

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ НА УЧАСТКАХ ТРАНСЕКТА УШАЙСКОЙ МОРФОСТРУКТУРЫ

И. Г. Грачев, А. В. Поздняков

*Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск,
Российская Федерация, grachevimces@gmail.com*

В работе представлены результаты покомпонентной энергетической оценки для 8 элементарных экосистем на трансекте террасы р. Ушайка. В основе исследования лежит энергетический подход, который позволяет оценивать запасы трансформированной и аккумулируемой в органическом веществе энергии. Установлено, что суммарный энергетический потенциал среди ключевых участков трансекта изменяется от 7667,9 до 29762,37 ГДж/га, а экологическая емкость от 148,02 до 514,92 ГДж/га в год.

Ключевые слова: экологическая емкость; экосистема; энергетическая оценка; органическое вещество.

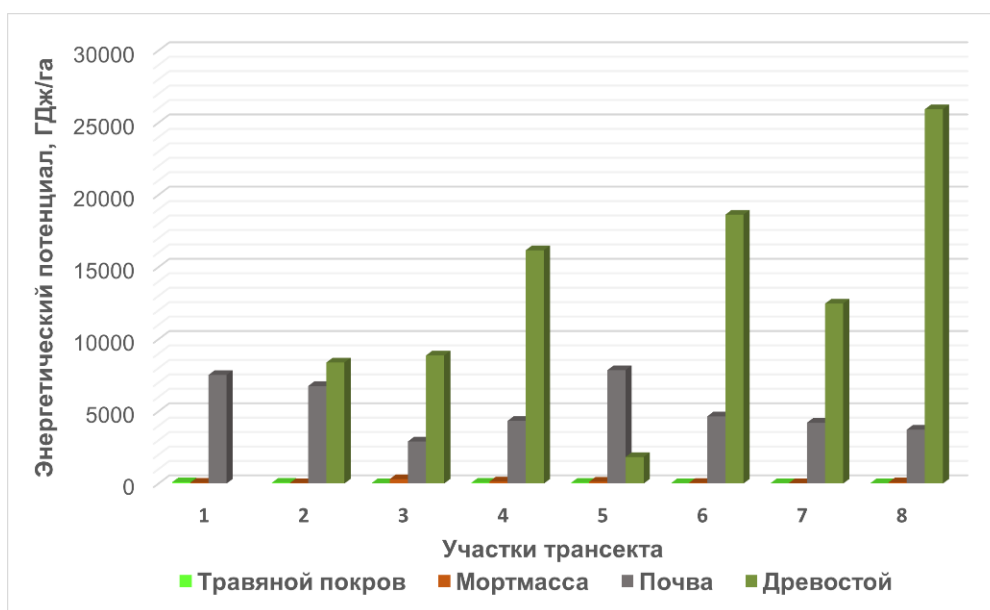
Введение. Практические результаты человеческой деятельности одновременно являются и результатами деятельности природы. Доля вкладываемой Человеком собственной энергии в производство того или иного продукта несравнимо меньше доли энергетических затрат экосистем. Весь опыт развития цивилизации подтверждает тот факт, что валовой внутренний продукт государств возрастает в зависимости от затрачиваемой на свое развитие энергии. Современная методология исследования динамики экосистем и экономики природопользования практически не учитывает вклад природы в производство материальных ценностей. Их стоимость определяется сложностью добычи природного ресурса, а также спросом на рынке. Есть только одна универсальная научно обоснованная мера затрат труда, в том числе и «труда природы» в различных формах его проявления, – это энергетическая мера (энергия), жизненная значимость которой является неизменной и не зависящей ни от конъюнктуры рынка, ни от политических пристрастий. Применение энергетического подхода позволяет получать объективные данные по аккумуляции энергии в компонентах экосистем, функционирующих в разных природно-климатических условиях, а также проводить оценку экологической емкости. Целью данного исследования является покомпонентная оценка трансформируемой в органическом веществе энергии и средней скорости ее аккумуляции для экосистем трансекта Ушайской морфоструктуры.

