

2. **Rubin O.D., Umnova R.V.** Experimentalnye issledovaniya zhelezobetonnykh konstruksij pri dejstvii izgibayushchih momentov, prodolnyh i poperechnykh sil // Sb. Nauchnykh trudov Hidroproekta. Vyp. 145. – M.: Hidroproekt, 1991. – S. 83-95.

3. **Rubin O.D., Zaharov I.B., Lisichkin S.E.** Otsenka sostoyaniya avtodorozhnogo sostoyaniya avtodorozhnogo mosta Pavlovskoj GES i raschetno-experimentalnoe obosnovanie meropriyatij po ego usileniyu // Energeticheskoe stroitelstvo. – 1994. – № 9. – S. 47-50.

4. **Lisichkin S.E., Rubin O.D., Kamnev N.M.** Experimentalnoe obosnovanie uzla raspredelatelya k napornomu vodovodu zdaniya GES gidrouzla Al Vahda. // Hidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1998. – № 6. – S. 52-56.

5. **Rubin O.D., Lisichkin S.E., Frolov K.E.** Rezultaty experimentalnykh issledovaniy zhelezobetonnykh konstruksij GTS, imeyushchih mezhiblochnye stroitelnye shvy, usilennykh vneshnim armirovaniem iz uglerodnogo volokna // Vvstnik MGSU. – 2018. – t. 13. Vyp. 9. – S. 1067-1079.

6. **Rubin O.D., Lisichkin S.E., Frolov K.E.** Experimentalnye issledovaniya zhelezobetonnykh konstruksij gidrotehnicheskikh sooruzhenij s blochnymi shvami, usilennykh sistemoj vneshnego armirovaniya // Stroitel'naya mehanika inzhenernykh konstruksij i sooruzhenij. – 2018. – № 3. – S. 198-204

7. **Usmansky A.M., Bekker A.T.** Primenenie bazaltoplastikovoj armatury v konstruksijah morskikh gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Izvestiya VNIIG im. B.E. Vedeneva. – 2016. – T. 282. – S. 61-75.

8. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonny konstruksij. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 52-01-2003. – M.: Standartinform, 2012. – 161 s.

9. SP 295.1325800.2017. Konstruksij betonnye, armirovannye polimernoj kompozitnoj armaturoj. Pravila proektirovaniya. – M.: Standartinform. – 2017. – 55 s.

10. SP 41.13330.2012 Betonnye i zhelezobetonnye konstruksij gidrotehnicheskikh sooruzhenij. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.06.08-87. – M. – 2012. – 67 s.

Information about the authors

Rubin Oleg Dmitrievich, doctor of technical sciences, director of the Branch AO «Institute Hidroproekt» – «NIIES»; 125080, Moscow, shosse Volokolamskoe, 2; rubinod@niies.ru

Lisichkin Sergej Evgenjevich, doctor of technical sciences, chief researcher of the Branch AO «Institute Hidroproekt» – «NIIES»; 125080, Moscow, shosse Volokolamskoe, 2; lisichkin1989@rambler.ru

Zyuzina Oksana Valerjevna, postgraduate JSC «VNIIG named after B.E. Vedenev»; zyuzinaov@vniig.ru

УДК 502/504: 626/627:620.92:627.223.5

DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-59-67

А.М. БАКШТАНИН, А.П. КРЫЛОВ, Т.И. МАТВЕЕВА, Э.С. БЕГЛЯРОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА СЕВЕРНОЙ ПРИЛИВНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Развитие приливной гидроэнергетики является как никогда актуальным. Приливная энергия – единственная гарантированная энергия нашей планеты в течение всего периода использования, так как ее гарантом являются неизменяемые в обозримом будущем космические силы. Для оптимизации выработки электроэнергии турбины ПЭС должны использоваться в нескольких режимах, выбор которых зависит от необходимой в данный момент мощности, потребностей и возможностей других производителей электроэнергии. Если для ТЭС и АЭС нужны нефть, газ, уголь, уран; для ГЭС – речная вода (а сейчас – маловодный период); для волновых, ветровых и солнечных электростанций необходимы солнце и ветер, – то для ПЭС в любом створе Мирового Океана выработка электроэнергии зависит лишь от притяжения Луны, и величину получаемой энергии можно точно определить за любой промежуток времени на весь период эксплуатации. Поэтому и управлять ПЭС можно на расстоянии за сотни километров (пример – ПЭС Ранс), оставляя на станции лишь охрану. Успешная реализация проекта Северной ПЭС и его инновационных

составляющих была бы последней стадией на пути к промышленному освоению энергии прилива в России. Окончательный критерий коммерческого успеха ПЭС – затраты на 1 кВт·ч вырабатываемой ею электроэнергии. Северная ПЭС предназначена для снабжения электроэнергией удаленных районов и поэтому является экономически выгодной.

