

УДК 332.132

¹М. В. Куikliна, ²Д. В. Кобылкин, ³А. Е. Бичевина

^{1,3} ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, email: kuklina-kmv@yandex.ru

² ФГБОУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», г. Иркутск, email: agrebrandt@inbox.ru

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЕТЕВОГО ЛАНДШАФТА: КОНТЕКСТ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

Ключевые слова: экосистема, ландшафт, окружающая среда, экосистемные проблемы, землепользование

В основном экосистемные проблемы касаются противоречий между экстенсивным землепользованием и растительным покровом в контексте устойчивого сельскохозяйственного ландшафта. Управление окружающей средой наряду с планированием и развитием землепользования требует тщательного рассмотрения возможностей и экосистемных услуг, а также сопутствующих видов деятельности. Соответствующая оценка обычно проводится с помощью методов картирования. Однако эксперты подчеркнули необходимость поиска и применения новых средств представления структуры и динамики организаций, предоставляющих услуги. В данной статье представлена краткая характеристика ландшафта Окского района (Республика Бурятия, Россия) в новом сетевом охвате с целью обеспечения дальнейшего возможного компромисса между традиционным землепользованием и устойчивостью экосистем. За последние десять лет в мире проблематика экосистемных услуг нашла отражение не только в научных разработках, но и в концептуальных официальных документах ведущих международных организаций: ООН, Всемирного банка, ОЭСР, Европейского сообщества. Термины «экосистемные услуги» и платежи за них стали важными в экономических и политических частях этих документов. Во многом такая активность связана с осознанием быстрой деградации природы, которая наносит огромный ущерб благосостоянию людей и экономике. В настоящее время определение термина «экосистемные услуги» остается дискуссионным, имеется ряд подходов к их определению. Общей в этих подходах является попытка связать экоуслуги с выгодами и благосостоянием человека. Сейчас важность экосистем недооценивается, что приводит к их деградации. Без решения этой задачи невозможен переход к новой экономике для человечества. Необходимо нивелировать риски переэксплуатации и истощения экосистемных услуг, что возможно в случае адекватного учета экологического фактора при принятии экономических решений.

¹ M. V. Kuklina, ² D. V. Kobylkin, ³ A. E. Bichevina

¹ FGBOU VO Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, email: kuklina-kmv@yandex.ru

² FGBONE V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, email: agrebrandt@inbox.ru

NETWORK LANDSCAPE REPRESENTATION: ECOSYSTEM SERVICES CONTEXT

Keywords: Ecosystem, landscape, environment, ecosystem problems, land use.

Mostly ecosystem problems concern contradictions between extensive land use and cover in the context of sustainable agricultural landscape. Environment governance along with land use planning and development requires a thorough consideration of capacities and flows of ecosystem services and concomitant goods as well. Pertinent assessment is usually performed through mapping techniques. However, experts emphasized the need to find and apply novel means of presenting the structure and dynamics of service-providing entities. This paper introduces a brief characterization of landscape of the Oka district (Republic of Buryatia, Russia) in novel network scope with aim to provide further possible tradeoff between traditional land use and ecosystem sustainability. Over the past ten years, the problems of ecosystem services in the world have been reflected not only in scientific developments, but also in conceptual official documents of leading international organizations: the UN, the World Bank, the OECD, the European Community. The terms "ecosystem services" and payments for them have become important in the economic and political parts of these documents. In many ways, such activity is associated with the awareness of the rapid degradation of nature, which causes enormous damage to the well-being of people and the economy. Currently, the definition of the term "ecosystem services" remains controversial, there are a number of approaches to their definition. Common in these approaches is an attempt to link eco-services with human benefits and well-being. Now the importance of ecosystems is underestimated, which leads to their degradation. Without solving this problem, the transition to a new economy for humanity is impossible. It is necessary to mitigate the risks of overexploitation and depletion of ecosystem services, which is possible if the environmental factor is adequately taken into account when making economic decisions.

