ИЗВЕСТИЯ РАН. СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, 2022, том 86, № 4, с. 605–620

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 574.4/338.26

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА МУНИЦИПАЛЬНОМ УРОВНЕ И ЕЕ ВОЗМОЖНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

© 2022 г. О. А. Климанова[a], *, Е. Н. Букварёва[b], **, О. А. Илларионова[a], *, Е. Ю. Колбовский[a], ******

[a]*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

[b]*Центр охраны дикой природы, Москва, Россия*

**e-mail: klimanova@geogr.msu.ru*

***e-mail: bukvareva@gmail.com*

****e-mail: heatherpaw@gmail.com*

*****e-mail: kolbowsky@mail.ru*

Поступила в редакцию 10.11.2021 г.
После доработки 13.04.2022 г.
Принята к публикации 22.04.2022 г.

В рамках проекта “Экономика экосистем и биоразнообразия – Россия” уже разработаны методические подходы и отчасти создана информационная база для оценки экосистемных услуг на уровне субъектов РФ, однако их большая площадь и географическая неоднородность определяют необходимость таких работ и для муниципального уровня. В статье рассматриваются методика и результаты оценки экосистемных услуг на примере четырех сельских муниципальных районов с разными природными условиями и типами хозяйства (Кизнерский район Удмуртской Республики, Елизовский район Камчатского края, Майкопский район Республики Адыгея и Бобровский район Воронежской области). Алгоритм оценки ориентирован на использование общедоступных геопространственных данных, муниципальной статистики, литературных и фондовых данных. Процедура оценки включает: 1) анализ и картографирование основных типов экосистем; 2) расчет потенциального объема продукционных, средорегулирующих и рекреационных услуг в естественно-научных показателях; 3) расчет используемого объема этих услуг; 4) анализ соотношения между ними. Во всех районах отмечено недоиспользование тех или иных видов продукционных услуг, однако в каждом из них причины этого различны. Ряд услуг требует и корректировки методики подсчета. По объему услуги накопления стока наземными экосистемами максимальные показатели отмечены в Елизовском и Майкопском районах, однако в последнем уже отмечены и признаки ее дефицита. Расчет используемого объема рекреационных услуг в наименьшей степени может быть унифицирован и при существующей информационной базе для каждого муниципального района не может быть осуществлен. По результатам работы выявлены методические сложности при переходе с регионального на муниципальный уровень расчетов, определены сложности и перспективы интеграции ценности экосистемных услуг в документы стратегического и территориального планирования, предложены приоритеты оценки экосистемных услуг для территорий разного типа.

Ключевые слова: экосистемные услуги, потенциальный и используемый объем, территориальное планирование, муниципальный район, Россия

DOI: 10.31857/S2587556622040069

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из предпосылок оценки экосистем на пороге тысячелетия (MEA, 2005), экономики экосистем и биоразнообразия (TEEB, 2010) и других исследовательских работ по экосистемным услугам [например, (Braat and de Groot, 2012; de Groot et al., 2010; Haines-Young and Potschin, 2018; IPBES, 2019; Maes et al., 2012)] было предположение о том, что подобные знания могут быть использованы для информирования и улучшения процесса принятия решений, а также территориального планирования (Bateman et al., 2013; Bouwma et al., 2018; Daily et al., 2009). При этом интеграция концепции экосистемных услуг в указанные процессы предполагает согласование действий как по вертикали – между различными уровнями государственного управления (на национальном, региональном и муниципальном уровнях), так и по горизонтали – между различными областями

политики и тематическими целями (Saarikoski et al., 2018).

Современные подходы к оценке и картографированию экосистемных услуг базируются на предположении, что они могут быть объектом как оценок в естественно-научных показателях, так и монетарных оценок (Burkhard et al., 2012). При этом оценка предоставленного объема услуг основана на свойствах типов экосистем (или наземного покрова) и степени их трансформации, учитываемой через использование показателей целостности, связности и выраженности процессов (Frank et al., 2012), а используемый или необходимый объем учитывает численность населения и характер экономики территории (Burkhard et al., 2012). Для монетарных оценок используются оценки затрат и выгод, готовности платить, стоимости неиспользования, отложенной альтернативы (Farber et al., 2002), однако результаты монетарных оценок часто оказываются неудовлетворительными, что связано, прежде всего, с недостаточной разработанностью нерыночных способов оценки экономических благ и услуг (Spangenberg and Settele, 2010). При этом, например, в руководстве по экспериментальному эколого-экономическому учету подчеркивается, что оценки услуг в естественно-научных и монетарных показателях равноправны в части адекватности анализа последствий трансформации экосистем[1].

