

УДК 620.92

Якушев Илья Александрович,
магистрант,
направление подготовки «Инноватика»,
Институт естественных наук и математики,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
г.Екатеринбург, Российская Федерация

Рягин Юрий Игнатьевич,
доцент,
Институт естественных наук и математики,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
г.Екатеринбург, Российская Федерация

Бабушкин Алексей Николаевич,
доктор физико-математических наук, профессор,
Институт естественных наук и математики,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
г.Екатеринбург, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА РЫНКЕ ENEGYNET

Аннотация:

Статья посвящена рассмотрению перспектив размещения гидрогенераторов малой мощности во внешних водостоках многоэтажных зданий, стоках канализационных сетей и устьях подземных рек на территории города Екатеринбурга. Показано, что город обладает существенным, но практически не используемым гидропотенциалом, который может быть употреблен для экономии жилищно-коммунальных затрат по оплате электроэнергии. Размещение микрогенераторов на стоках подземных рек и ливневой канализации, впадающих в реку Исеть, дополнительно обеспечивает генерирующую мощность, достаточную для освещения прилегающей части города.

В среднесрочной перспективе рынок EnergyNet, в основе которого лежит концепция децентрализованного сбора, передачи и распределения электроэнергии, будет способен включить в себя рассмотренные варианты использования бесхозного гидропо-

тенциала муниципальных поселений РФ, что, безусловно, подтвердит преимущества «зеленой» экономики.

Ключевые слова:

гидропотенциал муниципальных поселений, энергетика малой мощности, распределённая генерация, «зеленая» экономика, рынок EnergyNet

Потребление электроэнергии в мире непрерывно растет. В то же время, серьезные экологические проблемы, связанные с угольной энергетикой, и не менее серьезные – с атомной, выводят на первый план использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), где отсутствуют недостатки традиционных источников.

Из триады ведущих направлений этого плана: гидроэнергетика, ветроэнергетика и использование энергии Солнца сегодня наиболее активно используется энергия падающей воды. Одновременно централизованная энергетика уступает место локализованным схемам ее генерации.

Цель работы - обосновать перспективность размещения генераторов малой мощности на водостоках многоэтажных зданий, канализационных стоках и стоках подземных городских рек, а также дать оценку экономической эффективности от их размещения на территории города Екатеринбурга.

Гидропотенциал многоэтажных зданий

Для характеристики гидроэнергетического потенциала талых и дождевых вод, стекающих по внешним водостокам многоэтажных домов, необходимо знать, какой суммарной площадью кровли они обладают.

Сегодня в Екатеринбурге зарегистрировано порядка 5000 жилых зданий с этажностью пять и более этажей, стоки с которых достаточны для работы гидрогенераторов малой мощности. Имея сведения о площади жилых и нежилых помещений, можно вычислить площадь крыш рассматриваемых зданий (см. Таблицу 1):

Таблица 1. Количество жилых зданий различной этажности, площадь их помещений и суммарная площадь кровли

Этажность	Количество зданий	Площадь помещений, м²	Суммарная площадь кровли, м²
5	2 420	9 234 726	1 846 945
6	77	407 475	67 912

7	34	231 998	33 143
8	22	161 444	20 181
9	1 029	8 399 418	933 269
10	298	2 706 928	270 693
11	18	224 879	20 444
12	268	1 912 285	159 357
13	27	360 218	27 709
14	86	1 035 003	73 929
15	37	587 394	39 160
16	348	337 5960	210 998
17	45	794 776	46 752
18	45	761 146	42 286
19	25	552 756	29 092
20	12	374 175	18 709
21	5	58 841	2 802
22	14	330 295	15 013
23	4	151 860	6 603
24	14	284 916	11 871
25	50	1 124 319	44 973
26	15	387 270	14 895
27	5	17 3990	6 444
28	10	275 400	9 836
29	5	78 386	2 703

Город Екатеринбург располагает суммарной площадью кровли в 3 955 719 м², стоки с которой приемлемы в рассматриваемом контексте. Этого вполне достаточно для сбора талых и дождевых вод, обеспечивающих работу гидрогенераторов малой мощности. Важным параметром является определение количества дней в году с различными видами осадков (см. Таблицу 2):

