*На правах рукописи*

**Марунич Николай Андреевич**

# ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИДНЕСТРОВЬЯ

25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Калининград – 2019

Работа выполнена в научно-исследовательской лаборатории защиты и восстановления фитоценозов Государственного учреждения «Республиканский научно-исследовательский институт экологии и природных ресурсов» Приднестровской Молдавской Республики

| | |
|---|---|
| **Научный руководитель:** | **Кочуров Борис Иванович,**<br>доктор географических наук, профессор |
| **Официальные оппоненты:** | **Куролап Семен Александрович,**<br>доктор географических наук, профессор,<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», факультет географии, геоэкологии и туризма, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, заведующий кафедрой |
| | **Рустамов Нариман Ахмед оглы,**<br>кандидат физико-математических наук, доцент,<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе», геофизический факультет, кафедра математики, и.о. заведующего кафедрой |
| **Ведущая организация:** | **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт мониторинга климатических и экологических систем» Сибирского отделения Российской академии наук** |

Защита состоится «27» августа 2019 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д 212.084.09 при ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» по адресу 236022, г. Калининград, ул. Зоологическая, д.2, ауд. 304, e-mail: tikuznetsova@kantiana.ru.

С диссертацией можно ознакомится в библиотеке Балтийского федерального университета им. И. Канта (г. Калининград, ул. Университетская, д. 2). Электронные версии диссертации и автореферата размещены на официальном сайте ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»: https://www.kantiana.ru/postgraduate/dis-list/240654/

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук Т.Ю. Кузнецова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Геоэкологическое состояние лесных экосистем в условиях глобальных изменений климата и усиления хозяйственной деятельности с конца 70-х гг. XX в. в России, Украине и Молдавии резко ухудшилось, что выразилось в сокращении благоприятных для них условий функционирования, сокращении биологического разнообразия флоры, фауны и др., вплоть до обезлесивания обширных лесостепных и степных территорий. В Приднестровье катастрофически гибнут уникальные лесные экосистемы - дубравы, что влечёт за собой негативные социальные и экономические последствия для населения. Несмотря на повсеместные призывы и декларируемую государствами политику энергосбережения, мировые удельные затраты потребляемой энергии, в том числе биогенной (каменный уголь, торф, дрова и др.) за последнее столетие возросли в 10 и более раз. Все это определяет общенаучную значимость и актуальность более глубокого изучения проблем оптимизации лесопользования и разработки энергоэффективных технологий лесовосстановления.

В геоэкологии и географии появился ряд научных направлений, исследовательских групп ученых, занятых поисками путей оптимизации лесохозяйственной деятельности. К ним относятся представленные в данной работе геоэнергетический подход и методика оценки (с эколого-энергетических позиций) вариантов более рационального использования лесных ресурсов, эффективного развития экономики лесохозяйственного комплекса в условиях Приднестровья и создания в этом приграничном регионе более благоприятных геоэкологических условий существования человека.

Лесной фонд Приднестровья сокращается в результате несоразмерных воспроизводству вырубок и занимает в настоящее время всего 7,6 % общей площади (0,04 га леса на душу населения), что значительно меньше, чем во многих других регионах и странах мира. Широколиственные леса здесь представлены в основном ясенем, грабом, липой, но около трети ареала лесов составляют дубравы и искусственные насаждения.

Предлагаемый подход и разработанная на его основе методика оценки энергоэффективности лесовосстановления дубрав позволяют наиболее корректно сравнивать различные по характеру освоения лесохозяйственные объекты и процессы лесопользования с помощью геоэнергетических показателей в джоулях эквивалентах стоимости разнообразной лесной продукции. В отличие от биржевых значений валют и цен, геоэнергетические показатели не зависят от чьих-то желаний и спекуляций. Они достаточно четко измеряемы и применимы для изучения состояния и функционирования лесных экосистем и оптимизации лесовосстановления по наиболее эффективному в эколого-экономическом отношении варианте.

Лесная экосистема представляется исследователем в виде природной геоэнергетической лаборатории, преобразующей с помощью солнечной энергии воду и углекислый газ в питательные для членов лесного сообщества вещества. При этом принимается во внимание, что в процессе фотосинтеза в экологически

стабильных лесах количество потребляемого растениями углекислого газа не превышает величину его выделения в атмосферу Земли.

Приднестровские дубравы – исчезающая, хотя все ещё саморегулирующаяся система, в состав которой входят виды, приспособившиеся в процессе эволюционного развития к сосуществованию; наряду с конкурентными между ними выработались и полезные взаимоотношениями. Проблема сохранения и восстановления дубрав здесь стоит особенно остро, повсеместно в них сокращается разнообразие лесообразующих пород, разрушается лесной покров и, как следствие, нарушаются важнейшие взаимосвязи растений и животных в лесной экосистеме, определяющие эффективность их функционирования как единого биогеоценоза.

Естественные леса многоцелевого назначения и лесные хозяйства представляют собой совершенно разные экосистемы в отношении затрат, необходимых на их поддержание их биогеохимических функций в удовлетворении множества потребностей человека. Все леса Приднестровья относятся к категории, выполняющей природоохранные функции. Для их восстановления и сохранения особенно значимы поиск путей неистощительного (сбалансированного) лесопользования и внедрение в практику лесовосстановления энергоэффективных технологий.

**Объект -** лесные экосистемы Приднестровья.

**Предмет** – закономерности лесовосстановления и функционирования лесных экосистем Приднестровья с использованием геоэнергетического подхода и соответствующей ему методики анализа.

**Цель -** разработать геоэнергетический подход, методику оценки, исследовать эффективность функционирования и восстановления лесных экосистем Приднестровья на основе концепции сбалансированного лесопользования.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1) проанализировать природные условия, состояние лесного фонда, характер и уровень антропогенной нагрузки, существующие технологии лесовосстановления в Приднестровье;

2) обосновать подход и разработать методику геоэнергетической оценки состояния восстановленных лесных экосистем;

3) создать автоматизированную информационную систему оптимизации функционирования лесной экосистемы с учетом её энергопотенциала и выбора наиболее эффективной технологий лесовосстановления;

4) усовершенствовать принципиальную схему (алгоритм) оптимизации лесовосстановления Приднестровья на основе геоэнергетического подхода.

**Диссертация выполнена в соответствии с паспортом научной специальности** по пунктам: 1.9 «Оценка состояния, изменений и управление современными ландшафтами», 1.11 «Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем» 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле).

Изложенные положения и выводы развивают геоэнергетический подход и оценку на его основе эффективности функционирования лесных экосистем в специфических региональных условиях Приднестровской Молдавской Республики. Эмпирико-статистические расчеты и картографическое обоснование взаимодополнительны и непротиворечивы, экспертные оценки других исследователей подтверждают **достоверность полученных результатов.**

**Степень разработанности проблемы и теоретическая основа исследования.** Разработанный автором геоэнергетический подход базируется на идеях и трудах российских и зарубежных ученых. Многие из них (Вернадский, 1940, Pimentel, Rodrigues, Wane, 1994, Odum H. 1971, 1996) заложили фундаментальные основы анализа биоэнергетических потоков в экосистемах и предприняли первые попытки оценить связи вещественных, энергетических и информационных потоков в биосфере.

В процессе выполнения работы автором были изучены труды многих российских географов и геоэкологов (Кочуров, 2003 - 2011, Сысуев, 2013, Поздняков, 1995 - 2012, Соколов, 2013, Смирнов 2007, 2011, Шуркина, 2008, 2009 и др.), специалистов в области природопользования (Захаров, 2010, Лобковский, 2008, Иванова, 2010, Миндрин, 1997, 2003, Фузелла, 2010 и др.), экологии лесных экосистем (Минлебаев, 2013, Маяцкий,1978 - 2010, Порицкий, 1978, 1981, Пятницкий, 1968), предложивших ряд эколого-экономических и энергетических подходов и эколого-географических методов повышения эффективности лесопользования. Однако системно роль важнейших природных, природно-технических и технологических составляющих лесовосстановления для оптимизации природопользования до настоящего времени не раскрывалась.

