

УДК 91

**ЛИЛЯНА М. МИХАЙЛОВИЧ¹, МИРОЛЮБ А. МИЛИНЧИЧ¹,
ДАНИЕЛА Ж. ВУКОИЧИЧ², ДРАГАН В. ПЕТРОВИЧ¹**
(Белград¹, Косовска-Митровица²)

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЙ ЗЕМЛЕПОКРОВА КАК ИНСТРУМЕНТА ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ГОРНЫХ РЕГИОНОВ*

Рассмотрены изменения землепокрова горных районов Западной Сербии на основе данных CORINE Land Cover и модели DPSIR. Анализ 1990–2018 гг. выявил сокращение сельскохозяйственных угодий и расширение лесной растительности как проявление естественной сукцессии и экологической стабилизации. Показана значимость анализа землепокрова для оценки экологической динамики и устойчивого управления горными территориями.

Ключевые слова: землепокров, CORINE Land Cover, экологическая динамика, горные регионы, сукцессия, устойчивое развитие, геопространственный анализ.

**LILYANA M. MIKHAYLOVICH¹, MIROLYUB A. MILINCHICH¹,
DANIELA ZH. VUKOICHICH², DRAGAN V. PETROVICH¹**
(Belgrade¹, Kosovska Mitrovica²)

THE ANALYSIS OF USE AND CHANGES OF LAND COVER AS THE TOOL OF STUDYING THE ECOLOGICAL DYNAMICS OF MOUNTAIN REGION

The changes of land cover of mountain regions of the Western Serbia on the basis of the data of CORINE Land Cover and the model DPSIR are considered. The analysis of the 1990–2018s demonstrated the reduction of the agricultural area and the widening of the forest vegetation as the display of natural succession and ecological stabilization. There is shown the significance of the analysis of land cover for the evaluation of ecological dynamics and sustainable management of mountain territories.

Key words: land cover, CORINE Land Cover, ecological dynamics, mountain regions, succession, sustainable development, geospatial analysis.

Введение

Горные регионы представляют собой сложные и чувствительные геосистемы, в которых взаимодействие природных и антропогенных факторов определяет динамику экосистем, изменения землепользования и ландшафтных функций [24, 26, 33]. Экологическая трансформация проявляется через процессы эрозии, сукцессии [1], климатические колебания и изменения хозяйственной активности [2, 12]. Анализ землепокрова позволяет выявлять пространственные изменения, фиксировать структуру ландшафта и интерпретировать направления его трансформации [5, 11, 28]. Он даёт возможность оценивать устойчивость экосистем, степень деградации и функциональные изменения территорий [13, 16].

Горные районы Сербии отличаются морфологической и социально-экономической неоднородностью, что усиливает чувствительность ландшафтов к изменениям в сельском пространстве [3, 4, 30]. Последние десятилетия характеризуются депопуляцией, сокращением сельскохозяйственных угодий и расширением площадей под естественной растительностью [35, 36], что отражает переход от антропогенно модифицированных к естественно восстановленным ландшафтам [22, 23] и одновременно указывает на социально-экономические вызовы периферийных территорий [24, 27].

Современные исследования подтверждают, что сочетание пространственных и статистических данных позволяет устанавливать причинно-следственные связи экологических процессов и комплексно оценивать функционирование окружающей среды [11, 22, 24]. Цель исследования – проанализиро-

* Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и технологического развития Республики Сербия (Договоры № 451-03-137/2025-03/200123 и № 451-03-137/2025-03/200091).

вать пространственные и экологические трансформации, связанные с изменениями землепокрова и демографическими процессами в горных регионах Сербии, с акцентом на район водохранилища Ровни.

Теоретические основы исследования

Экологические и сельские трансформации представляют собой взаимосвязанные процессы, формируемые сочетанием природных, демографических и социально-экономических факторов [3]. Пространственное развитие горных районов определяется динамикой системы «природа – общество», где изменения одной сферы неизбежно отражаются на другой [24, 25, 41]. Таким образом, экологическая и сельская трансформация, а также концепция устойчивого развития образуют единую аналитическую рамку, требующую целостного подхода [2, 12].

Экологическая трансформация охватывает переход от интенсивного природопользования к более устойчивым формам взаимодействия общества и природы, включая процессы сукцессии, возникающие при снижении антропогенного давления [17, 27, 29]. В горных регионах это выражается в сокращении сельскохозяйственной деятельности, восстановлении естественной растительности и усилении экологической устойчивости ландшафтов [26, 30].

Сельская трансформация включает длительные изменения в экономике, структуре землепользования и демографической организации сельских территорий [10, 31]. В горных районах Сербии (см. рис. 1) она наиболее часто проявляется в депопуляции и деаграризации, что приводит к заброшенности земель и формированию процессов пассивной экологической ревитализации [23, 36, 37].