Таблица 2. Среднее количество дней с различными типами осадков в г. Екатеринбурге

Вид осадков	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
Твердые	25	21	14	4	1	0.1	0	0	0.4	6	19	24	115
Смешанные	1	1	4	6	3	0.3	0	0	2	7	4	1	29
Жидкие	0	0	1	7	16	20	19	23	19	10	1	0.1	116

На основании Таблицы 2 можно сделать вывод о том, что предполагаемые гидротехнические установки малой мощности будут работать в период с апреля по октябрь, так как в эти месяцы преобладают осадки в виде талых вод и дождя.

Для оценки гидроэнергетического потенциала требуется учесть среднемесячное количество осадков в Екатеринбурге (см. Таблицу 3):

Таблица 3 — Среднемесячное количество осадков в Екатеринбурге

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
Норма, мм	27	20	21	28	50	75	90	73	58	39	33	27	541

Из Таблицы 3 следует, что с апреля по октябрь суммарная норма осадков в виде талого снега и дождя в г. Екатеринбурге составляет 413 мм, а среднемесячная 59 мм. Ниже приведены результаты расчета гидроэнергетического потенциала г. Екатеринбурга по месяцам выпадения осадков в зависимости от этажности зданий (см. Таблицу 4):

Таблица 4. Гидроэнергетический потенциал осадков в г. Екатеринбурге

Этажность	Количество вырабатываемой энергии, кВт*ч						
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
5	6 787 523	11 312 538	16 968 807	20 362 569	16 516 306	13 122 544	8 823 780
6	299 492	499 153	748 730	898 476	728 764	579 018	389 339
7	170 521	284 201	426 302	511 562	414 934	329 673	221 677
8	118 664	197 774	296 661	355 993	288 750	229 418	154 264
9	6 173 574	10 289 291	15 433 936	18 520 723	15 022 364	11 935 577	8 025 647
10	1 989 594	3 315 989	4 973 984	5 968 781	4 841 344	3 846 548	2 586 472
11	165 290	275 483	413 224	495 869	402 205	319 560	214 877
12	1 405 529	2 342 548	3 513 822	4 216 586	3 420 120	2 717 356	1 827 187
13	264 759	441 266	661 899	794 278	644 248	511 868	344 187
14	760 729	1 267 882	1 901 824	2 282 188	1 851 108	1 470 744	988 948
15	431 739	719 565	1 079 348	1 295 217	1 050 565	834 695	561 261
16	2 481 336	4 135 561	6 203 341	7 444 009	6 037 919	4 797 251	3 225 737
17	584 166	973 610	1 460 416	1 752 499	1 421 471	1 129 388	759 416
18	559 444	932 406	1 398 609	1 678 331	1 361 313	1 081 591	727 277
19	406 270	677 116	1 015 674	1 218 809	988 590	785 455	528 151
20	275 022	458 371	687 556	825 067	669 221	531 710	357 529
21	43 249	72 081	108 122	129 747	105 239	83 614	56 224
22	242 760	404 600	606 901	728 281	590 717	469 336	315 588
23	111 624	186 040	279 059	334 871	271 618	215 806	145 111

24	209 404	349 007	523 511	628 213	509 551	404 849	272 226
25	826 379	1 377 298	2 065 947	2 479 137	2 010 855	1 597 666	1 074 293
26	284 643	474 406	711 609	853 930	692 632	550 311	370 036
27	127 881	213 135	319 703	383 644	311 178	247 237	166 246
28	202 425	337 375	506 062	607 275	492 567	391 355	263 152
29	57 614	96 024	144 036	172 843	140 195	111 388	74 899
Сум ма	24 979 633	41 632 721	62 449 082	74 938 898	60 783 773	48 293 957	32 473 523

Таблица 4 показывает, что на крыши многоэтажных зданий в Екатеринбурге обладают существенным гидроэнергетическим потенциалом с пиком в июле месяце.