**Методическая основа** исследования: сравнительно-географический, картографический, геоэнергетический, эмпирико-статистический, геоинформационный и др. методы. Полученный автором фактический материал обработан с применением компьютерных программ (Microsoft Excel, AutoCAD, Visual Basic 6.0, Delphi 7).

**Эмпирическая база исследования**:

- непосредственное участие автора в получении и обработке фактического материала - результатов экспедиционных и камеральных работ; расчеты и оценки эффективности лесовосстановления за период 2010-2018 гг.; систематизация данных из отечественных и зарубежных источников по геоэкологическим аспектам лесохозяйственной деятельности, эколого-энергетическому анализу и др.; заложение пробных площадок в урочище Калагур; статистическая обработка полученных данных;

- официальные материалы министерств и ведомств - сельского хозяйства и природных ресурсов о составе древесных пород и фитомассе лесных экосистем, сведения о технологических затратах лесхозов на осуществляемую деятельность; данные республиканской гидрометеорологической службы об интенсивности солнечной радиации, температуре воздуха, осадках за период наблюдений и др.

**Научная новизна:**

– впервые разработаны геоэнергетический подход и на его основе методика оценки восстановления лесных экосистем Приднестровья;

– охарактеризовано геоэкологическое состояние лесов Приднестровья и проанализированы методы оптимизации лесопользования в разных природных условиях;

– предложена природосообразная технология восстановления дубрав Приднестровья (на примере урочища Калагур Рыбницкого района);

– усовершенствована схема оптимизации лесовосстановления в условиях Приднестровья;

– создана автоматизированная информационная система расчета эффективности функционирования восстанавливаемой лесной экосистемы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1.Теоретико-методологические обоснование геоэнергетического подхода и методики оценки энергопотенциала лесных экосистем в различных природно-технологических вариантах лесопользования и лесовосстановления.

2. Закономерности лесовосстановления и особенностей функционирования лесных экосистем Приднестровья в условиях аридизации климата и высоких антропогенных нагрузок.

3.Усовершенствованная схема оптимизации лесовосстановления, на основе повышения его геоэнергетической эффективности.

4.Автоматизированная информационная система расчета геоэнергетической эффективности функционирования восстанавливаемой лесной экосистемы.

**Теоретическая значимость диссертации** состоит в разработке геоэнергетического подхода на его основе методики оценки эффективности функционирования и восстановления лесных экосистем, выявления на их основе закономерностей взаимодействия природных и социально-экономических факторов в лесохозяйственном предприятии, научно обосновать меры по оптимизации лесовосстановления в условиях Приднестровья.

**Практическая значимость результатов** определяется возможностью реализации авторских разработок и предложений для повышения эффективности лесопользования и работы лесохозяйственных предприятий Приднестровья. Они также могут найти применение при подготовке кадров по ряду направлений: геоэкологии, лесоведению, лесному хозяйству и природопользованию.

**Личный вклад автора** состоит в сборе, обобщении и использовании опубликованных в открытой печати результатов предшественников и собственных полевых и камеральных исследований, обработке эмпирических данных и статистических материалов, полученных в результате девятилетнего изучения процессов восстановления и функционирования лесной экосистемы урочища Калагур в условиях антропогенного воздействия; проведен анализ биоресурсов и геоэнергетического потенциала лесной экосистемы, данных об обобщающих затратах энергоресурсов в процессе лесовосстановления. Все приведенные в работе расчеты выполнены с использованием авторской автоматизированной информационной системы. Кроме того автором разработана

схема оптимизации функционирования восстанавливаемой экосистемы урочища Калагур на принципах повышения энергоэффективности сбалансированного природопользования.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации были представлены на шести международных научных конференциях: «Актуальные проблемы биоэкологии» (Москва, 2010), «Академику Л.С. Бергу – 135 лет» (Бендеры, 2011), «Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора» (Кишинев, 2013), «II Кавказский экологический форум» (Грозный, 2015), «Экология. Окружающая среда. Состояние и перспективы» (Бендеры, 2016), «VI Семеновские чтения» (Липецк, 2017).

**Публикации.** Основные результаты изложены в 16-ти статьях, в том числе шести в ведущих рецензируемых изданиях РФ и совместной с Б.И. Кочуровым монографии 2016 г.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, 3-х глав и заключения, списка литературы из 155-ти источников, в том числе 5 наименований на английском языке и 3-х приложений. Общий объем работы составляет 128 страниц, включая 16 таблиц, 38 рисунков.

Выражаю искреннюю благодарность научному руководителю проф. Б.И. Кочурову, коллегам по лаборатории защиты и восстановления фитоценозов и директору Республиканского НИИ экологии и природных ресурсов Приднестровской Молдавской Республики доценту В.С. Рущук, а также сотрудникам Института природопользования, территориального развития и градостроительства БФУ им. И. Канта, моим родным и близким за постоянную поддержку и помощь в осуществлении и завершении настоящей работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

**Во Введении** обосновываются актуальность работы, объект, предмет постановка проблемы, освещается степень ее изученности, формулируются цели, задачи исследования.

**В первой главе** раскрываются теоретико-методологические основы геоэнергетического подхода и методика оценки природных и природно-технических лесохозяйственных систем.

*В Разделе 1.1* раскрывается основа геоэнергетического подхода, представлен сопряженный учет значений солнечной энергии и атмосферных осадков (биоклиматические параметры), поступающих в лесную экосистему и характеризующих её биопродукционный потенциал.

Обсуждаются представления В.И. Вернадского, А. Лотки, Г. Одума о роли солнечной и иных видов энергии в развитии природных систем, внесших значительный вклад в фундаментальные основы анализа энергетических потоков в экосистемах. Все формы энергетических вкладов выражены (по Г. Одуму) в единицах солнечной энергии ($E_S$). Энергетический потенциал выпадающих осадков ($E_{pr}$) вычислялся по формуле:

$$E_{pr} = S \times Q \times G, \quad (1)$$

где: S - площадь исследуемого лесного хозяйства, $м^2$;
Q - количество выпадающих осадков, мм/год;
G– свободная химическая энергия Гиббса без учета транспирации растениями, Дж/г.

Геоэнергетическую емкость лесной экосистемы ($E_п$) в Дж, определили, суммируя поступающую солнечную энергию и два дополнительных потенциала:

$$E_п = E_S + E_{pe} + E_{pr}, \quad (2)$$

где: $E_S$ – солнечная энергия;
$E_{pe}$ – энергопотенциал экосистемы;
$E_{pr}$ -энергетический потенциал выпадающих осадков.

Представлен энергоэкономический подход, применяемый к оценке природно-технических систем А.С. Миндриным (1997, 2003) на основе анализа межотраслевого материального баланса энергетических эквивалентов ископаемых топлив, используемых в аграрном производстве; показано, что учет энергозатрат по трудовым ресурсам дает возможность более обосновано оценивать эффективность производства сельскохозяйственной продукции.

Геоэнергетический подход в оценке функционирования лесных экосистем базируется на идеях и прикладных разработках Томской научной школы профессора А.В. Позднякова: на анализе эффективности функционирования агроэкосистем «СоМер 2» в степной зоне Центрального Казахстана и хозяйства «Нелюбино» в Томской области (энергетический подход К.А. Шуркиной и Т.Ш. Фузеллы).

Отличие авторского подхода от сугубо термодинамических принципов и методов состоит в определении и учете соотношения существующего и возможного более высокого потенциала лесной техногеосистемы с перспективой перехода к более экологичным принципам и методам хозяйствования, а также в учете доли антропогенной энергии, затрачиваемой в процессе лесовосстановления.

