

### *Список использованных источников*

- 1 Шапхаев, С. Г. Эколого-правовые аспекты климатической адаптации плотинных ГЭС / С. Г. Шапхаев. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 96 с.
- 2 Швебс, Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка / Г. И. Швебс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 183 с.
- 3 IEA (International Energy Agency), 2016: World Energy Outlook. Summary (Russian translation), 16 p. Available at: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016\\_ExecutiveSummary\\_Russian\\_version.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2016_ExecutiveSummary_Russian_version.pdf).
- 4 Water Security & the Global Water Agenda. A UN-Water Analytical Brief. United Nations University, UNU, 2013. – 37 p.
- 5 Yan K. and L. Pottinger. Civil Society Guide to Healthy Rivers and Climate Resilience. International Rivers, 2013. – 69 p.

УДК 556.5.06+620.92+620.987

А. Г. Ободовский, К. Ю. Данько, С. И. Снежко, О. И. Лукьянец,  
З. В. Розлач, В. В. Онищук, И. В. Куприков, Л. Н. Тимуляк,  
О. С. Коноваленко, Е. Н. Цвельх, Е. А. Почаевец, А. С. Будько,  
С. Н. Панасюк, Е. И. Галицкая, Ю. А. Ободовский, Т. В. Пороховных,  
М. А. Заварзин, В. А. Корниенко  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев

### **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕК УКРАИНСКИХ КАРПАТ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Вопросы энергобезопасности и энергонезависимости актуальны в условиях глобализации и интенсивного использования исчерпывающих топливных энергоресурсов. Использование невозобновляемых источников энергии, в частности углерод содержащих (нефть, природный газ, уголь, торф), заставляет человечество задуматься о двух принципиально важных проблемах, которые являются следствием вышеупомянутой причины. Первая проблема, это перспектива исчерпаемости всемирных запасов нефти, природного газа, угля, торфа, что мотивирует развивать альтернативные, возобновляемые энергоносители. Вторая проблема, это изменения климата, которые в первую очередь проявляются через стремительные темпы роста среднегодовой температуры атмосферного воздуха Земли. Прогревание земной атмосферы вызвано возрастанием концентрации парниковых газов, которые образуются в результате сжигания нефти, природного газа, угля, торфа. Это, в свою очередь, подталкивает человечество и вовсе отказаться от углерод содержащих источников энергии. Потому что, перспектива необратимых климатических изменений и глобального роста температуры воздуха, куда более серьезней, чем указанная выше первая проблема. Таким образом, потребность использования альтернативных возобновляемых источников энергии не только не вызывает сомнения, но и является первоочередной необходимостью. Кроме того, важным требованием к таким энергоносителям является полное отсутствие либо минимизация негативного воздействия на окружающую среду в последствии его использования.

Среди ряда возобновляемых источников энергии, таких как энергия солнца, ветра, волн, воды, энергия воды вызывает особый интерес. Использование энергии воды происходит путем трансформации потенциальной энергии падающей воды, либо кинетической энергии потока воды в электрическую энергию. Для этого, как правило, используют водный сток рек, но его величина не постоянна, как на протяжении года, так и в многолетнем разрезе времени. Это связано с сезонным и многолетним режимом погоды, который находится в постоянной динамике, что в свою очередь и называется изменениями климата, которые постепенно усиливаются в результате не контролируемого использования углерод

содержащих энергоносителей. Изменения климата продуцируют не систематическую изменчивость речного стока, что не позволяет постоянно использовать энергию потока воды для беспеременной выработки электроэнергии необходимой мощности. Колебания величины водного стока рек вызывают синхронные колебания их гидроэнергетической мощности. А, учитывая, что в многолетнем разрезе времени имеют место быть как маловодные, так и многоводные фазы водности, возникает потребность оценки влияния изменчивости водного стока на изменчивость гидроэнергетического потенциала рек в условиях климатических изменений. Таким образом, необходимо прогнозировать перспективу изменчивости водности, определить ожидаемый цикл водности (маловодный или многоводный) и определить ожидаемый гидроэнергетический потенциал.