Энергия прилива, приливные электростанции, ортогональные турбины, наплавной метод строительства, наплавные блоки.

Введение. Благодаря потенциалу природных ресурсов Россия является одним из лидеров в области качественного водопользования. Однако имеются проблемы в сфере водного хозяйства, которые остаются нерешенными до сих пор. Одна из наиболее острых проблем водохозяйственного комплекса России – затопление земель, населенных пунктов и объектов экономики при наводнениях. В паводкоопасных районах ежегодно затапливаются до 50 тыс. км² территорий. Этого можно избежать благодаря строительству приливных электростанций [1].

История использования энергии прилива известна с XI в., когда на побережье Англии работали многочисленные приливные мельницы с деревянными водяными колесами. В России приливные мельницы действовали в XVII в. в монастыре на Соловецких островах. Однако покорить энергию приливов оказалось весьма непросто. Главным препятствием для создания приливных электростанций (ПЭС) являлись суточная и месячная неравномерности выработки энергии, которые пытались сгладить с помощью схем деления бассейнов. Но во всех этих схемах стоимость сооружения самой ПЭС и вырабатываемой на ней электроэнергии оказывалась значительно выше, чем стоимость на сопоставимых ТЭС и ГЭС [2, 3].

В 1925 г. профессор В.Е. Ляхницкий [4] предложил возможные створы ПЭС в Баренцевом море в бухте Лодейной в губе Териберской, а также в губах Мотовского залива. В Белом море сооружение ПЭС было предложено в Мезенском заливе, который является настоящей жемчужиной приливной энергии Европейской части России.

Построенные первые в мире ПЭС располагались на незначительных глубинах – 10-15 м, что определило технологию их исполнения с предварительным устройством оснований и с использованием одноярусных гидроагрегатов.

С начала XXI в. в мире начали разрабатываться наиболее крупные по своей мощности проекты ПЭС по расположению

створов с наибольшей величиной приливов и на принципиально новых глубинах в 30-40 м, и Россия не стала исключением.

Северная ПЭС – нестандартный, инновационный опытно-промышленный объект, на котором будут проверены в натуральных условиях новые технические решения, разработанные в ОАО «НИИЭС» РусГидро.

Ось плотины Северной ПЭС проложена по большим глубинам – до 30 м (рис. 1, 2). При этом общая длина плотины равна 850 м при длине фронта гидроагрегатов 33 м, что составляет не более 4% от общей длины плотины. Строительство позволит, во-первых, проверить на Северной ПЭС более совершенный дешевый наплавной метод на достаточно больших глубинах. Во-вторых, появляется возможность превращения Северной ПЭС в приливно-волновую электростанцию. Удельные стоимостные показатели Северной приливно-волновой электростанции с воздушными ортогональными турбинами на волновых блоках улучшаются по сравнению с этими же показателями для просто Северной ПЭС без волновых блоков примерно в 2 раза.

На водное хозяйство установка на Северной ПЭС волновых энергетических блоков не оказывает никакого влияния. Однако выработка энергии на комбинированной Северной приливно-волновой станции значительно увеличивается.

Классификация схем приливных электростанций в мире представлена в таблице 1.

Все вышесказанное явилось определяющим в наших исследованиях при рассмотрении отдельных вопросов по проектированию основных инженерных сооружений данной приливной электростанции и экологического влияния на окружающую среду.

Цикл работы ПЭС, осуществляемый при однобассейновой схеме одностороннего и двухстороннего действия (без насосной работы), является наиболее экономичным и в настоящее время признан типовым. Ход этого цикла заключается в следующем. После начала прилива затворы отсасывающих труб (или лопатки направляющего

аппарата гидроагрегата) отделяют бассейн от моря, и через некоторое время с подъемом уровня прилива, когда образуется требуемый для возможности работы гидроагрегата напор, он включается в работу. По достижении высоты полной воды в море наступает фаза отлива, и когда перепад между уровнями моря и бассейна достигает величины, при которой гидроагрегат работать уже не может, он останавливается и через него в холостом режиме (или через имеющиеся на ПЭС водопропускные отверстия) производится наполнение бассейна. По достижении наполнения бассейна, когда

уровни выравниваются, затворы снова перекрывают створ, и далее, в течение отлива в море, при достижении необходимого для гидроагрегата напора, он начинает работу в обратном направлении с опорожнением бассейна. Далее цикл работы ПЭС повторяется.

