



УДК 911.3:630
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-516-524

Геоэнергетический баланс гео- и урбосистем Приднестровья

Марунич Н.А.

Бендерский политехнический филиал ПГУ им. Т.Г. Шевченко
Приднестровье, 3200, г. Бендеры, ул. Бендерского Восстания, 7
E-mail: maruni484@mail.ru

Аннотация. Без оценки энергетических затрат урбосистем и сопоставления энергетических возможностей геосистем невозможно прийти к реализации принципов рационального природопользования. Энергетический баланс территории не выполнен в полной мере. Геоэнергетический подход позволяет сформировать единый энергетический баланс различных по энергопотреблению систем. Авторами выдвинута гипотеза о наличии критического геоэкологического дисбаланса между потреблением энергии урбосистемами и возможностями лесных геосистем. Используя методику, основанную на геоэнергетическом подходе, авторы определяют геоэнергетические потребности человека в урбосистеме Приднестровья. При помощи уникальной системы количественной геоэнергетической оценки по ряду позиций потребления в единых единицах энергии джоулях вычислен геоэнергетический баланс жителя урбосистемы. Дана оценка доли экологически опасных, исчерпаемых источников энергии в рассчитанном геоэнергетическом балансе человека в современных условиях города. На основе полученных данных, на примере территории Приднестровья определен геоэнергетический баланс территории, дана оценка соотношений потенциала природных систем и потребностей урбосистем, определена степень геоэнергетического дисбаланса. Практическая апробация разработанной методики оценки геоэнергетических потребностей и потенциала позволяет сделать вывод о срочной необходимости реализовать геоэнергетическую оптимизацию природно-антропогенных ландшафтов с целью изменить сложившуюся кризисную ситуацию, выраженную в разнице до 600 раз между показателями потребления и потенциалов лесных геосистем региона и сопредельных территорий.

Ключевые слова: геоэнергетический баланс, урбосистема, лесная геосистема, энергетическая безопасность, геоэнергетическая оптимизация.

Для цитирования: Марунич Н.А. 2021. Геоэнергетический баланс гео- и урбосистем Приднестровья. Региональные геосистемы, 45 (4): 516–524. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-516-524

Geoenergetic Balance of Geo- and Urban Systems of Pridnestrovien

Nicolai A. Marunich

T.G. Shevchenko Bender polytechnic branch PSU
7 Bender Rebellion St, Bender 3200, Pridnestrovien Moldavian Republic
E-mail: maruni484@mail.ru

Abstract. Without assessing the energy costs of urban systems and comparing the energy capabilities of geosystems, it is impossible to come to the realization of the principles of rational nature management. The energy balance of the territory is not fully fulfilled. The geoenergetic approach makes it possible to form a unified energy balance of various energy-consuming systems. The authors hypothesize that there is a critical geoecological imbalance between the

energy consumption of urban systems and the capabilities of forest geosystems. Using a methodology based on the geoenergetic approach, the authors determine the geoenergetic needs of a person in the urban system of Pridnestrovie. With the help of a unique author's system of quantitative geoenergetic assessment for a number of consumption positions in single units of energy joules, the geoenergetic balance of a resident of the urban system is calculated. The assessment of the share of environmentally hazardous, exhaustible energy sources in the calculated geoenergy balance of a person in modern urban conditions is given. Based on the data obtained, on the example of the territory of Pridnestrovie, the geo-energy balance of the territory is determined, the correlation of the potential of natural systems and the needs of urban systems is assessed, the degree of geo-energy imbalance is determined. Practical testing of the developed methodology for assessing geo-energy needs and potential allows us to conclude that there is an urgent need to implement geo-energy optimization of natural and anthropogenic landscapes in order to change the current crisis situation, expressed in a difference of up to 600 times between the indicators of consumption and potentials of forest geosystems of the region and adjacent territories.

Keywords: geoenergy balance, urban system, forest geosystem, energy security, geoenergy optimization.

