

Геоэнергетическая оценка и оптимизация эмерджентных эффектов природно-антропогенного ландшафта

Н. А. Марунич¹✉, Б. И. Кочуров², В. В. Кизима¹

¹Бендерский политехнический филиал Приднестровского государственного университета
им. Т. Г. Шевченко,

(3200, г. Бендеры, ул. Бендерского Восстания, 7)

²Институт географии РАН, Российская Федерация
(119017, г. Москва, Старомонетный переулок, 29, стр. 4)

Аннотация: Цель – сформировать концепцию геоэнергетической оценки и оптимизации эмерджентных эффектов выбранного участка лесостепного ландшафта Приднестровья.

Материалы и методы. Основное содержание исследования составляет авторская методика геоэнергетического подхода.

Результаты и обсуждение. По итогам исследования оценен эмерджентный эффект от применения вариантов восстановления и оптимизации дубрав Приднестровья. Рассчитана суммарная антропогенная нагрузка на лесные геосистемы, напряженность эколого-хозяйственного состояния лесного комплекса, проанализированы геоэнергетические потоки, качественные характеристики ландшафта.

Выводы. Предложена геоэнергетическая оценка оптимизированным эмерджентным эффектам леса и почвы. Результаты картографически визуализированы и типологизированы, определено энергетическое взаимовлияние природных и антропогенных систем, устойчивый геоэнергетический рост оптимизированных эмерджентных эффектов.

Ключевые слова: эмерджентный эффект, оценка и оптимизация, геоэнергетический подход.

Для цитирования: Марунич Н. А., Кочуров Б. И., Кизима В. В. Геоэнергетическая оценка и оптимизация эмерджентных эффектов природно-антропогенного ландшафта // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 3, с. 52-56. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/52-56>

ВЕДЕНИЕ

Геоэнергетическая оценка выполнена по геоэнергетическому подходу и основанной на нем методике, в единых энергетических единицах джоулях. Геоэнергетический подход, в отличие от ряда энергетических, позволяет выполнить не только количественные оценки, но и учесть важнейшие качественные показатели структуры ландшафтов [3, 7]. Оценка и оптимизация вновь образовавшихся качественных свойств природно-антропогенного ландшафта – эмерджентных эффектов – является актуальной задачей науки *Геоэкология* [1, 5, 8]. Для количественной оценки эмерджентных эффектов природно-антропогенных ландшафтов авторами используется геоэнергетический подход с обязательным учетом качественных характеристик по

критериям, определенным в геоэнергетической матрице. Определить эмерджентные эффекты и оптимизировать степень и положительную направленность их проявления в системе природно-антропогенного ландшафта возможно, используя методы, основанные на принципах геоэнергетического подхода, которые направлены на формирование устойчивой, саморегулирующейся геосистемы со сниженной долей антропогенной энергии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Геоэнергетический подход базируется на фундаментальных исследованиях энергетических потоков в экосистеме Г. Одума и научных разработках Томской школы профессора А. В. Позднякова [6, 9]. Методика геоэнергетического подхода подразумевает ряд последовательных действий,



таких как: а) характеристика объекта исследования; б) балльная и общая оценка геоэкологического статуса геосистем; в) экологический, географический, геоэнергетический анализы исследуемого природно-антропогенного объекта; г) составление авторских географических карт; д) типологизация; е) оценка энергии Солнца, осадков, почвы; ж) оценка энергопотенциала геосистемы. Пункты е) и ж) в сумме составляют геоэнергетическую основу современного природно-антропогенного ландшафта.

При оценке эмерджентных эффектов ландшафта необходимо также использовать критерии авторской геоэнергетической матрицы: а) входящий и выходящий потоки энергии; б) важные качественные характеристики природно-антропогенного ландшафта, определяющие его устойчивость к внешним воздействиям и степень его самоорганизации; в) доля антропогенной энергии в трансформированном природно-антропогенном ландшафте [4].

Важным критерием оценки и оптимизации эмерджентных эффектов природно-антропогенного ландшафта является визуализация пространственного распределения геоэнергетического потенциала урочищ, фаций и природно-антропогенного ландшафта в целом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку и оптимизацию эмерджентных эффектов природно-антропогенного ландшафта проводили на примере лесостепного ландшафта севера Приднестровья в Рыбницком районе. Территория расположена в долине реки Днестр между республиками Молдова и Украина.

Для лесостепных ландшафтов севера Приднестровья характерно сильное антропогенное воздействие. Авторская оценка напряженности эколого-хозяйственного состояния лесных геосистем очень высокая. Кризис возник в естественной защищенности земельного фонда республики. Коэффициент относительной напряженности землепользования равен 5,1 при нормальном показателе, составляющем 1,0. Возникшая напряженность вызвана интенсивным сельскохозяйственным производством, повсеместной распашкой и застройкой лесных земель.

