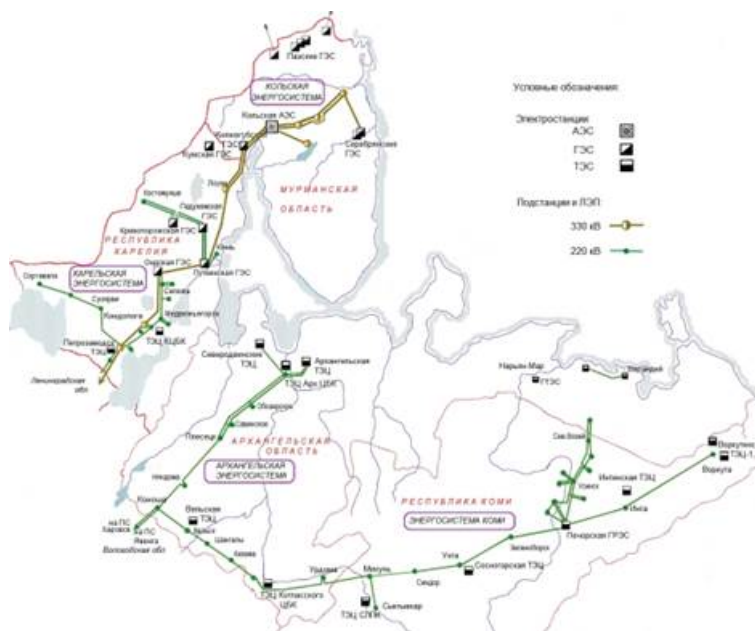


Рис. 2. Электроэнергетическая система севера Европейской части России (ОЭС Северо-Запад) [\[6\]](#)

Таким образом, в энергетике Архангельской обл. существуют следующие проблемы:

- 1) высокая степень зависимости от поставок энергоносителей из других регионов как для тепловой, так и для электроэнергетики;
- 2) дефицит производства электроэнергии (16%);
- 3) низкая плотность энергопотребления за счет ЛЭП. В среднем – 200 чел./км ЛЭП 110-220 кВ, тогда как в среднем по России он в 1,5 раза больше – 300 чел/км ЛЭП 110-220 кВ (исходя из длины ЛЭП и численности населения в России);
- 4) относительно высокая доля населения, проживающего на энергоизолированных территориях. Несмотря на то, что энергопотребление на этих территориях составляет чуть более 1%, здесь проживает 9,5 % сельского населения (или 2,2 % всего населения) области [\[34\]](#);
- 5) проблема износа и высокой аварийности энергосетей [\[32; 35\]](#).

ОЦЕНКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Наиболее используемыми и извлекаемыми в настоящее время являются лесные ресурсы. Прежде всего, в целях энергетического использования речь может идти об отходах лесозаготовки и лесопереработки.

Средний за 2017-2023 гг. объём лесозаготовок в Архангельской области составил 14,2 млн. м³. [\[36\]](#) Архангельская область входит в первую пятёрку регионов России по объёмам лесозаготовок – на неё приходится около 7% всего круглого леса, заготавливаемого в стране. На территории области работает ряд крупных лесозаготовительных и деревообрабатывающих холдингов, таких, как «Сегежа-Групп», ГК «УЛК», ГК «Илим», Архангельский ДОК, Архангельская лесная компания и ряд других. Как правило, они идут по пути вертикальной интеграции с созданием единой цепочки, включающей лесозаготовки, лесопиление и производство широкого спектра готовой продукции – стройматериалов, мебели, целлюлозы, бумаги, лесохимии.

Параллельно на базе предприятий лесоперерабатывающего комплекса (ЛПК) созданы производства древесных топливных гранул (пеллет). Общие мощности производства древесных пеллет приближаются к 700 тыс. тонн/год [37], хотя по итогам января-августа 2024 года в области было произведено всего 50 тыс. тонн [38]. До последнего времени производство пеллет было ориентировано, главным образом, на экспорт в европейские страны; в последние несколько лет некоторое развитие получает также внутренний рынок, начиная с 2022 года – на фоне санкций, блокирующих экспорт. Кроме того, в качестве источника топлива используются другие отходы ЛПК, главным образом, щепы и опилки.

