

поднятия воды в подстилающем грунте, м.

Если  $H + H_k = 2,0\text{м}$ ;  $K = 0,42 \text{ м/сутки}$ ;  $d = 20\text{мм}$  можно определить фильтрационный расход через одно отверстие в пленочном экране. По таблице 3 находим  $q/K = 0,322 \text{ м}$  или  $q = 0,135 \text{ м/сутки}$ . Расчеты фильтрации хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Дальнейшее экспериментальное и теоретическое исследование водопроницаемости пленочных экранов при наличии местных повреждений [3], позволит разработать объективные критерии контроля с учетом специфических условий фильтрации через полимерную пленку. С целью выравнивания скоростей потока могут быть установлены эластичные потокоформирующие элементы в начале верхнего участка фильтрации и в его конце.

#### Выводы:

1. Бетоно-пленочная облицовка - эффективный способ противофильтрационной защиты. Применение ее на машинных каналах в Узбекистане снизило фильтрационные потери в земляных руслах в десятки раз.

2. При эксплуатации каналов с облицовкой возможны повреждения пленочного экрана, которые являются локальными очагами фильтрации. Величина фильтрационных потерь зависит от воднофизических свойств подстилающего грунта, ко-

личества и характера повреждений пленки и размеров канала. Для оценки фильтрационного расхода через пленочный экран при наличии в нем местных повреждений можно воспользоваться приведенными расчетами, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными.

#### Список использованных источников

1. С.Х.Махкамов. Рациональное использование водных ресурсов. // «Архитектура таълими ва инновация» / Республика илмий - амалий анжуман материаллари туплами. II килем. -Т 2015. -179 с.

2. 0.Я.Гловацкий, Э.К.Кан. Влияние шероховатости и формы живого сечения машинных каналов на потери напора крупных насосных станций // «Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончлилиги ва хавфезлигини ошириш» (Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений) / Республика илмий - амалий конференция материаллари ТИМИ, -Т., 2013. -161-163 с.

3. О.Р.Очилов, О.Я.Гловацкий Новые методы очистки подводящего канала Каршинского магистрального канала // Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончлилиги ва хавфезлигини ошириш / Республика илмий - амалий конференция материаллари ТИМИ, -Т., 2013. - 396-399 с.

УДК 620.9

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ.

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.62.97](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.62.97)

Серебряков А.Е.

магистрант кафедры менеджмента в электроэнергетике СПбГУАП,  
Санкт-Петербург

Канавцев М.В.

кандидат экономических наук,  
доцент кафедры менеджмента в электроэнергетике СПбГУАП,  
Санкт-Петербург

#### АННОТАЦИЯ.

Рассмотрен потенциал возобновляемых источников энергии Мурманской области, расставлены приоритеты их возможного практического использования. Предпочтение отдано энергии ветра и гидроэнергии малых рек. Рассмотрены площадки для сооружения первоочередных ветропарков, ориентированных на работу в составе Кольской энергосистемы, и малых ГЭС, предназначенных для участия в энергоснабжении удаленных потребителей. Представлен обзор имеющегося практического опыта использования возобновляемых источников в энергетике региона.

#### ABSTRACT.

The article considers the potential of renewable energy sources in the Murmansk region, set priorities for their possible practical use. Evaluated sites for priority construction of wind farms, focused on the composition of the Kola power system, small hydroelectric power stations, intended for participation in energy supply to remote consumers. Presents an overview of current practical experience in the use of renewable energy sources in the region.

**Ключевые слова:** Мурманская область, возобновляемые источники энергии, предпосылки, приоритеты и опыт использования.

**Keywords:** Murmansk region, renewable energy sources, background, priorities and experience of using.

Использование возобновляемых источников энергии наиболее перспективно в районах, располагающих повышенным потенциалом этих источников и испытывающих недостаток в обычных традиционных топливных ресурсах. На Европейском Севере России к числу таковых относится Мурманская область, энергетика которой наряду с использованием местных гидроресурсов в значительной

мере базируется на привозном топливе (ядерном горючем, угле, нефтепродуктах, сжиженном газе). В то же время область располагает широким набором возобновляемых источников.

Суммарный годовой приход солнечной радиации в Мурманской области при реальных условиях облачности приблизительно равен 650-850 кВт-

ч/м2. Большая часть региона находится за Полярным кругом, и месячное число часов солнечного сияния меняется с течением года в широких пределах от 0 в декабре до 300 в июне и июле. Годовая продолжительность солнечного сияния составляет около 1400 часов что почти в 1,5 раза меньше чем в центральных и южных регионах. Так же стоит заметить, что большая часть солнечной активности приходится на летний сезон, тогда как максимум потребности в энергии со стороны населения возникает зимой.