Каждый многоэтажный дом содержит систему внешних либо внутренних водостоков, которые предназначены для удаления осадков с кровли. Она представляет собой набор воронок и сборных труб, по которым вода попадает в центральные магистрали и затем стекает вниз. На рисунке 1 приведена типовая конструкция внутреннего водостока многоэтажного здания.

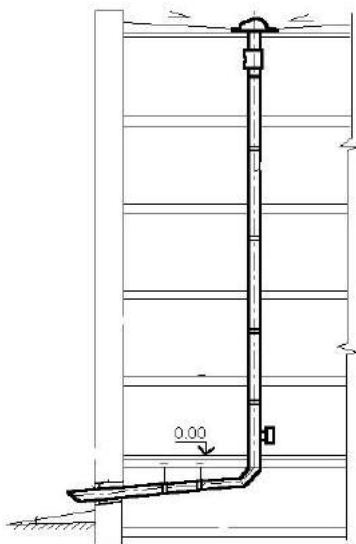


Рисунок 1 Схема расположения типового водостока в многоэтажном здании

С целью выработки электроэнергии предлагается разместить незначительные по мощности гидрогенераторы внутри подобных водостоков. Для получения максимального количества электроэнергии целесообразно расположить гидрогенераторы вблизи нижней точки водостока.

Экономика проекта

Из Таблицы 1 видно, что преобладающая высота зданий в г. Екатеринбурге составляет пять этажей. Произведем оценку эффективности размещения гидрогенератора малой мощности на внутреннем водостоке многоквартирного дома со следующими характеристиками:

- Количество этажей – 5;
- Количество секций – 7;
- Количество квартир – 90;
- Общая площадь помещений – 4567,10 м²;
- Площадь кровли – 913,42 м².

Исходя из среднемесячной нормы потребления электроэнергии на одну квартиру в 250 кВт*ч будем считать, что потребление электроэнергии всего дома будет равным 22 500 кВт*ч. Размещая у основания водостоков генераторы, обладающие КПД 25%, можно рассчитывать на следующие результаты выработки электроэнергии (См. Таблицу 5):

Таблица 5. Среднемесячная выработка электроэнергии и ее отношение к среднемесячному потреблению

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Количество выработанной электроэнергии, кВт*ч	671	1398	2098	2518	2042	1622	1090
Процент от месячного потребления электроэнергии домом, %	3%	6%	9%	11%	9%	7%	5%

С учетом изложенного можно сделать вывод, что предложенная схема гидрогенерации дает возможность сэкономить жильцам 5-11 процентов от сезонных затрат на электроэнергию. При действующем тарифе 3,54 руб./кВт*ч экономия составит от 53 руб./мес. до 100 руб./мес. на каждую квартиру.

Но это не все. Современный многоквартирный дом содержит в своей конструкции развитую систему канализации. Сантехнические устройства каждой квартиры соединены с общим стояком, который осуществляет выпуск вод в канализационную систему города. Схема организации внутренней канализации многоквартирного дома представлена на рисунке 2.

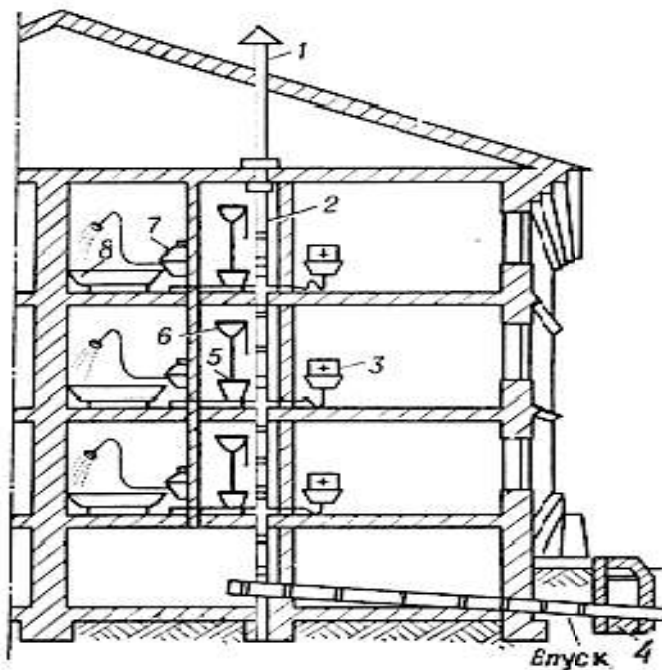


Рисунок 2. Схема внутренней канализации жилого дома.
Для выработки дополнительной электроэнергии предлагается использовать конструкцию, разработанную студентом университета Де Монфорт в г. Лестере Томом Бродбентом [4]. Ее общий вид приведен на рисунке 3.