В Украине наиболее перспективным регионом для развития гидроэнергетики является Украинских Карпат (рис. 1). Их водотоки характеризуются чрезвычайно высокими (по сравнению с другими реками Украины) водностями и уклонами, которые определяют напор и соответственно мощность гидроэнергии [3]. Анализ исследований развития гидроэнергетики на реках Украинских Карпат показал крайне слабое использование их энергетического потенциала (8 малых ГЭС и 1 ГЭС с мощностью 27 МВт). Вместе с тем, как показывает международный опыт развития гидроэнергетики, в таких карпатских странах, как Словакия (208 малых ГЭС), Чехия (1400 ГЭС), Румыния (более 200 ГЭС), Польша (570 МГЭС), до половины всей гидроэнергии вырабатывается на ГЭС. Зато в Австрии на малых ГЭС горных регионов производится 7 % от всей электроэнергии страны. В Украине этот показатель составляет 8,6 %. Хотя в Украине часть использования экономически эффективного гидроэнергетического потенциала составляет 60 %, в то время как большинство развитых стран достигла более высокого уровня его освоения, к примеру, Италия, Франция та Швейцария – 95–98 %, США – 82 % [1]. Таким образом, перспектива использования гидроэнергоресурсов водотоков карпатского региона Украины приобретает большую актуальность.