Взаимосвязь между экологической и сельской динамикой описывается как «бумеранг-эффект» [25]: социально-экономические и инфраструктурные изменения вызывают ответные реакции экосистем и локальных сообществ. Природные факторы определяют условия развития, тогда как зависимость общества от природных ресурсов формирует качественные параметры пространственной динамики [6, 7]. Это подчёркивает необходимость интеграции природных, демографических и экономических индикаторов в единую модель анализа [20, 21].

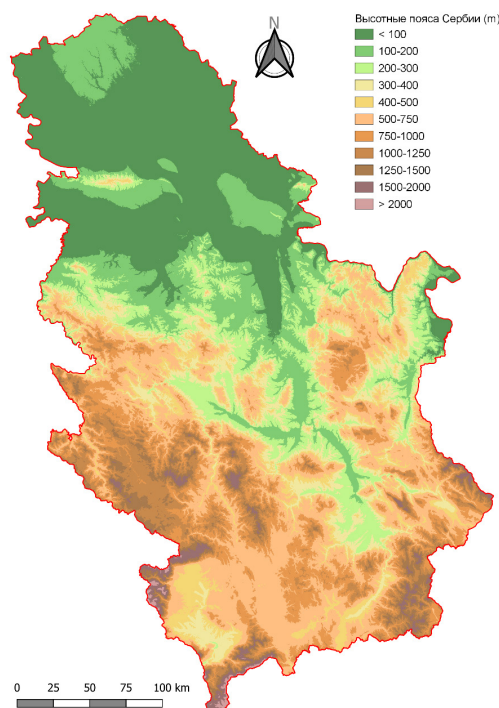


Рис. 1. Высотные пояса Сербии – адаптировано по данным [11]

Концепция устойчивого развития служит теоретическим основанием для исследования трансформаций в горных регионах. Её классическое понимание связано с балансом между интересами настоящего и будущего поколений [15, 40], а современные трактовки акцентируют равновесие экологических, социальных и экономических компонентов [15, 40]. В горных районах это означает необходимость сочетания сохранения природных ресурсов, жизнеспособности сельских сообществ и локального развития [23, 24, 30].

Холистический и системный подходы рассматривают горное пространство как интегрированную природно-социальную систему, в которой процессы взаимосвязаны и нелинейны [12, 16]. Такая методологическая позиция создаёт основу для применения рамки DPSIR, позволяющей трактовать изменения землепокрова как проявление комплексных эколого-социальных процессов [13].

Методология

Методологическая основа исследования базируется на интеграции геопространственного, статистического и экологического подходов, что позволяет выявлять закономерности экологической и сельской трансформации горных районов Сербии в контексте устойчивого развития. В качестве аналитической рамки применена модель DPSIR, обеспечивающая установление связей между движущими силами, давлением, состоянием территорий, экологическими последствиями и реакциями общества и природы [Там же, 16].

Исследование выполнено на примере зоны водохранилища Ровни в западной Сербии, включающей населённые пункты Брезовице, Кунице, Мияче, Ровни, Совач, Стубо, Сушица и Тубравич. Территория площадью около 70 км² характеризуется сложным рельефом, густой гидрографической сетью и устойчивыми демографическими потерями. Пространственная привязка осуществлена в системе координат UTM Zone 34N (EPSG: 32634).

Эмпирическая база включает статистические данные РЗС [33, 34], данные CORINE Land Cover (CLC) за 1990, 2000, 2006, 2012 и 2018 гг. [8], а также результаты полевых обследований и анкетирования 2023 г. Геоинформационный анализ в среде QGIS 3.34 обеспечил обработку тематических слоёв, построение карт и анализ динамики землепокрова [1, 11]. Пространственное разрешение CLC (100 м) оптимально для регионального уровня, хотя ограничивает выявление мелкомасштабных изменений [38].

Для определения направлений трансформаций использованы переходные матрицы, что позволило установить ключевые векторы изменений – сокращение сельскохозяйственных земель, расширение лесных массивов и увеличение мозаичных природных структур [14]. Такой подход выявил доминирующие тенденции и зоны экологической стабилизации.

Анализ учитывал неоднородность и недостаточную унифицированность данных по землепользованию в Сербии [9, 26, 28]. Внедрение CLC существенно упростило мониторинг благодаря многовременным спутниковым снимкам и стандартизированной классификации [5, 11]. Интеграция данных в ГИС-среде позволила сравнивать временные срезы, выполнять пространственную оценку и интерпретировать результаты в контексте устойчивого управления земельными ресурсами [32, 35].

При этом база CLC имеет ряд ограничений [5, 18, 26]:

- фиксированные категории не всегда отражают специфические сельские и природные процессы;
- пространственное разрешение 100 м ограничивает детализацию;
- временная глубина начинается с 1990 г.;
- картографическая точность варьирует по природным условиям;
- данные не позволяют оценивать биологическую сложность экосистем.

