

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СТОКА РЕК ГОРНОЗАВОДСКОЙ ЗОНЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Е. Кожевников, А.С. Вахрушев

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Гидроэнергетические ресурсы Челябинской области оцениваются в 0,26 млн кВт, а технический гидроэнергетический потенциал составляет порядка 0,94 млрд кВт·ч. Однако ни наличие программ по развитию гидроэнергетики, ни благоприятные условия для выработки электроэнергии, ни технико-экономические обоснования проектов ГЭС не улучшают ситуацию в сфере гидроэнергетики в области. Неуклонно возрастающий дисбаланс электроэнергии в Челябинской области стал поводом для новой попытки актуализировать указанную проблему. Реализация идеи разработки программы развития гидроэнергетики Челябинской области не только поможет решить проблему энергодефицита в регионе, но и станет важным шагом на пути российских исследований в области гидроэнергетики в международном контексте перехода на возобновляемые источники энергии. Как показывают исследования, основной гидроэнергетический потенциал Челябинской области сосредоточен в горнозаводской зоне. Поэтому основой развития гидроэнергетики региона целесообразно считать реки данной зоны. В статье не разделяется широко распространенное мнение о категорической недопустимости создания водорегулирующих сооружений в горной зоне. Не отрицая наличия лимитирующих экологических и технологических факторов для строительства водорегулирующих сооружений в горной зоне, в статье обращаем внимание на то, что они не критичны и полностью решаемы путем поиска компромиссов, в том числе выбора оптимального места для размещения гидравлического оборудования ГЭС. Цель данной статьи – показать значимость и перспективность развития гидроэнергетики региона, основанной на использовании гидроэнергетического потенциала стока рек горнозаводской зоны Челябинской области.

Ключевые слова: гидроэнергетика, производство электроэнергии, водохранилище, плотина, горнозаводская зона.

Введение

Несмотря на относительно хорошее знание гидрологии основных горных рек области, имеющихся данных все же недостаточно для расширения природно-ресурсной базы гидроэнергетики и приведения ее в соответствие с прогнозной потребностью в ресурсах «Стратегии социально-экономического развития Челябинской области на период до 2035 года». Самая крупная горная река Ай не нашла применения в электроэнергетике региона. Конструктивным шагом в решении этой проблемы может стать привлечение недооцененного потенциала горной «связки» малых рек, максимально адаптированных к мировой тенденции на автономность потребителей энергии [1].

Данная статья разработана в соответствии с материалами предыдущих исследований в данной области. В ходе работы были оценены геоморфологические условия верховьев рек и изучено их экологическое положение. При формулировании рабочих гипотез использования гидроэнергетических ресурсов использовалась схема территориального планирования Челябинской области и картографические материалы масштаба 1:25 000. Такие гидроэнергетические характеристики рек, как процесс определения расхода воды в реках, не имеющих гидрометрических наблюдений, расчет общих показателей мощности, выработки и удельной насыщенности энергоресурсами в статье не

затрагиваются – предполагается, что эти вопросы были рассмотрены ранее.

1. Основные положения исследования

На основании обновленных материалов о характере питания, водосборных бассейнов и характеристиках продольного профиля рек гидрографическая сеть горнозаводского района была условно разделена на 2 зоны (рис. 1):

1) зона основных горных долин, собирающих воды притоков всех типов и выводящих их за пределы горных районов;

2) зона малых рек.



Рис. 1. Зонирование гидрографической сети горнозаводского района Челябинской области

В рамках данного подхода в первом приближении выделено 20 участков рек как удобных для строительства гидроагрегатов различного типа. Шесть из них расположены на реке Ай (Межевой, Верхний Айск, Глухой Остров, Терехта, Петропавловка, Куса), пять – в основной долине реки Юрюзань (Кочкари, Вязовая, Екатериновка, Кордонный, Александровка), три – на реке Сим (Новошалашово, Первомайский, Серпиевка), два – на реке Большая Сатка (Бердяуш, Романовка) и четыре – на притоках реки Ай (Куса, Большая Арша, Юрак, Веселка).