For citation: Marunich N.A. 2021. Geoenergetic balance of geo- and urban systems of Pridnestrovien. *Regional geosystems*, 45 (4): 516–524 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-516-524

Введение

Несмотря на повсеместные призывы и декларируемую государствами политику энергосбережения, мировые удельные затраты потребляемой энергии, в том числе био-генной (каменный уголь, торф, дрова и др.) за последнее столетие возросли в 10 и более раз [Иванова, 2010].

Современные урбосистемы представляют собой энергетически неустойчивые, нарушенные природно-антропогенные системы. Количество потребляемой энергии отдельным человеком является важным показателем для моделирования и прогноза энергозатратности урбосистемы. Геоэнергетический подход и основанная на нем авторская методика позволяет выполнить расчет баланса энергопотребления жителя урбосистемы в единых энергетических единицах джоулях [Кочуров, Марунич, 2016]. Этот подход позволяет оценить энергетические потребности жителя урбосистемы и выработать действенные пути оптимизации для достижения синергетического эффекта в системе. Данная работа является частью в построении геоэнергетического баланса природно-антропогенного ландшафта и ставит своей главной задачей определить геоэнергетические потребности человека в системе современного города.

Объекты и методы исследования

Геоэнергетический подход включает в себя ряд последовательных процедур для оценки и геоэнергетической оптимизации сложных систем:

- 1) общая характеристика природных условий;
- 2) оценка геоэкологического состояния геосистем и ландшафтов [Кочуров, 2003];
- 3) эколого-географический и сравнительно географический анализы изучаемой территории;



- 4) пространственная типологизация;
- 5) геоэнергетическая оценка солнечной энергии, энергии атмосферных осадков, почвы, биомассы [Odum, 1971; 1996];
- 6) формирование геоэнергетической матрицы различных лесных геосистем для определения силы эмерджентного эффекта.

Для расчета энергетического потенциала необходимого количества зеленых насаждений использовалась авторская формула:

$$E_{pe} = Z \times K_p, \quad (1)$$

где: E_{pe} – энергетический потенциал лесной экосистемы, Дж; Z – запас древесины в лесной экосистеме, м³/га; K_p – коэффициент перевода запаса древесины в джоули (в зависимости от древостоя), Дж/м³.

При вычислении усредненных норм потребления ресурсов человеком в урбосистеме (вода, электрическая энергия, природный газ и необходимая калорийность дневного рациона питания гражданина, а также нормы зеленых насаждений на одного человека) были использованы открытые источники информации. [Об электроэнергетике ..., 2003; Горохов, 2005; СНиП 23-01-99, 2006; МР 2.3.1.2432-08, 2008; О предоставлении коммунальных ..., 2011].

Для оценки в единицах энергии потребленной воды жителем урбосистемы использовалась формула, выведенная авторами [Кочуров, Марунич, 2018]:

$$E_{es} = V_s \times G, \quad (2)$$

где: V_s – объем стока реки, м³/год; G – свободная химическая энергия Гиббса, Дж/г.

Для перевода других энергетических затрат в геоэнергетические показатели использовались соотношения перевода видов энергии в джоули.

Главная цель геоэнергетического подхода, в отличие от ранее разработанных эколого-энергетических и энергетических подходов, – определить действенные пути снижения антропогенной энергии в природно-технической системе, приведя её к равновесному состоянию, оценить потоки природной и антропогенной энергии, всесторонне изучить, представить исследуемую систему как географический трехмерный объект с определенным геоэнергетическим потенциалом [Кочуров и др., 2017].