Для комплексной интерпретации применена геопространственная синтеза, направленная на выявление зон различной экологической устойчивости [20]. Статистический анализ включал описательные и корреляционные методы, что позволило установить взаимосвязи между изменениями землепокрова и демографическими процессами (депопуляция, старение населения, снижение сельскохозяйственной

активности). Итоговая модель опирается на сочетание ГИС-методов, статистики и полевых наблюдений, что даёт возможность рассматривать трансформации как результат взаимодействия природных и социальных факторов [16, 25].

Результаты и обсуждение

Корреляционный анализ выявил устойчивые связи между демографическими показателями и изменениями землепокрова. Расчёты на уровне населённых пунктов ($n=8$) показали отрицательную зависимость между снижением численности населения и долей сельскохозяйственных категорий CLC 242/243, а также положительную – лесными категориями CLC 311/324. Это указывает на то, что депопуляция ускоряет переход от аграрного к природному типу ландшафта и способствует сукцессии растительных сообществ [15, 33].

ГИС-анализ подтверждает, что значительная часть сельскохозяйственных участков и пастбищ остаётся заброшенной, что активизирует процессы естественного зарастания и преобразования культурных ландшафтов в природные. Спутниковые данные фиксируют характерные для горных и периурбанных зон изменения: спонтанную реструктуризацию сельских территорий, постепенную смену функций поселений и усиление процессов пассивной урбанизации – медленного, нерегулируемого расширения жилых и сервисных объектов вдоль транспортных осей [15, 19, 21].

Пространственные закономерности изменений землепокрова

Пространственный анализ данных CORINE Land Cover (CLC) для населённых пунктов зоны водохранилища Ровни (Брезовице, Кунице, Мияче, Ровни, Совач, Сушица, Стубо и Тубравич) выявил выраженные структурные изменения землепокрова в 1990–2018 гг. Наиболее значимые тенденции включают сокращение сельскохозяйственных угодий – прежде всего пахотных земель и мозаичных сельских территорий (CLC 211, 242, 243), расширение лесных площадей (CLC 311/324), вызванное пассивной сукцессией, увеличение площади водных категорий вследствие формирования и стабилизации водохранилища, а также рост мозаичности ландшафтной структуры в прибрежной зоне, отражающий формирование переходных природно-антропогенных комплексов (см. табл. 1).

Выявленные преобразования указывают на процесс постепенной природной ревитализации территории, обусловленной сочетанием демографических, экономических и пространственных факторов. Рост доли лесных экосистем свидетельствует об активных восстановительных процессах, характерных для горных районов с длительной деаграризацией.

Таблица 1

Изменения категорий землепокрова в зоне водохранилища Ровни (1990–2018)

CLC код	Категория землепокрова	Площадь 1990 (км ²)	Площадь 2018 (км ²)	Изменение (км ²)	Изменение (%)	Интерпретация изменения
231	Пастбища	0.59	0.90	+0.31	+52.5%	Расширение площадей вследствие восстановления травяных сообществ на заброшенных землях
242	Комплексные сельскохозяйственные участки	2.70	2.43	–0.27	–10.0%	Сокращение обрабатываемых территорий в условиях деаграризации
243	Сельскохозяйственные земли с участками природной растительности	10.13	8.92	–1.21	–12.0%	Переход к лесным формациям и естественная сукцессия

CLC код	Категория землепокрова	Площадь 1990 (км²)	Площадь 2018 (км²)	Изменение (км²)	Изменение (%)	Интерпретация изменения
311	Лиственные леса	17.83	18.27	+0.44	+2.5%	Умеренное расширение лиственных насаждений в прибрежной зоне
313	Смешанные леса	1.29	1.14	−0.15	−11.6%	Замещение смешанных лесов лиственными породами
324	Переходная лесо-кустарниковая растительность	0.76	0.96	+0.20	+26.3%	Активная сукцессия после прекращения сельскохозяйственного использования
512	Водные поверхности	—	2.54	+2.54	+100%	Формирование водохранилища в результате строительства плотины (2015 г.)

Источник: Copernicus Land Monitoring Service (CORINE Land Cover); Büttner G. et al., 2004; Агентство по защите окружающей среды Республики Сербия, 2023.