Микроклимат и растительность Рыбницкого района уникальные, сформированные расположенной сетью лесных урочищ (дубрав) с преобладающей древесной породой «дуб черешчатый» – основной лесостепных ландшафтов Приднестровья. В качестве участка для исследования было

выбрано урочище Попенки, вблизи одноименного села Рыбницкого района. Урочище расположено на крутом склоне левого берега реки Днестр в его северном течении. На примере выбранного урочища проведена геоэнергетическая оценка потоков энергии, энергии солнца, осадков, почвы по формулам авторской методики [4] характерного фрагмента природно-антропогенного ландшафта района, сформированного сетью искусственных и порослевых насаждений с участием дуба, специфичным холмистым рельефом, долиной реки Днестр, а также наличием здесь высокоинтенсивного сельскохозяйственного производства.

Эмерджентный эффект природно-антропогенной системы создается в лесном урочище Попенки, которое формирует естественный, природный банк растительности урочища и оказывает существенное стабилизирующее влияние на микроклимат микрорайона, препятствуя экологической дестабилизации, выражающейся в экстремальных засухах, суховеях, ветровой эрозии – главных факторах разрушения эмерджентного эффекта почвы – почвенного плодородия. От степени стабильности, устойчивости и самоорганизации лесной геосистемы зависит сохранение естественных, комфортных жизнеобеспечивающих факторов.

Лесные геосистемы Приднестровья, в том числе и урочище Попенки, имеют схожие проблемы. Наряду с изменениями климата, повышением доли антропогенной нагрузки – леса республики интенсивно деградируют, повсеместно усыхает дуб черешчатый, этот процесс ведёт к угнетению лесного сообщества. Применяя геоэнергетический подход для оценки состояния леса, авторы отмечают резкое снижение важного количественного показателя – геоэнергетического потенциала лесной геосистемы. Учитывая это, предложено оптимизировать восстановление и функционирование лесных геосистем Приднестровья по оптимальному природосообразному варианту, который оптимально использует входящий поток энергии лесостепного ландшафта и материнского субстрата лесной геосистемы. Данный вариант лесовосстановления успешно апробирован на тестовых участках Приднестровских дубрав и показал высокую геоэнергетическую эффективность, а также соблюдение важного качественного показателя – рост процента дуба черешчатого в лесной геосистеме.

Рассмотрены и количественно оценены два варианта возможных эмерджентных эффектов дубравы. Первый вариант – существующий эмерджентный эффект, второй – оптимизирован-

ный эмерджентный эффект с учетом пересмотра принципов хозяйствования. Используя геоэнергетическую матрицу лесных геосистем, оценены: входящий и выходящий потоки энергии лесо-

степного ландшафта, важный качественный показатель лесостепного ландшафта – это преобладающие древесные породы, доля антропогенной энергии (табл. 1).

Таблица 1

Геоэнергетическая матрица лесных геосистем
[Table 1. Geo-energetic matrix of forest geosystems]

Варианты / Variants	Природная энергия, Дж / Natural energy, J	Потенциал геосистемы, Дж / Geosystem potential, J	Лесообразующие породы / Forest - forming rocks	Доля антропогенной энергии в системе D _A / The share of anthropogenic energy in the system D _A
№1	47,3 × 10 ¹²	1,45 × 10 ¹²	40 % дуб; 60 % сопутствующие лесные породы	390,5
№2	47,3 × 10 ¹²	2,67 × 10 ¹²	80 % дуб; 20 % сопутствующие лесные породы	0,002

Доля антропогенной энергии, рассчитанная по авторской формуле, показывает, насколько энергетически велико участие антропогенного фактора при восстановлении и в функционировании лесной геосистемы. Доказано, что чем меньше данный показатель, тем выше способность леса к самоорганизации и значительно выше его устойчивость к внешним факторам.

При одинаковом входящем геоэнергетическом потоке, выходящий геоэнергетический поток у предлагаемого второго варианта оптимизации лесной геосистемы на 1,22 ТДж/га выше.

Земельный ресурс (почва) – один из самых ценных в Приднестровье, в пределах изучаемого участка он представлен черноземом обыкновенным. Эмерджентный эффект природно-антропогенной системы – почвенное плодородие, которое также количественно оценивалось по методике, основанной на геоэнергетическом подходе.