Результаты и их обсуждение

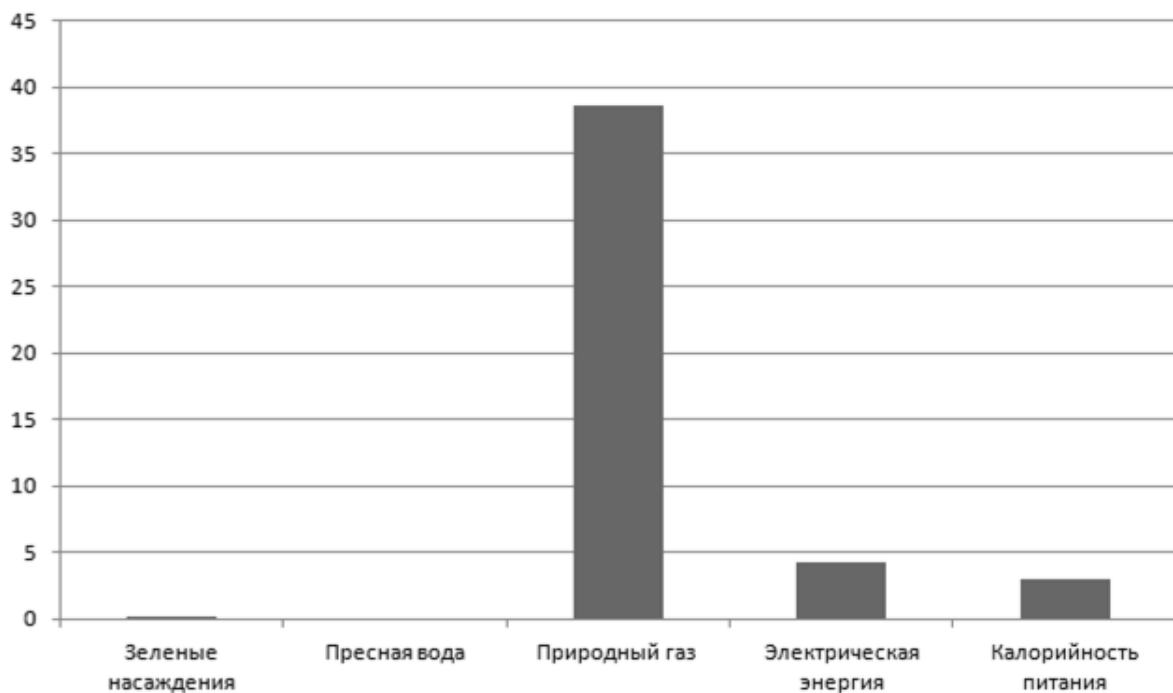
Задача исследования – оценить энергетические потребности жителя современного города Приднестровья в единых энергетических единицах, джоулях, сравнить полученные результаты с геоэнергетическим потенциалом лесных геосистем, определить величину энергетического дисбаланса в соотношении гео- и урбосистем в Приднестровье.

В Республике нет четко утвержденных лимитов потребления ресурсов жителями города, в связи с этим авторами были взяты средние нормы потребления ресурсов жителями города по нормативным документам Российской Федерации (для оценки потребления электрической энергии и природного газа были использованы лимиты потребления по Ростову-на-Дону) без учета возраста и полового признака граждан. Проведена геоэнергетическая оценка потребностей: в количестве зеленых насаждений, пресной воды, природного газа на приготовление пищи и отопление, электрической энергии и калорийности пищевого рациона. Результаты расчетов в единых единицах энергии сведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1Геоэнергетические потребности жителя урбосистемы
Geoenergetic needs of the inhabitant of the urban system

Статьи потребностей	Геоэнергетические затраты
Зеленые насаждения	$0,23 \times 10^7$ Дж в год
Пресная вода	$15,35 \times 10^4$ Дж в год
Природный газ	$38,59 \times 10^9$ Дж в год
Электрическая энергия	$4,32 \times 10^9$ Дж в год
Калорийность питания	$3,05 \times 10^9$ Дж в год
Итого	$45,97 \times 10^9$ Дж в год

Количество энергии $45,97 \times 10^9$ Дж в год – это средние геоэнергетические потребности человека в урбосистеме – геоэнергетический баланс, большую часть из которых составляют затраты невозобновляемых источников энергии (природный газ, электрическая энергия и т.д.) – рис. 1.