Анализ изменений землепокрова в 1990–2018 гг. выявил устойчивые пространственные тенденции, преимущественно связанные с деаграризацией и естественной сукцессией. Наиболее значимые преобразования затронули сельскохозяйственные категории, которые постепенно уступали место лесным и прибрежным формациям. Площади пастбищ (CLC 231) увеличились на 52%, отражая восстановление травяных сообществ на заброшенных участках; комплексные сельскохозяйственные территории (CLC 242) сократились примерно на 10%, а земли с частичной природной растительностью (CLC 243) — на 10–15%, что указывает на переход этих площадей в лесные формации. Лиственные леса (CLC 311) увеличились на 0,44 км², тогда как сокращение смешанных лесов (CLC 313) свидетельствует о замещении хвойных компонентов лиственными породами. Рост категории переходной лесо-кустарниковой растительности (CLC 324) на 26% подтверждает активные сукцессионные процессы. Появление водных поверхностей (CLC 512) в объёме 2,54 км² связано с заполнением водохранилища Ровни после завершения строительства плотины (2015 г.) [5, 8, 35].

В целом доля лесных и водных категорий в пределах исследуемой территории (≈ 70 км²) выросла на 8–9%, тогда как сельскохозяйственные площади сократились на 7%. Наиболее выраженные изменения зафиксированы в населённых пунктах Стубо, Тубравич и Ровни, где часть пахотных земель была преобразована в водную акваторию (см. рис. 2 на с. 44). Параллельно развивались процессы укрепления лесных и кустарниковых формаций и формирования прибрежных комплексов (limnic fringe), отличающихся благоприятными микроклиматическими условиями [23, 26].

Выявленные преобразования отражают характерную для горных районов Западной Сербии форму пассивной экологической ревитализации, возникающей под влиянием деаграризации, депопуляции и сокращения хозяйственной активности [17, 19, 22]. В долгосрочной перспективе переход от аграрных к природным структурам имеет двойственный эффект: экологическая устойчивость усиливается, тогда как экономические функции территории ослабевают.

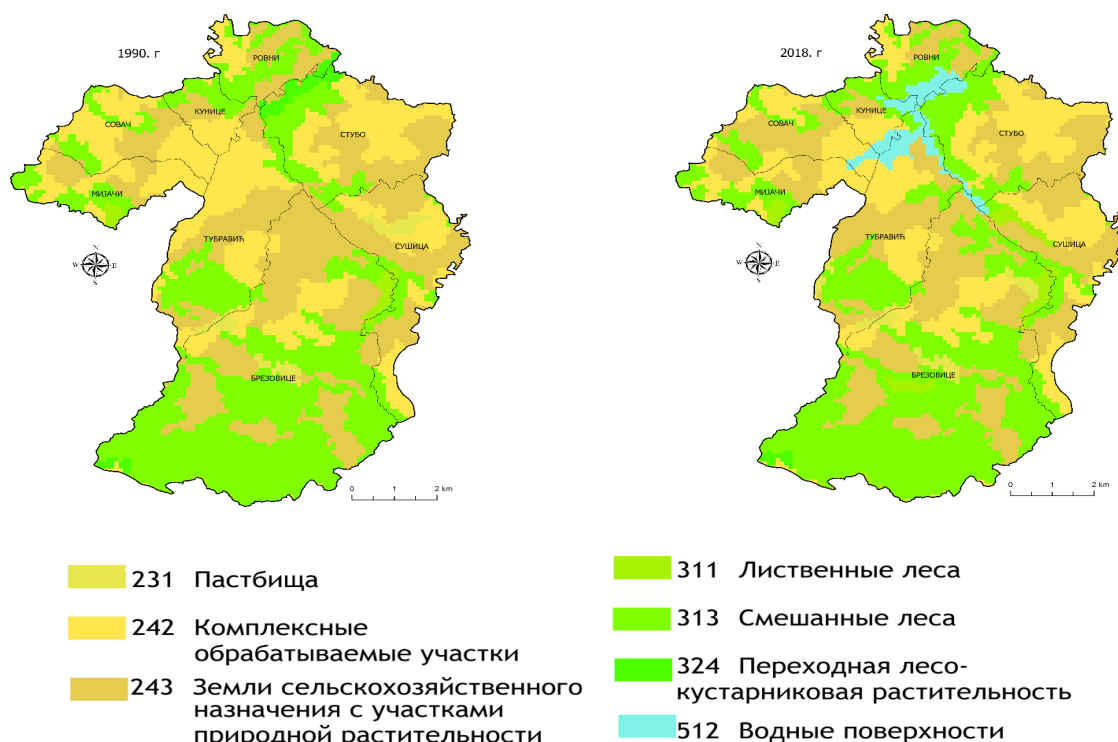


Рис. 2. Изменение землепользования по данным базы CLC – Озеро Стубо–Ровни, 1990–2018 гг. (European Environment Agency, 2016; OpenStreetMap Contributors, 2017) – адаптировано

Интерпретация результатов в логике модели DPSIR демонстрирует, что депопуляция, деагrarianизация и строительство водохозяйственной инфраструктуры выступают основными движущими силами изменений, создающими давление в виде прекращения сельскохозяйственного использования и трансформации гидроморфологии территории. Эти процессы приводят к изменению состояния ландшафта, выраженному в переходе аграрных площадей к лесным, кустарниковым и прибрежным системам, что, в свою очередь, вызывает экологические последствия – рост устойчивости, формирование новых биотопов и мозаичных структур. В качестве реакции выделяется необходимость интегрированного управления прибрежной зоной и развития экологически устойчивых форм деятельности, включая экотуризм, органическое земледелие и рациональное лесопользование [13, 16].