В настоящее время отходы ЛПК используются далеко не в полной мере. Согласно [8], норматив вывоза лесосечных отходов, включающих сучья, ветви, вершинки на растущем дереве, для Архангельской области составляет образования веток и сучьев 16,6% от объёма вывоза древесины.

Таким образом, при среднегодовом объёме лесозаготовок в 14 млн. м³, количество отходов составит 14,2 млн. м³ * 16,6% = 2,36 млн. м³. При средней плотности отходов, равной 530 кг/м³, их общая масса составит 1,25 млн. тонн, что вдвое больше объёмов использования древесных отходов в настоящее время. В энергетическом эквиваленте при средней теплотворности, равной 3000 кВтч/т, это 3 750 млн. кВтч. При КПД теплогенерирующих установок, равном 80%, производство тепловой энергии на данном количестве отходов составит 3 000 млн. кВтч, или 2 580 тыс. Гкал, что способно обеспечить 14% текущего производства тепловой энергии в области (см. табл.1).

Если рассматривать данные отходы в качестве топлива для производства электроэнергии, то при КПД ТЭЦ, равном 30%, выработка электроэнергии составит 3750*30% = 1 125 млн. кВтч, или 17% текущего производства электроэнергии.

При этом, сучья, ветки и вершинки деревьев – не единственный тип лесосечных отходов. По оценкам [9], средняя масса остающихся на месте вырубке пней и корней составляет 112 кг/ м³ у хвойных деревьев (у лиственных – кг/131 м³). Таким образом, минимальное количество пней и корней при данном объёме лесозаготовок составит 14,2 млн. м³ * 131 кг/м³ = 1,86 млн. тонн, что при вышеприведённых допущениях эквивалентно выработке ещё 3 840 тыс. Гкал (21% производства тепловой энергии в области) или 1 674 кВтч электроэнергии (25% текущей выработки).

Дополнительные объёмы отходов образуются также при раскряжёвке древесины (порядка 1,5-2% объёма), лесопилении и производстве разных видов готовой продукции. Их величина трудно определима, поскольку требует детального анализа существующей структуры и технологий производства, но в совокупности их приблизительно можно оценить в величины порядка ещё 10-20% от объёма лесозаготовок, или до 1 млн. тонн, что может быть эквивалентно производству 2000-3000 млн. кВтч, или 1700-2600 тыс. Гкал, т.е. ещё 14-17% от количества производимой в настоящее время тепловой и электрической энергии. Как минимум, частично отходы ЛПК и ЦБК в настоящее время используются непосредственно в качестве топлива либо для его производства.

Таким образом, в зависимости от полноты извлечения отходов ЛПК при данном объёме лесозаготовок и лесопереработки их совокупный энергетический потенциал находится в диапазоне 3 000 – 9 000 млн. кВтч, или 2 600 – 7 700 тыс. Гкал, что эквивалентно 15-

50% текущего производства тепловой и электрической энергии, или в 1,5-5 раз выше нынешних показателей.

Также отметим, что размер расчётной лесосеки – максимально возможного объёма годовой вырубki, в Архангельской области составляет почти 28 млн. м³ [\[39\]](#), что почти вдвое выше текущих объёмов лесозаготовок. Теоретически, полное использование расчётной лесосеки способно покрыть потребности области в энергии наполовину или даже полностью.

Помимо древесного топлива, существует широкий спектр ВИЭ, слабо используемый или практически неиспользуемый в энергетике Архангельской области в настоящее время:

- торфяные месторождения (в то же время, целесообразность широкого использования торфа в качестве топлива в настоящее время является дискуссионным вопросом);
- отходы животноводства и растениеводства;
- гидроэнергия рек;
- приливная энергия;
- ветровая энергия;
- солнечная энергия.

Их потенциал требует уточнения и проведения дополнительных исследований. Существующие в настоящее время оценки [\[10\]](#) показывают, что экономический потенциал (по ситуации на 2007 год – в настоящее время он может быть и существенно выше) этих источников в совокупности превышает 50% от текущего производства электроэнергии (табл. 5), а технический потенциал многократно превосходит весь объём фактического потребления и тепловой, и электрической энергии в Архангельской области.