*Раздел 1.2.* С использованием предложенной Б.И. Кочуровым (2003) методологии оценки антропогенной нагрузки определена степень трансформации (An) лесных экосистем Приднестровья:

$$An = \sum_{i=1}^{n} Si \times Bi, \quad (3)$$

где: S – площадь i – го вида использования лесных земель, в %;
B - балльная оценка антропогенной нагрузки по i-му виду с учетом корректировки по дополнительным факторам;
n - число групп.

*Раздел 1.3* посвящен обоснованию геоэнергетического подхода и методики определения антропогенной нагрузки на лесную экосистему в реальных единицах энергии (джоулях). Разработанная на основе авторского подхода методика оценки эффективности восстановления лесной экосистемы Приднестровья включает (по Г. Одуму) ряд последовательных процедур: оценка вкладов солнечной энергии и энергии осадков, расчет энергопотенциала экосистемы по формуле:

$$E_{pe} = Z \times K_p, \quad (4)$$

где: $E_{pe}$ - энергопотенциал лесной экосистемы, Дж;
Z- запас древесины в лесной экосистеме, $м^3$/га;
$K_p$ – коэффициент перевода запаса древесины в джоули (в зависимости от древостоя), Дж/$м^3$.

Оценка вариантов оптимизации функционирования лесной экосистемы по энергозатратам на средства механизации, видам топлива, трудозатратам работников производства и энергоемкости технологии (по А.С. Миндрину) предусматривала последовательность расчетов:

$$E_1=\sum M\times l_m, \quad (5)$$

где: M - металлоемкость, кг/га;
$l_m$ - энергетический эквивалент средств механизации, МДж/га.

Металлоемкость применяемых тракторов и другой техники:

$$M=1/w\times\sum G_l\times(a+r)/T_H, \quad (6)$$

где: w- производительность агрегата га/ч, оборудование т/ч;
$G_l$ - масса l-й машины, входящей в агрегат, кг;
$T_H$ - годовая нормативная нагрузка, ч;
a, r - норма отчисления на амортизацию и ремонт.

Энергозатраты на виды топлива:

$$E_2= \sum Q_{tj}\times e_{ti}, \quad (7)$$

где: $E_2$ - энергозатраты на виды топлива, Дж;
$Q_{tj}$ – количество потраченного топлива, кг;
$e_{ti}$ - энергетический эквивалент вида топлива, МДж/кг.

Энергозатраты работников производства:

$$E_3= \sum T_j\times e_i, \quad (8)$$

где: $E_3$ –трудовые энергозатраты, Дж;
$T_j$ – трудозатраты, чел/ч;
$e_{ti}$ - энергозатраты работника в процессе лесовосстановления, МДж/кг.

Энергоемкость вариантов оптимизации лесных экосистем:

$$Э=E_к/E_п, \quad (9)$$

где: Э - энергоёмкость;

$E_к$ = затраты энергии, Дж;
$E_п$ - содержание энергии в конечном продукте, Дж.

В этой же системе расчетов определялись:

1) отношение менее затратного энергопотенциала лесной техногеосистемы к существующему с учетом возможного перехода на более экологичные принципы и методы хозяйствования:

$$e_R = E_B / E_C, \quad (10)$$

где: $e_R$ – эффективность использования природной энергетической ренты;
$E_B$ – возможный энергопотенциал экосистемы, Дж;
$E_C$ – существующий энергопотенциал экосистемы, Дж.

2) доля антропогенной энергии в оптимизации функционирования лесной экосистемы:

$$D_A = A_B / A_C, \quad (11)$$

где: $D_A$ – доля затрачиваемой антропогенной энергии в оптимизации функционирования лесной экосистемы;
$A_B$ – возможные затраты антропогенной энергии при изменении варианта оптимизации, Дж;
$A_C$ – существующие затраты антропогенной энергии функционирования лесной экосистемы, Дж.

**Во второй главе** сопоставлены природно-экологические условия, проблемы лесопользования и оптимизации функционирования восстанавливаемых лесных экосистем Приднестровья.

*В разделе 2.1* охарактеризованы ландшафтная дифференциация степной и лесостепной областей Приднестровья. Рельеф региона холмисто-равнинный, рассеченный долинами рек. Средняя высота над уровнем моря - 140 м, почвенный покров представлен черноземами. Климат умеренно-континентальный засушливый. Среднегодовое количество осадков снижается от 500 до 400 мм в год, а испаряемость повышается с севера на юг от 700 до 800 мм в год, что отрицательно сказывается на функционировании лесных экосистем. В этом же направлении меняются биоклиматические условия (рис. 1).

*В разделе 2.2* анализируется состояние земельных ресурсов и эколого-хозяйственного баланса землепользования в условиях черезмерных антропогенных нагрузок на ландшафты и высокоинтенсивного земледелия. Естественных ландшафтов практически не осталось: лесопокрытая территория - 7,6%, земель сельскохозяйственного назначения - 71,97%, пашни - 84,15%, от их общей площади.

По методике Б. И. Кочурова рассчитаны коэффициенты абсолютной (Ка) и относительной (Ко) напряженности эколого-хозяйственной структуры земель Приднестровья. Коэффициент естественной защищенности Кез, к примеру, в сравнении с Московской областью, где Кез изменяется от 0,42 до 0,75, а в

Приднестровье этот показатель - 0,74, что указывает на низкую защищенность лесных экосистем.