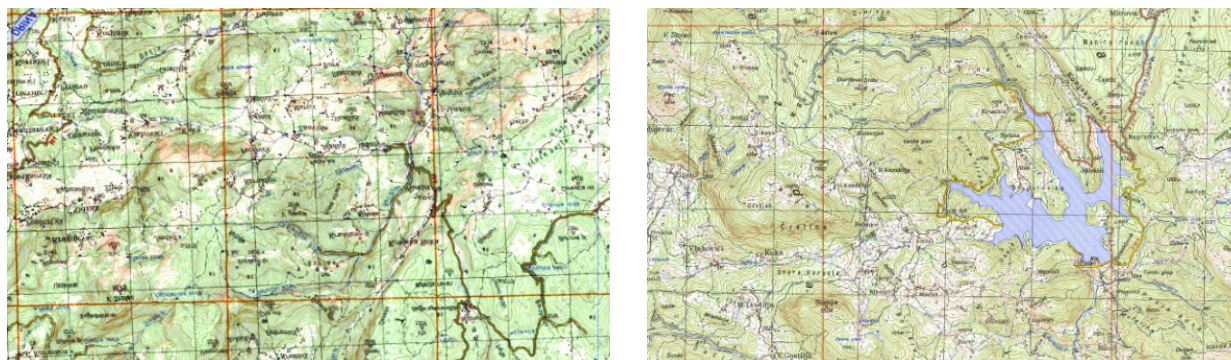


Рис. 3. Сравнительный обзор топографии местности: 1981 г. (слева), 2018 г. (справа) – Озеро Ровни (ТК 1:500 000 СРЮ, ВГИ, 1981)

Анализ данных (см. рис. 2 на с. 44) подтверждает увеличение площадей водных поверхностей и водотоков, обусловленное формированием водохранилища Ровни (2015 г.), что привело к комплексной и необратимой трансформации территории. Искусственные водоёмы изменяют не только внешний облик пространства, но и его физиономию и функциональную структуру, затрагивая вопросы водоснабжения, гидроэнергетики, а также вызывая экологические и социальные последствия [1]. Сравнительный обзор топографии 1981 и 2018 гг. (см. рис. 3 на с. 44) выполненный на основе топографических карт, наглядно демонстрирует эти пространственные преобразования [39].

Одновременно наблюдается расширение неаграрных секторов – туризма, лесного хозяйства и сферы услуг. В горных районах Западной Сербии, таких как Дивчибаре и Златибор, развитие туристической инфраструктуры привело к увеличению площадей, классифицируемых в системе CORINE Land Cover как дискретная городская застройка (CLC 112), что отражает формирование компактных рекреационных зон и линейную экспансию поселений вдоль транспортных коридоров [23, 41]. Эти процессы свидетельствуют о переходе от традиционной аграрной модели к сервисно-туристической, сопровождающемся ослаблением сельскохозяйственных функций и появлением экономически дифференцированных зон активности.

Демографические и структурные трансформации (1948–2022 гг.)

Демографическая динамика населённых пунктов зоны водохранилища Ровни является ключевым фактором экологической и пространственной трансформации. Данные Республиканского института статистики фиксируют длительную и глубокую депопуляцию, продолжающуюся более семи десятилетий и подрывающую устойчивость сельских систем [19, 36, 37]. Общая численность населения сократилась с 4670 человек в 1948 г. до 1168 человек в 2022 г. (более 75%), что связано с миграцией в города, старением населения, трансформацией аграрного сектора и утратой производственных функций поселений после строительства плотины и формирования водохранилища [10, 23]. Наиболее существенные изменения отмечены в Стубо, Тубравиче и Ровни, где частичное затопление территорий привело к утрате пахотных земель и вынужденному переселению.

Структура домохозяйств демонстрирует сходные тенденции: их количество уменьшилось с 769 (1948) до 489 (2022), что отражает снижение числа экономически активных единиц и рост доли пустующих или сезонных домов. Постепенное сокращение среднего размера домохозяйства связано с демографическим старением и распадом традиционных аграрных семейных структур, характерных для сельских районов Западной Сербии [Там же].