Таблица 5. Оценки годового потенциала ВИЭ Архангельской области [\[10\]](#)

Ресурс	Теоретический потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал	Отношение экономического потенциала к текущему производству электроэнергии (расчёты авторов)
Солнечная энергия	41,9 млрд. т.у.т.	190,1 млн. т.у.т.	1,2 тыс. т.у.т. (9,8 млн. кВтч)	0,15%
Малая гидроэнергетика	19,1 млрд. кВтч	5,2 млрд. кВтч	3 100 млн. кВтч	47%
Ветровая энергия	27 106 млрд. кВтч	68 млрд. кВтч	339 млн. кВтч	5.1%

Биомасса отходов агропромышленного комплекса и органических отходов населённых пунктов	239,3 тыс. т.у.т. (1 948 млн. кВтч)	29,5%
--	-------------------------------------	-------

В частности, в прибрежных районах Белого и Баренцева морей среднегодовые скорости ветра на высоте 10 м составляют 5-8 м/с [\[40\]](#), а зимний максимум интенсивности ветра совпадает с зимним максимумом потребления электрической и тепловой энергии, что является важной предпосылкой эффективного использования энергии ветра. Технические ресурсы ветра районов Архангельской области со среднегодовыми скоростями ветра выше 4 м/с оцениваются примерно в 1900 млрд. кВтч [\[41\]](#). Это более чем в 200 раз выше уровня электропотребления области.

Поток приходящей солнечной энергии в Архангельской обл. составляет в среднем за год 2,67 кВтч/м² [\[42\]](#). Максимальная инсоляция приходится на май-июль (4-5,8 кВтч/м²), что вполне приемлемо для эффективного использования. Это дает возможность для применения (при должном уровне оценок и проектирования) гибридных станций генерации. Расчеты показывают, что при среднем потреблении электроэнергии в Архангельской обл. 7 тыс. кВтч/чел. в год для населения, проживающего на энергоизолированных территориях, потребуется порядка 180 млн. кВтч/год. С учетом достигнутого к настоящему времени коэффициента установленной мощности для ВЭС и СЭС в этих районах потребная мощность установок на возобновляемых источниках энергии составила 250-350 МВт.

ЭНЕРГОИЗОЛИРОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ

На энергоизолированных территориях использование местных ВИЭ наиболее востребовано. На них приходится относительно высокая доля населения Архангельской области. Как было сказано выше, здесь проживает около 10% сельского населения (или 2,2 % всего населения) области.

В основном энергопотребление удаленных районов области, не связанных с единой энергосистемой, удовлетворяется за счет дизельных электростанций [\[32\]](#). Вместе с проблемой дороговизны как самого топлива, так и его транспортировки, существуют экологические последствия его применения. Тем более, что Архангельская область относится к территориям Крайнего Севера со слабой устойчивостью северных экосистем к техногенным нагрузкам.

Были сделаны расчеты площади таких территорий. Они составили 19% всей территории Архангельской области. На них проживает 25,7 тыс. чел. Это составляет 9,3% сельского населения и 2,1% всего населения области. Наибольшая доля населения в сельской местности, не связанного с единой энергосистемой, – в Лешуконском (32%) и Мезенском (29,3%) р-нах, самых восточных и малонаселенных в Архангельской области. Наименьшая доля – в Верхнетоемском (4,3%) и Пинежском (4,2%) р-нах. Существует еще четыре района, где есть сельское население с децентрализованным энергоснабжением – Онежский (доля 19% от всего сельского населения), Виноградовский (13,3%), Шенкурский (9,3%) и Приморский (8,3%) [\[34\]](#).

В то же время, критическим фактором, препятствующим экономическому развитию

(включая и энергетику) сельской местности Архангельской области, является сокращение численности населения – в сельских регионах области оно составляет около 2% в год и связано как с отрицательным естественным приростом, так и большим миграционным оттоком [14]. Более того, данный фактор способен поставить под вопрос целесообразность инвестиций в данные территории как таковую, поскольку сохранение существующих темпов убыли населения на них означает его полное исчезновение в течение ближайших 50 лет. Это необходимо учитывать во всех долгосрочных программах развития, включая энергетические, а сами они в качестве одной из ключевых целей должны иметь прекращение или существенное замедление депопуляции территории.