На однобассейновой ПЭС «Сихва» в Южной Корее осуществляется односторонняя работа (из моря в бассейн), что определяется главной задачей сооружения ПЭС – поддержание естественного качества воды в бассейне ПЭС, в заливе, ранее отделенном от моря дамбой.

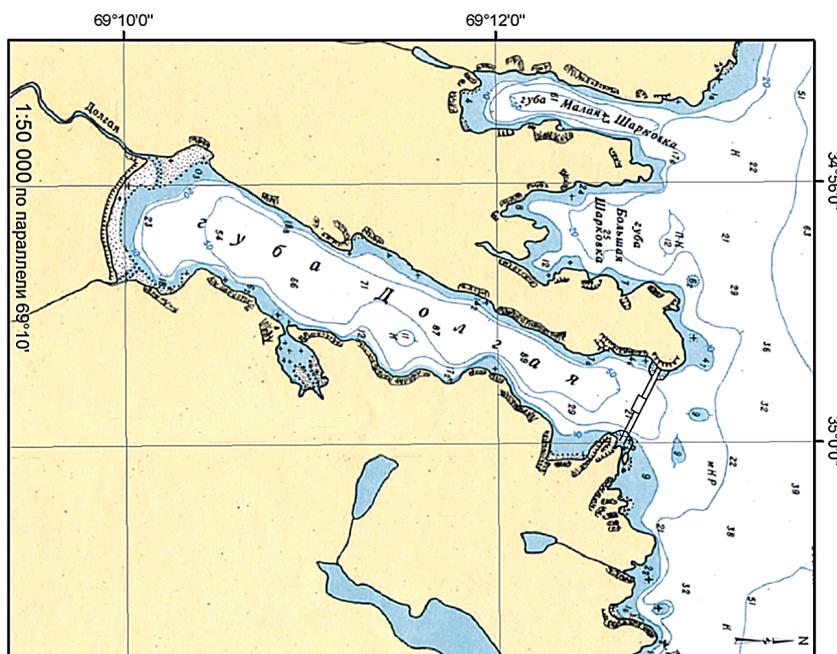


Рис. 1. Общий вид губы Долгая

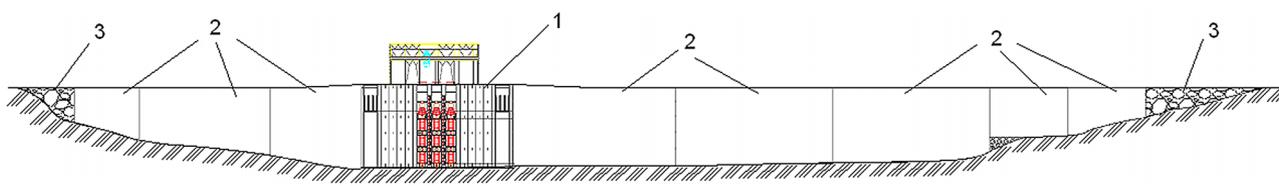


Рис. 2. Вертикальный разрез по оси плотины Северной ПЭС:
 1 – агрегатный блок; 2 – железобетонные наплавные блоки плотины;
 3 – каменно-набросная плотина

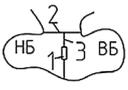
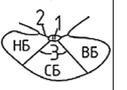
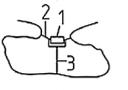
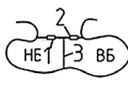
Работа ПЭС в составе энергосистемы наиболее экономична на свой максимум отдачи. Однако работа ПЭС применяется и в покрытии ГЭС системой ГЭС + ПЭС пиковой и полупиковой зон суточного графика нагрузки (рис. 3).

Расчеты показывают, что увеличение стоимости энергии в схемах с несколькими бассейнами по отношению к стоимости энергии в однобассейновой схеме достигает,

например, в схеме в цикле Декера 242%, а в цикле Дефура – 147%.

Материалы и методы исследования. Объект исследования – Северная ПЭС. Строительство Северной приливной электростанции планируется на Губе Долгая, представляющей собой удлиненный, ориентированный с северо-востока на юго-запад фьордоподобный залив Мурманского побережья Кольского полуострова, вдающийся в берег на 5,5 км.