Экология остается в центре внимания современных обществ в различных аспектах на протяжении десятилетий. Индекс устойчивого развития человеческого потенциала (HSDI) был предложен в 2009 году как способ облагородить Индекс человеческого развития Организации Объединенных Наций (ИРЧП) путем объединения выбросов углерода на душу населения в качестве экологического показателя [1]. Также исследователи и практики рассматривают экологические услуги (услуги как капитал), который общества должны реинвестировать, чтобы поддерживать его устойчивость [2]. Некоторые авторы разграничивают способность экосистем предоставлять услуги и фактическое использование этих услуг (так называемые потоки), оценивая при этом, насколько устойчивым является использование [3]. Управление окружающей средой наряду с планированием и развитием землепользования требует тщательного рассмотрения возможностей и потоков экосистемных услуг, а также сопутствующих товаров. Соответствующая оценка обычно проводится с помощью методов картирования. Отображение ЕС оценивается как надежный способ прояснить эти преимущества. За последние десять лет в мире проблематика экосистемных услуг стремительно развивалась, что нашло отражение не только в научных разработках, но и в концептуальных официальных документах ведущих международных организаций. Термин «экосистемные услуги» (ecosystem services) стал важным в экономических и политических частях этих документов. Так, в фундаментальной концепции ООН «Будущее, которое мы хотим» (The future we want), определяющей основные направления развития человечества в XXI в., в качестве основы перехода к устойчивому развитию определена «зеленая» экономика (green economy), важной чертой которой является сохранение экосистемных услуг. Этот документ принят на глобальной конференции ООН и одобрен всеми странами мира, в том числе Россией. Важное значение экосистемным услугам придается во многих Целях устойчивого развития ООН (Sustainable Development Goals) на период 2016–2030 гг., в частности в Целях 14 (сохранение морских

экосистем) и 15 (сохранение экосистем суши). Эти Цели должны быть реализованы всеми странами. В концепции экономического развития стран ОЭСР приоритетное внимание уделяется «зеленому» росту, который предусматривает сохранение экосистемных услуг. Среди международных структур следует отметить Всемирный банк, который активно включает экономическую оценку экосистем и их услуг в свои проекты. Европейское сообщество в своих документах об основных направлениях развития европейской экономики до 2050 г. также выделяет экосистемы и их услуги.

Цель исследования

Многие ученые показали, что ряд факторов, связанных с эксплуатацией природных ресурсов делают экосистемные услуги крайне уязвимыми для воздействия [4].

Традиционно экосистемные услуги сельских районов Сибири представлены сельским хозяйством, заготовкой древесины и некоторыми другими видами деятельности.

Во всем мире интенсивное сельское хозяйство уже давно способствовало дискуссиям о воздействии на окружающую среду и безопасности пищевых продуктов. В связи с этим были разработаны различные показатели и методы устойчивости, чтобы избежать субъективных мнений и решений [5].

Например, данные Амазонки показали, что влияние домашнего скота на растительный покров, такое как вырубка лесов, имеет меньшее значение, чем влияние пожаров [6]. В статье [7] разъясняется, в какой степени государственные субсидии влияют на интенсивность сельского хозяйства и доходы владельцев. В соответствии с акторно-сетевым подходом, за счёт движения информационных, материальных и прочих потоков достигается существование и функционирование сети на больших расстояниях [4]. Точки пересечения и перераспределения потоков называются узлами, «хабами» или актантами. Таковыми, по мнению Б. Латура, могут быть равнозначно люди и «не-человеки», включая животных, машины, провода, кабели, природную среду [3].

При акторно-сетевом подходе большое внимание уделяется развитию ин-

фраструктуры как комплексу актантов, обеспечивающих связь между туристом и местом пребывания. Например, повышенные требования к зданиям по сейсмичности и теплоизоляции приводят к тому, что строительство отеля на берегу озера Байкал может быть намного дороже, чем строительства отеля такого же класса в Турции. Повышенные же экологические требования сделают его функционирование более затратным.

Главной особенностью подхода является смещение исследовательского фокуса с заранее известных социальных и этнических групп и районов к изучению и «выслеживанию» (tracing) формирования ассоциаций на основе складывающихся между актантами связей и конструирования сетей [3].

В отличие от уже укоренившегося в социальных и экономических исследованиях сетевого подхода, акторно-сетевой подход позволяет учитывать не только «живых» участников социальных сетей, но и участие всех остальных посредников. С появлением Интернета туристы не нуждаются в живых посредниках – их роль выполняют посредники-«не-люди» в виде проводов и компьютеров. Так, люди могут бронировать комнаты на сайтах самих отелей. Кроме того, помимо личных связей между людьми, которыми обычно оперируют сторонники сетевого подхода, в анализ включаются также участники виртуальных сообществ – туристы учитывают мнение не только своих знакомых, но и других, незнакомых лиц, которые участвуют в формировании рейтинга и отзывов о тех или иных туристических местах.