ВЫВОДЫ

Производство тепловой и электрической энергии в Архангельской области осуществляется на 85%-90% на основе углеводородных, преимущественно привозных энергоносителей. Проблемой электроэнергетики является также существенное превышение потребления электроэнергии над производством. В последние годы идёт активное расширение использования в энергетике области местных биоресурсов, прежде всего – отходов лесозаготовок, лесопереработки и целлюлозно-бумажной промышленности. Большинство котельных и существенная часть ТЭЦ работает на основе биотоплива, однако это, главным образом, установки небольшой мощности, в связи с чем доля местного биотоплива остаётся низкой.

В Архангельской области сохраняется высокий потенциал наращивания производства тепловой и электрической энергии на основе отходов лесозаготовок. В зависимости от полноты использования этих отходов их доля, при существующем объёме заготовок круглого леса, может составить от 15% до 50% от общего объёма производства тепловой и электрической энергии в настоящее время. При этом, исходя из величины расчётной лесосеки, объём лесозаготовок может быть увеличен вдвое относительно нынешнего уровня.

Архангельская область обладает также высоким потенциалом других возобновляемых источников энергии, в настоящее время практически неиспользуемых, включая гидроэнергию, ветровую энергию (преимущественно в прибрежных районах), приливную энергию в заливах Белого моря, биоэнергию на основе отходов сельскохозяйственного производства, солнечную энергию (в сочетании с другими ВИЭ или углеводородным топливом). Более того, текущие изменения климата способствуют росту их потенциала.

Теоретически, совокупный потенциал ВИЭ позволяет не только полностью удовлетворить текущие потребности региона в тепловой и электрической энергии, но и наращивать его энерговооружённость.

Наиболее востребовано развитие электроэнергетики, прежде всего, в малых автономных формах, на местных возобновляемых энергоресурсах на энергоизолированных территориях области, составляющих 19% её площади, где проживает 25 тыс. человек сельского населения. В то же время, сельские территории Архангельской области переживают быструю депопуляцию, связанную с отрицательным естественным приростом и большим оттоком населения, что требует дополнительного анализа и учёта при подготовке проектов и программ, связанных с их развитием.

Библиография

1. The Paris Agreement. List of Parties that signed the Paris Agreement. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/04/parisagreementsingatures/>

2. Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Распоряжение от 29 октября 2021 года №3052-р.
3. Дегтярев К.С., Синюгин О.А. Территориальная организация возобновляемой электроэнергетики России // Окружающая среда и энерговедение. – 2024 – №1. – с. 36-50.
4. Дегтярев К.С., Синюгин О.А. Влияние возобновляемой энергетики на объём и структуру производства и потребления электроэнергии в регионах России // Окружающая среда и энерговедение. – 2024. – №2. – с.40-60.
5. Иванов А.В., Складчиков А.А., Хренников А.Ю. Развитие электроэнергетики арктических регионов Российской Федерации с учётом использования возобновляемых источников энергии // Российская Арктика. 2021. № 13. С. 62-80. DOI: 10.24412/2658-4255- 2021-2-62-80/
6. Чайка Л.В. Пространственные аспекты развития электроэнергетики Европейского Севера России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. №1 (25). с. 84-97.
7. Торцев А.М. Освоение природных ресурсов и социально-экономическое развитие прибрежных территорий Архангельской области // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 2 (38). — С. 109—121. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-2-109-121.
8. Методические указания по определению объемов вторичных древесных ресурсов. Утверждено Минлесбумпромом СССР и Гослесхозом СССР. 1988 г. URL: <https://www.waste.ru/modules/documents/item.php?itemid=231>
9. Макаренко Е.Л. Оценка образования отходов лесозаготовки и деревообработки в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Успехи современного естествознания. 2020. №5. с. 63-69.
10. Безруких П.П. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. Показатели по территориям. М.: «ИАЦ Энергия», 2007. 272 с.
11. Берёзкин М. Ю., Дегтярев К. С. Географические особенности развития возобновляемой энергетики // География и рациональное использование возобновляемых источников энергии. — ИД Энергия Москва: 2019. — С. 139-145.
12. Берёзкин М. Ю., Дегтярев К. С., Синюгин О. А. Географические основы изучения возобновляемых энергетических ресурсов. — КДУ Москва, 2024. — 108 с.
13. Возобновляемая энергетика регионов России и сопредельных стран / Б. М. Абдурахманов, М. Ю. Берёзкин, В. В. Бессель и др. — КДУ Москва, 2024. — 107 с.
14. Росстат. Данные по населению. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/OkPopul_Comp2024_Site.xlsx .
15. Водные объекты Архангельской области. URL: <https://waterresources.ru/region/arhangelskaya-oblast/>.
16. Водный кадастр Российской Федерации. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. 2018 год. Санкт-Петербург. Росгидромет, 2019.
17. Лесные ресурсы. Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/B11_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/15-39.htm.
18. Общий запас древесины лесных насаждений на землях лесного фонда и землях других категорий. ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/38195>.
19. Карта территориально-административного деления Архангельской обл. URL:https://a.d-cd.net/juY0U6c0MnGFfjHt0_4LDWA-13s-1920.jpg.
20. Грищенко И. В. Климат Архангельской области: монография. Архангельск : КИРА, 2021, 227 с.