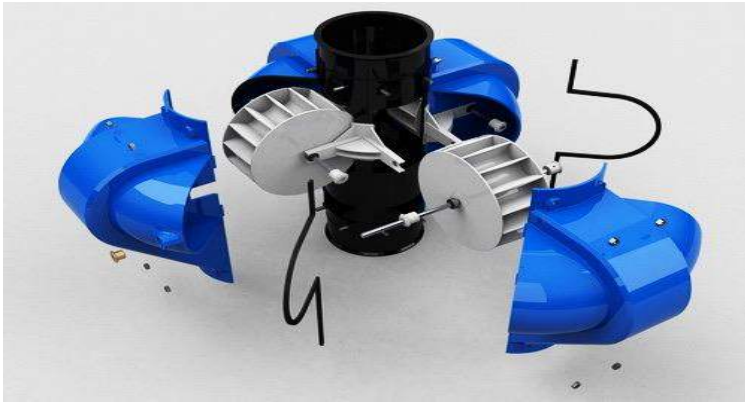


Рисунок 3. Конструкция схемы использования гидропотенциала внутренней канализации многоквартирного дома

Рассмотрим многоквартирный дом, обладающий типовыми характеристиками:

- Количество этажей – 5;
- Количество секций – 7;
- Количество квартир – 90

Исходя из среднемесячной нормы водоотведения на одну квартиру в 9 м³ и, принимая КПД рассматриваемой системы в 5%, получим, что ежемесячная выработка электроэнергии по зданию составит 2 980 кВт*ч. или 13% от среднемесячного потребления электроэнергии жильцами дома. При действующем тарифе 3,54 руб./кВт*ч. экономия составит 115 руб. на каждую квартиру.

Объединение в общую сеть микрогенераторов, установленных на внешних водостоках многоквартирных домов и канализационных стоках, имеет шанс превратиться в виртуальные домовые электростанции, способные повлиять на структуру энергопотребления больших городов, что в частично компенсирует рост расходов на энергопотребление, являющейся одной из злободневных проблем отечественного ЖКХ.

Бесхозные городские источники гидроэнергии

На территории Екатеринбурга есть ряд источников гидроэнергии, которые не планируются к использованию даже в отдаленном будущем. К ним можно отнести ливневые стоки и стоки коллекторов городской канализации. В реку Исеть впадает несколько малых рек, которые также могут послужить источником энергии для микроГЭС. В результате усовершенствования конструкции ливневых стоков, городской канализации и выходов коллекторов рек и с обеих сторон Исети мы

получим суммарный восполняемый источник, который рационально использовать для выработки электроэнергии для нужд города.

Произведем оценку количества энергии, которое можно получить с водотоков наиболее известных коллекторов. Первый источник – выход обводного коллектора городской реки Мельковки. Он объединяет трубы отвода дождевых и талых вод с ближайших улиц, а также подземный водовод стока реки Мельковки (см. Фото 1):