Подходы и индикаторы, используемые для оценки и картографирования экосистемных услуг на разных уровнях в целях территориального планирования рассмотрены в целом ряде работ [например, (Egoh et al., 2008; Maes et al., 2012; Malinga et al., 2015; Sherrouse et al., 2011; Verhagen et al., 2015)]. Особо отмечается возможность и потенциал использования данных о земельном покрове для оценки экосистемных услуг и их потоков для территорий, плохо обеспеченных данными (Vrebos et al., 2015), к которым можно отнести и такую большую страну, как Россия.

К настоящему моменту в Российской Федерации уже реализованы разнообразные исследовательские проекты по оценке экосистемных услуг в научном и природоохранном аспектах [например, (Тишков, 2005)]. Были предприняты попытки оценить глобальное значение экосистем России на основе экологических и денежных параметров, а также ввести оценки на региональном уровне (Бобылев, Захаров, 2009). Региональные и локальные оценки экосистемных услуг проводились для отдельных территорий Камчатки, Алтая, Байкала и Нижней Волги [краткий обзор см. (Экосистемные ..., 2016)].

Реализована первая предварительная национальная оценка экосистемных услуг, предложены алгоритмы и подходы расчета естественно-научных показателей предоставленного и используемого объемов различных категорий экосистемных услуг на уровне субъектов РФ (Экосистемные ..., 2016; Экосистемные ..., 2020; Bukvareva et al., 2015, 2017, 2019). Эти работы создают достаточную методическую базу для оценки экосистемных услуг на региональном уровне, однако даже первоначальные результаты показывают, что одних региональных оценок недостаточно, особенно учитывая большой размер некоторых субъектов РФ.

Для больших по площади регионов усредненные значения нивелируют роль отдельных их частей в предоставлении и потреблении услуг. Поэтому нужны и оценки экосистемных услуг на муниципальном (районном) уровне, которые позволяют получить более детальную картину потоков экосистемных услуг, в том числе между городскими и сельскими территориями. В связи с этим возникает проблема масштабирования полученных методик и результатов на муниципальный уровень, а также оценка целесообразности их внедрения в систему планирования социально-экономического развития на местном уровне.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу данной публикации легли результаты полевых и камеральных исследований, проведенные летом и осенью 2020 г. в рамках разработки комплексных планов развития пилотных муниципальных районов для реализации Государственной программы “Комплексное развитие сельских территорий”[2].

По данным Росстата, по состоянию на 1 января 2020 г. в стране насчитывалось 1673 муниципальных района, а также сопоставимых с ними по статусу муниципальных образований: 635 городских и 33 муниципальных округов. В данной работе городские округа не рассматриваются в силу, прежде всего, особенностей их экосистем. Объектами исследования стали Кизнерский район (Удмуртская Республика), Елизовский район (Камчатский край), Майкопский район (Республика Адыгея), Бобровский район (Воронежская область). Выбор районов в значительной степени определялся общими приоритетами Государственной программы “Комплексное развитие сельских территорий”, однако для разработки алгоритма оценки экосистемных услуг этот выбор оказался достаточно удачным ввиду хорошо выраженных различий и своеобразия природно-ландшафтных и социально-экономических условий.

Кизнерский район (2.2 тыс. км^2, 18.9 тыс. чел.) расположен на востоке Европейской России, на границе Удмуртской Республики, Республики

[1] https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_cf_final_ru.pdf.

[2] http://government.ru/docs/36905/.

Татарстан и Кировской области в подтаежной подзоне таежной зоны (Национальный ..., 2007). В советское время главной отраслью экономики района было сельское хозяйство, сейчас более 30% пашни и сенокосов выведены из оборота и заросли лесом (неопубликованные данные районной администрации).

Елизовский район – самый большой по площади (40.9 тыс. км^2), самый населенный (64 тыс. чел.) и самый восточный из рассмотренных. Как и весь Камчатский край, он включен в состав зоны Крайнего Севера. В горах, занимающих большую часть территории района, представлен северотихоокеанский нивально-альпийско-тундрово-стланниково-редколесно-таежный тип высотной поясности (Национальный ..., 2007). Это наиболее посещаемый туристами район Камчатки, он ежегодно принимает около 150 тыс. туристов. Почти половина площади района занята охраняемыми природными территориями федерального и регионального статуса, входящими в состав объекта Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО “Вулканы Камчатки”.