21. Грищенко И. В. Климат Архангельска. Архангельск: КИРА, 2024, 110 с.
22. Росстат. Данные о мощностях и производстве тепловой энергии в субъектах РФ. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Kom_tep_2023.xls.
23. Энергетика Архангельской области переходит на местные виды топлива. URL: https://region29.ru/2018/10/06/5bb88a0112f17b30722b1c92.html?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop.
24. Модернизация котельных // Лесной регион. – № 10. – 2023. URL: <https://lesregion.ru/main/5824-modernizacija-kotelnyh.html>.
25. Главы администраций районов Архангельской области продолжают спор о качестве угля. URL: <https://regnum.ru/news/144559>.
26. В Архангельской области по поручению Путина построят 20 новых котельных: где именно. 17/11/2023/ URL: <https://29.ru/text/gorod/2023/11/17/72922034/>.
27. Вологодская область стала лидером по объемам заготовки дров. URL: <https://vo.rbc.ru/vo/12/02/2024/65ca1f949a79473011ad4f3f>.
28. Оценка перспектив и целесообразности перехода субъектов Российской Федерации, использующих нефтепродукты с целью теплоснабжения, на местные и возобновляемые виды топлива. Аналитический центр при Правительстве РФ. URL: <https://ac.gov.ru/files/attachment/8084.pdf>.
29. Портал energybase.ru. URL: <https://energybase.ru/region/arhangelskaya-oblast/power-plants>
30. Электростанции Архангельской области URL: <https://energoseti.ru/stations/arhangelskaya-oblast>
31. Егоров А.О., Куликова В.С., Маркина В.А., Савосина А.А., Соловьёва А.А., Сысоева Ю.И. Электрические станции ЕЭС России. Именной указатель. Справочник. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Уральский энергетический институт. Кафедра «Автоматизированные электрические системы». Екатеринбург: 2022. 58 стр.
32. Обосновывающие материалы. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2023-2028 гг. Архангельская область. URL: https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/future_plan/public_discussion/2023/final/03_Arkhangelskaja_oblast_fin.pdf
33. Witt M., Stefánsson H., Valfells Á., Larsen J.N. (2021). Energy Resources and Electricity Generation in Arctic Areas. *Renewable Energy*, Vol. 169, May, 144-156. DOI: 10.1016/j.renene.2021.01.025
34. Министерство топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Архангельской обл. Данные полученные из ответа на запрос декана географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. 15.11.2019 г.
35. Коновалова О.Е. Современное состояние энергоснабжения Архангельской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. №8. с.16-24.
36. Объем заготовленной древесины. ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/37848>.
37. Лесопромышленный комплекс Архангельской области. Официальный сайт правительства Архангельской области. URL: <https://dvinaland.ru/economics/lesprom/>
38. Социально-экономическое положение Архангельской области за январь-август 2024 года. Росстат [https://29.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Docl08\(1\).pdf](https://29.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Docl08(1).pdf)
39. Природные ресурсы Архангельской области. Портал Правительства Архангельской области. URL: https://www.dvinaland.ru/economics/natural_resources/
40. Зубарев В. В., Минин В. А., Степанов И. Р. Использование энергии ветра в районах Севера. Л.: Наука, 1989. 208 с.
41. Минин В.А. Потенциал ветровой энергетики Архангельской области // Труды