При сетевом подходе при изучении социальной сети в расчёт берётся только количество связей у каждого актора. При акторно-сетевом подходе имеет значение всё разнообразие связей между потребителем и поставщиком услуг, или, используя терминологию Б. Латура, использование услуг посредников (включая проводной или Wi-Fi выход в Интернет, различные сайты для поиска, сравнения, бронирования, туристические агентства, телефонные провода, регулирующие организации, стандарты и нормативы) – ПУ. В данном подходе важным является сам характер связей и их устойчивость.

Чтобы продвинуться в вопросах экосистемных услуг, в работе [8] недавно была разработана общая область применения, включающая соответствующие показатели воздействия сельского хозяйства на окружающую среду, и они были применены на некоторых примерах в Ирландии.

Таким образом, надёжная и доступная информация о ландшафте и землепользовании необходима по многим причинам [9]. Они касаются надзора за социальными и экономическими аспектами территории и масштабным здравоохранением в целом и эпидемиологической ситуацией в частности. Сетевая наука как убедительная исследовательская парадигма, которая может интуитивно изображать сложные системы, использовалась в географической информатике для обзоров, оценок и прогнозов в течение последних двух десятилетий, в основном для сетевых географических объектов [10]. Тем не менее, некоторые геопространственные исследования включают продуктивные методы сложных сетей, например, в исследованиях осадков, рассматривающих соответствующие карты как объекты, не похожие на сети. Таким образом, сложная сетевая наука использовалась для тщательного изучения пространственной динамики годовых осадков (как объекта, не похожего на сеть), так что соответствующая сеть была создана путем привязки узла к географической зоне, характеризующейся временным распределением осадков, и определения соответствующих связей между узлами [11]. Предполагаемая сеть продемонстрировала существенную пространственную изменчивость как со слабо связанными зонами, так и с сильно связанными.

Материалы и методы исследования

В сетевой концептуализации, которую мы применяем в текущей работе, сетевые элементы: узлы и связи, связаны с компонентами экосистемы и их взаимозависимостями соответственно.

Следует отметить, что регулярный сетевой анализ обычно рассматривает сетевые объекты и процессы в формате статических наборов данных и применяет к ним эффективные графические показатели. Однако в недавних исследованиях основное внимание уделяет-

сы представлению и изучению динамических сетевых структур, встроенных в географическое пространство, и агрегированию своевременных и актуальных геопространственных данных [12].

Состояние экосистем и их услуг оказывает огромное влияние на благосостояние людей. Сейчас из-за латентного характера многих выгод от экосистемных услуг, их диффузии между потребителями/бенефициарами, они в значительной степени выступают как общественные блага, признаются бесплатными, и их важность недооценивается, что приводит к их деградации. В связи с этим для экономики важнейшей задачей становится экономическая идентификация и монетаризация выгод от экоуслуг, или, говоря экономическим языком, своеобразная «интернализация латентных положительных экстерналий» (внешних эффектов/выгод) от услуг экосистем. Экономическая оценка экосистемных услуг должна лежать в основе международного и национальных механизмов платежей за экосистемные услуги, учитывать потенциал стран – экологических доноров. Эти задачи отражены не только в документах международных организаций, но и в Поручениях президента РФ правительству. Можно по-разному оценивать вклад в эту устойчивость, но донорство страны не подвергается сомнению в научных исследованиях. Согласно некоторым оценкам, вклад России составляет около 10%, что существенно выше аналогичного показателя идущих вслед Бразилии, Канады и США. Другой подход базируется на оценке не тронутых хозяйственной деятельностью территорий в странах – экологических донорах. Здесь Россия также лидирует с показателем 60–65% от общей территории страны. Экодонорство страны делает целесообразным разработку подходов к «капитализации» вклада российских экосистем на основе различных механизмов платежей за экосистемные услуги (климатическое и углеродное регулирование, сохранение биоразнообразия, лесных экосистем и т.д.). В этом направлении логичным является отстаивание Россией необходимости включения депонирующей роли лесов в международные климатические соглашения для регулирования выбросов и поглощения