Классификация схем ПЭС в мире

№	Классификация схем	Однобассейновые схемы				Схемы с 2-мя и 3-мя бассейнами				Схема с объединенными бассейнами
		Одностороннего действия, с безнасосной работой	Одностороннего действия, с насосной работой	Двухстороннего действия, с безнасосной работой	Двухстороннего действия, с насосной работой	Двухбассейновая установка с электростанцией в раздельной плотине (цикл Декера)	Двухбассейновая установка одностороннего действия с насосами (цикл Како-Дефура, 1935 г.)	Трехбассейновая установка (цикл Дефура, 1937 г.)	Двухбассейновая установка одностороннего действия с обратными турбинами (цикл Берштейна, 1947 г.)	
1	Состав схем									Объединенные бассейны с перекрытием фаз, откачкой и подкачкой (цикл Клода-Мэра)
2	Схемы ПЭС									
3	Выработка энергии в год (относительная)	100	105	115	120	37,9	68,7	87,5	102	50
4	Стоимость 1 кВт·ч установленной мощности (относительная)	100	125	125	205	275	420	525	142	550
5	Пример действующих ПЭС	Кислобужская с ОГА; Сихва	Аннаполис	малая Мезенская	Ранс	Только проекты ПЭС в первой половине XX в.				

Условные обозначения: 1 – здание ПЭС; 2 – плотина, отсекающая бассейн ПЭС; 3 – разделительная дамба; ОГА – ортогональный гидроагрегат; НБ – низовой бассейн; ВБ – верховой бассейн; СР – средний бассейн.

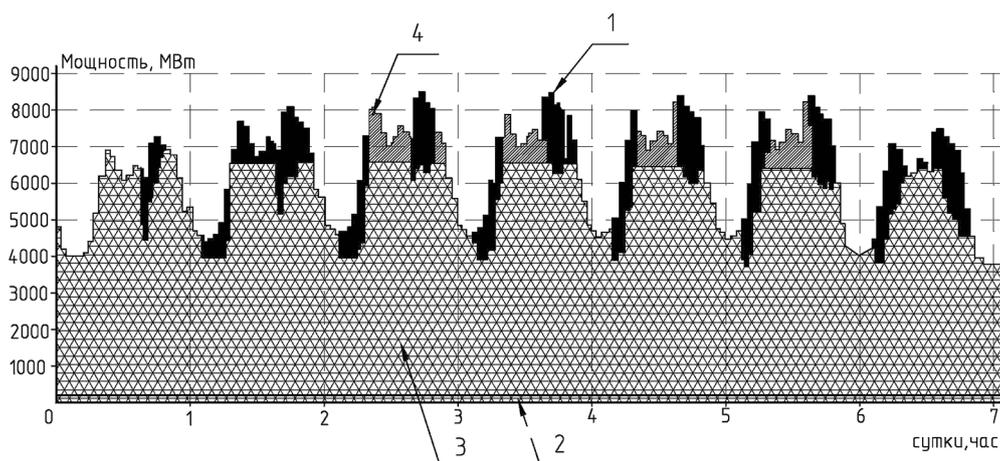


Рис. 3. Типовой график выработки электроэнергии на ПЭС в энергосистеме:

1 – мощность ПЭС; 2 – базовая минимальная мощность;

3 – базовая мощность тепловых электростанций; 4 – суммарная пиковая мощность энергосистемы

Ветровой режим имеет ярко выраженный муссонный характер с преобладанием северных ветров с моря в летний

период и южных направлений ветра с суши в зимний период. Средняя годовая скорость ветра составляет 5,3 м/с. Наблюдаемая

максимальная скорость ветра отмечалась в декабре-феврале и составила 40 м/с.

Устье губы является открытым, шириной 800 м. Непосредственно перед устьем ширина губы возрастает до 1,3 км за счет залива на восточном берегу. Морской границей является линия, соединяющая безымянные скалистые мысы высотой 30-32 м, круто обрывающиеся в море. Губа Долгая – глубоководная, на 45% площади глубины превышают 50 м. Акватория залива при уровне полной воды занимает 5,6 км², объем бассейна составляет 0,25 км³ [5].

Прилив в губе Долгая – правильный полусуточный, с максимальной величиной в сизигию 4,0-4,2 м, минимальной – 0,7-0,9 м. Для выработки электроэнергии на ПЭС такой перепад уровней воды является неоптимальным, но допустимым [6].

Гидроагрегаты ПЭС и два рыбопропускных сооружения размещаются примерно в середине плотины в станционном наплавном блоке длиной 120 м вдоль фронта плотины при ширине этого блока по основанию 44 м (размер блока вдоль потока). Основная часть плотины состоит из 8 глухих железобетонных блоков с шириной по основанию 30 м. Небольшие участки плотины в примыканиях глухих наплавных блоков к берегам выполнены из скального грунта с песчано-гравийным ядром.

Длина восточного участка каменно-набросной плотины составляет 91 м, длина западного участка – 45 м. С боков станционного наплавного блока и глухих наплавных блоков со стороны моря и бассейна выполнена подводная присыпка противотрационных призм высотой 2,5 м и шириной до 10-12 м из песчано-гравийной смеси с защитным верхним слоем из каменной наброски. Глубины расположения призм с боков станционного блока – до 30 м, а глухих блоков – от 12 до 30 м.