Порезультатам двадцатилетних наблюдений за скоростью ветра по тридцати семи метеорологическим станциям Мурманской области [1] стало известно, что наибольшая скорость ветра наблюдается в прибрежных районах Баренцева моря и составляют 7-8 метров в секунду на высоте 10 метров. А на побережье Белого моря скорости ветра равны 5-6 метрам в секунду и снижается по мере отдаления от берега.

Максимум скоростей ветра на Кольском полуострове приходится на сезон зимы и совпадает с пиком потребления тепловой и электроэнергии. Так же известно, что зимний максимум находится в противофазе с годовым стоком рек. Исходя из этого можно сделать вывод, что ветровая и гидроэнергетика взаимодополняют друг друга, создавая благоприятные условия для совместного использования.

Технические гидроэнергоресурсы составляют 4.4 млрд. кВт·ч/год, и представляют собой 35 малых рек Кольского полуострова, впадающих в Баренцево и Белое моря.

Величина прилива на побережье Кольского полуострова составляет около 2-4 метров и является сравнительно не большой, поэтому строительство экономически эффективных приливных электростанций (ПЭС) возможно далеко не во всех частях полуострова. Кислогубская опытная ПЭС действующая с 1968 года имела мощность составляла 400 кВт, а благодаря установке нового ортогонального вертикально-осевого гидроагрегата в 2007 году ее мощность увеличилась до 1500 кВт. На сегодняшний день в Мурманской области предлагается проект по строительству Северной ПЭС на губе Долгой мощностью 12 МВт в качестве прототипа Мезенской ПЭС в Белом море.

Энергия морских волн является высокодоступным возобновляемым источником для широкого круга прибрежных потребителей. Основными недостатками данного источника энергии являются зависимость от ледовой обстановки и нестабильность во времени. Среднегодовой потенциал волновой энергии на северном побережье Кольского полуострова, прилегающем к Атлантическому океану составляет 25-30 кВт/м, а на южном побережье Баренцева моря – 9-10 кВт/м. С учетом тяжелых природно-климатических условий за Полярным кругом, а именно низкая температура ведущая к обледенению и короткий световой день, можно сказать, что применение волновой энергетики в регионе, на сегодняшний день, не представляется возможным.

Резюмируя, отметим, что наиболее перспективными видами энергии из возобновляемых источников являются ветроэнергетика и гидроэнергетика.

Высокий потенциал ветра на Кольском полуострове в состоянии обеспечить выработку более высоких показателей функционирования каждой ветроэнергетической установки (ВЭУ), гораздо более высокую чем в европейских странах, где ветроэнергетика нашла более широкое применение. А зимний максимум интенсивности ветра совпадает с максимальным потреблением энергии в регионе, кроме того он находится в противофазе с годовым стоком рек, что позволяет ветроэнергоустановкам и гидроэлектростанциям взаимодополнять друг друга в периоды спада мощностей одной из них. Кроме того, 17 гидроэлектростанций (ГЭС) совокупной мощностью 1600 МВт энергосистемы Мурманской области обладают водохранилищами суточного, сезонного, а порой и многолетнего регулирования, позволяющих накапливать энергию ВЭУ в период активных ветров и перерабатывать ее по необходимости [1].

Только в районе Серебрянской ГЭС с водохранилищем сезонного регулирования и Териберской ГЭС с водохранилищем годичного регулирования целесообразно сооружение ветропарков суммарной мощностью 500 МВт.[2] Передача энергии может осуществляться по уже существующим линиям электропередачи напряжением 150 и 330 кВт, но в компенсационном режиме связанным с понижением мощности ГЭС при устойчивом и сильном ветре. К тому же оба водохранилища являются самыми высоконапорными в энергосистеме (76 м и 126 м), что говорит о высокой энергоэффективности каждого сохраненного кубометра в водохранилищах. Таким образом в водохранилищах будет накапливаться дополнительный запас воды, а загрузка ЛЭП станет более равномерной что приведет к увеличению экономической эффективности.

При этом, выбор площадок для сооружения ветропарков необходимо осуществлять с учетом издержек, связанных с обеспечением инфраструктуры (наличие подъездных путей, мест для расположения техники и персонала), высокого потенциала ветра на предполагаемой территории, а также близости к высоковольтной подстанции в целях снижения издержек на подключение ветропарка к сети.[3]

К примеру участок для ветропарка, вблизи поселка Лодейное на берегу Баренцева моря, находится в зоне сильных ветров (7 м/с), обладает начальной инфраструктурой (грунтовая дорога, проходящая через участок, а также возможность транспортировки грузов водным транспортом), и имеет выход в электросеть «Коленерго».