Майкопский район (3.6 тыс. км^2, 61 тыс. чел.) расположен в предгорьях Главного Кавказского хребта, в южной части Адыги. Горные леса района (100% лесов Республики Адыгея) относятся к северокавказскому нивально-альпийскому-субальпийско-лесо-лесостепному высотному спектру (Национальный ..., 2007). Лесостепи равнинной части района практически полностью распаханы. Ежегодно район привлекает более 200 тыс. туристов (по официальным данным администрации). Чуть более 40% района занимают охраняемые природные территории федерального и регионального статуса, входящие в состав объекта Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО “Западный Кавказ”.

Бобровский район (2.2 тыс. км^2, 50.1 тыс. чел.) лежит в подзоне северных степей степной зоны Европейской России (Национальный ..., 2007). Это район с ярко выраженной аграрной специализацией. Особая природная достопримечательность района – природный заказник “Хреновской бор”, играющий важную климаторегулирующую и противоэрозионную роль.

Как уже было указано выше, оценка экосистемных услуг тесно связана с задачей картографирования экосистем. В нашем исследовании в качестве картографической основы использовались карты растительности России[3] пространственного разрешения 250 м (Егоров и др., 2018). На карте представлено 23 типа выделов, разбитых на 6 классов: леса (8 типов), травяно-кустарничковая растительность (4 типа), тундра (3 типа), водно-болотные комплексы (2 типа), прочая растительность (2 типа) и непокрытые растительностью земли (4 типа). Очевидно, что выделенные типы не являются экосистемами в строгом научном смысле, однако на данном этапе исследований для апробации методики мы сочли возможным рассматривать их как генерализованные типы лесных, травянистых, тундровых и др. экосистем, поскольку более детальных цифровых карт, охватывающих всю территорию России, в настоящее время в открытом доступе нет, а одной из задач исследования было создание тиражируемого алгоритма, возможного для применения во всех муниципальных районах. Площадь типов экосистем была рассчитана в абсолютных значениях (эти данные впоследствии использовались для расчетов экосистемных услуг), также была определена доля различных типов экосистем от общей территории района.

В основу оценки экосистемных услуг положено представление, реализованное в проекте TEEB-Russia, о предоставленном (потенциальном) и используемом объемах услуг, измеряемых в естественно-научных показателях. Предоставленный объем – объем услуг, которые выполняют экосистемы вне зависимости от наличия их потребителей. Используемый объем – объем услуг, который в настоящее время используется населением и экономикой региона (Экосистемные ..., 2016). Методика оценки различных видов продукционных, регулирующих и рекреационных услуг изложена в уже опубликованных прототипах национального доклада по оценке экосистемных услуг (Экосистемные ..., 2016; Экосистемные ..., 2020). Индикаторы, методы и источники информации, использованные для оценки экосистемных услуг в естественно-научных показателях, отражены в табл. 1. Ниже мы остановимся на некоторых изменениях в методике, которые были внесены, исходя из муниципального уровня исследования.

Для расчета продукции древесины и недревесной продукции наземных экосистем были использованы данные лесохозяйственных регламентов соответствующих районов. Если на территории района (Майкопский район) находилось несколько лесничеств, данные о продукции складывались. Данные об объеме заготавливаемой продукции были получены в администрациях районов, а также в ходе опроса в лесничествах. При расчете используемого объема недревесной продукции леса мы ориентировались на литературные данные (Большаков, 2014), где используемый объем ягод оценивается как 3–5% от эксплуатационного объема, а грибов – до 15%. Судя по интервью с сотрудниками лесничеств, в указанных районах эта цифра скорее переоценена, чем недооценена. С учетом труднодоступности большей части территории Елизовского района, а также интервью о сборе недревесной продукции с

[3] Карта растительности России. Доступна по адресу: http://www.ikiweb.ru/annual/img/2009/map_bart.jpg g.

Таблица 1. Индикаторы для физической (естественно-научной) оценки экосистемных услуг