Таблица 2

Демографическая динамика населённых пунктов в зоне водохранилища Ровни (1948–2022)

Населённый пункт	1948	1961	1981	2002	2011	2022	Изменение 1948–2022 (%)
Брезовице	1082	1064	785	506	406	293	–72,9
Кунице	215	212	150	77	68	60	–72,1
Мияче	427	392	272	193	163	128	–70
Ровни	373	313	275	169	135	94	–74,8
Совач	360	287	195	133	105	79	–78,1
Стубо	725	635	440	282	236	148	–79,6
Сушица	618	588	434	301	258	175	–71,7
Тубравич	880	755	564	418	319	191	–78,3
Итого	4670	4046	3115	2079	1630	1168	–75

Источник: Республиканский институт статистики (RZS, 2014; 2025); собственная обработка данных.

Данные табл. 2 подтверждают прямую корреляцию между демографическими трансформациями и изменениями землепользования, выявленными по данным CLC (1990–2018 гг.). Наиболее депопулирую-

щие населённые пункты – Стубо и Тубравич – одновременно демонстрируют наиболее значительный рост площадей лесной и кустарниковой растительности (CLC 311, 324) и сокращение сельскохозяйственных категорий (CLC 242, 243). Это свидетельствует о синергетической связи между демографическим спадом и экологической ревитализацией: ослабление антропогенного воздействия способствует пассивной сукцессии и естественному восстановлению экосистем.

Подобная динамика соответствует модели спонтанной экологической стабилизации, характерной для горных районов Западной Сербии, где деаграризация привела к существенным структурным и функциональным преобразованиям ландшафта [14, 24]. В более широком контексте депопуляция выступает не только социально-экономическим процессом, но и важным экологическим фактором, определяющим направление и интенсивность изменений землепокрова и формирующим условия для пассивной реставрации природных систем.

Эти процессы особенно выражены в районах формирования искусственных водохранилищ: строительство гидротехнических объектов становится дополнительным катализатором пространственных трансформаций, усиливая перераспределение функциональных зон и изменяя физическую и социально-экономическую структуру территории.

Динамика численности населения и домохозяйств в районе водохранилища Ровни (1948–2022)

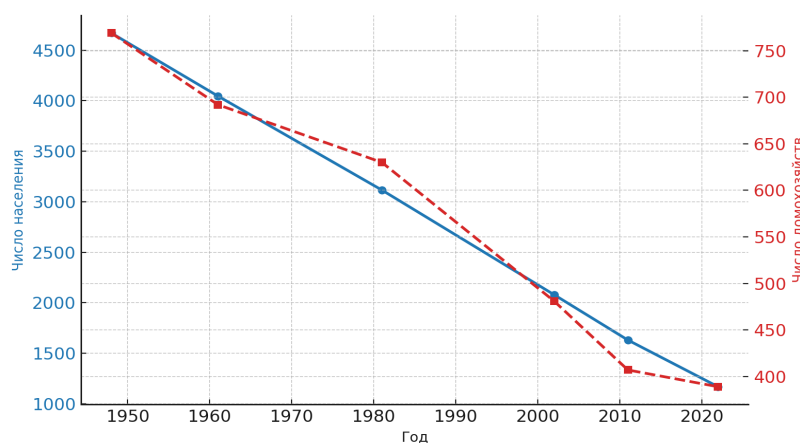


Рис. 4. Динамика населения и домохозяйств в зоне Ровни (1948–2022)

Пространственно-временная динамика демографического спада наглядно представлена на рис. 4: снижение численности населения и сокращение количества домохозяйств имеют практически идентичную траекторию в 1948–2022 гг. После 1981 г. наблюдается ускорение этих тенденций, что отражает процессы деаграризации и функционального ослабления сельских систем зоны водохранилища Ровни.

Механизмы экологической динамики и ревитализации

Несмотря на негативные социально-экономические последствия, демографический спад сопровождается рядом положительных экологических эффектов. Снижение антропогенного давления и уменьшение интенсивности сельскохозяйственного использования способствуют естественному восстановлению растительности, повышению биоразнообразия и снижению эрозионных процессов [14]. В районах с выраженной деаграризацией – Гучево, Ябланица и отдельных частях Златибора – зафиксировано возвращение автохтонных лесных сообществ, что позволяет рассматривать происходящие изменения как форму пассивной экологической реставрации, соответствующую общеевропейским тенденциям экологической стабилизации опустошённых горных территорий.

ГИС-анализ подтверждает пространственное совпадение зон депопуляции и участков положительной экологической динамики [19, 36]. Такая трансформация имеет двойственный характер: расши-

рение лесных и природных территорий является благоприятным экологическим индикатором, однако одновременно отражает ослабление традиционных функций сельских поселений и снижение их экономической жизнеспособности.