На стыках наплавных блоков подачей сыпучих материалов сверху выполнено специальное противотрационное устройство из песка, гравия и камня, определенным образом расположенных в вертикальных шпациях по торцевым контактными поверхностям блоков. Для предотвращения обрушения откосов от постоянной волновой нагрузки в качестве крепления откосов на примыкающей каменно-набросной плотине планируется использование геотекстильных мешков [7], засыпанных местными доступными материалами, что

станет новым опытом в строительстве плотин в приливном гидростроительстве.

Условия пропуска воды через створ Северной ПЭС и величины расходов воды, протекающих через створ ПЭС из бассейна в море и из моря в бассейн, определяются принятыми диспетчерскими правилами работы этой станции, а также количеством работающих гидроагрегатов и характеристикой водопропускной способности турбин.

Было рассмотрено 4 основных варианта работы Северной ПЭС. Как показали водно-энергетические расчеты, установка трех трехъярусных гидроагрегатов с установленной мощностью 12 МВт (кпд турбины гидроагрегата при расчетном напоре и двухсторонней работе – 0,68, расчетный напор на турбинах – 2,5 м) целесообразна как по экологическим требованиям сохранения достаточно высокого водообмена между бассейном и морем, так и с экономических позиций. Холостой пропуск воды при этом осуществляется через остановленные гидроагрегаты в те периоды, когда напор на плотине, уменьшаясь, становится меньше 0,8 м.

Следует учитывать перспективу установки на Северной ПЭС волновых блоков с воздушными ортогональными турбинами суммарной мощностью не менее 12 МВт, с увеличением мощности комбинированной приливо-волновой Северной ПЭС до 24 МВт, а годовой выработки электроэнергии на ней – как минимум до 37 млн кВт ч. Установка ветровых энергетических установок на протяжении плотины будет способствовать созданию энергетического комплекса, или кластера, который будет абсолютно автономным источником энергии и позволит сгладить выработку электроэнергии, обеспечив тем самым непрерывную гарантированную выработку за счет трех источников энергии: приливообразующей силы, волн и ветра.

На Северной ПЭС устанавливаются три гидроагрегата в наплавном блоке здания ПЭС с глубиной в месте его установки 28-30 м. Они имеют составной вертикальный вал с тремя вертикальными ортогональными турбинами, расположенными одна над другой (рис. 4) [8-10]. Гидроагрегаты Северной ПЭС являются новыми, не имеющими мировых аналогов. Они защищены патентами Российской Федерации № 2307949 от 30 августа 2006 г. и № 22391554 от 5 февраля 2010 г. Диаметр рабочего колеса ортогональной турбины принят равным 5 м.

Северная ПЭС является однобассейновой ПЭС совмещенного типа, работающей в двухстороннем режиме. Посадка всех наплавных блоков ведется на неподготовленное основание. В состав основных сооружений гидроузла входят здание ПЭС, рыбопропускные сооружения, судопропускное

сооружение, глухие наплавные блоки. Здание ПЭС размещено в наплавном железобетонном блоке, представляющем собой жесткую ячеистую конструкцию, заполняемую балластом, и состоит из агрегатного блока и верхнего строения с монтажной площадкой [9, 11-13].