Площадка на берегу Териберского водохранилища площадью примерно 4 квадратных километра, находится вблизи от благоустроенной дороги, и прилегает к вспомогательным напорным сооружениям Верхне-Териберской ГЭС. Она удалена на 18 км. от моря и режим ветра будет не много ниже чем на побережье. Так же как и площадка

близ п. Лодейное находится на не большом расстоянии от мета подключения к сети (не более 4 км).

В районе поселка Туманный площадка ветропарка будет находиться вдоль дороги от поселка к Нижне – Серебрянской ГЭС. Непосредственная близость к этим двум пунктам потенциально обеспечат удобную выдачу мощности в сеть, а также упростит размещение и поиск рабочей силы и техники за счет проживающего на территории поселка персонала выше упомянутой ГЭС.

На 81 километре трассы Мурманск – Териберка участок под ветропарк будет располагаться в 40 км от Баренцева моря, на высоте 250-300 метров над уровнем моря [4]. Среднегодовая скорость ветра в этом месте составляет 6.5 м/с. Трансформаторная подстанция находится на Серебрянской гидроэлектростанции на расстоянии около 30 км.

Помимо работы в энергосистеме региона, ВЭУ могут использоваться для обеспечения энергией жителей децентрализованных населенных пунктов. Например если применять установку вместе с котельной отопления, в периоды сильных ветров ВЭУ может обеспечить большую часть или все потребности в тепловой энергии, а в периоды утихания ветра нагрузка будет ложиться на котельную, таким образом они будут взаимодополнять друг друга. Это доказывает возможность участия ветроэнергетических установок в покрытие графика нагрузок

тепловой энергии. А для покрытия графика электрической нагрузки необходимо совмещение ВЭУ с дизель-генерирующими установками, как и в предыдущем случае обе установки будут взаимо-компенсировать выдаваемую мощность друг друга при необходимости, это позволит экономить топлива и сократить издержки на его поставки.[7]

Как говорилось ранее кроме ветра на Кольском полуострове актуально использовать гидроресурсы в качестве источника возобновляемой энергетики. Энергосистема Мурманской области так же включает семнадцать гидроэлектростанций которые сгруппированы в 6 каскадов, находящихся на реках Ковда, Паз, Тулома, Воронья, Териберка и Нива. В совокупности установленная мощность всех ГЭС региона равна 1594 МВт, что составляет 44% от мощности всей энергосистемы Кольского полуострова. В годовой выработке региональной энергосистемы, доля ГЭС в среднем составляет 35-40%, эта цифра является не постоянной так как зависит от водности рек.

На территории Мурманской области присутствуют 7 рек, способных обеспечить 11 экономически эффективных малых гидроэлектростанций суммарной мощностью 66,1 МВт и выработкой 316,9 млн.кВт·ч [1]. (таблица 1)

Таблица 1.

#### Малые реки, перспективные для создания системных малых гидроэлектростанций.

Название реки	Количество малых ГЭС	Установленная мощность (МВт)	Выработка энергии (млн.кВт·ч)
Перенга	1	6,0	29,5
Тумча	3	37,0	170,8
Б. Оленка	2	9,8	49,1
Ура	2	4,6	24,0
Титовка	1	3,4	15,8
Лотта	1	2,6	12,4
Умба	1	3,0	15,3

Данные таблицы 1 демонстрируют возможности водных ресурсов Мурманской области в контексте будущих перспектив, так река Тумча находящаяся на юге Кольского полуострова и впадающая в Иовское водохранилище, на которой расположены три створа для малых гидроэлектростанций суммарной мощностью 37 МВт – является наиболее потенциально привлекательной.

Кроме того, при выборе территории для сооружения малой ГЭС необходимо учитывать технический потенциал малых рек, потребности изолиро-

ванных потребителей и их удаленность от предполагаемого места строительства. Характерным децентрализованным населенным пунктом можно назвать поселок Краснощелье, удаленный от электросетей более чем на 150 км. Основным источником энергии здесь является дизельная электростанция (ДЭС) с среднегодовой выработкой 1.25 млн.кВт·ч. Вторым перспективным для строительства малой ГЭС децентрализованным населенным пунктом является село Чваньга на юге Мурманской области, электропотребление села примерно равняется 1 млн.кВт·ч. (таблица 2)

Таблица 2

#### Основные показатели малых ГЭС, предлагаемых для энергоснабжения населенных пунктов Краснощелье и Чваньга.

Название реки	Установленная мощность ГЭС (кВт)	Средняя годовая выработка (млн. кВт·ч)	Напор (м)	Средний расход (м.куб/с)
Ельрека	500	2,7	6	10
Чваньга	1250	6,3	10	15

По данным таблицы 2 можно констатировать, что на реке Чваньга при напоре выше 9 м. установленная мощность может достигнуть 1250 кВт, а годовая выработка 6.3 млн.кВт·ч, что в свою очередь, позволит обеспечить энергией соседние села, такие как Чапома, Тетрино, Стрельна, Пялица открывая возможности для их развития.