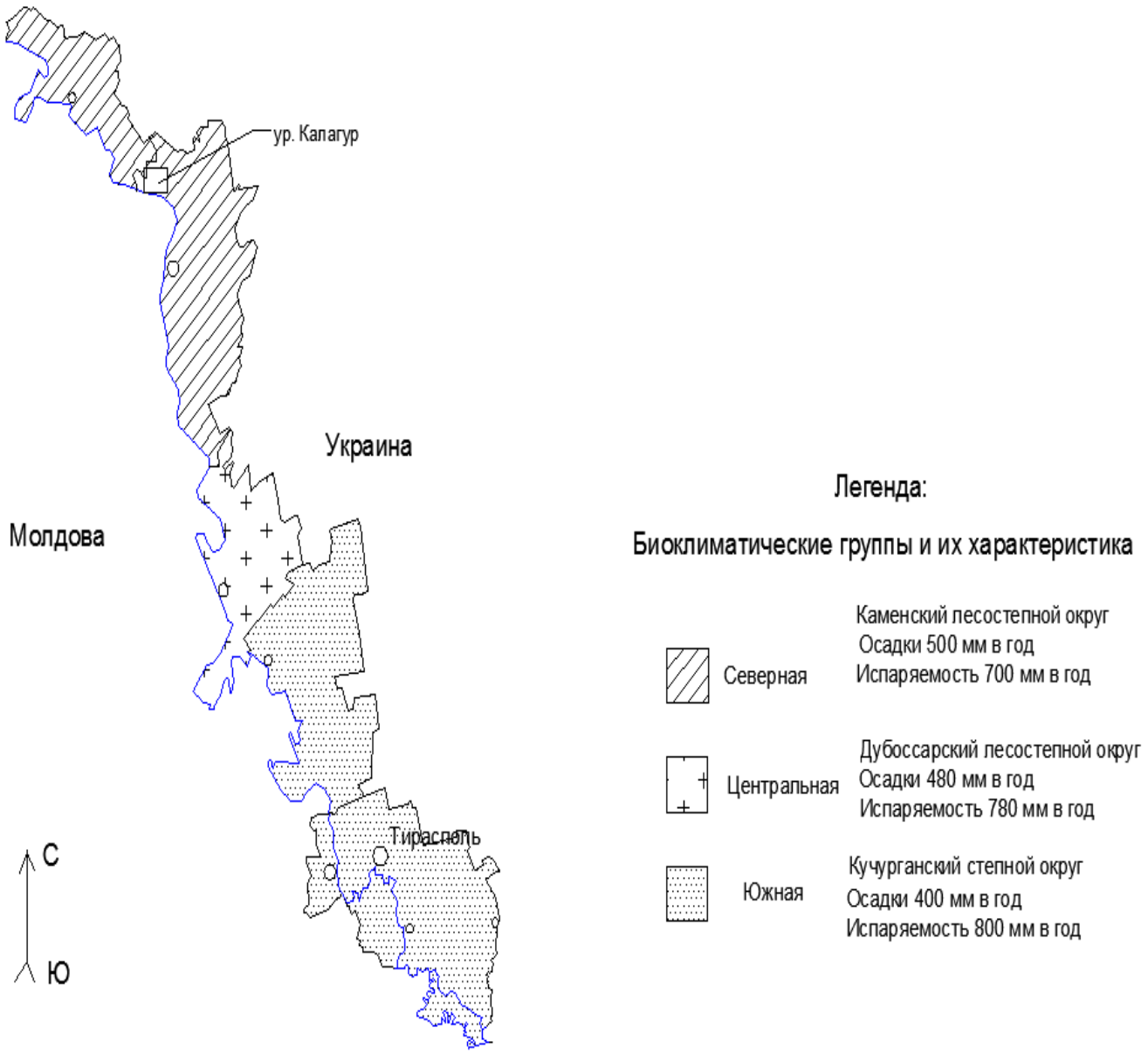


Рисунок 1 – Биоклиматическая дифференциация районов Приднестровья, составил автор

Суммарная антропогенная нагрузка на земли - 983,04 балла (по принятой шкале высокая). Дисбаланс в распределении земель различного назначения создает кризисную геоэкологическую ситуацию в регионе, изменить которую хотя бы частично возможно путем лесовосстановления с увеличением площади земель лесного фонда до 15-16 % (оптимальный параметр), введением в состав лесных сообществ дуба черешчатого, наиболее устойчивого к местным условиям вида. Эти меры способны в несколько раз увеличить эффективность функционирования лесных фитоценозов.

*В разделе 2.3* представлены типология лесорастительных условий, включая биоклиматические, и трансформации лесных экосистем Приднестровья в 3-х

растительных округах: 1 – Каменском лесостепном местами с сохранившимися дубовыми лесами южная граница по реке Ягорлык; 2 – Дубоссарской гырнеценовой лесостепи с южной границей по р. Коморуль; 3 – Кучурганской типчаково-ковыльной степи. Главная лесообразующая порода дубрав - дуб черешчатый, на более возвышенных местах с примесью дуба скального. Из сопутствующих пород встречаются: липа мелколистная и липа войлочная, черешня лесная, клены: остролистный и полевой, реже граб, берека. Наибольшая лесистость в Каменском округе – 16,3%. В Дубоссарском округе она снижается до 10,5 %, а в южном округе - до 5,0%. Наиболее критическая по соотношению лесопокрытых земель к землям сельскохозяйственного назначения ситуация сложилась на юге Приднестровья – в самом засушливом Кучурганском степном округе (рис. 2).

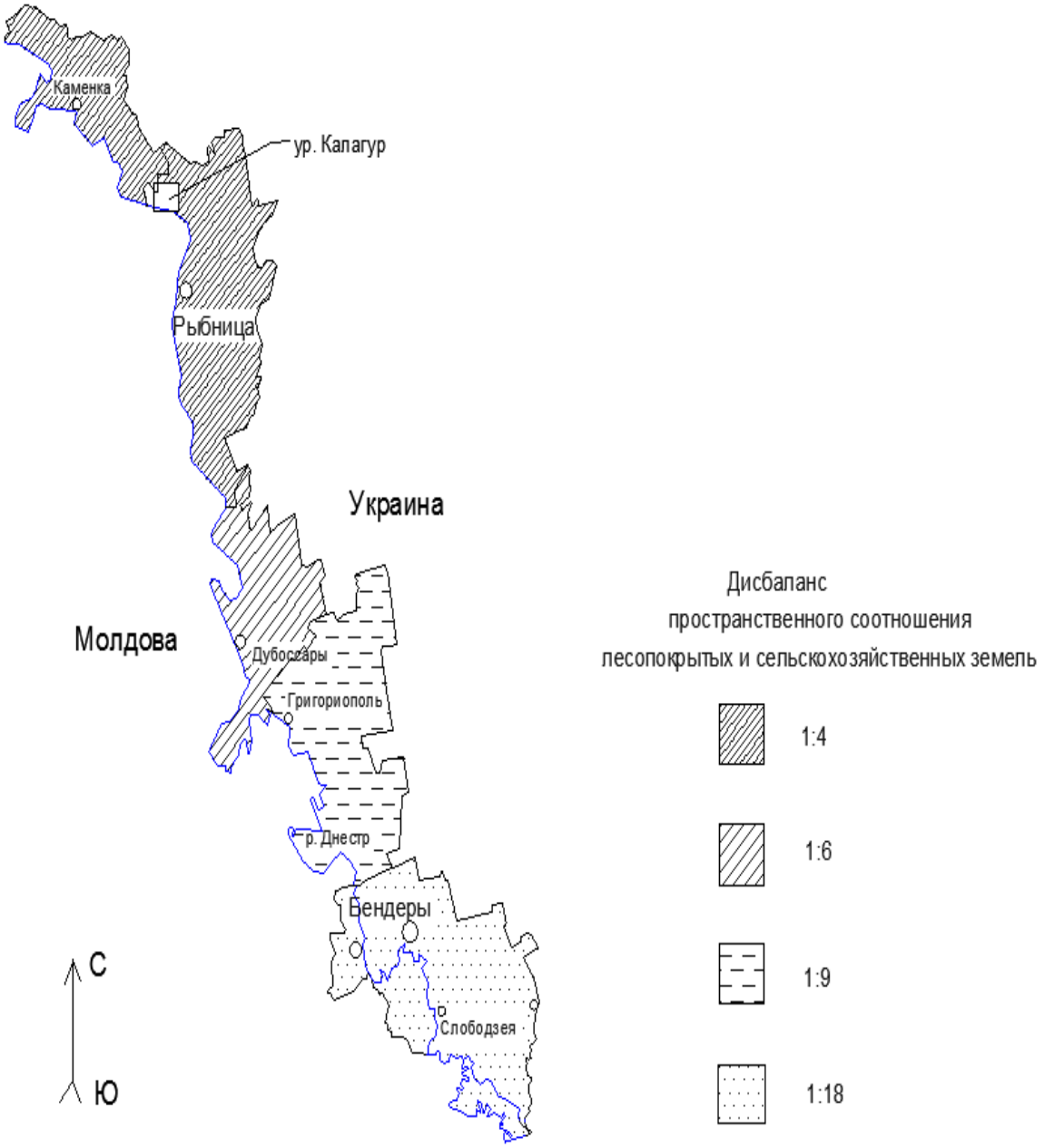


Рисунок 2 – Дисбаланс соотношения лесопокрытых и сельскохозяйственных земель Приднестровья

Вырубка лесов и распашка степей – основные антропогенные факторы водной и ветровой эрозии. В регионе повсеместно сокращение видового разнообразия лесных растений и животных, составлявших основу биологического равновесия Приднестровских ландшафтов.

Естественные леса Приднестровья – малочисленные фрагменты былых массивов, сохранившиеся на склонах возвышенностей и речных долин, в относительно труднодоступных местообитаниях лесостепной зоны. Этим определяется значимость их восстановления с преобладанием дуба черешчатого и определения наиболее перспективного способа для повышения лесопродуктивности.

*В разделе 2.4* анализируются проблемы функционирования восстанавливаемой лесной экосистемы на ключевом участке в урочище Калагур (Рыбницкий район Приднестровья) площадью 740 га (координаты 47 53′12″с. ш.28 56′ 00″ в. д.) (рис.3). Это урочище - уникальный реликтовый биогеоценоз с редкими, исчезающими и эндемичными видами растений и их сообществами. В их составе доминируют скальный, черешчатый, ножкоцветковый дубы. Из-за продолжающейся дигрессии лесные экосистемы урочища Калагур остро нуждаются в восстановлении.