парниковых газов. Полная оценка экосистемных услуг является сложнейшей методологической, методической и практической задачей для всего мира. На решение этих задач ориентировано, в частности, развитие Системы эколого-экономического учета (СЭЭУ) (The System of Environmental – Economic Accounting), разработанной структурами ООН, Всемирного банка и ОЭСР. СЭЭУ должна отразить экологический фактор на национальном и макроэкономическом уровнях. Во многих странах уже созданы эффективные механизмы платежей за экосистемные услуги. В Европейском сообществе наиболее явно эти механизмы проявились в аграрном секторе, где существуют системы платежей фермерам за минимизацию экологического воздействия. Гибкая и эффективная система финансовых механизмов поддержки экосистем и биоразнообразия создана в США (habitats and species banking). В этой стране 121 банк поддерживает сохранение экосистем и биоразнообразие. Банки применяют 88 типов кредитов по редким видам и 51 тип кредитов по местам обитания; такие банки есть в 13 штатах с общей охраняемой территорией 123 тыс. акров³. При поддержке Всемирного банка и Глобального экологического фонда (Global Environmental Facility) наиболее последовательно концепция платежей за экосистемные услуги на национальном уровне реализована в Коста-Рике в масштабной программе, созданной в 1996 г. (Pago por Servicios Ambientales). Целью программы является стимулирование владельца земельного участка к уменьшению выбросов парниковых газов, сохранению водных экосистем, биоразнообразия и природных ландшафтов. Проблема формирования механизма компенсаций (платежей) за экосистемные услуги актуальна и для России. Для сохранения страной роли глобального экологического донора необходимо предотвратить деградацию экосистем во многих регионах. Поддержка экоуслуг регионов Байкала, Алтая, Дальнего Востока и многих других важных для природы планеты территорий нашей страны предполагает минимальное вмешательство людей в экосистемы. В большинстве своем такие «природные» регионы являются

бедными и слаборазвитыми, что вынуждает местные власти и население прямо или косвенно негативно воздействовать на экосистемы для поддержания/роста уровня жизни. В связи с этим, по нашему мнению, целесообразно сформировать финансовые механизмы поддержки экосистемных услуг регионов, экологически устойчивых проектов в туристическом, аграрном, лесном и других секторах. В качестве первых шагов можно использовать имеющиеся возможности существующих финансовых региональных инструментов (субвенции, субсидии, дотации, трансферты, платежи и пр.). Существует много расчетов, подтверждающих высокую экономическую эффективность сохранения экосистем и их услуг. Эффектное исследование на основе затратного подхода проведено по оценке вариантов водоснабжения Нью-Йорка. В 1996 г. возникла проблема качества воды, поступающей в город. Сравнивались два варианта повышения качества водных ресурсов: улучшение экосистемы водораздела Катскилл и строительство мощностей по фильтрации воды. Экологический вариант оказался в 2–3 раза дешевле техногенного. Осознание ценности водораздела в обеспечении качественной водой определило решение городских властей инвестировать в экосистему вокруг Нью-Йорка и создать достаточно сложную и масштабную финансовую систему платежей за экосистемные услуги и их поддержку. По мнению авторов, на основе имеющегося мирового и российского опыта для экономической оценки экосистемных услуг и формирования механизма компенсации/ платежей за них в реальной экономике можно выделить несколько последовательных итераций: идентификация экосистемной услуги; определение ее экономической ценности; определение поставщика и собственника экосистемной услуги; определение получателя/бенефициара выгод от услуги; формирование механизма платежей (компенсации) за экоуслуги. Определение экономической ценности экосистем и их услуг является сложнейшей и актуальнейшей задачей для экономической науки. Без решения этой задачи невозможен переход к новой экономике для человечества, приоритеты которой намечены

в концептуальных документах международных организаций. Необходимо нивелировать риски переэксплуатации и истощения экоуслуг, что возможно в случае адекватного учета экологического фактора при принятии экономических решений. Фактически первым фундаментальным экономическим исследованием в мире в области идентификации и экономической оценки экосистемных услуг стала работа Р. Констанзы с коллегами. В этой работе была сделана попытка глобальной оценки экосистемных услуг. Для всех экосистем она составила в среднем 33 трлн долл. США, тогда как мировой ВВП был почти вдвое меньше (18 трлн долл. США в год). В 2014 г. Р. Констанза с коллегами сделал новую оценку глобальных экосистемных услуг. Она составила уже 125 трлн долл. в год. Катастрофичны для мира и экономики потери экоуслуг, они составляют в среднем примерно 12 трлн долл. в год.