Экосистемные услуги	Индикаторы предоставленного (первая строка) и используемого (вторая строка) объемов экосистемных услуг	Метод оценки	Источник данных
Продукционные экосистемные услуги			
Продукция древесины	Расчетная лесосека, м^3/год	Прямое использование показателя	Лесохозяйственные регламенты лесничеств
	Заготовка древесины, м^3/год		Объем заготовки древесины лесопользователями (по данным лесничеств)
Недревесная продукция наземных экосистем	Эксплуатационный запас грибов, ягод, орехов, лекарственных растений и другой недревесной продукции, кг/год		Лесохозяйственные регламенты лесничеств
	Заготовка перечисленных видов недревесной продукции, кг/год		Данные по заготовкам отсутствуют, в работе использованы расчетные коэффициенты
Продукция корма для скота на природных пастбищах	Продукция кормов на природных пастбищах и сенокосах (P), кг/год кормовых единиц	Оценка на основе цифровых (электронных) карт $P = PS$ P — продуктивность травянистых экосистем S — площадь пастбищ и сенокосов	Цифровые карты продуктивности природных экосистем, карты продуктивности естественных кормовых угодий (при наличии)
			Данные о категориях земель (при наличии)
	Количество природного корма, съеденного скотом (W), кг/год кормовых единиц	$W = \sum(n_i w_i)$ n_i — число голов i-го вида скота, выпасаемого на природных пастбищах, либо получающего сено с природных сенокосов w_i — норма кормления 1 головы i-го вида скота (кормовых единиц в год)	Данные, предоставленные районом, в качестве основы могут быть использованы данные о поголовье скота в базе данных показателей муниципальных образований
			Нормативы, литературные данные
Охотничья продукция	Лимиты добычи охотничьих животных, особей/год	Прямое использование показателя	Лесохозяйственные регламенты лесничеств
	Добыча охотничьих животных, особей/год		Данные охотхозяйственного реестра
Средообразующие (регулирующие) экосистемные услуги			
Хранение углерода	Содержание углерода в почве и фитомассе (W), тС	Оценка на основе цифровых (электронных) карт $W = \sum(s_i w_i)$ s_i — площадь i-го типа экосистем w_i — содержание углерода на 1 га i-го типа экосистем	Цифровые карты содержания углерода, литературные данные Цифровые карты растительности В настоящей оценке использованы данные (Экосистемные ..., 2016)

Таблица 1. Окончание

Экосистемные услуги	Индикаторы предоставленного (первая строка) и используемого (вторая строка) объемов экосистемных услуг	Метод оценки	Источник данных
Регуляция потоков CO_2	Углеродный баланс (B), тС/год	Оценка на основе цифровых (электронных) карт $B = \sum(s_i b_i)$ s_i – площадь i-го типа экосистем b_i – баланс углерода на 1 га i-го типа экосистем	Цифровые карты баланса углерода, литературные данные Цифровые карты растительности В настоящей оценке использованы данные (Экосистемные ..., 2016)
Очистка воздуха пригородными лесами	Максимальное количество загрязнений, которое может быть уловлено пригородными лесами (A), кг/год	Оценка на основе цифровых (электронных) карт $A = \sum(s_i a_{ij})$ s_i – площадь i-го типа экосистем a_{ij} – поглощение i-м типом экосистем j-го вида загрязнений	Цифровые карты растительности Литературные данные
	Количество загрязнений, уловленное пригородными лесами (U), кг/год	Выбросы загрязнений в воздух (P) $U = A$, если $A < P$; $U = P$, если $A > P$	База данных показателей муниципальных образований Росстата
Обеспечение объема стока наземными экосистемами	Объем стока, обеспеченный наземными экосистемами, м^3/год	Многоэтапная оценка на основе цифровых (электронных) карт	Цифровые карты растительности, рельефа, стока, осадков, сельхозугодий, гидросети
	Использование свежей воды, водозабор, м^3/год		
Предотвращение водной эрозии почв	Количество почвы, эрозия которой предотвращена наземными экосистемами, т		
	Предотвращенный ущерб для сельского, водного и рыбного хозяйства, руб.		
Рекреационные экосистемные услуги – формирование природных условий для рекреации			
Формирование природных условий для рекреации выходного дня	Рекреационная емкость зон вокруг населенных пунктов для отдыха в выходные дни (C), человек/год	Оценка на основе цифровых (электронных) карт $C = \sum(s_i c_i)$ s_i – площадь i-го типа экосистем c_i – рекреационная емкость 1 га i-го типа экосистем	Цифровые карты растительности Литературные данные о рекреационной емкости экосистем
	Количество отдыхающих (R), человек/год		В настоящей оценке использована экспертная оценка

местными респондентами, для этого района показатели были уменьшены до 5% для грибов и 3% для ягод.

Как показали исследования на местах, данные о продуктивности естественных кормовых угодий (ЕКУ) в районах или отсутствуют, или датируются 1980-ми годами и уже не соответствуют реальности из-за изменения структуры земельных угодий. Из-за отсутствия данных о реальной картине использования ЕКУ было принято допущение, что в качестве естественных пастбищ используются преимущественно луга и степи. Их площадь в районе, рассчитанная по карте растительности, была умножена на среднюю продуктивность сообществ соответствующей природной зоны: для субальпийских и альпийских лугов Среднего Кавказа (Майкопский район) – 2.4 т/га (Солдатова и др., 2017); для лугов умеренной лесной зоны (Кизнерский район) – 2 т/га; для черноземных степей средней плодородности (Бобровский район) – 4 т/га; для приокеанических лугов (Елизовский район) – 0.84 т/га (Радченко, 2016). При наличии достоверной информации об использовании для выпаса полностью или частично других категорий ЕКУ их следует добавить в расчет. К таковым могут быть, например, отнесены тундры в Елизовском районе, однако данных об их использовании нет, поэтому в данном случае в расчете они не учтены.