2. Концепция использования гидроэнергетических ресурсов притоков реки Ай

Одна из наиболее ярко выраженных речных систем была образована рекой Ай. Обширную сеть притоков, исходя из перепадов высот, можно разделить на 3 подсистемы [2]. Притоки верхнего течения расположены в горнолесной зоне, их бассейны локализованы в пределах 400–500 м (табл. 1).

Помимо зональных природных факторов характер пространственно-временной изменчивости стока притоков первой подсистемы обусловлен еще и азональными факторами. Следствием неуклонного ухудшения речного ландшафта является эпизодическое расширение долин. Процесс меандрирования за счет усиления боковой эрозии также привел к созданию ступенчатого продольного профиля рек [3]. Из-за этого произошли образования перепадов высот и как следствие – повышенной удельной мощности в малых речных долинах, что является благоприятным условием для установки малых гидроэлектростанций.

Из этой группы притоков река Юрак может стать наиболее благоприятной для освоения. При удельной мощности реки до 3,2 МВт гидроэлектростанция может обеспечить минимум сниженных затрат и стоимости электроэнергии.

Для притоков второй подсистемы характерны четко очерченная структура долин, ступенчатый продольный профиль, короткая деривация, в которой потенциально может концентрироваться значительный напор воды – более 100 м (табл. 2).

Нетрудно заметить, что удельная мощность большинства высокогорных рек превышает 2 МВт, что располагает к размещению на них широкого спектра гидроустановок, отличающихся простотой конструкции, эксплуатации и обслуживания. Выбор конкретной гидроустановки должен определяться техническими параметрами створа реки с учетом предполагаемого совокупного спроса на электроэнергию в данном районе [4].

Особенно благоприятно для строительства ГЭС в этой группе притоков характеризуется река Куваш (левобережный приток реки Ай). В качестве трассы можно взять 5-километровый участок реки от поселка Казаны до места впадения в нее реки Сборной с удельным напором 30 м. Прокладка 4-километрового деривационного тоннеля (из них около 500 м под землей) позволит рассчитывать на достаточно высокую мощность порядка 0,7 МВт [5].

Ниже города Куса заметно снижается удельная мощность притоков реки Ай. Руслу, врезанные в рукава реки, с толстым слоем наносов не допускают высокого напора воды. Поэтому использование гидроэнергетического потенциала притоков реки Ай до поселка Межевого может быть вызвано только социально-значимым и социально-экономическим спросом на электроэнергию в данном конкретном районе.

Таким образом, в верховьях реки Ай виден ряд свободных инвестиционных площадок. Чтобы активизировать частный капитал в исследуемой области, рекомендуется направить гидроэнергетическому бизнесу четкие сигналы о желаемой цели правительства Челябинской области и прозрачной системе поддержки проектов.

Таблица 1

Притоки верхнего течения реки Ай

№	Подсистема	Расстояние от истока реки Ай, км	Водосборный бассейн, км ²	Средняя высота водосбора, м
1	Притоки до деревни Веселовки	20	1113	843
2	Притоки до города Кусы	160	2201	619
3	Притоки до поселка Межевого	250	4076	475

Таблица 2

Гидроэнергетические характеристики малых притоков второй подсистемы верхнего течения реки Ай

№	Название реки	Водосборный бассейн, км ²	Среднегодовой расход воды в устье, м ³ /с	Общее падение, м	Мощность, МВт
1	Губенка	108	1,6	175	1,1
2	Куваш	312	5,6	240	5,3
3	Кисеганка	85	1,3	129	0,7
4	Куса	621	3,4	115	1,5

3. Концепция использования гидроэнергетических ресурсов реки Ай

Несколько иной подход потребует использование гидроэнергетических ресурсов реки Ай, где собирается вода из притоков различных режимов. График изменения во времени расходов воды в реке реки Ай за 2018 год представлен на рис. 2.

Рис. 2 показывает, что средний расход Ай зимой, в середине лета и во время половодья сильно различается из-за сезонных особенностей формирования и циркуляции воды в русле реки. Динамика стока характеризуется растянутым весенним максимумом и зимним минимумом. Таким образом, в этой ситуации актуален вопрос о целесообразности регулирования стока. Конечно, автор адекватно воспринимает зачастую логичные воз-

ражения против строительства ГЭС в горных районах. Тем не менее применительно к Челябинской энергосистеме можно привести не меньше аргументов в пользу технической возможности повышения устойчивости стока [6].