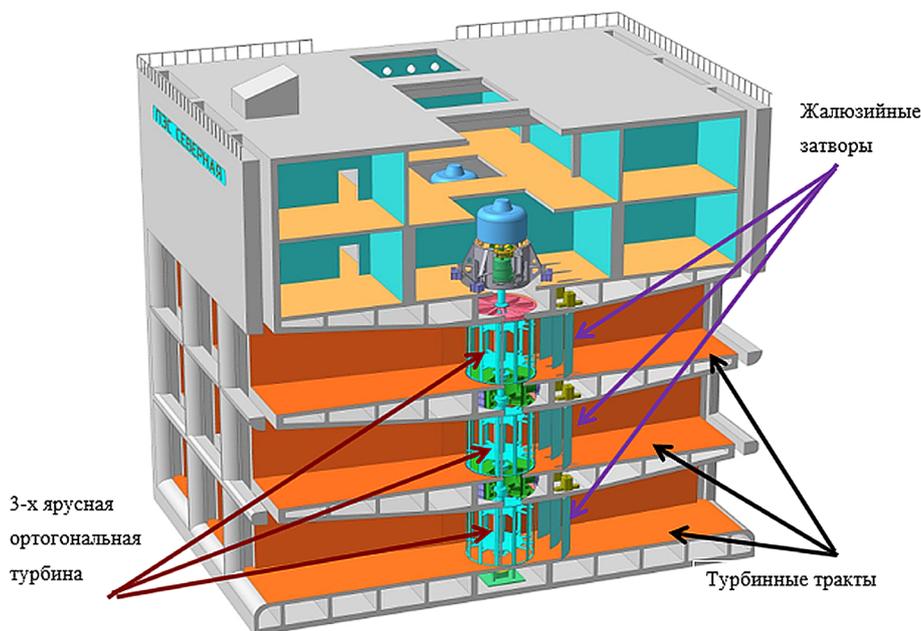


Рис. 4. 3D-модель наплавного энергоблока Северной ПЭС

рыбопропускные сооружения в составе агрегатного наплавного блока обеспечивают свободный проход местных пород рыб через створ гидроузла в обоих направлениях. Общая ширина трех ниток рыбохода составляет 10,0 м; общая ширина двух рыбоходов (шести ниток) – 20,0 м; толщина стенок между нитками рыбохода и между камерами – 0,5 м; длина камер рыбохода – 4,4 м.

Судопропускное сооружение в составе глухого наплавного блока, размещаемого

к западу от здания ПЭС, предназначено для прохода судов при выровненных уровнях воды со стороны моря и бассейна ПЭС.

Ряд прогнозных значений тарифов, обеспечивающих покрытие операционных расходов, возврат капитала и доходность на вложенный капитал за несколько лет эксплуатации Северной ПЭС, и максимальные прогнозные цены на электроэнергию в Кольской энергосистеме представлены в таблице 2.

Таблица 2

Прогнозные цены на электроэнергию в Кольской энергосистеме

Годы	2020	2022	2024	2026	2028
Тариф на электроэнергию Северной ПЭС, руб. /кВт*ч	97,99	109,38	122,47	137,51	154,79
Максимальные прогнозные цены на электроэнергию в Кольской энергосистеме, руб. /кВт*ч.	5,63	5,99	6,38	6,80	7,24

Сооружение Северной ПЭС вызовет определенные изменения гидрологического режима губы Долгая и прилегающей к ней акватории, но скорее всего это не окажет значимого негативного воздействия на экологическую ситуацию. Как свидетельствуют расчеты,

в период строительства плотины, а также при работе ПЭС в проектом режиме приливный водообмен в бассейне составит в среднем 60-65% от естественного.

Возведение плотины приведет к уменьшению высоты волн в бассейне ПЭС, что

ослабит абразионное воздействие волн на береговой клиф и пляжи.

Экологически значимой утраты естественных местообитаний, ведущей к снижению численности и биоразнообразия морских организмов, в результате сооружения Северной ПЭС не ожидается [5, 6].

При ограничении водообмена (при преращении губы в бассейн ПЭС) может наблюдаться развитие процессов эвтрофирования. Вместе с тем данный фактор нельзя рассматривать как сугубо негативный. До определенного предела повышение трофического статуса отсеченной акватории может способствовать росту биоразнообразия и продуктивности морской экосистемы, улучшать кормовую базу рыб и создавать более благоприятные условия для развития здесь хозяйств аквакультуры. Следует также учитывать и то, что плотина ПЭС значительно ослабит негативные воздействия прибоев на организмы литорали и верхней сублиторали. Уменьшение мутности воды создает благоприятные условия для фотосинтеза и роста продуктивности фитопланктона и сублиторального фитобентоса.

Отдельную проблему представляют вопросы сохранения численности семги. Губа Долгая является миграционным нерестовым путем данного вида рыбы. Река Долгая, впадающая в губу, входит в рыбохозяйственный фонд Мурманской области и относится к малым семужно-нерестовым рекам второй группы, являясь естественным питомником для воспроизводства части стада мурманской семги. Официально промысел семги в губе Долгая не ведется, хотя ее браконьерский лов осуществляется здесь весьма интенсивно. Поэтому прогнозируя возможные экологические последствия, необходимо рассмотреть две различные тенденции.

Первая тенденция связана с тем, что сооружение Северной ПЭС может затруднить миграцию рыб. Однако предусматриваемое проектом использование ортогональных турбин, через которые большая часть планктонных организмов и мальков рыб проходит, не получая повреждений, а также строительство рыбопропускных сооружений делают плотину ПЭС биологически пропущиваемой [5, 12]. В значительной мере это позволит избежать негативного воздействия на миграцию семги. Другая тенденция связана с тем, что развитие инфраструктуры при сооружении ПЭС позволит прекратить

браконьерский лов рыбы, который в настоящее время является основным фактором снижения запасов семги.

Выводы

1. Благодаря применению на Северной ПЭС волновых блоков с воздушными ортогональными турбинами увеличится мощность приливно-волновой станции до 24 МВт.