Для расчета эксплуатационного и используемого объемов охотничьей продукции использованы данные из Государственного охотреестра из формы 4.1 “Документированная информация о добыче копытных животных, отнесенных к охотничьим ресурсам”. За эксплуатационный объем взяты показатели квот добычи (количество особей) по всем промысловым копытным видам района по охотничьим угодьям. За используемый объем – число добытых особей. Промысловые виды копытных в Майкопском районе – косули; в Кизнерском – лоси и кабаны; в Бобровском – косули, лоси, кабаны; в Елизовском – лоси.

Расчет средорегулирующих услуг составлял наибольшую методическую сложность, объем большей их части был определен на основе геоинформационного моделирования при принятии определенных допущений, связанных с ограниченностью данных. Так, для услуги очистки воздуха разрешение исходной карты растительности было недостаточным, и расчет проводился с использованием открытых геопространственных данных университета Мэрилэнда[4] – растры древесного покрова за 2019 г. с пространственным разрешением 30 × 30 м (Hansen et al., 2013). Впоследствии для точности и удобства расчета они были переведены в векторный формат. В качестве границы населенных пунктов и линий дорожной сети были использованы соответствующие слои OSM.

Для оценки услуги очистки воздуха пригородными лесами вокруг наиболее крупных городов с наибольшими выбросами в атмосферу от стационарных источников (Майкоп и Петропавловск-Камчатский) были построены “буферы” размером 3 км [подходы к выбору размера буферной зоны подробно обоснованы нами в (Экосистемные ..., 2020)]. Дополнительно были выделены придорожные зоны, где загрязнения от автотранспорта поглощаются растительностью. Для этого вокруг дорог, предназначенных для автотранспорта (источник данных – Open Street Map), были построены буферы размером 100 м – максимальное расстояние, на котором растительность может перехватить загрязняющие вещества, отходящие от автомобилей. Древесная растительность также была вырезана по дорожным буферам и векторизована. Далее все полученные данные были объединены внутри районов для исключения наложения и двойного учета. Суммарная площадь древесной растительности, выполняющей услугу очистки воздуха, вычислялась уже по объединенным векторам.

Для перехода от площади экосистем, выполняющих услугу, к объему предоставленной услуги (то есть объему поглощенных загрязняющих веществ и пыли) из-за слабой представленности отечественных данных использовались коэффициенты поглощения загрязняющих веществ древесной растительностью для пригородных лесов городов Канады (Nowak, 2018). Подробнее о выборе коэффициентов – в (Экосистемные ..., 2020).

Методические подходы, использованные при оценке услуги обеспечения стока наземными экосистемами и предотвращения водной эрозии почв, подробно рассмотрены в (Экосистемные ..., 2016, с. 60; Экосистемные ..., 2020, с. 75). Услуга обеспечения стока рассчитывалась в ходе геоинформационного моделирования исходя из следующих геопространственных данных – годового количества осадков, суммарного слоя стока, гидротермического коэффициента Селянинова (все[5]), потенциальной эвапотранспирации[6], подземного стока[7]. Объем услуги по предотвращению водной эрозии рассчитывался на основе модифицированного уравнения RUSLE2 (Revised ..., 2013; Syrbe et al., 2017):

$$W = 0.224RKLSCP,$$

где W – среднегодовой модуль потерь почвы, т/га; R – фактор эродирующего влияния дож-

[4] http://earthenginepartners.appspot.com.

[5] http://bassepr.kpfu.ru/.

[6] https://datashare.is.ed.ac.uk/handle/10283/3089.

[7] https://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/obzorniye/ig_atlas/est_res.pdf.