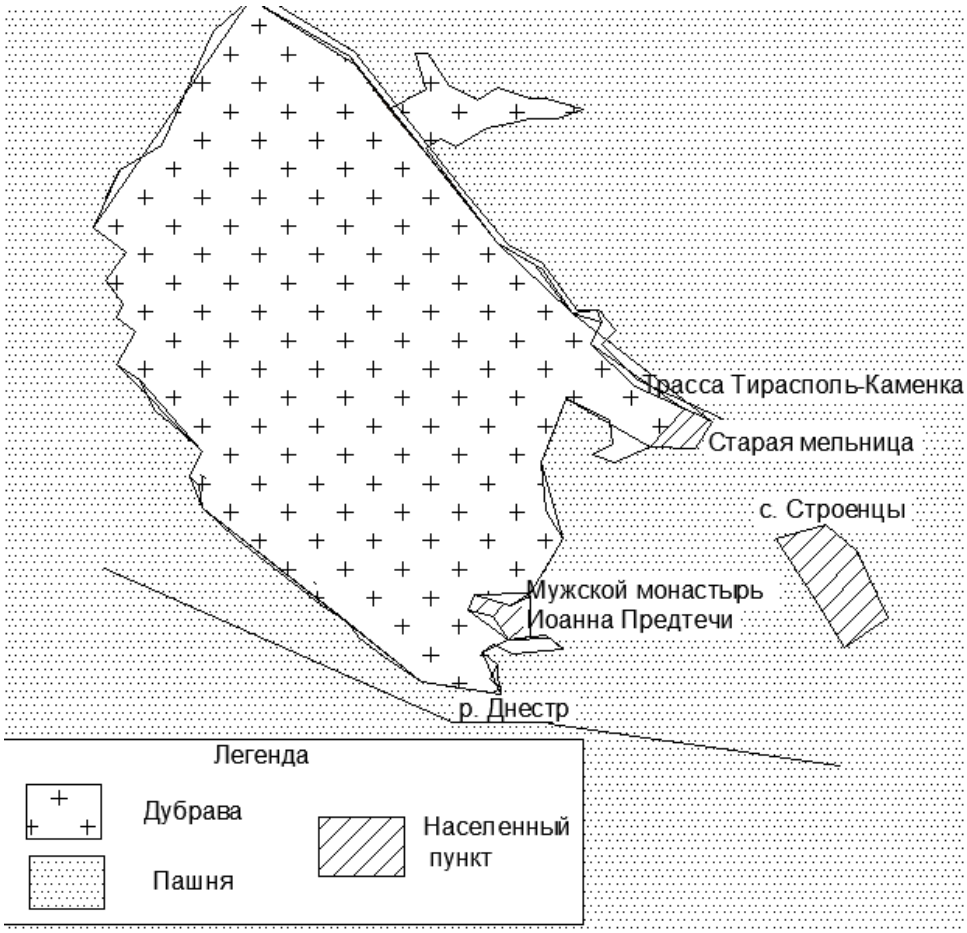


Рисунок 3 – Ключевой участок дубрава урочища Калагур (составлено автором)

Дигрессия в лесных экосистемах наблюдается по всему Приднестровью, решать её возможно только путем разработки вариантов более рационального лесопользования, используя геоэнергетический подход к оптимизации функционирования лесных экосистем.

*В разделе 2.5* анализируются возможные пути оптимизации функционирования лесных экосистем Приднестровья. Первый из двух основных способов восстановления дубрав разработан И.Н. Маяцким на основе многолетних опытно-технологических приемов, учитывающих биологические особенности дуба черешчатого, возможности его естественного возобновления (самосев, подрост), либо выращиванием культур (за 1 – 3 года до рубки) посевом или посадкой. Наконец возможно создание культур дуба по нулевым вырубкам рядами, площадками, полосами с частичным сохранением лесного сообщества, использованием естественного возобновления сопутствующих древесных пород и кустарников (предложения автора с Б.И. Кочуровым). К этому же способу относится создание культур на вырубках прошлых лет.

Второй способ, применявшийся многие годы в прошлом, сопровождался сплошной раскорчевкой вырубок, плантажной вспашкой материнского субстрата с применением тяжелой техники, которые разрушали структуру почвенно-растительного покрова, подроста, подлеска, а в конечном счете вели к полной потере стабилизирующей и средоформирующей функций природной экосистемы и полному уничтожению лесного биогеоценоза.

**В третьей главе** обоснованы геоэнергетический подход и методика оценки особенностей функционирования восстанавливаемой лесной экосистемы. На основе авторского подхода и методики расчета сопоставлены три технологических варианта оптимизации лесовосстановления из которых выбран наиболее энергоэффективный вариант №3.

*В разделе 3.1* обсуждаются основные рассчитанные геоэнергетические параметры функционирования лесной экосистемы: солнечная энергия, поступающая на изучаемый ключевой участок; потенциальная энергия выпадающих осадков; энергопотенциал лесной экосистемы (фитомасса) (табл. 1).

Солнечная энергия ($E_S$)._На 1 га в год лесного фитоценоза в урочище Калагур по расчетам автора поступает $45\times10^{12}$ Дж солнечной энергии.

Потенциал выпадающих осадков ($E_{pr}$). Энергия осадков, выпадающих на изучаемый ключевой участок в виде дождя и снега составляет $2{,}47\times10^{7}$ Дж на 1 га в год.

Энергопотенциал экосистемы (фитомасса) ($E_{pe}$) – рассчитан на один га лесной экосистемы с преобладанием дуба черешчатого, содержит $14{,}5\times10^{10}$ Дж.

Таблица 1 - Геоэнергетическая емкость 1 га лесной экосистемы урочища Калагур

| | |
|---|---|
| Солнечная энергия | $45\times10^{12}$ Дж/год |
| Потенциал выпадающих осадков | $2{,}47\times10^{7}$ Дж/год |
| Энергопотенциал экосистемы | $14{,}5\times10^{10}$ Дж |
| Итого: | $45{,}14\times10^{12}$ Дж/год |

Предложенная методика расчета была применена для пространственного анализа энергопотенциала лесов всего Приднестровья (рис. 4).