2. Проведенные исследования технических решений показали, что прирост выработки электроэнергии при установке 4-х гидроагрегатов является экономически невыгодным в связи с тем, что число часов использования дополнительно установленной мощности 4 МВт составит всего лишь 670 ч.

3. Выполненный анализ по влиянию Северной ПЭС как возобновляемого источника электроэнергии на окружающую среду показал, что при ограничении водообмена может наблюдаться процесс эвтрофирования, однако это не будет влиять на продуктивность и биоразнообразие морской экосистемы.

Библиографический список

1. Раткович Л.Д., Матвеева Т.И. Особенности отечественного водопользования и необходимость реализации водной стратегии РФ // Доклады ТСХА: мат-лы Междун. научной конф., посвященной 175-летию К.А. Тимирязева. – М.: РГАУ-МСХА, 2018. – С. 162-166.
2. Схватка с приливом (история покорения приливной энергии): К 45-летию Кислогубской ПЭС // Бернштейн Л.Б. и др. / под ред. И.Н. Усачева. 2-е изд., доп. – М.: НИИЭС, 2013. – 248 с.
3. Использование энергии морских приливов в России в преодолении глобального энерго-экологического кризиса. Посвящено 30-летию ПЭС Ранс, Париж // Белый уголь. – 1997. – № 3. – С. 96-100.
4. Ляхницкий В.Е. Синий уголь. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1926. – 107 с.
5. Опыттно-промышленная ПЭС в губе Долгой Баренцева моря. Проектная документация. Раздел 2 «Схема планировочной организации земельного участка». Подраздел 2 «Природные условия объекта. Результаты инженерных изысканий». Кн. 2 «Инженерно-геологические изыскания». 228-ПЗУ2.2-ПЗ. ОАО «НИИЭС» 2010.
6. Отчет об инженерно-геологическом обследовании участка проектируемой Северной ПЭС – М.: ОАО «Инженерный центр ЕЭС»; Филиал «Института Гидропроект», 2008.

7. **Matteotti G., Ruol P.** L'impiego dei geosintetici nelle opere di ingegneria marittima e costiera, 2003.

8. **Крылов А.П., Бакштанин А.М., Беглярова Э.С.** Экспериментальные исследования модельной и рабочей установки портативной микро-ГЭС с сифонным водоподводом // Природообустройство. – 2020. – № 3. – С. 99-107.

9. **Крылов А.П., Бакштанин А.М.** Новые концепции в развитии микро-гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водах микро-ГЭС // Природообустройство. – 2017. – № 5. – С. 8-14.

10. **Историк Б.Л., Шполянский Ю.Б.** Перспективы использования ортогональной турбины на низконапорных гидроузлах // Гидротехническое строительство. – 1993. – № 11. – С. 28-34

11. **Shpolyanskij Y., Usachev I. & Istoriik B.** Russian tidal and wave power development: experience of the Kislogubskaya tidal plant // Marine Energy: The International Journal on Hydropower & Dams, special supplement. https://www.studmed.ru/usachev-i-n-istorik-b-l-zolotoe-a-l-bashkin-n-v-prilivnye-elektrostanicii-rossii-novye-tehnologii_6b108cc91cd.html

12. **Михеев П.А.** Рыбозащитные сооружения и устройства. – М.: «Рома», 2000. – 405 с.

13. СП101.1333.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные

и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095534>.

Материал поступил в редакцию 19.10.2020 г.

Сведения об авторах

Бакштанин Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, 19; bakshtanin@mail.ru

Крылов Алексей Петрович, аспирант кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; krylovalexix@gmail.com

Матвеева Татьяна Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Прянишникова, 19; ti-matveeva@mail.ru

Беглярова Эвелина Суреновна, кандидат технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Прянишникова, 19.

A.M. BAKSHTANIN, A.P. KRYLOV, T.I. MATVEEVA, E.S. BEGLYAROVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

TECHNICAL REALIZATION OF THE PROJECT OF SEVERNAYA TIDAL POWER PLANT IN THE BARENTS SEA

The relevance of the development of tidal hydropower is extremely high. Tidal energy is the only guaranteed energy on our planet during the entire period of use since it is guaranteed by cosmic forces unchangeable in the foreseeable future. To optimize power generation, TPP turbines should be used in several modes, the choice of which depends on the power required at the moment, the needs and capabilities of other power producers. If TPPs and NPPs need oil, gas, coal, uranium; for hydroelectric power plants – river water (and now there is a shallow period); for wave, wind and solar power plants – sun and wind are needed (today they are available, tomorrow –no); then for a TPP in any range of the World Ocean, the generation of electricity depends only on the attraction of the Moon and the amount of energy received can be accurately determined for any period of time for the entire period of operation, therefore, the TPP can be controlled at a distance of hundreds of kilometers (example of TPP Rane) having only security at the station. The successful implementation of the Severnaya TPP project and its innovative components would be the last stage on the way to industrial development of tidal energy in Russia. The final criterion for the commercial success of a TPP is the cost per 1 kWh of electricity generated by it. Severnaya TPP is designed to supply electricity to remote areas and is therefore economically profitable.