Таблица 2. Площадь, занятая различными типами экосистем, в районах исследования

Тип экосистем	Елизовский		Кизнерский		Майкопский		Бобровский	
	тыс. га	%, S района	тыс. га	%, S района	тыс. га	%, S района	тыс. га	%, S района
Темнохвойные леса	0.1	0.0	0.0	0.0	7.9	2.1	0.2	0.1
Светлохвойные леса	0.0	0.0	5.3	2.3	3.6	1.0	25.1	11.2
Лиственные леса	2322.4	56.9	87.9	38.6	231.6	62.9	19.0	8.5
Смешанные леса с преобладанием хвойных	2.5	0.1	2.5	1.1	3.5	0.9	0.0	0.0
Смешанные леса	1.0	0.0	8.8	3.8	1.4	0.4	0.0	0.0
Смешанные леса с преобладанием широколиственных пород	0.1	0.0	28.9	12.7	3.3	0.9	0.0	0.0
Лиственничные леса	13.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Редколесья	16.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Луга	236.9	5.8	65.9	28.9	88.7	24.1	56.6	25.3
Хвойные вечнозеленые кустарники	337.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Кустарничковая тундра	30.1	0.7	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0
Травянистая тундра	493.6	12.1	0.0	0.0	13.3	3.6	0.0	0.0
Кустарниковая тундра	74.8	1.8	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0
Торфяные болота	58.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Степи	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Пашни	0.0	0.0	22.9	10.0	7.3	2.0	107.9	48.3
Гари	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	1.0
Вечные снега и льды	291.6	7.1	0.0	0.0	3.1	0.8	0.0	0.0
Открытые грунты и выходы горных пород	147.9	3.6	5.0	2.2	3.2	0.9	12.2	5.5
Водные пространства	53.4	1.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Итого	4080.8	100.0	227.8	100.0	368.3	100.0	223.3	100.0

девых осадков; K – фактор эродируемости почвы; LS – комплексный фактор длины и крутизны склона; C – фактор землепользования; P – фактор почвозащитных мероприятий.

На завершающем этапе рассчитывались потенциальная, текущая и предотвращенная эрозия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пространственная структура экосистем как основа расчета экосистемных услуг

Абсолютные и относительные показатели, характеризующие площади и доли разных типов экосистем в районах исследования, отражены в табл. 2.

Наибольшее разнообразие типов экосистем отмечено в горных районах – Елизовском (17 из 20) и Майкопском (14). Доля лесов различных типов колеблется от 19.8 (Бобровский) до 68.3% (Майкопский), причем в Майкопском районе преобладают широколиственные леса, а в Елизовском – леса из каменной березы. Только в Майкопском и Елизовском горных районах представлены тундры[8] и вечнозеленые кустарники, вечные снега и льды (рис. 1).

Доля сельскохозяйственных угодий – пашен – выше всего в Бобровском (48.3%) и Кизнерском (10%) районах. Принимая долю природных экосистем как условный показатель их ненарушенности, можем расположить районы по степени преобразованности природной среды в следующем порядке (от большего к меньшему): Бобровский–Кизнерский–Майкопский–Елизовский. У двух последних районов показатели очень близки, в них также максимальна доля территории,

[8] Присутствие тундр в Майкопском районе, по-видимому, связано с использованием в исследовании мелкомасштабной карты наземных экосистем; согласно данным (Национальный ..., 2007) тундры в составе высотного спектра гор Западного Кавказа не выделяются.