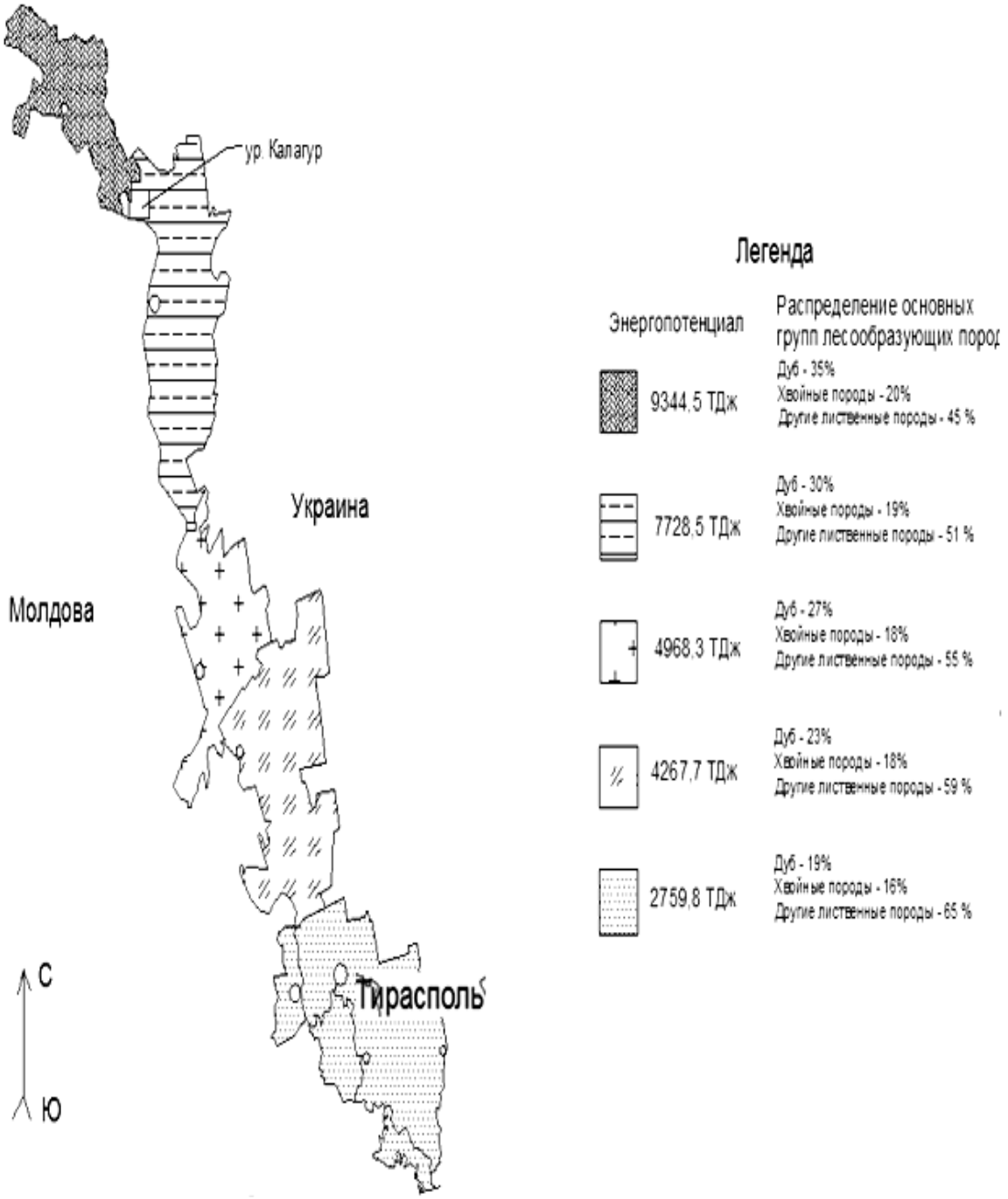


Рисунок 4 – Пространственные соотношения энергопотенциала (ТДж) и основных групп лесообразующих пород в Приднестровье, %

Анализ пространственной дифференциации рассчитанных показателей выявил, что самым низким энергопотенциалом отличаются деградирующие экосистемы засушливых степных Григориопольском и Слободзейском районах (менее 3000 ТДж) в которых очень сокращено биоразнообразие и отсутствуют многие естественные растительные ассоциации. Максимальный энергопотенциал

характерны для северных Каменского и Рыбницкого районов лесостепной зоны (свыше 9000 ТДж), а в промежуточном Дубоссарском районе значения энергопотенциала близки к 5000 ТДж.

Особое значение в обосновании геоэнергетического подхода автор придавал понятию «энергетическая природная рента» в редакции К.А. Шуркиной (2009), под которым подразумевался энергетический потенциал лесной экосистемы используемый человеком бесплатно (рис. 5). Для её расчета учитывалась энергия атмосферных осадков, выпадающая на ключевой участок в виде дождя и снега.

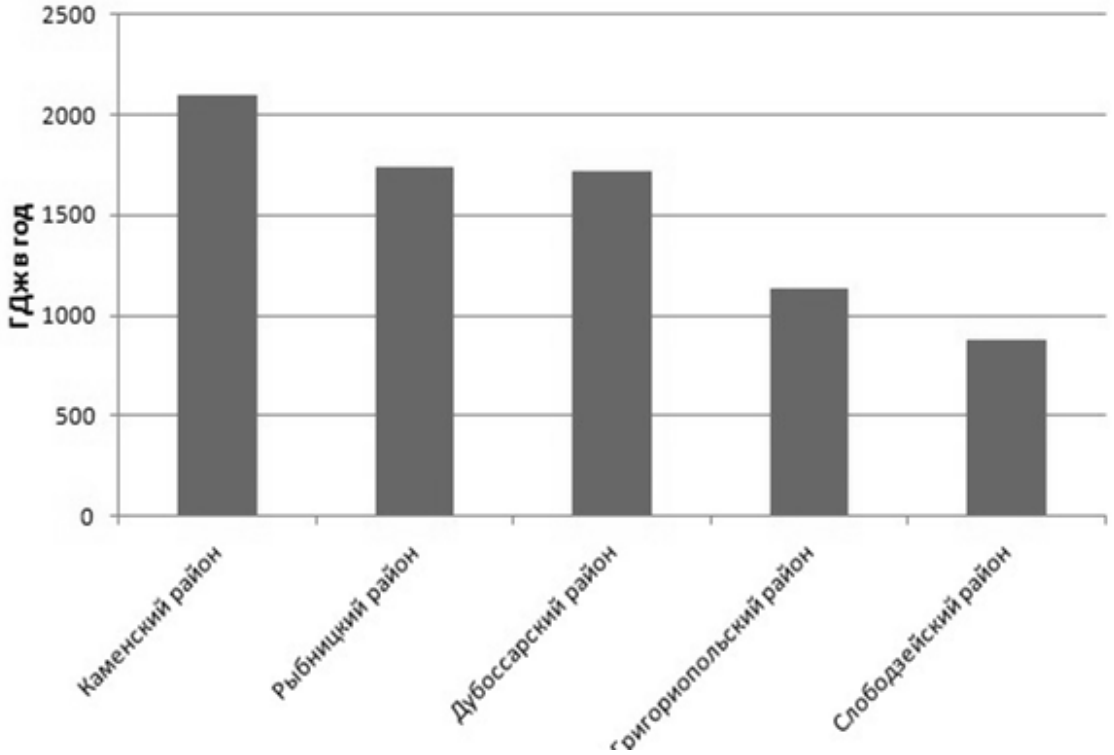


Рисунок 5 – Тренд изменений рассчитанных значений энергетической природной ренты лесных экосистем по районам Приднестровья, ГДж в год

Энергетическая природная рента закономерно снижается от Каменского район к Слободзейскому (рис. 4). Сделан вывод, что на юге Приднестровья, возможно более эффективно использовать энергетическую ренту для повышения степени самоорганизации лесных экосистем, а на севере сохранить выявленную ранее тенденцию повышения их устойчивости.

*В Разделе 3.2* приведены оценочные расчеты геоэнергетической эффективности восстановления лесных экосистем Приднестровья. Десятилетиями здесь применяется традиционный вариант их восстановления с использованием тяжелой техники, корчевкой пней и полным уничтожением материнского почвенно-растительного субстрата.

В урочище Калагур в сравнительном плане были исследованы три варианта восстановления лесных экосистем:

а) сплошная механизированная обработка почвы с корчевкой пней после сплошной рубки материнского насаждения, механизированная закладка культур

дуба черешчатого двухлетними саженцами с механизированным уходом за культурами;

б) закладка культур дуба черешчатого посевом желудей с использованием лесной среды материнских насаждений, элементов естественного возобновления сопутствующих пород и кустарников и накоплением подроста дуба в насаждении;

в) закладка культур дуба черешчатого посадкой двухлетних саженцев с использованием почвенно-растительного субстрата материнских насаждений с элементами естественного возобновления сопутствующих пород и кустарников.

Расчет геоэнергетических затрат велся по трем основным позициям - основным средствам производства; оборотным средствам и трудовым затратам (табл. 2).