В первом приближении возможно создание каскада водохранилищ, создаваемого на основе озер, расположенных на реке Ай: первое – рядом с местом впадения в Ай реки Безымянный Ключ, второе – рядом с местом впадения в Ай реки Хуторка и два – между устьями рек Исток и Семибратка. Полезный объем озер возможно увеличить за счет создания плотин высотой до 30 м. В лимно-системе на высоте 1700 м возможно накопление стока реки Ай и её притоков: рек Безымянный Ключ, Черная, Щап, Хуторка, Новоселы, Исток,

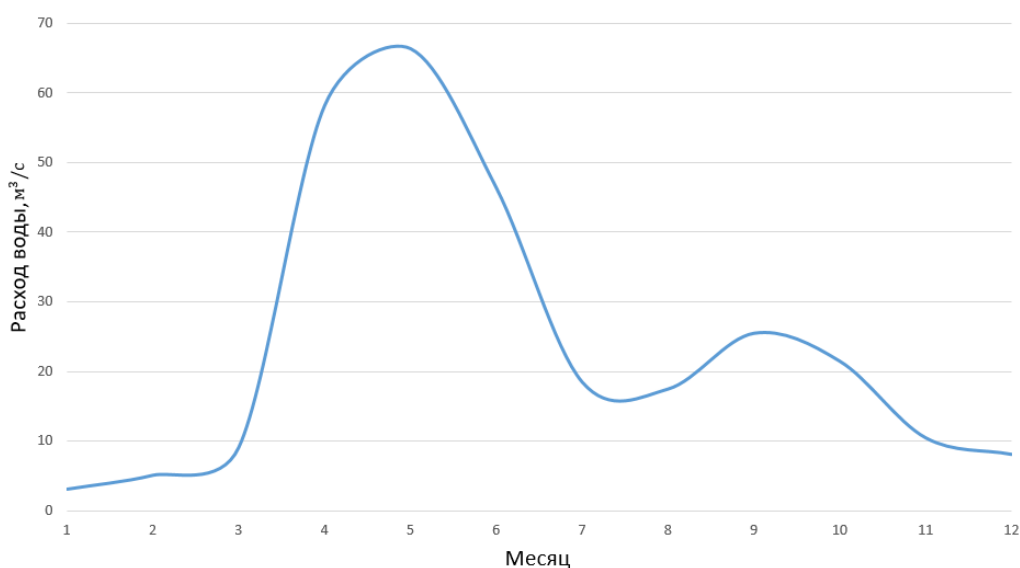


Рис. 2. Гидрограф реки Ай

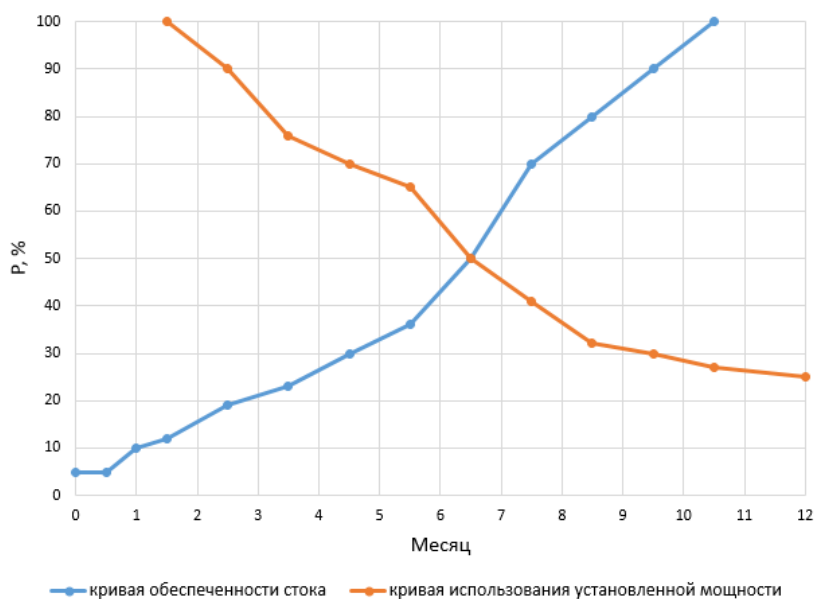


Рис. 3. Характеристика условий использования реки Ай при различной обеспеченности стоком и установленной мощности

Юрак, а также Банный Ключ, расход которой может быть собран по дренажным каналам и сброшен в озеро с помощью тоннеля (около 1 км).