Зона исследования (Окский район, Республика Бурятия, Россия) расположена недалеко от межгосударственной российско-монгольской границы в районе водораздела озера Байкал и представлена двумя противопоставленными природно-географическими макросистемами – североазиатской бесплодной тайгой и центральноазиатской пустынно-степной зоной. Специфические процессы взаимодействия между процессами эндогенного и экзогенного характера сформировали ландшафтные особенности, т. е. реликтовые ландшафты.

Экосистемные услуги, традиционные для этой зоны, включают разведение сухого скота, заготовку древесины и перспективный сбор недревесной лесной продукции, такой как дикорастущие ягоды, растения и орехи. Эти виды деятельности влияют на экосистему и требуют поиска баланса между ее сохранением и производством товаров и услуг для обеспечения устойчивого развития района. Одним из подходов к достижению этой цели может быть количественный анализ ландшафта на сетевой платформе.

В соответствии с нашей принципиальной концепцией сетевой интеграции объектов, отличных от сетей [13], метод был использован для преобразования нескольких ландшафтных карт некоторых регионов и районов в сети.

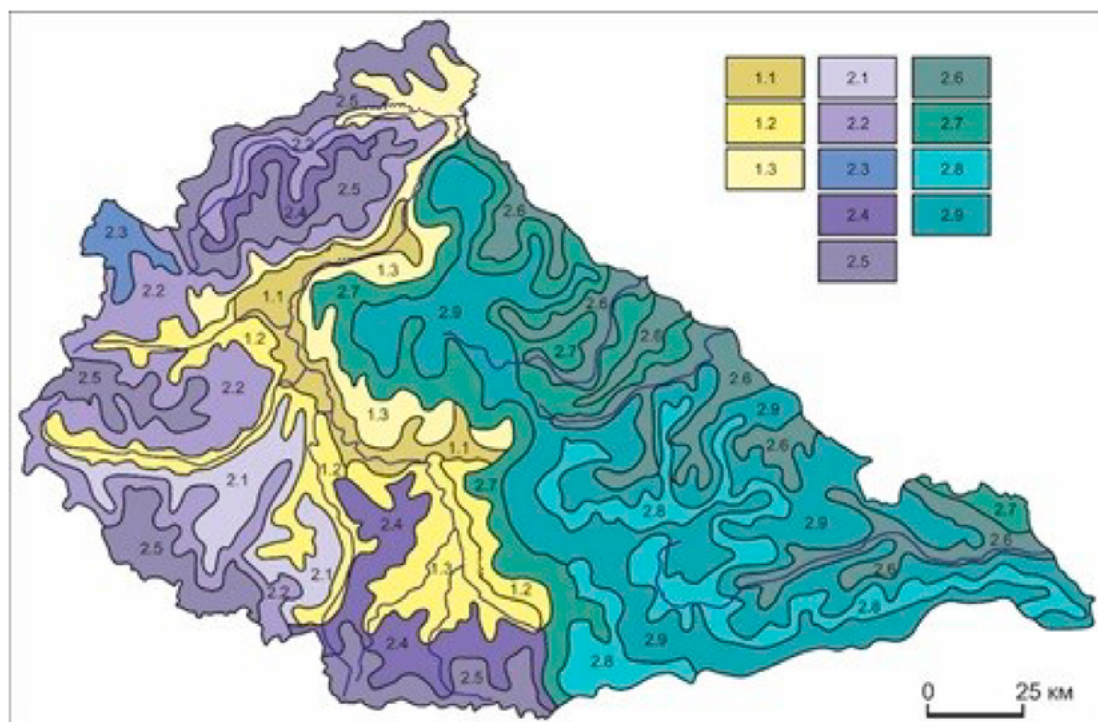


Рис. 1. Ландшафт Окского района (Масштаб 1:100 000)