Tidal power, tidal power plants, orthogonal turbines, floating construction method, floating blocks.

References

1. **Ratkovich L.D., Matveeva T.I.** Osobnosti otechestvennogo vodopolzovaniya i neobhodimost realizatsii vodnoj strategii RF // Doklady TSHA: mat-ly mezhdunar. nauch. konf., posvyashchenoj 175-letiyu C.A. Timiryazeva. – M.: RGAU-MSHA, 2018. – S. 162-166.
2. Skhvatka s prilivom (istoriya pokoreniya prilivnoj energii): [K 45-letiyu Kislogubskoj PES] / Bernshtejn L.B.; red. I.N. Usachev. – 2-e izd., dop. – M.: NIIES, 2013. – 248 s.
3. Ispolzovaniy energii morskikh prilivov v Rossii v preodolenii globalnogo energo-ekologicheskogo krizisa. Posvyashcheno 30-letiyu PES Rans, Parizh // Bely ugol. – 1997. – № 3. – S. 96-100).
4. **Lyahnitsky V.E.** Sinij ugol – L.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1926. – 107 s.
5. Opytno-promyshlennaya PES v gube Dolgoj Barentseva moray. Proektnaya dokumentatsiya. Razdel 2 «Shema planirovochnoj organizatsii zemelnogo uchastka». Podrazdel 2 «Prirodnye usloviya objekta. Rezultaty inzhenernyh izyskanij». Kn. 2 «Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya». 228-PZY2.2-PZ. OAO «NIIES» 2010.
6. Otchet ob inzhenerno-geologicheskom obsledovanii uchastka proekturuemoj Severnoj PES – M.; OAO «Inzhenerny tsentr EES», Filial «Instituta Hidroproekt», 2008.
7. **Matteotti G., Ruol P.** L'impiego dei gesintetici nelle pera di ingegneria marittima e costiera, 2003.
8. **Krylov A.P., Bakshtanin A.M., Beglyarova E.S.** Experimentalnye issledovaniya modelnoj i rabochej ustanovki portativnoj mikro-GES s sifonnym vodoprovodom // Prirodoobustrojstvo. – 2020. – № 3. – S. 99-107.
9. **Krylov A.P., Bakshtanin A.M.** Novye kontseptsii v razvitii mikro-gidroenergetiki. Gidravlika v napornyh vodovodah mikro-GES // Prirodoobustrojstvo. – 2017. – № 5. – S. 8-14.
10. **Istoriik B.L., Shpolyansky Yu.B.** Perspektivy ispolzovaniya ortogonalnoj turbiny na nizkonapornyh gidrouzlah // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. – 1993. – № 11. – S. 28-34
11. **Shpolyanskij Y., Usachev I., & Istoriik B.** Russian tidal and wave power development: xperience of the Kislogubskaya tidal plant. Marine Energy. The International Journal on Hydropower & Dams, special supplement. https://www.studmed.ru/usachev-i-istorik-b-l-zolotoe-a-l-bashkin-n-v-prilivnye-elektrostantsii-rossii-novye-tehnologii_6b-108cc91cd.html
12. **Mikheev P.A.** Rybozashchitnye sooruzheniya i ustrojstva. – M: «Roma», 2000. – 405 s.
13. SP101.1333.2012 Podpornye steny, sudohodnye shlyuzy, rybopropusknye i rybozoshchitnye sooruzheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.06.07-87. <http://docs.cntd.ru/document/1200095534>

The material was received at the editorial office
19.10.2020

Information about the authors

Bakshtanin Aleksandr Mikhajlovich, candidate of technical sciences, associate professor, acting head of the department of complex use of water resources and hydraulics FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova, 19; bakshtanin@mail.ru

Krylov Alexej Petrovich, post-graduate of the department of complex use of water resources and hydraulics FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova, 19; krylovaalexij@gmail.com

Matveeva Tatyana Ivanovna, candidate of technical sciences, associate professor, acting head of the department of complex use of water resources and hydraulics FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova, 19; ti-matveeva@mail.ru

Beglyarova Evelina Surenovna, candidate of technical sciences, associate professor, acting head of the department of complex use of water resources and hydraulics FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova, 19.