Если идея будет реализована, появится шанс получить эффективную систему регулирования речного стока. Назначенный гидроэнергетический объект одновременно снизит сильную турбулентность в русле реки Ай. Сама гидроаккумулирующая структура каскада может стать независимым производителем энергии (до 30 МВт), что ускорит окупаемость затрат.

Сумма активных мощностей предлагаемого каскада гидроэлектростанций будет зависеть от мощности регулируемой реки Ай и роли гидроэлектростанции в энергетическом комплексе реки. На основе имеющихся гидрологических данных была построена кривая обеспеченности стока и прогнозируемая кривая использования установленной мощности реки (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что месячный использованный объем установленной мощности будет характеризоваться высокой динамичностью, что требует поиска путей систематического повышения уровня использования установленной мощности.

4. Концепция использования гидроэнергетических ресурсов реки Юрюзань

В отличие от реки Ай притоки реки Юрюзань не образуют ярко выраженной системы, хотя и играют важную роль в формировании характера его годового стока [7]. Поэтому потенциальные энергоблоки целесообразнее размещать в основной долине реки. Это означает, что в условиях сезонных колебаний стока вся цепочка потенциальных ГЭС зимой будет стабильно испытывать нехватку воды. Поэтому была предпринята попытка найти приемлемый вариант уменьшения амплитуды колебания уровня воды в реке. Участки в пре-

делах притоков Евлакта и Годовой Ключ могут быть использованы в качестве регулятора стока, свойства которого более благоприятны для строительства гидроаккумулирующих объектов. Об этом свидетельствует построенная диаграмма объемных характеристик рассматриваемых участков реки (поперечного профиля). Используя ее, возможно сначала сформулировать рабочую гипотезу о потенциальном полезном объеме водохранилища (рис. 4).

Коэффициент естественного регулирования стока реки Юрюзань (то есть объем водохранилища, необходимый для полного годового регулирования в процентах от годового стока реки) колеблется в пределах 0,4–0,55 [8]. Исходя из этого, можно рассчитать размер полезного объема водохранилища, а значит, и высоту плотины, достаточную для регулирования стока реки Юрюзань.

Вместо строительства плотины возможно рассмотрение варианта с деривационным тоннелем. Однако для оптимальной работы ГЭС необходимо будет создать перепад высот до 500 м, который в геоморфологических условиях верховья реки Юрюзань обеспечит только тоннель протяженностью 14–15 км. Причем эта дорогостоящая схема будет эффективна только по отношению к ниже расположенным ГЭС [9].

Вариант с водохранилищем обеспечит приемлемую динамику водотока в пределах основной долины реки одновременно для нескольких потенциальных гидроэнергетических объектов. Кроме того, уменьшение турбулентности потоков реки позволит направить средства, ежегодно выделяемые на решение проблемы береговой защиты, на улучшение эффективности работы ГЭС [9].

Опасения коллег относительно экологических последствий и сейсмических угроз, безусловно, имеют право на существование. Так, полевые исследования показали, что реализация идеи будет