В логике модели DPSIR депопуляция и деаграризация выступают как движущие силы и давления, изменяющие состояние ландшафта и вызывающие реакции в виде естественной ревитализации и формирования устойчивых природных систем [13, 16]. Для согласования экологических и социально-экономических тенденций требуется интегрированная стратегия управления горными территориями, сочетающая природоохранные задачи с укреплением местных сообществ – через развитие экотуризма, органического земледелия и многофункциональное использование сельских ландшафтов [23, 30]. Одновременно отмечается усиление регулирующих экосистемных услуг, включая снижение эрозии и стабилизацию микроклимата прибрежных зон, что подчеркивает функциональные выгоды экологической ревитализации.

Выводы

Проведённое исследование подтверждает, что анализ землепокрова является эффективным междисциплинарным инструментом для изучения экологической динамики горных регионов, позволяя интегрировать природные, демографические и социально-пространственные процессы. Применение данных CORINE Land Cover и модели DPSIR позволило выявить причинно-следственные связи между депопуляцией, деаграризацией и экологическими трансформациями горных территорий Западной Сербии.

Результаты указывают на постепенный переход от аграрного к лесно-природному типу землепользования: сокращение сельскохозяйственных категорий (CLC 242, 243) и рост лесных и кустарниковых формаций (CLC 311, 324) отражают активную естественную сукцессию и ревитализацию деградированных экосистем. Депопуляция выступает ключевым фактором пассивной экологической стабилизации, а наиболее депопулирующие поселения демонстрируют наиболее интенсивное восстановление природной растительности, что подтверждает механизм «экологической компенсации».

В логике DPSIR депопуляция и деаграризация действуют как движущие силы, а формирование водохранилища – как фактор давления, вызывающий переход аграрных территорий в лесные и водные системы. Эти процессы носят двойственный характер: экологическая устойчивость территории повышается, но социально-экономическое состояние сельских систем ухудшается, что отражает дуальность экологической регенерации и социального упадка.

Практическая значимость исследования состоит в его применимости при разработке стратегий устойчивого управления горными территориями. Перспективными направлениями остаются экотуризм, органическое земледелие, экологически ориентированное лесопользование и многофункциональное землепользование, способствующие сочетанию природоохранных задач с поддержкой сельских сообществ. Перспективы дальнейших исследований включают использование многокритериальных моделей и расширение набора климатических, биофизических и социально-экономических индикаторов для уточнения оценки устойчивости ландшафтов.

В заключение, анализ землепокрова следует рассматривать как ключевую методологическую основу для понимания взаимосвязанных процессов деградации, восстановления и пространственной трансформации, необходимую для научно обоснованного управления природными территориями Сербии.

Литература

1. Amatulli G., McNerney D., Sethi T., Strobl P., Domisch S. Geomorpho90m: empirical evaluation and accuracy assessment of global high-resolution geomorphometric layers // *Scientific Data*. 2020. Т. 7. № 1. С. 1–18.
2. Angelstam P., Andersson K., Annerstedt M., Axelsson R., Elbakidze M., Garrido Rodriguez P., Grahn P., Jönsson K.I., Pedersen S., Schlyter P., Skärbäck E., Smith M., Stjernquist I. Solving problems in social-ecological systems // *Ambio*. 2013. Т. 42. № 2. С. 254–265.
3. Bogdanov N., Božić D., Munćan P. Ruralna nepoljoprivredna ekonomija Srbije... // *Agrarna i ruralna politika Srbije*. Beograd: DAES, 2008. С. 19–32.
4. Bogdanov N., Vasiljević Z. Role of agriculture and multifunctional rural development in Serbia // *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*. 2011. Т. 5. № 1–2. С. 47–55.