Таблица 2 - Геоэнергетические затраты лесохозяйственного предприятия по вариантам лесовосстановления в урочище Калагур, МДж/га

| Затраты энергии, МДж/га | Варианты оптимизации функционирования лесных экосистем | | |
|---|---|---|---|
| | №1 | №2 | №3 |
| Основные средства производства | 4.468.652 | 21.212 | 5.945 |
| Оборотные средства производства | 6.385 | 881 | 5.498 |
| Трудовые затраты | 184 | 246 | 16 |
| Итого | 4.475.221 | 22.339 | 11.459 |

Сопоставление полученных данных выявило, что вариант оптимизации лесовосстановления №3 более эффективен, менее энергоемок и учитывает биолого-экологические особенности лесного сообщества значительно лучше, чем варианты №2 и №3. Вмешательство человека и технических средств в этом случае минимально. Вариант №3 наиболее эффективен экологически и экономически.

По всем вариантам лесовосстановления рассчитывалась их энергоемкость.

По варианту № 2 энергоемкость вдвое выше (0,008), а по варианту №1 многократно выше предыдущих (3,09). Вариант №3 с наименьшей энергоемкостью (0,004) значительно эффективнее остальных и по этому важнейшему показателю.

Эффективность использования природной энергетической ренты лесной экосистемы урочища Калагур при использовании варианта № 3 составила:

$$e_R = 19{,}7\times10^{13}\ \text{Дж} / 10{,}7\times10^{13}\ \text{Дж} = 1{,}84$$

Доля затрачиваемой антропогенной энергии по этому расчету также существенно ниже; за вычетом природной ренты она составляет:

$$D_A = 11459{,}07\times10^6 \text{ Дж} / 4475220{,}7\times10^6 \text{ Дж} = 0{,}002$$

Реализация варианта №3 позволяет увеличить долю дуба в лесопосадках возрастет при этом, а потенциал прироста биоэнергии за счет фитомассы и более эффективного использования энергетической природной ренты (рис. 6).

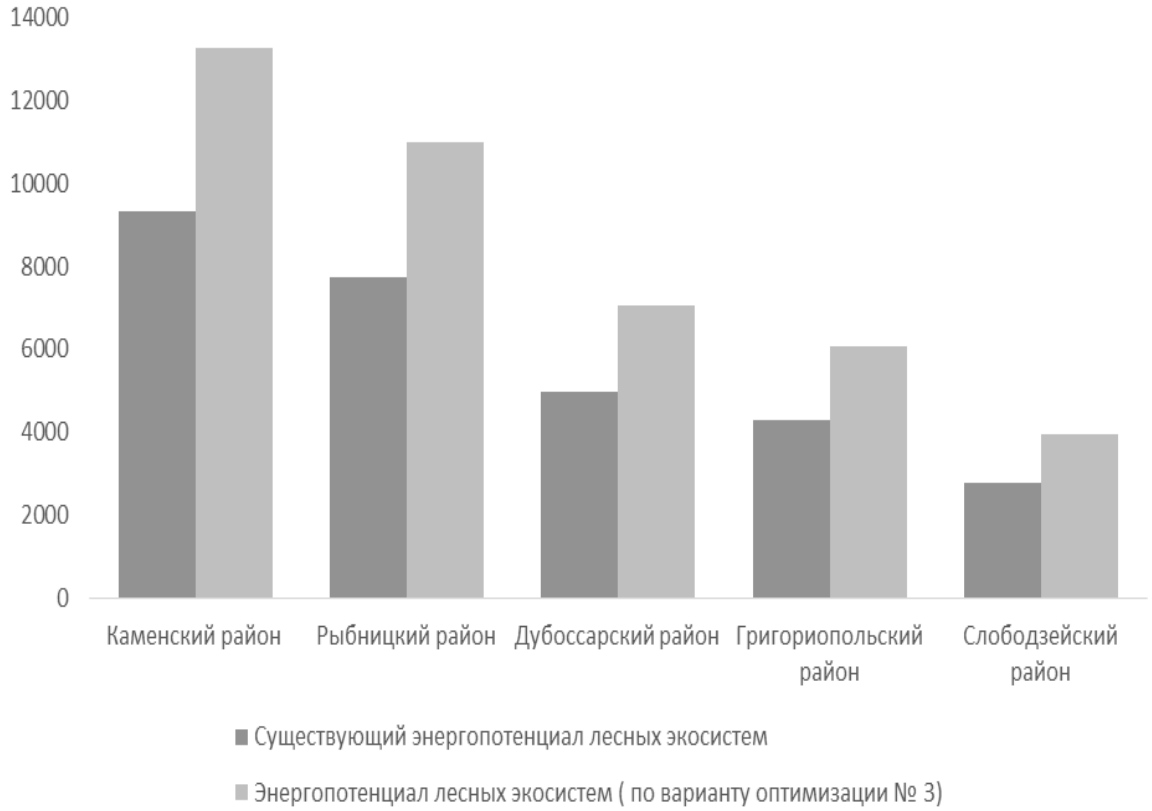


Рисунок 6 – Возможный рост энергопотенциала лесных экосистем в районах Приднестровья (по варианту №3), ТДж

Рассчитанная эколого-экономическая эффективность лесовосстановления (по варианту №3) составляет 2,662 ТДж на 1 га. При этом повышаются устойчивость лесных экосистем, их долговечность и стабильность сохранения биоразнообразия.

*В разделе 3.3* представлена авторская система автоматизации геоэнергетической оценки восстановления лесных экосистем с учетом природных составляющих: потоков вещества, энергии и информации. Созданная система - часть программного обеспечения представленного диссертационного исследования.

Информационная система и её отдельные элементы - единое целое последовательности получения автором оценок энергоэффективности лесовосстановления дубрав Приднестровья по природному типу неистощительного природопользования.

*Раздел 3.4* содержит некоторые стратегически важные предложения по оптимизации восстановления дубрав лесостепной и степной зон Приднестровья со снижением направленные на потребности лесохозяйственных предприятий в энергетических ресурсах, в том числе:

1) оптимизация функционирования лесных экосистем, начиная с урочища Калагур, постепенное расширение энергоэффективных способов восстановления дубрав в наиболее продуктивных лесостепных районах;

2) качественное изменение видового состава древостоев в регионе, повышение доли участия дуба черешчатого;

3) внедрение экоаудита в систему оценки эффективности лесовосстановления и дальнейшая автоматизация её по авторской методике на основе геоэнергетического подхода;

4) переосмысление этической стороны деятельности лесохозяйственного предприятия с целью ускорения перехода от разрушительных по отношению к лесной экосистеме и геоэкологической безопасности населения технологий на инновационные природосберегающие и энергоэффективные способы лесовосстановления.

Эти меры предусматривают более широкое использование в Приднестровье нового энергоэффективного способа лесовосстановления с минимизацией техногенных и трудовых затрат, что позволит не только сохранить энергоресурсы биосферы и уменьшить антропогенную нагрузку в процессе лесомелиорации, но и сохранить уникальные ландшафты и экосистемы Приднестровья для настоящих и будущих поколений.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Цель диссертационного исследования заключалась в разработке геоэнергетического подхода и основанной на нем методики расчетов эффективности восстановления лесных экосистем (дубрав) Приднестровья на основе концепции сбалансированного землепользования и лесопользования.

В результате решения основных задач автор пришел к следующим вывода:

1. Суммарная антропогенная нагрузка, напряженность эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) земельных ресурсов Приднестровья оцениваются как очень высокие, до критического уровня. По абсолютной и относительной напряженности коэффициенты ЭХС достигают 54,3 и 5,1, соответственно (оптимальный показатель 1,0).

2. В каждом районе Приднестровья выявлен дисбаланс площадных соотношений земель различного назначения, включая земли лесного фонда, чем определяется напряженность геоэкологической ситуации региона в целом. Несмотря на то, что все леса Приднестровья выполняют природоохранные функции, повсеместно происходит выпадение основных лесообразующих пород и сокращается биоразнообразие лесных экосистем.