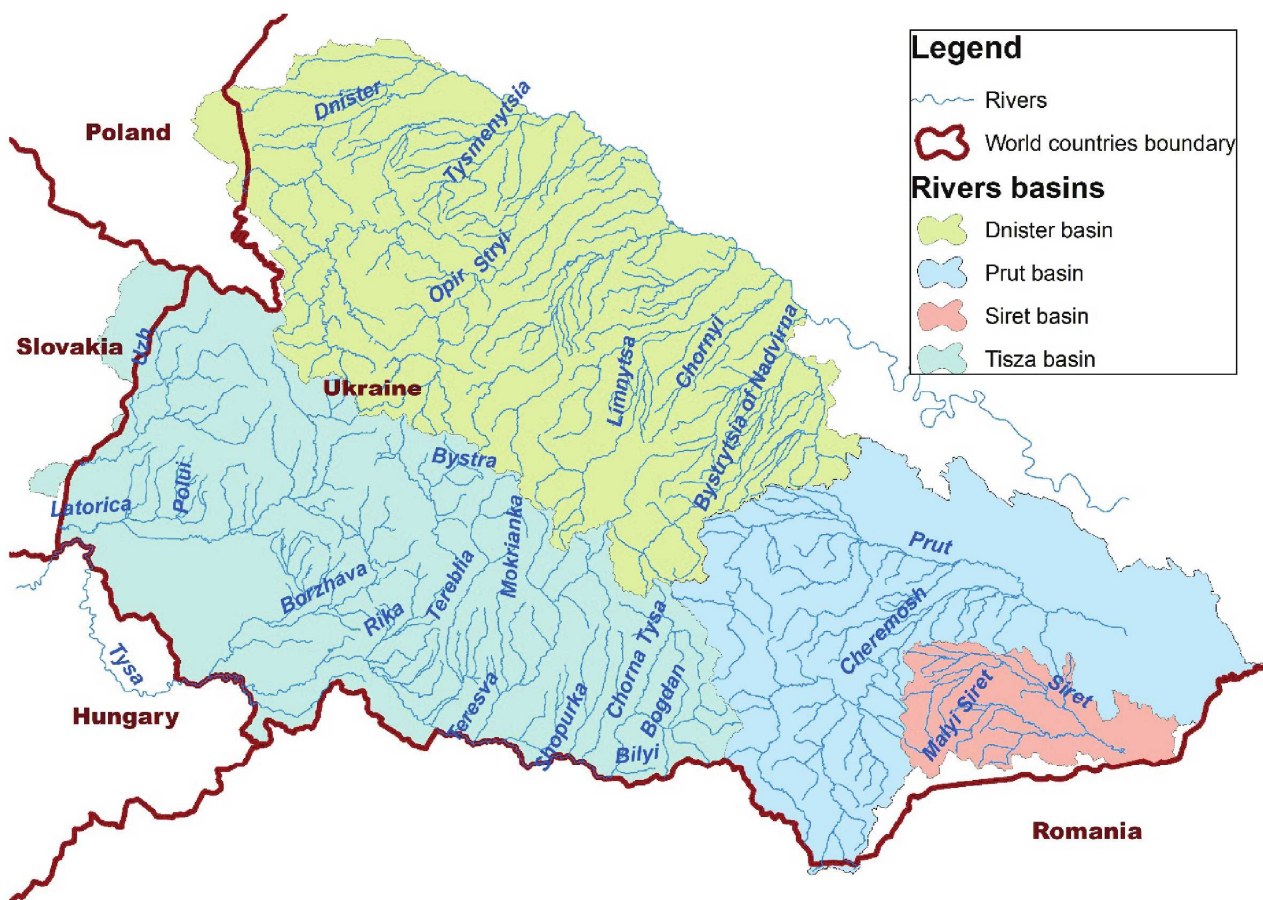


Рисунок 1 – Основные речные бассейны региона Украинских Карпат

Для оценки гидроэнергетического потенциала рек Украинских Карпат были проанализированы реки региона протяженностью более 10 км. Всего было оценено 334 водотока 4 основных речных бассейнов (Днестра, Тисы, Прута и Сирета) (рис. 1). Каждый водоток в зависимости от гидравлических условий русла (изменение уклона русла и водности по длине) делился на два и более участка. Крайне малые реки, на которых не прослеживалось существенных изменений напора и водности по длине, на участки не делились. Таким образом, было выделено 1247 репрезентативных участка на 334 водотоках.

Оценка гидроэнергетического потенциала рек проводилась по общепринятой классической формуле (1) с привязкой к норме годового стока [4].

$$E = g \cdot \left( \frac{Q_1 + Q_2}{2} \right) \cdot (H_1 - H_2) \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения ( $g = 9,81 \text{ м / с}^2$ ),  $Q_1$  и  $Q_2$  – расход воды в начале и в конце участка  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H_1$  и  $H_2$  – абсолютные отметки в начале и в конце участка, м. Для того чтобы оценить среднегодовой сток рек на всех исследуемых участках, авторами была построена карта модулей среднегодового стока рек Украинских Карпат (рис. 2). Напор определялся по продольным профилям каждой исследуемой реки.

Суммарная мощность всех участков составляет общий гидроэнергетический потенциал (ОГП) реки и определяется как (2):

$$E_{\text{общ}} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n - \sum N_i \quad (2)$$

где  $E_1, E_2, E_3$  – мощности каждого из участков.

Анализ полученных результатов расчета гидроэнергетического потенциала рек Украинских Карпат позволил выявить, что суммарный общий гидроэнергетический потенциал всех водотоков Карпатского региона (все реки длиной более 10 км) составляет 2340531 кВт (2340,5 МВт). В расчете на потенциал годовой мощности гидроэнергоресурсов водотоков Украинских Карпат имеют ресурс обеспечения 20503052 тыс. кВт·ч/год (табл. 1).