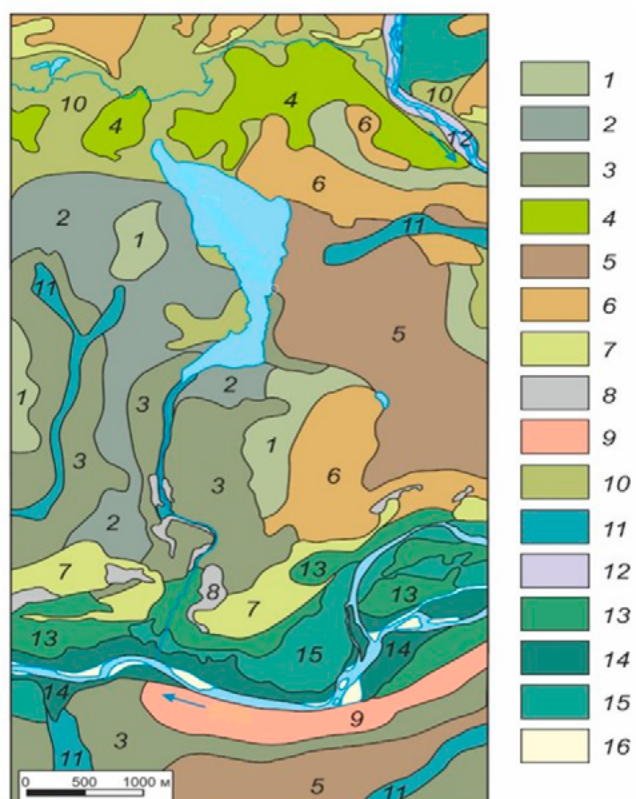


Рис. 2. Ландшафт Окского района (Масштаб 1:25 000)

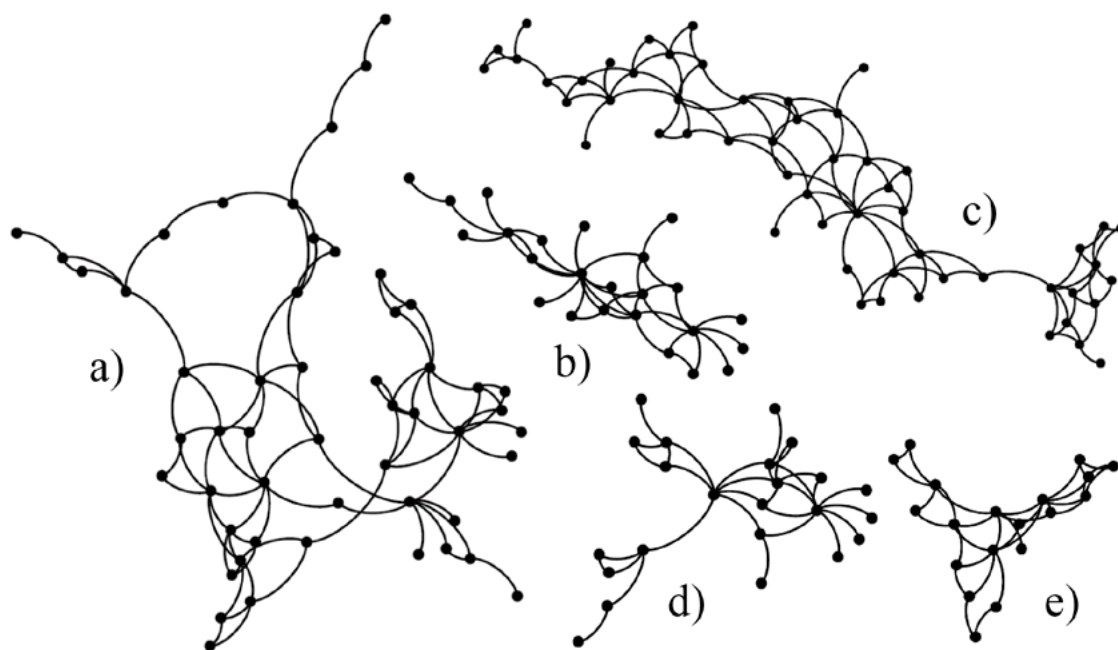


Рисунок 3. Сетевые отпечатки ландшафтных карт – а, b – Окский район, Республика Бурятия, РФ (1:25 000) и (1:100 000) соответственно, с – Ольхонский район, Иркутская область, РФ (1:200 000), d – Грузия (1:1500 000) и e – Попеловский район, Польша (1:10 000).