3. Для восстановления лесных экосистем и увеличения лесистости Приднестровья до 15-16 % предлагается применить геоэнергетический подход с

использованием в качестве интегрирующих фундаментальные термодинамические показатели затрачиваемой при лесовосстановлении энергии (в джоулях). Авторский подход и основанная на этом подходе методика позволяют определять и оптимизировать способы наиболее эффективного лесовосстановления со значительным снижением затрат техногенно-антропогенной энергии в функционировании лесных экосистем и ростом их энергопотенциала.

4. Разработанная на ключевом участке урочища Калагур Рыбницкого района методика геоэнергетической оценки состояния и восстановления дубравы включает ряд последовательных процедур: определение емкости лесной экосистемы, расчет основных геоэнергетических показателей (поступающая энергия Солнца, потенциал атмосферных осадков, объем фитомассы и др.); оценка состояния лесных экосистем; эколого-географический и сравнительно географический анализы изучаемой территории; картографическая визуализация; пространственная типологизация; сравнительный анализ вариантов оптимизации восстановления лесной экосистемы и выбор наилучшего из существующих варианта; создание геоинформационной системы; разработка энергоэффективной схемы оптимизации восстановления дубовых насаждений. Наибольший энергопотенциал лесных экосистем выявлен в Каменском районе – 9.345 ТДж (с учетом оптимизации лесовосстановления возможно увеличить его до – 13.293 ТДж). В Рыбницком районе он снижается с 7.729 ТДж до 10.999 ТДж, а в Дубоссарском с 4.968 ТДж до 7.071 ТДж. Самый низкий энергопотенциал лесных экосистем на юге - в Слободзейском районе он менее 3.000 ТДж, что обусловлено сильным антропогенным воздействием, снижением биоразнообразия и участия дуба в лесопосадках. Деградацию лесных экосистем усиливает деградацию лесных экосистем и аридизация климата.

5. Предлагаемый вариант оптимизации функционирования лесных экосистем на основе природосообразной технологии лесовосстановления, успешно апробированный в урочище Калагур, в максимальной степени уменьшает долю использования антропогенной энергии ($D_A$ = 0,002, в основном, за счет сокращения использования тяжелой энергозатратной техники). Природный материнский субстрат участвует в формировании будущего лесного массива. Планируемая продуктивность насаждений дуба черешчатого может обеспечить эколого-экономическую эффективность лесовосстановления до 2,662 ТДж на 1 га.

6. Разработанная автором специальная автоматизированная информационная система программного обеспечения геоэнергетического подхода в оценке восстановления лесных экосистем, позволяет природосообразно оптимизировать этот процесс в сторону доминирования дуба черешчатого – основного эдификатора лесных ландшафтов Приднестровья.

7. Разработка схемы оптимизации лесовосстановления в условиях Приднестровья предусматривает: 1) повышение статуса лесохозяйственного комплекса до категории эколого-экономической системы; 2) введение показателей устойчивости биологического разнообразия и продуктивности лесной

экосистемы (по варианту № 3); 3) отношение к лесохозяйственным предприятиям, как социально значимым с поддержкой государством затрат энергии на лесовосстановление.

Реализация этих предложений позволит значительно увеличить энергопотенциал, продуктивность и биоразнообразие восстанавливаемых лесных экосистем в Приднестровье и сопредельных регионах Молдавии, Украины и России.

## Публикации по теме исследования

*В изданиях, рекомендованных ВАК:*

1. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А.*** Эколого-энергетический анализ технологий лесовосстановления // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – № 1. – С. 93 – 96.

2. ***Марунич Н. А.*** Практическое применение оптимальной энергоэффективной технологии лесовосстановления // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 5. – С. 219 – 221.

3. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А***. Разработка и использование автоматизированных информационных систем для эколого-энергетического анализа с целью поиска технологий рационального природопользования // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 6. – С. 219 – 221.

4. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А***. Энергетический подход к изучению геосистем и технологий лесовосстановления Приднестровья // Юг России: экология, развитие. – 2016. – № 1. – С. 159 – 169.

5. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А****., Хазиахметова Ю.А., Краснов Е.В.* Экологически сбалансированная структура земель и энергоэффективность ведения лесного хозяйства в Приднестровье // География и природные ресурсы. – 2017. – № 4. – С. 197 – 202.

6. *Кочуров Б.И.,* ***Марунич Н.А.,*** *Лобковский В.А., Хазиахметова Ю.А., Фомина Н.В.* Геоэнергетическая оценка лесных экосистем Приднестровья // Проблемы непрерывного географического образования и картографии. - 2018. - Вып.28. - С. 54-60.

*Монография:*

7. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А***. Эколого-энергетический анализ экосистем. – Москва: Инфра–М, 2016. – 144 с.

*В других изданиях:*

8. ***Марунич Н. А.*** Перспектива комплексного анализа функционирования лесной природоохранной экосистемы урочища Калагур с позиции энергетического подхода // Чтения памяти доцента Л. Л. Попа. – Тирасполь, 2010. – С.47 – 50.

9. ***Марунич Н. А.*** Перспектива анализа функционирования лесной экосистемы с позиции энергетического подхода с целью поиска путей

неистощительного природопользования и сохранения биоразнообразия // Актуальные проблемы биоэкологии. – Москва, 2010. – С. 45 – 47.

10. ***Марунич Н. А.*** Анализ функционирования лесных экосистем с антропогенным воздействием с позиции энергетического подхода // Сборник научных трудов академику Л. С. Бергу – 135 лет. – Бендеры, 2011. – С. 278 – 280.

11. ***Марунич Н. А.*** Энергетическая оценка ожидаемого хозяйственно-экономического эффекта технологии лесовосстановления в районе бассейна реки Днестр // Управление бассейном трансграничного Днестра в условиях нового бассейнового договора. – Кишинёв, 2013. – С. 242 – 244.

12. ***Марунич Н. А.*** Перспективная модель восстановления и функционирования лесных экосистем Приднестровья, разработанная с использованием эколого-энергетического анализа // Природные и антропогенно трансформированные экосистемы приграничных территорий в постчернобыльский период. – Чернигов, 2014. – С. 121 – 123.

13. ***Марунич Н. А.*** Эколого-энергетический анализ при построении перспективной модели восстановления и функционирования лесных экосистем с антропогенным воздействием // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспектива. – Рязань, 2014. – С. 167 – 170.

14. *Кочуров Б. И.,* ***Марунич Н. А.*** Эколого-энергетический анализ экосистем // II Кавказский экологический форум. – Грозный, 2015. – С. 9 – 16

15. ***Марунич Н. А.*** Геоэнергетический анализ лесных экосистем// Экология. Окружающая среда. Состояние и перспективы. – Бендеры, 2016. – С. 34 – 39.

16. ***Марунич Н. А.*** Анализ функционирования лесных экосистем геоэнергетическим методом // Комплексные проблемы техносферной безопасности. - Воронеж, 2016. – С. 14 – 18.

17. ***Марунич Н. А.*** Геоэнергетический подход, как новый метод в географических исследованиях // VI Семеновские чтения. – Липецк, 2017. – С. 112–114.

*Авторские свидетельства на программу для ЭВМ:*

18. ***Марунич Н. А.*** Свидетельство № 325 «Эколого-энергетический анализ технологий лесовосстановления», заявка № 15300357; зарегистрировано в Государственном реестре Министерства юстиции Приднестровской Молдавской Республики 20.01.2015 г.

19. ***Марунич Н. А.*** Свидетельство № 333 «Энергетический подход в оценке биоресурсов экологической емкости экосистемы», заявка №15300365; зарегистрированное в Государственном реестре Министерства юстиции Приднестровской Молдавской Республики 15.06.2018 г.

**Марунич Николай Андреевич**

**ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИДНЕСТРОВЬЯ**

**Автореферат**
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Подписано в печать «__» _____ 2019 г.
Формат 60×90 $^{1}/_{11}$ Усл. печ. л. 1,3
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано в типографии
Издательства Балтийского федерального университета им. И. Канта
236022, г. Калининград, ул. Гайдара, 6