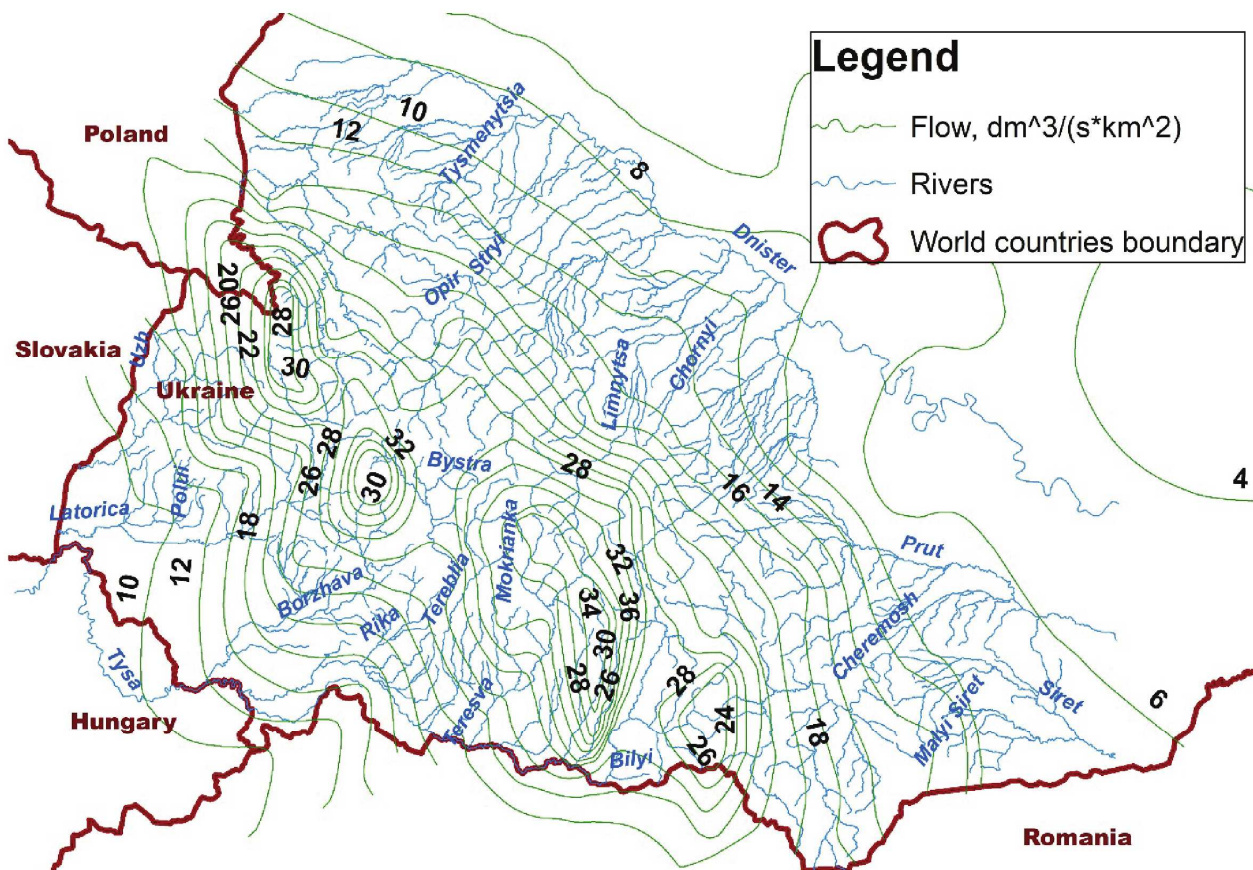


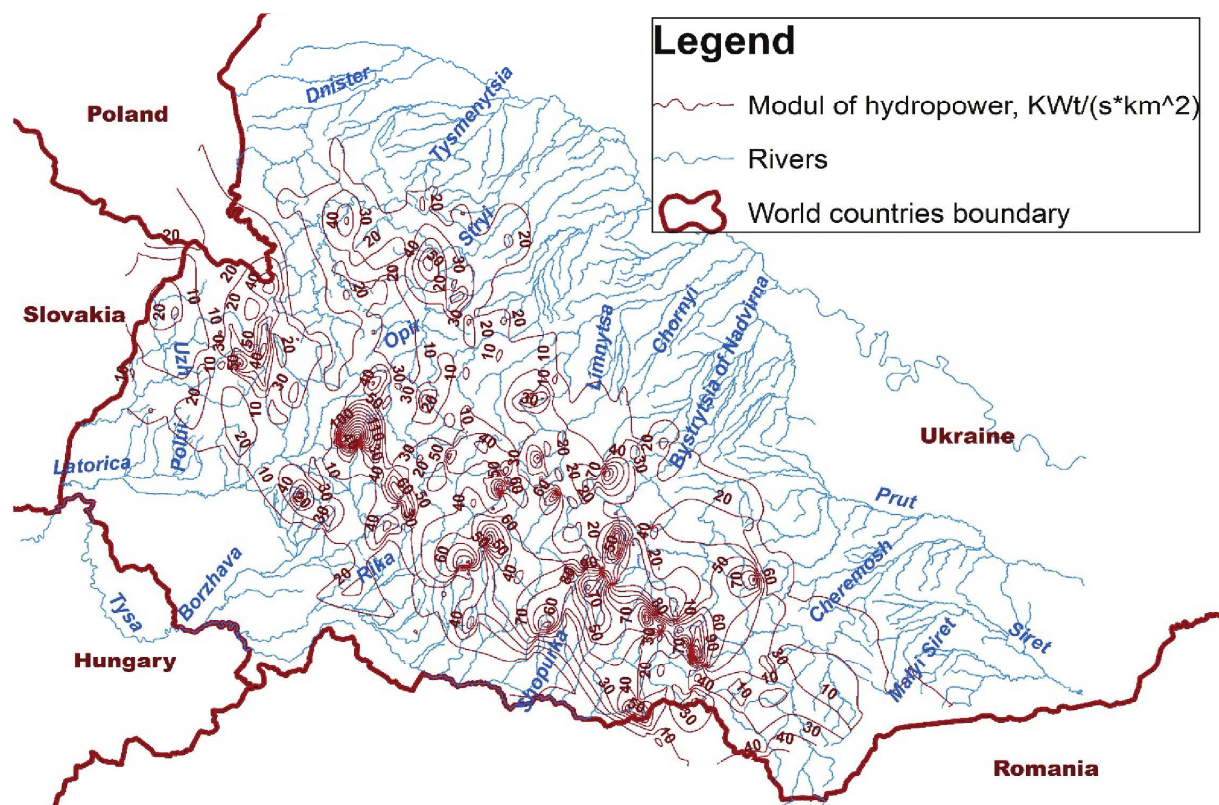
Рисунок 2 – Карта среднегодового водного стока рек Украинских Карпат [2]

Из четырёх исследуемых бассейнов рек Карпатского региона (бассейны рек Тиса, Сирет, Прут, Днестр), наибольшим суммарным общим гидроэнергетическим потенциалом отмечаются реки бассейна Тисы. Из 334 рассмотренных рек Украинских Карпат (длиной более 10 км), суммарный общий гидроэнергетический потенциал 114 водотоков бассейна Тисы превышает суммарную гидроэнергетическую мощность 145 рек днестровского бассейна (в пределах Украинских Карпат). Таким образом, гидроэнергетическая мощность рек бассейна Тисы на 11,5 % превышает гидроэнергетический потенциал рек бассейна Днестра. В свою очередь, гидроэнергоресурсы водотоков бассейна Тисы составляют 1092435 кВт (1092,4 МВт), что равняется 46,4 % от общей гидроэнергетической мощности водотоков Карпатского региона. Удельный вес бассейна Днестра в данном случае составляет 34,9 % (820824 кВт или 820,8 МВт). Водотоки бассейна р. Прут обеспечивают гидроэнергоресурс суммарной мощностью 403566 кВт (403,5 МВт), что составляет долю 17,2 % от суммарного общего гидроэнергетического потенциала водотоков Украинских Карпат. И только 1,01 % от суммарного общего гидроэнергетического потенциала водотоков Украинских Карпат составляют реки бассейна Сирета. Их суммарная мощность составляет 23707 кВт (23,7 МВт).