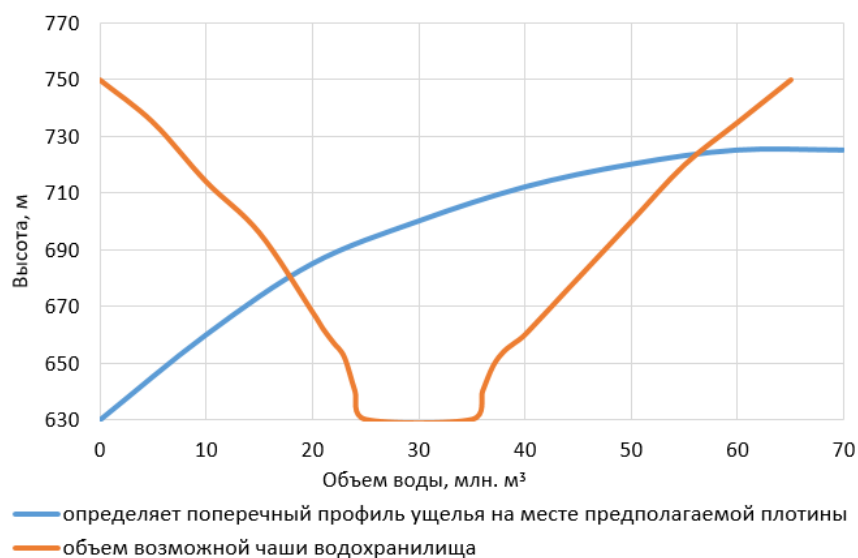


Рис. 4. Схема поперечного профиля долины реки Юрюзань

связана с изъятием из оборота 120 га сельскохозяйственных угодий и более 200 га лесных угодий. К сожалению, не существует такого варианта природопользования, который обеспечивал бы максимальную экономическую эффективность и в то же время оптимальные результаты в области охраны окружающей среды. Поэтому необходимо обратить внимание на возможности компромиссов, стоящих за проблемами, например, сравнивая с альтернативной энергетической продуктивностью территорий, отводимых гидроэнергетическим комплексам (продуктивность лесов, общий сельскохозяйственный потенциал, размер неиспользованной солнечной энергии, отказ от использования энергии ветра и др.) [10].

Остальные притоки реки Юрюзань в основном загромождены обломочным материалом, поэтому они обладают недостаточной удельной мощностью. Исключением могут быть притоки, расход которых достаточен для микро-гидроэлектростанций в период паводков. Они помогут решить проблему электроснабжения рассредоточенных животноводческих комплексов, альпинистских лагерей, аварийно-спасательных сооружений, туристических объектов, исследовательских станций по принципу «коротких сетей», что немаловажно, поскольку капитальные затраты на прокладку и содержание электросети в структуре затрат часто достигает 70–80 % [11].

5. Концепция использования гидроэнергетических ресурсов реки Большая Сатка

Не совсем ясен вопрос о возможности использования стока реки Большая Сатка. Его средние зимние расходы воды минимальны ($0,5\text{--}5\text{ м}^3/\text{с}$) при потенциальном падении воды не более 20 м. Прикладное значение могут иметь только участки реки вблизи поселка Бердяш и села Романовка, однако требуется дополнительное изучение данного вопроса. Необходимо расширить существующий усеченный водно-энергетический кадастр реки, начиная с которого можно предметно обсудить другие варианты безопасного и экономичного использования водных ресурсов [12].

Вывод

Гидроэнергетика может стать основной энергетической базой социально-экономического развития в области. Для этого необходимо ускорить формирование системы малых и сверхмалых ГЭС. Устьевые участки малых притоков основных горных рек наиболее благоприятны для обеспечения автономной системы энергоснабжения потребителей энергии, рассредоточенной в горах по принципу «коротких сетей».

Разработанные рабочие гипотезы и предварительные схемы использования гидравлической энергии рек Ай и Юрюзань указывают на возможность строительства гидроаккумулирующих электростанций на базе проточных озер. Благодаря этому появится возможность регулировать каскад из 3–4 электростанций на участках рядом с местом впадения в Ай реки Безымянный ключ и реки Хуторка, а также между устьями рек Исток и Семибратка.

Появление устойчивых источников энергии в рекреационных зонах в верховьях рек создаст предпосылки для создания местных природоохранных предприятий и снижения энергетической нагрузки на социально-экономическое положение близлежащих населенных пунктов. Изложенные в статье тезисы могут оказаться полезными при обсуждении альтернатив развития отрасли и принятии решений. Окончательный выбор порядка строительства гидроагрегатов должен стать предметом публичного научного общественного обсуждения.

Повышенное внимание к гидроэнергетике не означает, что она должна быть единственным источником получения возобновляемой электроэнергии. Направления модернизации отрасли могут проявляться в различных сочетаниях (геотермальная, солнечная, ветровая и др.). Акцент, сделанный в статье, связан с тем, что из недооцененных местных энергоресурсов наиболее очевидной и традиционной в горной местности является гидроэнергетика, развитие которой может стать стабильной основой для реализации оптимистичного сценария социально-экономического развития области в среднесрочной перспективе.