Кольского научного центра РАН. 2016. №1. С. 103-117.

42. Справочник по климату СССР. Вып. 1, ч. 3. Ветер. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 306 с.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

В рецензируемой статье предметом исследования являются возобновляемые источники энергии Архангельской области. В связи с этим, по мнению рецензента, следует скорректировать название научной статьи. Она может быть названа «Оценка потенциала возобновляемых источников энергии местных ресурсов Архангельской области».

Методология исследования заключается в определении потенциала возобновляемых источников энергии северных российских регионов (на примере Архангельской области) на основании данных информационно-методической базы федеральной, региональной и отраслевой статистики, аналитических материалов и результатов предшествующих исследований.

Автор статьи отмечает, что северные регионы России, по сравнению с южными, имеют значительно меньше солнечных и ветровых ресурсов. Однако и они в данный момент находятся вне фокуса внимания к возобновляемой энергетике, во всяком случае – на своего рода информационной периферии. Между тем, северные территории России обладают собственным спектром возобновляемые источники энергии, способных сыграть заметную роль в энергообеспечении региона. Территория Архангельской области лежит в лесной зоне (подзоне северной тайги), обладает большими лесными ресурсами (лес занимает 54% площади). Автор уточняет, что наиболее очевидными являются биоэнергетические ресурсы Архангельской области, связанные с лесом и отходами лесоперерабатывающего комплекса, а также торфяными месторождениями и торфоразработками. Это определяет актуальность проведенных исследований. Особое значение это имеет для энергообеспечения удаленных районов области, не связанных с единой энергосистемой, удовлетворяющих свои потребности за счет дизельных электростанций.

Научная новизна автором не определена, однако новаторским является сам подход к изучению данной проблемы энергообеспечения северного региона.

В рецензируемой статье приведены результаты глубокого аналитического обзора имеющей статистической информации по запасам возобновляемых источников энергии северных российских регионов и Архангельской области. Однако, автор приводит недостаточно собственных результатов исследований, что несомненно могло усилить научную значимость статьи. В разделе «Объекты и методика исследований» автор дает не только геоэкологическую характеристику Архангельской области, но и представляет таблицы со статистическим материалом. Эту информацию желательно представить в разделе «Результаты и их обсуждение».

Стиль статьи научный. Структура статьи включает в себя введение, результаты и обсуждение, заключение, библиографию.

Библиография статьи включает в себя 35 литературных источников, в том числе 1 - на иностранном языке. В тексте имеются ссылки на используемые литературные источники.

Автор сформулировал и обосновал выводы по результатам исследований. Он приходит к выводу, что в Архангельской области сохраняется высокий потенциал наращивания производства тепловой и электрической энергии на основе отходов лесозаготовок. При этом, исходя из величины расчётной лесосеки, объём лесозаготовок может быть увеличен вдвое относительно нынешнего уровня. Однако автор не отражает, как это

может сказаться в дальнейшем на экологической обстановке региона?

Апелляция к оппонентам состоит в ссылках на использованные литературные источники и выражении авторского мнения по изучаемой проблеме.

Рецензент считает, что данная работа имеет важную практическую значимость в решении проблемы использования местных возобновляемых источников энергии Архангельской области.

Данная статья несомненно будет интересна и полезна широкому кругу читателей, специалистам в области геоэкологии и энергетики.

Статья заслуживает внимания научного сообщества, рекомендуется к опубликованию в журнале «Арктика и Антарктика» после учета рекомендаций рецензента.