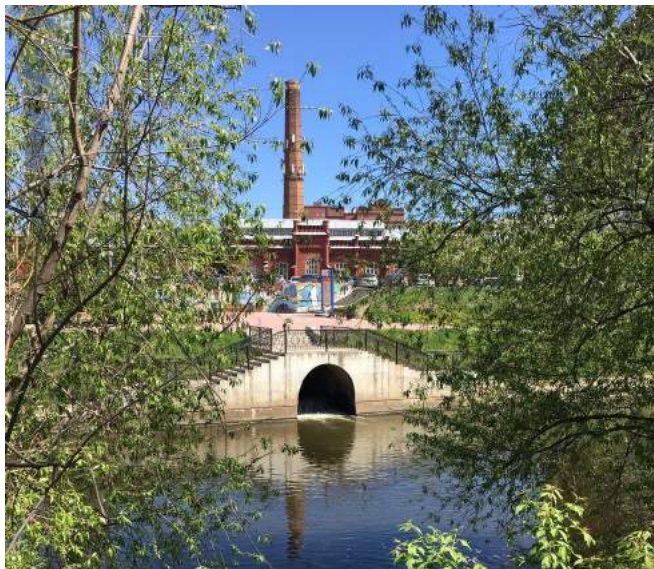


Фото 1. Выход обводного коллектора реки Мельковки

Ориентировочная оценка стока воды данного коллектора – $5\text{ м}^3/\text{с}$. Высота напора водотока после реконструкции – 3 м. В результате установки микрогенератора ориентировочная мощность этого гидроисточника составит 81 кВт при использовании оборудования с КПД 55%.

Еще один источник – выход коллектора реки Малаховки, которая впадает в Исеть на территории между ул. Малышева и ул. Куйбышева. Выход коллектора располагает водотоком только этой подземной реки (см. Фото 2):



Фото 2. Выход коллектора реки Малаховки

Ориентировочная высота напора водотока после реконструкции 4 м. Примерная оценка расхода водотока данного коллектора $3 \text{ м}^3/\text{с}$. В результате строительства микроГЭС ее ориентировочная мощность составит 65 кВт при использовании гидрооборудования с КПД 55%.

Третий известный городской источник – выход коллектора ливневой канализации, впадающей в реку Исеть на ул. Малышева (см. фото 3):



Фото 3. Выход коллектора ливневой канализации на ул. Малышева

Выход коллектора отводит стоки, поступающие от городской системы сбора дождевых и талых вод. Водосборная территория оценивается в 800 га. С учетом максимального водотока в $8 \text{ м}^3/\text{с}$., что реально при сильном ливне, подъеме высоты постоянного напора до 3м с ежедневным расходом воды порядка $1 \text{ м}^3/\text{с}$., ориентировочная мощность микроГЭС составит 16 кВт. Здесь, как в предыдущем случае, планируется использовать гидрооборудование с КПД 55%.

Наиболее заметный бесхозный городской источник гидроэнергии – перепад реки Исеть в районе ул. Малышева (см. фото 4):



Фото 4. Перепад реки Исеть

Ориентировочный постоянный водоток, который можно использовать - $8 \text{ м}^3/\text{с}$. Высота напора 2 м. В результате монтажа микроГЭС ее оценочная мощность составит 86 кВт при использовании гидрооборудования с КПД 55%.

Исходя из приведенных оценок, город Екатеринбург может получить дополнительно порядка 248 кВт мощности, которую можно использовать в целях освещения прилегающей части города.

Разумеется, нельзя опустить из рассмотрения такой существенный в нашем контексте источник гидроэнергии как водосток реки Исеть на главной городской плотине в центре Екатеринбурга (см. фото 5):

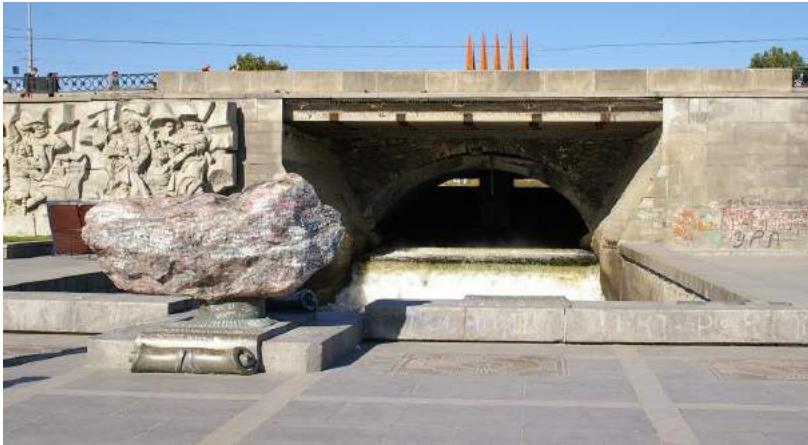


Фото 5. Городская плотина Екатеринбурга

Все же, несмотря на реальный гидропотенциал этого источника, его использование в настоящее время затруднительно ввиду сложной системы согласований, связанных с необходимостью реконструкции столь масштабного объекта культурного и исторического значения.