Таким образом, использование возобновляемых источников энергии в Мурманской области представляется возможным и целесообразным, при этом наиболее перспективные: ветро- и гидроресурсы. И в качестве эксплуатации электростанций предлагаются действующие как в составе энергосистемы, так и обособленно (для изолированных населенных пунктов). Реализация данных направлений развития ВИЭ в Мурманской области позволит повысить эффективность использования энергоресурсов региона, и одновременно повысить его экологический уровень.

#### Библиографический список:

1. Минин В. А. Ресурсы нетрадиционных и возобновляемых источников энергии Мурманской области и приоритеты их использования // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. № 1. С. 94-101.
2. Дмитриев, Г. С. Оценка возможного влияния крупных ветропарков на долгосрочные режимы работы ГЭС Кольского полуострова / Г. С. Дмитриев, В. А. Минин // Технико-экономические и электрофизические проблемы развития энергетики Севера.

УДК.538.9

## НОВЫЙ ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В АРМИРОВАННОМ БЕТОНЕ.

**Авдоценко Б.И.**  
профессор ТУСУР Россия, Томск  
**Суторихин В.А.**  
м.н.с. ТУАСУР, Россия Томск

#### АННОТАЦИЯ.

Новый тип прибора неразрушающего контроля, построенный с использованием эффекта Горбунова В.И. сочетает в себе активный и пассивный метод ультразвуковой дефектоскопии. Эхолокация ультразвуком (активная локация) имеет свойство сравнительно быстрого выявления дефектов, но надежность этого метода не превышает 50%. Пассивная локация методом акустической эмиссии занимает много времени, требует применения дополнительного механического нагружения, но его надежность превышает 98%.

Время обнаружения дефекта новым прибором составляет 3-4 секунды, не требует подбора частоты ультразвука для выявления микродефектов (1-10 микрон), работает без использования механического нагружения, имеет высокую надежность (95-98%). Первые варианты прибора использовали в качестве чувствительного сенсора СВЧ радар Доплера, что имеет дополнительные преимущества дистанционности.

#### ABSTRACT.

A new type of nondestructive testing device constructed using the Gorbunov V. I. effect combines the active and passive method of ultrasonic flaw detection. Ultrasound echolocation (active location) has the property of relatively rapid detection of defects, but the reliability of this method does not exceed 50%. Passive location by acoustic emission takes a long time, requires the use of additional mechanical loading, but its reliability exceeds 98%.

The time of defect detection by the new device is 3-4 seconds, does not require the selection of ultrasound frequency to detect microdefects (1-10 microns), works without the use of mechanical loading, has high reliability (95-98%). The first versions of the device were used as a sensitive microwave sensor Doppler radar, which has additional advantages of remoteness.

**Ключевые слова:** эффект Горбунова, дефектоскоп металла, СВЧ сенсор.

**Key words:** Gorbunov effect, metal flaw detector, microwave sensor.

Апатиты: Изд. Кольского научного центра. 2006. С. 30-39.

3. Энергия ветра — перспективный возобновляемый энергоресурс Мурманской области / Минин В. А., Дмитриев Г. С., Иванова Е. А., Морошкина Т. Н., Никифорова Г. В., Бежан А. В. / Препринт. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2006. 73 с.

4. Абросимова А. А. Ветропарк в районе 81 км автодороги Мурманск-Териберка / Научно-технические проблемы развития энергетики Севера. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2009. С. 30-34.

5. Минин, В. А. Опыт монтажа и первого года эксплуатации сетевой ветроэнергетической установки около г. Мурманска / В. А. Минин, Г. С. Дмитриев // Электрические станции. № 2. 2004. С. 71-73.

6. Возобновляемая энергетика на Кольском полуострове (Реестр установок в Мурманской области, работающих на возобновляемых источниках энергии). Мурманск: МРОЭО «Беллона-Мурманск». 2014. 26 с.

7. Попов Г. Н. Электрификация отдаленных поселений Мурманской области // Повышение энергетической эффективности в региональной энергетике Мурманской области: Сб. статей по материалам «ENES». М.: Пере, 2015.