Литература

1. Слепцов, А.А. Мировой опыт развития альтернативных (возобновляемых) источников энергии / А.А. Слепцов // *Проблемы современной науки и образования*. – 2017. – Т. 90, № 8. – С. 58–63.
2. Степанова, К.Р. Гидрологическая характеристика реки Ай / К.Р. Степанова, С.С. Шакирова // *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки 2014: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов*. – Троицк: Изд-во УГАВМ, 2015. – С. 123–124.
3. Жолудев, Д.М. Изучение процессов свободного меандрирования рек / Д.М. Жолудев, А.Н. Плотников // *Избранные доклады 64-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых*. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2018. – С. 790–792.
4. О выборе типа микроГЭС и ее оптимальной мощности в зависимости от гидрологических параметров / Е.А. Спириин, А.А. Никитин, М.П. Головин, В.В. Карпенко // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 543–547.

5. Петров, В.В. Подземные сооружения специального назначения в составе гидроэлектростанций / В.В. Петров // *Метро и тоннели*. – 2007. – № 5. – С. 30–31.
6. Черняев, М.В. Плюсы и минусы развития малой гидроэнергетики: российская действительность и китайский опыт / М.В. Черняев // *Вестник РУДН. Серия: Экономика*. – 2020. – Т. 28, № 2. – С. 300–314. DOI: 10.22363/2313-2329-2020-28-2-300-314
7. Горбатенко, А.А. Особенности гидрологического режима горных рек Южного Урала в современных условиях / А.А. Горбатенко, Н.В. Мякишева // *Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации: сб. тез. Всерос. науч.-практ. конф.* – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2019. – С. 212–213.
8. Бубин, М.Н. Районирование территории по синхронности многолетних колебаний зимнего стока рек (на примере Челябинской области) / М.Н. Бубин // *Известия Томского политехнического университета*. – 2010. – Т. 316, № 1. – С. 137–142.
9. Хромых, Э.Э. Актуальные проблемы архитектуры гидроэлектростанций России сегодня / Э.Э. Хромых, В.П. Этенко // *Творчество и современность*. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 53–63.
10. Шаулева, А.А. Сравнение альтернативных источников энергии / А.А. Шаулева // *Россия молодая: сб. тр. XII всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых*. – Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2020. – С. 1–4.
11. Петров, А.Е. Экономический потенциал возобновляемых источников энергии / А.Е. Петров, С.А. Мамий // *Научный журнал КубГАУ*. – 2017. – Т. 3, № 127. – С. 1–12.
12. Хоречко, И.В. Роль экологического каркаса территории в природообустройстве / И.В. Хоречко, Т.Г. Багаева // *Природообустройство*. – 2008. – № 1. – С. 21–24.

Кожевников Егор Евгеньевич, аспирант кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; asp20kee531@susu.ru.

Вахрушев Александр Сергеевич, аспирант кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; asp20vas006@susu.ru.

Поступила в редакцию 3 июля 2021 г.

DOI: 10.14529/power210309

UTILIZING THE HYDROPOWER OF RIVERS IN THE MINING ZONE TO ADVANCE HYDROPOWER ENGINEERING IN CHELABINSK REGION

E.E. Kozhevnikov, asp20kee531@susu.ru,

A.S. Vakhrushev, asp20vas006@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The hydropower resources of Chelyabinsk Region are estimated at 0.26 million kWh, and the technical hydropower potential is about 0.94 billion kWh. However, the existence of programs for the development of hydropower, favorable conditions for electricity generation, and the feasibility studies of hydropower projects have all so far failed to improve the local hydropower industry. The ever-worsening power imbalance in Chelyabinsk Region calls for more research on the issue. A new program for the advancement of hydropower will help tackle energy shortages and be an important milestone of Russian research in the field of hydropower in the international context of transition to renewable energy. The region's hydropower potential is mainly contained in its mining zone, studies have shown. Therefore, the rivers of this zone arguable form a strong foundation for the development of hydropower. The authors hereof do not agree with the common opinion that hydraulic structures may not be placed in mountain regions. While not denying the presence of environmental and technical limitations in such areas, we focus on the fact that they are not critical and can be addressed by taking reasonable tradeoffs, including optimal placement of HPP hydraulics. The goal hereof is to show the importance and prospects of developing the region's hydropower by utilizing the hydropower potential of the rivers in Chelyabinsk Region's mining zone.