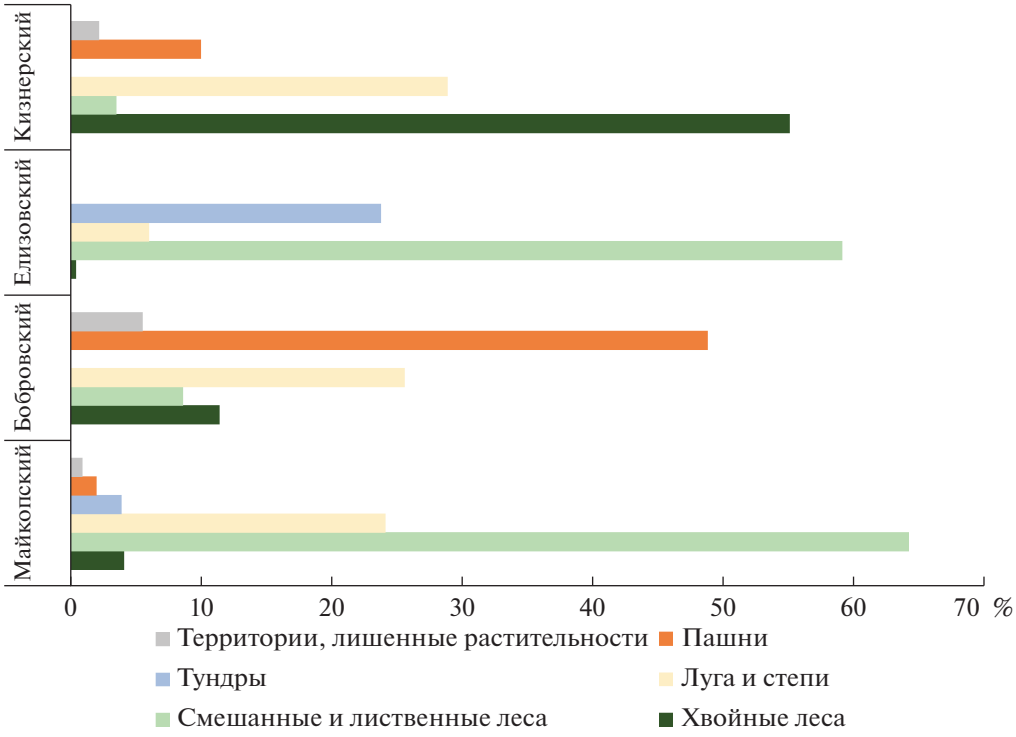

Рис. 1. Доля укрупненных типов экосистем в площади районов.

имеющей охранный статус, в том числе и международного значения. Эти особенности косвенно свидетельствуют о том, что объем их экосистемных услуг может быть больше, чем у в Бобровском и Кизнерском районах.

Предлагаемый и используемый объем экосистемных услуг

Результаты оценки предлагаемого и используемого объема экосистемных услуг в естественнонаучных показателях приведены в табл. 3.

Продукционные услуги. Для оценки предоставленного объема продукционных услуг использовался показатель эксплуатационного запаса – фактически тот объем ресурса, который может быть изъят из экосистемы без ущерба для ее способности к восстановлению. Исходя из свойств экосистем в пределах районов показатели предлагаемого объема различаются довольно существенно: продукция древесины максимальная в Кизнерском районе с большой площадью высокопродуктивных древостоев, минимальна – в Елизовском районе, где преобладают низкопродуктивные каменно-березовые редколесья, используемые в основном для отопления. Используемый объем древесины максимален в Кизнерском районе, где, по информации местного лесничества, фактически используется вся разрешенная для вырубки площадь.

Примерно одинаковая ситуация складывается во всех районах с продукцией природных пастбищ – соотношение используемого и предлагаемого объема нигде не превышает 5%. Во-первых, это объясняется резким сокращением поголовья скота в последние десятилетия (это отмечено респондентами во всех районах), что означает недоиспользование естественных кормовых угодий. Во-вторых, необходима детализация оценок, исходя из ландшафтных особенностей территории, что позволило бы существенно скорректировать общезональные показатели продуктивности, взятые за основу при расчетах.

Соотношение предоставленного и используемого объема услуг по отдельным видам древесной и недревесной продукции во всех районах создает впечатление недоиспользования потенциала продукционных услуг. Однако, в каждом из рассмотренных районов ситуация различна. В Кизнерском районе, как было указано выше, древесная продукция полностью используется, активный же сбор ягод и грибов проводится вокруг населенных пунктов, в том числе в пределах вторичных сосняков, выросших на заросших за последние 20 лет сельскохозяйственных угодьях, ближайших к районному центру. В Майкопском районе, где значительную долю занимают ООПТ, тем не менее развито изготовление деревянных изделий и мебели, продаваемых и за пределами района, однако эта отрасль “непрозрачна” с точки зрения формаль-

Таблица 3. Предлагаемый и используемый объем экосистемных услуг в районах исследования

Экосистемная услуга	Районы											
	Майкопский			Кизнерский			Бобровский			Елизовский		
	$V_п$	$V_и$	$V_и/V_п$, %	$V_п$	$V_и$	$V_и/V_п$, %	$V_п$	$V_и$	$V_и/V_п$, %	$V_п$	$V_и$	$V_и/V_п$, %
Продукция древесины, тыс. м^3/год	53.6	24	44.8	144	106.5	74.0	23	23	100.0	21.7	6.3	29.0
Недревесная продукция – грибы, ц/год	4.5	0.45	10.0	23	2.3	10.0	210	21	10.0	150	7.5	5.0
Недревесная продукция – ягоды, ц/год	7.5	0.4	5.3	50	2.5	5.0	54	2.7	5.0	200	6	3.0
Продукция природных пастбищ, т/год	31986	890	2.8	23736	513	2.2	20365	1383	6.8	85297	374	0.4
Охотничья продукция (копытные), голов/год	204	181	88.7	118	102	86.4	75	75	100.0	7	7	100.0
Баланс углерода в наземных экосистемах, тыс. тС/год	330.6	н.д.	...	211.9	н.д.	...	567.1	н.д.	...	1706.3	н.д.	...
Хранение углерода в фитомассе и почве, тыс. тС	75540	н.д.	...	15982	н.д.	...	62078	н.д.	...	873214	н.д.	...
Очистка воздуха от SO_2, NO_x, CO, т/год	649	649	100.0	102	102	100.0	129	129	100.0	281	281	100.0
Очистка воздуха от твердых частиц, т/год	276	276	100.0	99	97	98.0	80	65	81.3	442	442	100.0
Предотвращение эрозии, т/га/год	25.87	25.9	100.0	0.96	0.96	100.0	0.29	0.29	100.0	11.69	11.69	100.0
Обеспечение объема стока наземными экосистемами, м^3/год	2971	3511	118.2	1048	194	18.5	531	690	129.9	54337	32487	59.8
Площадь, используемая для отдыха выходного дня, га	188243	н.д.	...	124924	н.д.	...	40790	н.д.	...	214611	н.д.	...