Рис. 1. Геоэнергетические затраты жителя урбосистемы, ГДж в год
Fig. 1. Geoenergetic costs of a resident of the urban system, GJ per year

Результаты расчётов позволяют энергетически оценить антропогенную напряженность ландшафта с учетом количества потребителей энергии в урбосистеме, сопоставить антропогенный и природный энергетические эквиваленты, определив геоэнергетический баланс территории, обозначить геоэнергетические потребности мегаполиса, города, республики, региона и т.д. Важным представляется тот факт, что при выполнении расчетов по энергетической безопасности региона данные показатели являются базовыми, особенно в свете использования альтернативных источников зеленой энергетики и проведения политики энергосбережения. Большую часть энергетических расходов в наших расчетах



составляют источники энергии, грубо нарушающие экологическое благополучие региона и планеты.

Практическая апробация геоэнергетического баланса территории была реализована на примере Приднестровья [Кочуров, Марунич, 2020]. Авторы рассчитали и оценили геоэнергетические потребности основных уброконгломератов республики, полученные данные представлены в табличном виде (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Геоэнергетические потребности населения городов Приднестровья, ТДж
Geoenergetic needs of the population of the cities of Pridnestrovien, TJ

Город	Геоэнергетические потребности, ТДж
Слободзея	1150,0
Бендеры	6440,0
Первомайск	1150,0
Тирасполь	9200,0
Григориополь	2300,0
Дубоссары	2760,0
Рыбница	3680,0
Каменка	1150,0

Для создания геоэнергетического баланса территории, была выполнена оценка геоэнергетического потенциала наиболее крупных лесных урочищ с преобладанием лесобразующей породы региона – дуба черешчатого (табл. 3) [Яворский, Детлаф, 1968; Миндрин, 1997; Сотников, 2010].

Таблица 3
Table 3

Геоэнергетический потенциал лесных урочищ Приднестровья, ТДж
Geoenergetic potential of forest tracts of Pridnestrovien, TJ

Лесное урочище	Геоэнергетический потенциал, ТДж
Градешты	29,0
Деменчак	39,8
Марьина Роща	34,8
Ягорлык	34,8
Калагур	104,4
Валя-Адынкэ	15,5

Перечисленные лесные массивы составляют геоэнергетический скелет региона, представленный естественными растительными ассоциациями, выполняющими важнейшие геоэкологические функции в ландшафте [Куза, 2010; Маяцкий, 2010]. В этих ассоциациях уникальным образом сохраняется банк редких растений и лесобразующих древесных пород. Пространственное соотношение природных и антропогенных геоэнергетических массивов представлено в графическом виде (рис. 2).