Объект исследования. Исследования проводились на 8 ключевых участках трансекта склона южной экспозиции реки Ушайка в пределах условно обозначенной авторами Ушайской морфоструктуры, на которой сформирована одноименная экосистема. Ушайская морфоструктура в геолого-геоморфологическом отношении представлена ограниченным тектоническими разломами выступом коренного фундамента, сложенного разновозрастными структурами Кузнецкого Алатау, Колывань-Томской складчатой зоны и Западно-Сибирской плиты [1]. Объект исследования входит в состав экотона, формировавшегося в границах переходной зоны от темнохвойной тайги к сосново-березовым лесам и лесным лугам [2].

Материалы и методы исследований. В рамках текущего исследования экологическая емкость экосистем определяется объемом фотосинтетически трансформируемой и аккумулируемой солнечной энергии в органическом веществе, численно характеризующимся энергетическим потенциалом в единицу времени ($\text{Дж}/\text{м}^2$ в год, $\text{ГДж}/\text{га}$ в год). Энергетический потенциал представляет собой объем аккумулированной и трансформированной солярной энергии ($\text{Дж}/\text{м}^2$, $\text{ГДж}/\text{га}$) в органическом веществе для исследуемых компонентов: фитомассы травяного покрова, мортмассы (опад и сухостой), фитомассы древесных насаждений, гумуса почв, негумифицированного органического вещества почвы [3]. Для всей экосистемы он является суммарным. Объем энергии фитомассы травяного покрова и опада определялся посредством укоса и сбора с площадок 1 м^2 , последующей сушкой образцов, сжиганием с определением зольности и удельной теплоты сгорания. Для древесных насаждений и сухостоя был произведен расчет массы согласно аллометрическому моделированию В. А. Усольцева [4] и определению удельной теплоты сгорания основных лесообразующих пород. Энергетический потенциал почв, представленный энергией гумуса и негумифицированного органического вещества, был определен в соответствии с методикой Н. П. Масютенко [5]. Все этапы исследования проходили в соответствии с общепринятыми методиками и утвержденными стандартами ГОСТ: 5180-84, 55661-2013, 33106-2014, 147-2013 [3,6]. Для определения средней скорости накопления энергии по компонентам были применены следующие параметры: для травяного покрова и опада время аккумуляции принято за 1 год, для почв – 6000 лет согласно литературным источникам [7], для древесных насаждений – в зависимости от среднего возраста породы и результатов дендрохронологических исследований.

Результаты и их обсуждение. С учетом масштабирования и интерполяции расчетов на 1 га было установлено, что наибольшим суммарным энергетическим потенциалом и самой высокой средней скоростью аккумуляции энергии обладает элювиальный участок террасы с березово-осиновым лесом с примесью сосны с кустарничковым подлеском с разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 8) – $29762,37 \text{ ГДж}/\text{га}$ и

514,92 ГДж/га в год. Кроме того, высокие показатели энергетических потенциалов отмечаются для следующих экосистем: на элювиальном участке террасы с березово-сосновым лесом с кустарничковой и осоково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 6) – объем энергии которого составляет 23342,59 ГДж/га при средней скорости аккумуляции 440,81 ГДж/га в год; на выровненном элювиальном участке второй надпойменной террасы реки Ушайка с сосново-березовым лесом и кустарничково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№4) – 20710,66 ГДж/га и 414,19 ГДж/га в год. Данные экосистемы не отличаются большим количеством фитомассы травяного покрова и опада, процент содержания гумуса на этих участках невелик, запасы энергии в негумифицированном органическом веществе имеют сравнительно средние показатели. Главным отличием данных экосистем является высокий энергетический потенциал фитомассы древесных насаждений, доля которого в общем распределении энергии экосистемы составляет 79,79 % (18625,24 ГДж/га) на участке № 6, 78,06 % (16167,6 ГДж/га) на участке № 4, и 87,12 % (25928,4 ГДж/га) для участка № 8 (рис. 1). Древостой упомянутых экосистем представлен здоровыми, зрелыми насаждениями с высокими показателями густоты – от 700 до 1000 единиц на 1 га с учетом масштабирования. Таким образом, большое количество аккумулируемой энергии обусловлено онтогенетическим состоянием древостоя, а также значительными запасами фитомассы.