Выводы

Установлено, что муниципальное образование «город Екатеринбург» обладает существенным, но практически не используемым гидропотенциалом. Так, размещение микрогенераторов на внутренних водостоках городских многоэтажек может сэкономить их жителям в летнее время до 11% жилищно-коммунальных затрат по оплате электроэнергии. Размещение гидрогенераторов на канализационных стояках позволит дополнительно сэкономить еще 13% от затрат на электроэнергию.

Стоки подземных рек и ливневой канализации, впадающие в реку Исеть, также обладают немалым гидропотенциалом. В результате установки на них микрогенераторов только в центре Екатеринбурга можно получить мощность порядка 250 кВт., что достаточно для освещения прилегающей части города.

Серьезной проблемой, ограничивающей использование предложенных экологически безопасных возобновляемых источников энергии, является отсутствие развитой индустрии производства соответствующих микрогенераторов, а также сложность эффективного сбора и распределения полученной электроэнергии.

Но ситуация меняется. Рынок распределенной энергетики EnergyNet, предложенный Агентством стратегических инициатив, подразумевает создание своеобразного «энергетического Интернета», в основе которого лежит концепция децентрализованного сбора, передачи и распределения электроэнергии с целью взаимной выгоды всех подключённых потребителей и производителей.

В среднесрочной перспективе указанный рынок будет способен включить в себя рассмотренные выше варианты использования «бесхозного» гидропотенциала муниципальных поселений РФ. Это, безусловно, подтвердит преимущества обсуждаемых вариантов перспективной технологии ВИЭ в сфере «зеленой» экономики.

Список используемых источников

1. Свод правил СП 30.13330.2012 СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. Введ. 2013-01-01;
2. Куракова Н.Г Национальная технологическая инициатива: оценка перспектив технологического лидерства России / Куракова Н.Г., Петров А.Н. // Экономика науки. 2015. №2. С.84-93;
3. Онлайн-сервис Дом.МинЖКХ [Электронный ресурс] / Сайт общественного инициативного проекта по раскрытию информации о состоянии жилого фонда в Российской Федерации. – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://dom.mingkh.ru>;
4. Design student looks to generate electrical power from high-rise waste water [Электронный ресурс] / BusinessGreen Incisive Media. – UK, 2017. – Режим доступа: <https://www.businessgreen.com/bg/news/1806617/design-student-looks-generate-electrical-power-rise-waste-water>.

Yakushev Ilya,

Master student,
Direction of preparation «Innovation»,
Institute of Natural Sciences and Mathematics,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin
Ekaterinburg, Russian Federation

Ryagin Yuriy,

Associate Professor,
Institute of Natural Sciences and Mathematics,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin
Ekaterinburg, Russian Federation

Babushkin Alexey,

Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor,
Institute of Natural Sciences and Mathematics,
Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N.Yeltsin
Ekaterinburg, Russian Federation

**LOW-POWER GENERATORS ON THE ENEGYNET
MARKET**

Abstract:

The article is devoted to the consideration of the prospects of placing low-power hydrogenerators in external drains of multi-storey buildings, sewage network drains and the mouths of underground rivers in the city of Yekaterinburg. It is shown that the city has a significant but practically unused hydropotential, which can be used to save housing and communal expenses for paying for electricity. Placement of micro-

generators on the drains of underground rivers and storm sewage draining into the Iset River, additionally provides generating power sufficient for illumination of the adjacent part of the city.

In the medium term, the EnergyNet market, which is based on the concept of decentralized collection, transmission and distribution of electricity, will be able to include the options for using the abandoned hydropotential of municipal settlements in the Russian Federation, which will undoubtedly confirm the benefits of the green economy.

Key words:

hydro potential of municipal settlements, low-power energy, distributed, generation, green economy, EnergyNet market