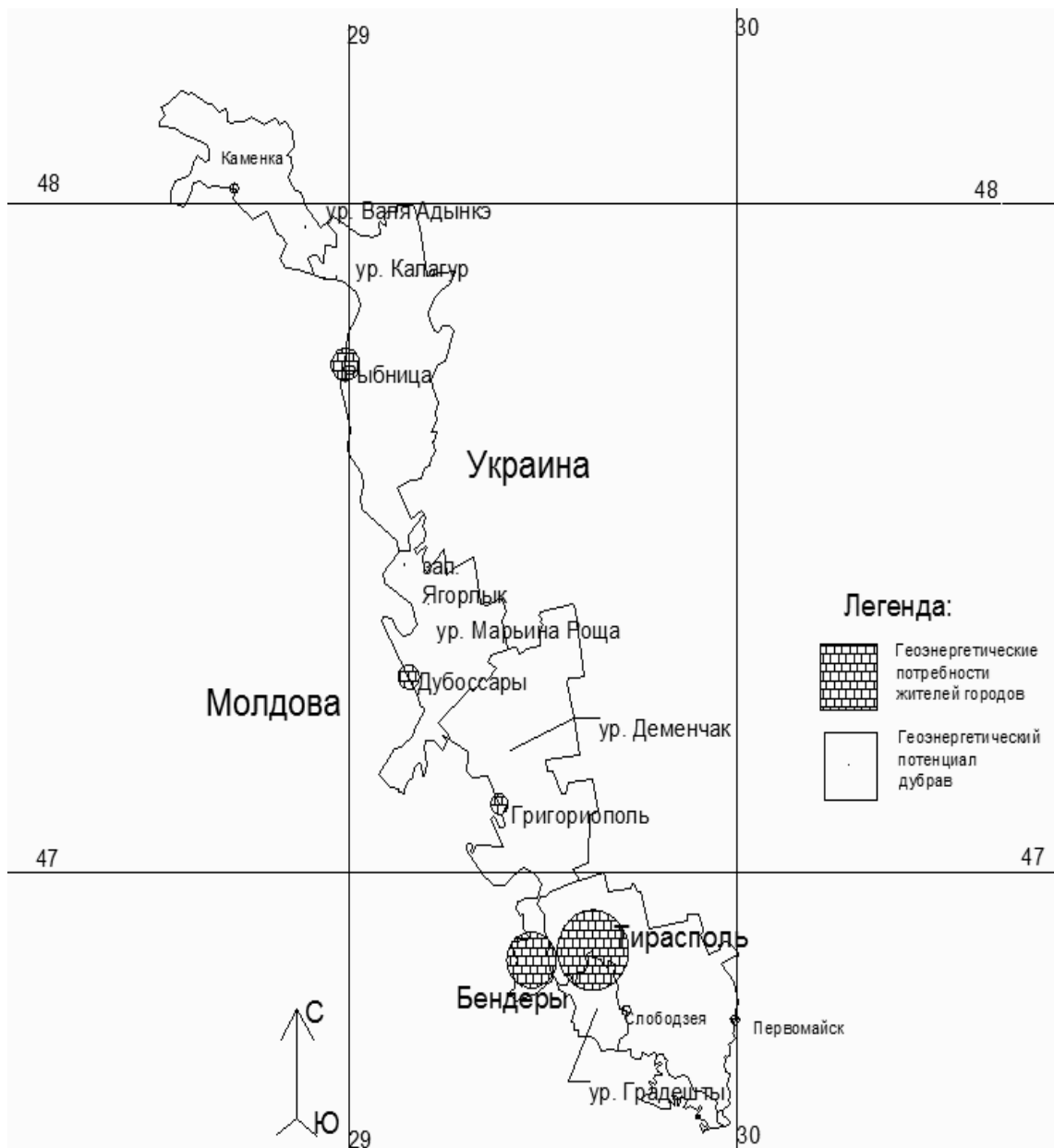


Рис. 2. Пространственная типологизация геоэнергетических потребностей городов и потенциалов лесов, $10 \times \text{ТДж}$

Fig. 2. Spatial typology of geoenvironmental needs of cities and forest potentials, $10 \times \text{TJ}$

Географическая локализация энергетических потребителей (городов) и зеркальное расположение крупных лесных массивов (геоэнергетических оазисов), которые на порядки меньше в своем энергетическом потенциале, отображены на карте в выбранном масштабе: потенциалы дубрав обозначены точками, а потребности городов крупными кругами (энергетическими воронками). Если представить, что современные жители Приднестровья будут использовать ресурсы леса для своих геоэнергетических потребностей, хотя бы только для отопления, то меньше чем за месяц все основные дубовые урочища республики исчезнут – данный катастрофический дисбаланс отчетливо показывает кризисную геоэкологическую ситуацию в регионе, изменить которую возможно только путем качественной и количественной оптимизации лесных геосистем по вариантам, основанным на геоэнергетической оптимизации ландшафтов [Хорошев, 2017].