Таблица 1

Сетевые показатели ландшафтных моделей

Метрика, G_{LS}	Джорджия, 1:1500 000	Ольхон , 1:100 000	Ока, 1:100 000	Ока, 1:25 000	Муниципалитет Попелув, Польша, 1:10 000
N	23	55	24	52	19
L	32	100	36	86	33
D диаметр	6	10	6	11	5
$\langle \lambda \rangle$	2.9	4.04	2.73	4.44	2.54
$\langle k \rangle$ средняя степень	2.8	3.6	3.0	3.3	3.8
S плотность	0.126	0.067	0.13	0.065	0.193
$\langle C \rangle$ коэффициент кластеризации	0.52	0.543	0.58	0.482	0.54
M модульность	0.46	0.66	0.42	0.64	0.41
k_{max}	9	10	11	9	7
Количество со- обществ	5	6	4	6	4

Не только узоры Окского района в двух разных масштабах (1:100 000) [14] (рисунок 1) и (1:25 000) [15] (рисунок 2) были приняты во внимание. Но также и те, которые представлены картами Попелувского района, Польша (1:10 000) [16], Грузия (1:1500 000) [17], и Ольхонский район, Иркутская область, Россия (1:200 000) [18] были обработаны и сопоставлены.

Выводы

Как упоминалось выше, ландшафтные карты (различных масштабов) были объединены в сеть (преобразованы в сети) для сравнения и анализа их графических показателей. Для расчета показателей и визуализации сетей был использован такой эффективный инструмент, как программное обеспечение Gephi [19].

Топологии относительных сетей показаны на рисунке 3.

В таблице 1 показаны сетевые показатели, характеризующие изучаемые ландшафты.

Результативность исследования и их обсуждение

Вместо того, чтобы традиционно давать краткую характеристику ландшафта, мы предложили сетевое описание территории, которое может быть полезно для дальнейшего наилучшего и оптимального компромисса между почвенным покровом и землепользованием. Можно видеть, что сетевые показатели демонстрируют широкий спектр значений, которые также зависят от масштаба района А. Очевидно, что следует предпринять дополнительные усилия для понимания взаимосвязи между показателями в сетевом пространстве и наблюдаемыми явлениями макроскопической экосистемы. Тем не менее, этот шаг по внедрению такого сопоставимого сетевого анализа в домене сделан. Контекстно-специфические показатели (CSM), основанные на индексе агроэкологического воздействия (AFI), аналогичном тем, которые разработаны в [8], по-видимому, имеют значение для оценки воздействия сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду. В этом контексте исследователи подчеркнули важность вклада экспертов

и заинтересованных сторон в разработку значимого CSM. Важно, чтобы такой многометрический охват объединял несколько соответствующих показателей для более сложных экологических единиц. Также полезно обратить внимание на перспективную модель СА-Маркова [20], которая дает основу для прогнозирования пространственных моделей землепользования в будущем, принимая во внимание динамические изменения в моделях землепользования с использованием дистанционного зондирования и ГИС.

Выводы

Глобальная и масштабная деградация экосистем и их услуг наносит значительный ущерб благосостоянию людей. В настоящее время в разработках и исследованиях международных организаций, научных трудах уже накоплен значительный опыт в области идентификации экосистемных услуг и их экономической оценки. Этот опыт нашел отражение в концептуальных документах ООН, Всемирного банка, ОЭСР, Европейского сообщества, международного бизнеса, формулирующих задачи на отдаленную перспективу. Идентификация экономической ценности экосистем и их услуг является сложнейшей и актуальнейшей задачей для экономической науки. Решение этой задачи позволит повысить устойчивость мировой экономики и экономик отдельных стран на основе комплексного учета экономического, социального и экологического факторов. Такой подход отражен, в частности, в Целях устойчивого развития ООН до 2030 г. Необходимо минимизировать риски деградации экосистем и их услуг, что требует адекватного учета экологического фактора при принятии экономических решений. Экономическая оценка экосистемных услуг должна лежать в основе международного и национальных механизмов платежей (компенсаций) за экосистемные услуги, учитывать потенциал стран – экологических доноров. В целом, полученные результаты показывают, что сочетание методов и данных из географического информационного поля

и сопутствующих областей, развернутых на сетевой платформе, создает дополнительные средства для описания и анализа сложных пространственных социально-экономических и экологических систем. Предлагаемая платформа моделирования является одновременно общей, достаточно гибкой и применимой для моделирования различных реальных экосистем с помощью простых показателей для характеристики, изучения и сравнения сетевой природы различных реальных пространственных структур. Предлагаемая платформа вписывается в более широкий спектр проблем устойчивого развития, например, для систем землепользования и соответствующего комплексного сетевого моделирования.