Как показали исследования В.М. Володина (2000), сельскохозяйственное использование черноземов приводит к изменению их энергетического состояния. На целине и под лесом запасы энергии в органическом веществе почвы и в инертном гумусе в 1,8-3,0 раза выше, чем на пашне [2]. Черноземы обыкновенные, находящиеся под лесом, сохраняют свое плодородие и геоэнергетический потенциал, естественное сложение; распаханые же почвы являются системой, эксплуатируемой человеком, что создает неизбежно высокую антропогенную нагрузку на изучаемую природную часть участка. Наличие восстановленных и оптимизированных по при-

родному типу дубрав позволит оптимизировать эмерджентный эффект почвы от 0,94 до 1,4 ТДж/га.

Произрастающие вблизи дубравы позволят сохранить существующий эмерджентный эффект почв республики, а также оказать влияние на оптимизацию эмерджентного эффекта распаханых земель, в том числе за счет защиты их от водной, ветровой и других видов эрозий, сохраняя геоэнергетический потенциал и оптимизируя эмерджентный эффект почв.

Важная особенность геоэнергетического подхода – это учет пространственного распределения геоэнергетического потенциала природно-антропогенных систем и ландшафтов, поиск оптимального взаимодействия, коэволюции природных и антропогенных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геоэнергетическая оценка, выполненная по геоэнергетическому подходу и основанной на нем методике, позволила оценить эмерджентные эффекты, возникающие в лесной геосистеме (дубрава и почва под лесом), предложить оптимальные варианты лесопользования и природопользования, которые в рамках выбранного участка лесостепного ландшафта Приднестровья позволят оптимизировать сформировавшийся эмерджентный эффект: лесной геосистемы на 1,22 ТДж/га и почвы, используемой под пашню и под лесом от 0,94 до 1,4 ТДж/га соответственно. Примененная геоэнергетическая матрица подтверждает проведенные расчеты с учетом качественных показателей лесной геосистемы. Результаты оценки и оптимизации эмерджентных эф-

фектов, выполненные в рамках урочища, верны для природно-антропогенного лесостепного ландшафта Приднестровья и сопредельных территорий в ареале распространения дуба черешчатого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозерский Г.Н., Дмитриев В.В. Становление геоэкологии как важный этап в развитии географии XX столетия // *Известия РАН. Серия географическая*, 2007, № 2, с. 19-28.

2. Володин В.М. *Экологические основы оценки и использования плодородия почв*. Москва: ЦИНАО, 2000. 334 с.

3. Иванова М.М. Эколого-энергетический анализ процессов восстановления лесов Томской области (на примере сосны обыкновенной) // *Вестник Томского государственного университета*, 2010, с. 187-191.

4. Кочуров Б.И. Оценка эмерджентных свойств ландшафтов Приднестровья методами геоэнергетического подхода // *Экологические системы и приборы*, 2020, № 5, с. 35-41.

5. Оценка эмерджентных свойств водных объектов: трофический статус, устойчивость, экологическое благополучие / В.В. Дмитриев, Г.В.Пряхина, А.Н. Огурцов и др. // *Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии*, 2018, с. 347-354.

6. Поздняков А.В. *Синергетика – современная научная парадигма и методология исследования сложных самоорганизующихся структур*. – URL: <http://rozdnuyakov.tut.su/Public/st0205.htm> (дата обращения: 21.09.21). – Текст: электронный.

7. Фузелла Т.Ш. *Энергетический подход к определению эффективности и оптимизации функционирования агроэкосистем (на примере СПК «Нелюбино»): автореф. ... дис. на соиск. уч. ст. канд. географ. наук*. Томск, 2010. 23 с.

8. Хорошев А.В. Эмерджентные эффекты пространственной структуры ландшафта // *Материалы XII Международной ландшафтной конференции «Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития»*, 2017, т. 1, с. 154-158.

9. Odum H. *Environment, Power and Society*. 1971. 336 p.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 10.10.2021

Принята к публикации 05.09.2022

UDC 911.3:630

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/52-56>

Geo-Energetic Assessment and Optimisation of Emergent Effects of the Natural-Anthropogenic Landscape

N.A. Marunich¹✉, B. I. Kochurov², V. V. Kizima¹

¹*Bendery Polytechnic Branch of T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, (7, Bendersky Vosstaniya st., Bendery, 3200)*

²*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation (p. 4, 29, Staromonetny lane, Moscow, 119017)*

Abstract. The purpose is to form a concept for geo-energetic assessment and optimisation of emergent effects of a selected site in the forest-steppe landscape of Pridnestrovia.

Materials and methods. The main content of the study is the author's methodology of the geo-energetic approach.

Results and discussion. As a result of the study, the emergent effect of options for restoration and optimization of oak forests in Pridnestrovia has been evaluated. Total anthropogenic load on forest geosystems, tension of ecological and economic condition of the forest complex were calculated, geoenergetic flows and qualitative characteristics of the landscape were analyzed.

Conclusions. The geoenergetic assessment of optimised emergent effects of forests and soils has been proposed. The results are mapped and typologised, and the energy interactions of natural and anthropogenic systems and the sustainable geoenergetic growth of optimised emergent effects are identified.