Заключение

Используя методику, основанную на геоэнергетическом подходе (методе количественной оценки природно-антропогенных систем с учетом качественных показателей), авторы выполнили расчет геоэнергетического баланса жителя урбосистемы Приднестровья. Один житель урбосистемы республики потребляет $45,97 \times 10^9$ Дж в год, это показатель для расчета энергетической потребности населенного пункта в зависимости от его численности. Регионально и для практических нужд экономики или сферы ЖКХ полученные данные возможно детализировать. Рассчитанная величина геоэнергетических затрат позволила реализовать практическую апробацию методики расчета геоэнергетического баланса территории. Сопоставив полученные данные с имеющимися наработками по оценке геоэнергетического потенциала лесных геосистем региона, был реализован, а также математически и графически структурирован геоэнергетический баланс территории. Практически доказано – существует критический дисбаланс до 600 раз между урбоэнергопотребностями и энергетической возможностью имеющихся лесных геосистем. В случае дефицита исчерпаемых источников энергии для нужд города, население за считанные месяцы уничтожит все леса Приднестровья только для обогрева. Зеркальное расположение геоэнергетических потребностей городов и потенциалов леса позволяет говорить о том, что есть возможность переломить сложившуюся ситуацию, применяя геоэнергетический подход и основанную на нем методику для геоэнергетической оптимизации природно-антропогенного ландшафта, а также более широко используя возобновляемые источники энергии, изменив качественную структуру природных сообществ и природно-антропогенных ландшафтов Приднестровья и сопредельных стран Молдовы, Украины, Беларуси и России. Цель исследования достигнута в полной мере, дана оценка потребления энергии урбосистем в джоулях, определен критический дисбаланс энергетических затрат урбосистем и потенциала лесных геосистем Приднестровья.

Список источников

1. Горохов В.А. 2005. Зеленая природа города : учеб. пособие. М., Архитектура-С, 592 с.
2. Кочуров Б.И. 2003. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие. М., Маджента, 381 с.
3. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009, 36 с.
4. О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов: Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 (ред. от 29.12.2020). Собр. законодательства Российской Федерации от 30 мая 2011 г. № 22 ст. 3168.
5. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ. Собр. законодательства Российской Федерации от 31 марта 2003 г. № 13 ст. 1177.
6. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. 2006. М., 74 с.
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. 1968. Справочник по физике. М., Наука, 471 с.

Список литературы

1. Иванова М.М. 2010. Эколого-энергетический анализ процессов восстановления лесов Томской области (на примере сосны обыкновенной). Вестник Томского государственного университета, 336: 187–191.
2. Кочуров Б.И., Марунич Н.А. 2018. Геоэнергетическая оценка потерь стока Днестра в связи с зарегулированием реки. В кн.: Экология речных бассейнов. Труды IX Международной научно-практической конференции, 5–8 сентября 2018. Суздаль, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых: 52–57.

3. Кочуров Б.И., Марунич Н.А. 2016. Эколого-энергетический анализ экосистем. М., Инфра-М, 144 с.
4. Кочуров Б.И., Марунич Н.А. 2020. Оценка эмерджентных свойств ландшафтов Приднестровья методами геоэнергетического подхода. Экологические системы и приборы, 5: 35–41. DOI: 10.25791/esip.05.2020.1156.
5. Кочуров Б.И., Марунич Н.А., Хазиахметова Ю.А., Краснов Е.В. 2017. Экологически сбалансированная структура земель и энергоэффективность ведения лесного хозяйства в Приднестровье. География и природные ресурсы, 4: 197–202. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(197-202).
6. Куза П.А. 2010. Особенности роста генеративного потомства дуба черешчатого в Молдове. Лесоведение, 1: 31–37.
7. Маяцкий И.Н. 2010. Технология восстановления насаждений с преобладанием дуба. Экологические проблемы Приднестровья: Бендеры, 79–94.
8. Миндрин А.С. 1997. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М., ВОСХОД-А, 187 с.
9. Сотников В.В. 2010. Современное состояние лесного фонда, проблемы лесной отрасли Приднестровья. Экологические проблемы Приднестровья: Бендеры, 48–56.
10. Хорошев А.В. 2017. Эмерджентные эффекты пространственной структуры ландшафта. В кн.: Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития. Материалы XII Международной ландшафтной конференции, 22–25 августа 2017, Тюмень-Тобольск, Тюменский государственный университет: 154–158.
11. Odum H. 1971. Environment, Power and Society. New York, Wilay, 336 p.
12. Odum H. 1996. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. New York, Wilay, 370 p.