**Таблица 1 – Сводные суммарные показатели общего гидроэнергетического потенциала рек Украинских Карпат (УК) [3]**

№	Название бассейна	К-во рек	К-во участков	$E_{\text{общ}}$ , кВт	$E_{\text{общ}}$ за год, тыс. кВт·ч	% от ОВП рек УК
1	Бассейн р. Тиса	114	385	1 092435	9 569731	46,4
2	Бассейн р. Сирет	19	78	23707	207673.3	1,01
3	Бассейн р. Прут	56	230	403566	3 535238	17,2
4	Бассейн р. Днестр	145	554	820824	7 190418	34,9
<b>Общий потенциал рек региона</b>		<b>334</b>	<b>1247</b>	<b>2 340531</b>	<b>20 503052</b>	<b>100,0</b>

По результатам оценки общего гидроэнергетического потенциала была создана карта модулей мощности рек Украинских Карпат, которая позволяет пространственно оценить величину гидроэнергетического потенциала рек (рис. 3).



**Рисунок 3 – Карта модулей гидроэнергетической мощности кВт/(с\*км<sup>2</sup>)**

Учитывая, что средний годовой сток претерпевает определенную изменчивость и из года в год наблюдаются некоторые отклонения от нормы, в месте с водностью рек меняется и гидроэнергетическая мощность рек. Поэтому, с целью эффективного управления гидроэнергоресурсами важным моментом является прогноз их изменчивости в условиях климатических изменений и колебания стока, которые они вызывают. Для решения этой задачи первым делом было выполнено оценку колебаний водности рек по данным 67 гидрологических постов рек Украинских Карпат. По данным гидропостов были обобщены периоды колебаний водности и выявлено, что маловодные фазы имеют протяженность  $10 \pm 2$  года, а многоводные –  $7 \pm 2$ . Данные выводы подтверждаются результатами исследований динамики гидрометеорологических показателей, которые определяют водный сток. Для этого использовалась воднобалансовая модель Л.Турка, которая определяет соотношение между речным стоком, осадками и температурой. Установлено, что современная маловодная фаза водности, которая длится с 2008 года и отмечается на большинстве рек Украины, продлится до 2019 г. После наступит многоводная фаза – 2020–2037 гг. и далее маловодная – 2038–2048 гг. В период многоводной фазы водности ожидается рост общего гидроэнергетического потенциала по всем рекам Украинских Карпат на 9,07 % (212282 кВт). В частности, ОПП увеличится с 2340531 кВт за счет роста водности до 2552813 кВт или 2552,8 МВт. За год эта величина будет составлять 22362644000 кВт·ч. В следующую маловодную фазу водности мощность гидроэнергоресурсов водотоков Украинских Карпат существенно снизятся по отношению к условиям среднего многолетнего стока. Так, прогнозируется уменьшение общего гидроэнергетического потенциала рек Карпатского региона на 15,8 %, то есть на 370026 кВт.

Таким образом, общий гидроэнергетический потенциал всех исследованных водотоков может составлять 1970505 кВт или 1970,5 МВт. В перерасчете на год, гидроэнергетическая мощность составит 17261627000 кВт·ч.

#### *Список использованных источников*

1 Розпорядження Кабінету міністрів України Про схвалення Програми розвитку гідроенергетики на період до 2026 року від 13 липня 2016 р. № 552-р / Офіційний вісник України від 09.08.2016 – 2016 р., № 60, стор. 175, стаття 2065.

2 Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу / О. Ободовський [і інш.] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 4. – С. 25–32.

3 Ободовський, О. Загальний гідроенергетичний потенціал річок Українських Карпат / О. Ободовський, К. Данько, О. Почаєвець // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2017. – Вип. 1 (66). – С. 15–28.

4 Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу річок (на прикладі річок Українських Карпат) / О. Ободовський [і інш.] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2016. – Вип. 1 (64). – С. 5–12.

УДК 502.51

А. П. Носаль, доц., д-р геогр. наук, Е. А. Поздина, доц., канд. техн. наук  
ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного  
использования и охраны водных ресурсов, г. Екатеринбург

### **МОНИТОРИНГ ВОДООХРАННЫХ ЗОН В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Одним из базовых нормативных документов, принятых в развитие Водного кодекса Российской Федерации, является Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов (далее ГМВО), утвержденное ППР №219 от 10.04.2007 г. [1–2]. Данное Положение определило порядок осуществления мониторинга водных объектов, его состав, основные цели и ряд других принципиальных моментов.