© Marunich N.A., Kochurov B. I., Kizima V. V., 2022

✉ Nikolay A. Marunich, e-mail: maruni484@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Key words: emergent effect, estimation and optimisation, geoenergetic approach.

For citation: Marunich N.A., Kochurov B.I., Kizima V.V. Geo-Energetic Assessment and Optimisation of Emergent Effects of the Natural-Anthropogenic Landscape. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2022, no. 3, pp. 52-56 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/52-56>

REFERENCES

1. Belozerskiy G.N., Dmitriev V.V. Stanovlenie geokologii kak vazhnyy etap v razvitiy geografii XX stoletiya [The formation of geocology as an important stage in the development of geography of the XX century]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2007, no. 2, pp. 19-28. (In Russ.)

2. Volodin V.M. *Ekologicheskie osnovy otsenki i ispol'zovaniya plodorodiya pochv* [Ecological bases of assessment and use of soil fertility]. Moscow: TsINAO, 2000. 334 p. (In Russ.)

3. Ivanova M. M. Ekologo-energeticheskiy analiz protsessov vosstanovleniya lesov Tomskoy oblasti (na primere sosny obyknovnoy) [Ecological and energy analysis of forest restoration processes in the Tomsk region (using the example of scots pine)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, pp. 187-191. (In Russ.)

4. Kochurov B.I. Otsenka emerzhentnykh svoystv landshaftov Pridnestrov'ya metodami geoenergeticheskogo podkhoda [Assessment of emergent properties of Pridnestrovian landscapes by methods of geoenergetic approach]. *Ekologicheskie sistemy i pribory*, 2020, no. 5, pp. 35-41. (In Russ.)

5. Otsenka emerzhentnykh svoystv vodnykh ob"ektov: troficheskiy status, ustoychivost', ekologicheskoe blagopoluchie / V.V. Dmitriev, G.V. Pryakhina, A.N. Ogurtsov i dr. [Assessment of emergent properties of water bodies: trophic status, sustainability, environmental well-being]. *Tret'i Vinogradovskie chteniya. Grani gidrologii*, 2018, pp. 347-354. (In Russ.)

6. Pozdnyakov A.V. *Sinergetika – sovremennaya nauchnaya paradigma i metodologiya issledovaniya slozhnykh samoorganizuyushchikhsya struktur* [Synergetics is a modern scientific paradigm and methodology for the study of complex self-organizing structures]. – URL: <http://pozdnyakov.tut.su/Public/st0205.htm> (accessed 21.09.21). – Text: electronic. (In Russ.)

7. Fuzella T. Sh. *Energeticheskiy podkhod k opredeleniyu effektivnosti i optimizatsii funktsionirovaniya agroekosistem (na primere SPK «Nelyubino»)* [Energy approach to determining the efficiency and optimization of the functioning of agroecosystems (on the example of SEC "Nelyubino")]: avtoref. ... dis. na soisk. uch. st. kand. geograf. nauk. Tomsk, 2010. 23 p. (In Russ.)

8. Khoroshev A.V. Emerzhentnye efekty prostranstvennoy struktury landshafta [Emergent effects of the spatial structure of the landscape]. *Materialy XII Mezhdunarodnoy landshaftnoy konferentsii «Landshaftovedenie: teoriya, metody, landshaftno-ekologicheskoe obespechenie prirodnopol'zovaniya i ustoychivogo razvitiya»*, 2017, vol. 1, pp. 154-158. (In Russ.)

9. Odum H. *Environment, Power and Society*. 1971. 336 pp.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 10.10.2021

Accepted: 05.09.2022

Марунич Николай Андреевич
кандидат географических наук, доцент Бендерского политехнического филиала Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, г. Бендеры, ORCID: 0000-0001-9737-4380, e-mail: maruni484@mail.ru

Кочуров Борис Иванович
доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-8351-3658, e-mail: b.i.kochurov@igras.ru

Кизима Виталий Владимирович
старший преподаватель Бендерского политехнического филиала Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко г. Бендеры, ORCID: 0000-0001-6548-8367, e-mail: vkizima@yandex.com

Nikolay A. Marunich
Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Bender Polytechnic Branch of the Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko, Bendery, ORCID: 0000-0001-9737-4380, e-mail: maruni484@mail.ru

Boris I. Kochurov
Dr. Sci. (Geogr.), Prof., Leading Researcher at the Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-8351-3658, e-mail: b.i.kochurov@igras.ru

Vitaly V. Kizima
Senior Lecturer at the Bender Polytechnic Branch of the Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko, Bendery, ORCID: 0000-0001-6548-8367, e-mail: vkizima@yandex.com