5. Büttner G., Feranec J., Jaffrain G., Mari L., Maucha G., Soukup T. The Corine Land Cover 2000 Project // *EARSeL EProceedings*. 2004. T. 3. № 3. С. 331–346.
6. Capra F. From the parts to the whole: Systems thinking in ecology and education // *The Elmwood Quarterly*. 1994. Summer–Fall.
7. Capra F. Deep Ecology: Educational Possibilities... // *The NAMTA Journal*. 2013. T. 38. № 1. С. 201–216.
8. Copernicus Land Monitoring Service. CORINE Land Cover. [Электронный ресурс]. URL: <https://land.copernicus.eu> (дата обращения: 13.09.2025).
9. Dinić J. Prirodni potencijal Srbije – ekonomsko-geografska analiza. Beograd: Ekonomski fakultet, 1997.
10. Drobniaković M. Razvojna uloga ruralnih naselja... // *Geografski institut „Jovan Cvijić“ SANU, Posebno izdanje* 95. 2019.
11. European Environment Agency. European Digital Elevation Model (EU-DEM), ver. 1.1. [Электронный ресурс]. URL: <http://land.copernicus.eu> (дата обращения: 13.09.2025).
12. Folke C., Carpenter S.R., Walker B., Scheffer M., Chapin T., Rockström J. Resilience thinking... // *Ecology and Society*. 2010. T. 15. № 4. С. 20.
13. Gari S.R., Newton A., Icelly J.D. A review of the DPSIR framework... // *Ocean and Coastal Management*. 2015. T. 103. С. 63–77.
14. Gocić M., Dragičević S., Radivojević A., Bursać N.M., Stričević L., Đević M.Đ. Changes in soil erosion intensity... // *Agriculture (Switzerland)*. 2020. T. 10. № 8. С. 1–12.
15. Goodland R. The concept of environmental sustainability // *Sustainability*. 1995. T. 26. С. 1–24.
16. Gupta J., Scholtens J., Perch L., Dankelman I., Seager J., Sándor F., Stanley-Jones M., Kempf I. Re-imagining the DPSIR framework... // *Sustainability Science*. 2020. T. 15. № 2. С. 503–520.
17. Haberl H., Fischer-Kowalski M., Krausmann F., Martinez-Alier J., Winiwarter V. A socio-metabolic transition... // *Sustainable Development*. 2011. T. 19. № 1. С. 1–14.
18. Jovanović D., Govedarica M., Sabo F., Bugarinović Ž., Novović O., Beker T., Lauter M. Land cover change detection... // *Geographica Pannonica*. 2015. T. 19. № 4. С. 162–173.
19. Krnić N., Gajić A., Srnić D., Tošić D. Spatial aspects of demographic processes... // *Stanovništvo*. 2018. T. 56. № 2. С. 23–38.
20. Lješević M. Životna sredina – teorija i metodologija istraživanja. Beograd: Geografski fakultet, 2002.
21. Lješević M., Mihajlović L. Geomorphological diversity influence on population settlement // *EGU General Assembly*. 2020.
22. Mihajlović Lj. Ekološka i ruralna transformacija... Doktorska disertacija. Beograd: Geografski fakultet, 2024.
23. Milijić S. Održivi razvoj planinskih područja Srbije. Beograd: IAUS, 2015.
24. Milinčić M. Izvorišta površinskih voda Srbije. Beograd: Geografski fakultet, 2009.
25. Milinčić M., Souliotis L., Mihajlović L., Pozar T. Geography and environmental science // *Zbornik radova Geografskog fakulteta*. 2014. T. 62. С. 1–14.
26. Mountain Watch. Environmental change and sustainable development in mountains. UNEP-WCMC Biodiversity Series 12. 2011.
27. Nelson D.R., Adger W.N., Brown K. Adaptation to environmental change... // *Annual Review*... 2007. T. 32. С. 395–419.
28. Nestorov I., Protić D. Implementacija CORINE Land Cover projekta... // *Geodetska služba*. 2006. T. 35. № 105. С. 25–29.
29. O’Brien K. Global environmental change II... // *Progress in Human Geography*. 2012. T. 36. № 5. С. 667–676.
30. Pantić M. Delineation of mountains... // *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijić*. 2015. T. 65. № 1. С. 3–58.
31. Park S.E., Marshall N.A., Jakku E., Dowd A.M., Howden S.M., Mendham E., Fleming A. Informing adaptation responses... // *Global Environmental Change*. 2012. T. 22. № 1. С. 15–126.
32. Potić I., Čurčić N., Radovanović M., Stanojević G., Malinović-Milićević S., Yamashkin S., Yamashkin A. Estimation of soil erosion dynamics... // *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijić*. 2021. T. 71. № 3. С. 231–247.
33. Price M.F. Mountains: Globally important ecosystems // *Unasylva*. 1998. T. 49. № 195. С. 3–12.
34. Republički geodetski zavod. Otvoreni podaci. [Электронный ресурс]. URL: <https://opendata.geosrbija.rs> (дата обращения: 13.09.2025).
35. SEPA – Ministarstvo zaštite životne sredine. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sepa.gov.rs> (дата обращения: 13.09.2025).
36. RZS. Upporedni pregled broja stanovnika... [Электронный ресурс]. URL: <https://pod2.stat.gov.rs> (дата обращения: 13.09.2025).
37. RZS. STAT baza podataka. [Электронный ресурс]. URL: <https://data.stat.gov.rs> (дата обращения: 13.09.2025).
38. Seema. Research methodologies and role of GIS... // *IJSER*. 2014. T. 2. № 2. С. 39–45.
39. VGI. Pregledno topografska karta 1:500000. Beograd: VGI, 1981.
40. Vos R.O. Defining sustainability... // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2007. T. 82. № 4. С. 334–339.
41. Vujanović S., Šabić D., Joksimović M., Golić R., Gajić M., Živković L., Milinčić M. Possibilities for mountain-based adventure tourism // *Bulletin of Geography*. 2013. T. 19. С. 99–111.