Оценка энергетических потенциалов на участках трансекта

Минимальный суммарный энергетический потенциал отмечается на трансупераквальном элементарном ландшафте выровненной поверхности поймы р. Ушайка, покрытым злаково-разнотравным лугом

на темно-серых глеевых почвах (№ 1): 7667,9 ГДж/га. Обладая большими запасами фитомассы травяного покрова, а также высоким плодородием почв, для данного участка характерно отсутствие древесного яруса, который является существенным накопителем энергии органического вещества. Это условие определяет низкую экологическую емкость данной экосистемы – 148,02 ГДж/га в год. Кроме того, малые количественные показатели (преимущественно секвестирующей) фитомассы древесного яруса являются причиной сравнительно невысокой экологической емкости для аккумулятивно-элювиального участка надпойменной террасы с преимущественно березовым лесом и сосново-осиновым подростом с кустарничково-разнотравной растительностью на серых лесных почвах (№ 5) – 238 ГДж/га в год.

Экосистемы с низкой экологической емкостью не всегда являются деградированными или нарушенными. Они могут быть представлены естественными экосистемами пойм, пашнями антропогенного происхождения, луговыми экосистемами на водоразделах, лесами с низкими запасами фитомассы. Участки же с высокой экологической емкости в рамках исследования соответствуют различным стадиям сукцессии при переходе от вырубki коренного соснового древостоя к выходящему из подроста березово-осинового леса, сформированного под ярусом светлохвойных пород.

Заключение. Проведенное исследование позволило получить объективные данные по аккумуляции трансформированной солнечной энергии в органическом веществе для экосистем Ушайской морфоструктуры. Согласно результатам, наличие древесного яруса зрелого онтогенетического состояния обуславливает высокие показатели суммарного энергетического потенциала и экологической емкости экосистем.

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научных тем: «Развитие системы мониторинга и комплексного анализа пулов и потоков парниковых газов болотных и лесных экосистем Западной Сибири», FWRG-2022-0001.

Библиографические ссылки

1. Парначев В. П., Парначев С. В. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска: материалы к полевой геологической экскурсии. Томск: ФГБОУВПО НИ ТГУ, 2010. С. 142.
2. Рожанец М. И., Рожанец-Кучеровская С. Е. Почвы и растительность окрестностей г. Томска: с картой почв и растительности. Томск, 1928. С. 315–405.
3. Поздняков А. В., Грачев И. Г., Фузелла Т. Ш. Экосистема и экологическая емкость: методы и результаты исследования (на примере Ушайской экосистемы. Россия, Томская область) // Геосферные исследования. 2024. № 2. С. 129-142.

4. Аллометрические модели фитомассы деревьев для лазерного зондирования и наземной таксации углеродного пула в лесах Евразии: сравнительный анализ / В. А. Усольцев [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2016. № 4. С. 68-76.

5. Масютенко Н. П., Шеховцова В. В., Шеховцов В. И. Научные основы и методы оценки энергетического состояния почв в агроландшафтах. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2004. С. 60.

6. Grachev I. G. Methodology of Energy Assessment for Ecosystems of the First Floodplain Terrace of the Ushayka River (Tomsk Oblast) // Contemporary Problems of Ecology. 2024. Vol. 17. No. 3. P. 403–411.

7. Gavrilov D. A., Loiko S. V., Klimova N. V. Holocene soil evolution in South Siberia based on phytolith records and genetic soil analysis (Russia) // Geosciences (Switzerland). 2018. Vol. 8. No. 11. P. 402.