References

1. Ivanova M.M. 2010. Ekologo-energeticheskij analiz processov vosstanovleniya lesov Tomskoj oblasti (na primere sosny obyknovlennoj). Tomsk State University Journal, 336: 187–191 (in Russian).
2. Kochurov B.I., Marunich N.A. 2018. Geoenergy Estimation of Loss of the Dniester Flow in Connection with the River Registration. Ecology of the river's basins. Proceedings IX International Scientific Conference, 5–8 September 2018, Suzdal, Vladimirskiy gosudarstvennyy universitet im. A.G. i N.G. Stoletovykh: 52–57 (in Russian).
3. Kochurov B.I., Marunich N.A. 2016. Ekologo-energeticheskij analiz ekosistem [Ecological and energy analysis of ecosystems]. Moscow, Publ. Infra-M, 144 p.
4. Kochurov B.I., Marunich N.A. 2020. Estimation of Emergent Properties of Pridnestrovien Landscapes by Methods of a Geoenergy Approach. Ecological Systems and Devices, 5: 35–41 (in Russian). DOI: 10.25791/esip.05.2020.1156.
5. Kochurov B.I., Marunich N.A., Khaziakhmetova Yu.A., Krasnov E.V. 2017. The Ecologically Balanced Structure of Lands and Energy Efficiency of Forestry Management in Transnistria. Geography and Natural Resources, 4: 197–202 (in Russian). DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(197-202).
6. Kuza P.A. 2010. Specific Features of Generative Oak Progeny Growth in Moldova. Russian Journal of Forest Science, 1: 31–37 (in Russian).
7. Mayatsky I.N. 2010. Tekhnologiya vosstanovleniya nasazhdeniy s preobladaniyem duba [Technology of restoration of plantations with a predominance of oak]. Ekologicheskiye problemy Pridnestrovia: Bendery, 79–94.
8. Mindrin A.S. 1997. Energoekonomicheskaya otsenka selskokhozyaystvennoy produktsii [Energy-economic assessment of agricultural products]. Moscow, Publ. Voshod-A, 187 p.
9. Sotnikov V.V. 2010. Sovremennoye sostoyaniye lesnogo fonda. problemy lesnoy otrasli Pridnestrovia [The current state of the forest fund, problems of the forest industry of Transnistria]. Ekologicheskiye problemy Pridnestrovia: Bendery, 48–56.
10. Horoshev A.V. 2017. Emerdzhentnyye efekty prostranstvennoy struktury landshafta [Emergent effects of the spatial structure of the landscape]. In: Landshaftovedeniye: teoriya. metody. landshaftno-ekologicheskoye obespecheniye prirodopolzovaniya i ustoychivogo razvitiya [Landscape



Science: Theory, Methods, Landscape and Ecological Support of Nature Management and Sustainable Development]. Proceedings of the XII International Landscape Conference, 22–25 August 2017, Tyumen-Tobolsk, Publ. Tyumen State University: 154–158.

11. Odum H. 1971. Environment, Power and Society. New York, Wiley, 336 p.

12. Odum H. 1996. Environmental accounting: energy and environmental decision making. New York, Wiley, 370 p.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Марунич Николай Андреевич, кандидат географических наук, заведующий кафедрой информационных и электроэнергетических систем Бендерского политехнического филиала Приднестровского Государственного Университета им. Т.Г. Шевченко, г. Бендеры, Молдова

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Nicolai A. Marunich, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Information and Electric Power Systems of the Bendery Polytechnic Branch of the T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University Bendery, Moldova