Исследование финансировалось РФФИ и MECSS, проект № 20-57-44002 "Междисциплинарная сетевая платформа для моделирования социально-экономических и экологических процессов на трансграничных территориях Российской Федерации и Монголии с ограниченной транспортной доступностью".

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и МОКНСМ в рамках научного проекта № 20-57-44002 «Междисциплинарная сетевая платформа моделирования социально-экономических и экологических процессов на трансграничных территориях РФ и Монголии с ограниченной транспортной доступностью»

Библиографический список

1. Индекс устойчивого развития человеческого потенциала. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <http://wikiprogress.org/articles/initiatives/human-sustainable-development-index> (дата обращения: 16.11.2021).
2. Потчин М.Б. и Хейнс-Янг Р.Х. 2011 Прогресс экосистемных услуг в физической географии. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/351384776_Network_landscape_representation_ecosystem_services_context (дата обращения: 16.11.2021).
3. Алкемаде Р., Буркхард Б., Кроссман Н.Д., Недков С., Петц К. Количественная оценка экосистемных услуг и показателей для науки, политики и практики // Экологические показатели. 2014. С. 37.
4. Аруняват С., Шреста Р. Оценка изменений в землепользовании и их влияния на экосистемные услуги в Северном Таиланде // Устойчивость. 2016. С. 7.
5. Лебак Т., Барет П.В., Стилмант Д. Показатели устойчивости животноводства за 2012 год // Обзор Агрономия для устойчивого развития стр.3
6. Де Оливейра Сильва Р., Бариони Л.Г., Моран Д. Пожар, вырубка лесов и домашний скот: когда дым рассеется // Политика землепользования. 2020. С. 11.
7. Гао Л., Киннукан Ч.Ш., Чжан У., Цяо Г. Влияние субсидии на защиту пастбищ на поголовье скота, интенсивность выпаса и доходы скотоводов в Политике землепользования внутренней Монголии. 2016. С. 46.
8. Луваги Г., Нортей Г., Финн Дж.А., Первис Г. Разработка показателей для оценки воздействия животноводства на окружающую среду в Ирландии с использованием индекса агроэкологического воздействия // Экологические показатели. 2012. С. 35.
9. Робинсон Т.П. и др. Отображение глобального распределения скота. 2014. С. 23.
10. Кертин К.М. Сетевой анализ в географической информатике: Обзор, оценка и прогнозы // Картография и географическая информатика. 2007. С. 17.
11. Скарсоль С., Лайо Ф., Ридольфи Л. Динамика климата: Сетевой подход к анализу глобальных осадков. 2013. С. 21.
12. Андерсон Т., Драгичевич С. Представляющие сложные развивающиеся пространственные сети: Автоматы географических сетей ISPRS // Международный журнал геоинформации. 2020. С. 10-13.
13. Куклина М. и др. Сетевая платформа для туристического сектора: Трансформация и интерпретация многогранной устойчивости данных // Устойчивое развитие. 2020. № 12. С. 6314

14. Дамбиев Е.Ц. Степные пейзажи Бурятии. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2000. 199 с.
15. Владимиров И.Н., Выркин В.Б., Ильичева Е.А., Кобылкин Д.В., Павлов М.В., Ли З. Природные условия и экологический потенциал геосистем Центральной части Окского плато (Восточный Саян) // География и природные ресурсы. 2019. С. 21.
16. Солецка I., Рашка Б., Краевский П. Ландшафтный анализ для политики устойчивого землепользования: Тематическое исследование в муниципалитете Попелув, Польша // Политика землепользования. 2018. С. 27.
17. Сепертеладзе З., Давитая Е., Мемарне Г., Халваши Н., Гаприндашвили Г. Оценка агроресурсного потенциала Западной Грузии и ландшафтного районирования для распространения Актинидии // Науки о Земле. 2015. С. 15.
18. Семенов Ю.М. и др. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район. Иркутск: Институт географии СО РАН, 2004. 147 с.
19. Gephi – Доход от платформы Open Graph 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/gephi/gephi> (дата обращения: 16.11.2021).
20. Липинг С., Юджун С., Саид С. Мониторинг и прогнозирование землепользования и изменений почвенного покрова с использованием методов дистанционного зондирования и ГИС. Тематическое исследование холмистой местности, Цзянлэ, Китай, 2018. С. 6.