Keywords: hydropower, power generation, reservoir, dam, mining zone.

References

1. Sleptsov A.A. [World experience in the development of alternative (renewable) energy sources]. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Problems of modern science and education], 2017, vol. 90, no. 8, pp. 58–63. (in Russ.)
2. Stepanova K.R., Shakirova S.S. [Hydrological characteristics of the Ay river]. *Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki 2014: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov*. [Young scientists in solving urgent problems of science 2014: Proceedings of the international scientific-practical conference of young scientists and specialists]. Troitsk, UGAVM Publ., 2015. pp. 123–124. (in Russ.)
3. Zholudev D.M., Plotnikov A.N. [Study of the processes of free meandering of rivers]. *Izbrannye doklady 64-y Universitetskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh*. [Selected reports of the 64th University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists]. Tomsk, TGASU Publ., 2018, pp. 790–792. (in Russ.)
4. Spirin E.A., Nikitin A.A., Golovin M.P., Karpenko V.V. [On the choice of the type of micro-hydroelectric power station and its optimal capacity depending on hydrological parameters]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, no. 1, pp. 543–547. (in Russ.)
5. Petrov V.V. [Special purpose underground structures as part of hydroelectric power plants]. *Metro i tonneli* [Metro and tunnels], 2007, no. 5, pp. 30–31. (in Russ.)
6. Chernyaev M.V. [Pros and cons of small hydropower development: Russian reality and Chinese experience]. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekonomika* [RUDN Bulletin. Series: Economics], 2020, vol. 28, no. 2, pp. 300–314. (in Russ.) DOI: 10.22363/2313-2329-2020-28-2-300-314
7. Gorbatenko A.A., Myakisheva N.V. [Features of the hydrological regime of the mountain rivers of the Southern Urals in modern conditions]. *Sovremennye problemy gidrometeorologii i ustoychivogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii: Sbornik tezisev Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern problems of hydrometeorology and sustainable development of the Russian Federation: Collection of abstracts of the All-Russian scientific and practical conference]. St. Petersburg, RGGMU Publ., 2019, pp. 212–213. (in Russ.)
8. Bubin M.N. [Zoning of the territory according to the synchronicity of long-term fluctuations in winter river runoff (on the example of the Chelyabinsk region)]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2010, vol. 316, no. 1, pp. 137–142. (in Russ.)
9. Khromykh E.E., Etenko V.P. [Actual problems of the architecture of hydroelectric power plants in Russia today]. *Tvorchestvo i sovremennost'* [Creativity and modernity], 2018, vol. 5, no. 1, pp. 53–63. (in Russ.)
10. Shauleva A.A. [Comparison of alternative energy sources]. *Rossiya molodaya: sbornik trudov XII vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh* [Young Russia: Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Kemerovo, Izd-vo KuzGGU Publ., 2020, pp. 1–4. (in Russ.)
11. Petrov A.E., Mamiy S.A. [The economic potential of renewable energy sources]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubSAU], 2017, vol. 3, no. 127, pp. 1–12. (in Russ.)
12. Khorechko I.V., Bagaeva T.G. [The role of the ecological framework of the territory in environmental management]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental management], 2008, no. 1, pp. 21–24. (in Russ.)

Received 3 July 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Кожевников, Е.Е. Использование гидроэнергетического потенциала стока рек горнозаводской зоны для развития гидроэнергетики Челябинской области / Е.Е. Кожевников, А.С. Вахрушев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 76–82. DOI: 10.14529/power210309

FOR CITATION

Kozhevnikov E.E., Vakhrushev A.S. Utilizing the Hydropower of Rivers in the Mining Zone to Advance Hydropower Engineering in Chelyabinsk Region. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 76–82. (in Russ.) DOI: 10.14529/power210309