ной отчетности. О резком сокращении использования недревесной продукции леса говорили респонденты в Елизовском районе, где отрасль заготовительной кооперации фактически исчезла с 1990-х годов.

Средорегулирующие услуги. Расчет как предоставленного, так и используемого объемов средорегулирующих услуг, в отличие от продукционных, невозможен посредством прямого использования показателей. В данной работе специально не разрабатывались методы оценки хранения и регулирования углерода, мы использовали подходы, изложенные в (Экосистемные ..., 2016). Однако в условиях приоритетов низкоуглеродного развития страны расчет этих услуг приобретает особое значение. Достаточно сказать, что зарастающие и неиспользуемые пашни хранят огромное количество углерода, который при вспашке будет высвобождаться, то есть в данном случае "неэффективная" земля оказывается важным источником дорогостоящей экосистемой услуги.

Оценка услуги регулирования стока свидетельствует, что ее использование происходит не только внутри районов, но и за его пределами, что подчеркивает межрегиональный масштаб этой услуги. Так, из табл. 3 видно, что залесенный Кизнерский район обеспечивает услугой обеспечения стока распаханные территории, лежащие ниже по гидрографической сети в других субъектах РФ. Из четырех рассмотренных районов два могут быть отнесены к многоводным – Елизовский и Майкопский, и они же имеют наибольшие показатели абсолютного водозабора вследствие относительно высокой доли урбанизированных и застроенных территорий. Однако в Майкопском районе, с учетом его климатических особенностей, эта услуга уже дефицитна.

С методической точки зрения следует также иметь в виду, что ежегодный объем стока, формируемый на гектаре площади, может только условно сравниваться с показателями "валового" водозабора. С одной стороны, не вся площадь региона реально способна формировать сток, с другой – показатели модуля стока по району дают вообще очень приближенную величину такой способности.

Услуга предотвращения эрозии в максимальной степени используется в районах с высокой степенью распашки, в то время как в районах, большая площадь которых покрыта природными экосистемами, эта услуга имеет в основном потенциальный характер.

Рекреационные услуги. В двух из четырех районах – Майкопском и Елизовском – развитие рекреации и туризма – один из приоритетных векторов развития территорий. Предоставленный экосистемами объем рекреационных услуг может быть рассчитан на основе данных о рекреационной емкости различных типов экосистем, то есть показателей предельного числа (плотности) отдыхающих, при которых еще не происходит деградация экосистем и биоразнообразия. В настоящее время такие данные для всего набора типов экосистем отсутствуют. Имеющаяся в открытом доступе информация позволяет провести расчет предлагаемого объема рекреационной услуги – возможности для отдыха выходного дня – только в очень предварительном виде на основе полевых данных о предпочтительных местах отдыха местного населения. В нашем расчете использовались данные о рекреационной емкости буферных зон населенных пунктов, однако они требуют уточнения в зависимости от ситуации в конкретном муниципальном районе.

В каждом из рассмотренных районов сложилась специфичная ситуация. В Кизнерском районе отдых на природе связан либо с отдыхом у реки (в юго-западной части района протекает р. Вятка и там расположена основная рекреационная зона), либо со сбором грибов и ягод, часто совмещенным с отдыхом на приусадебных участках. В Майкопском районе, активно развивающем сферу туризма и рекреации, строится много новых баз отдыха и отелей (средняя продолжительность отдыха – 5 дней), а общий туристический поток составляет, по оценкам специалистов по туризму, не менее 200 тыс. отдыхающих в год. Бобровский район по структуре рекреации близок к Кизнерскому. За природную территорию, способную выполнять рекреационные функции выходного дня, был принят крупнейший лесной массив района (в Бобровском районе – Хреновский лес, который на данный момент еще не обладает статусом ООПТ). В Елизовском районе площадь для рекреации на природе значительно ограничена орографией местности и транспортной доступностью, а, соответственно, привязана к определенным местам, любимыми как туристами из других регионов, так и местными жителями.

В Кизнерском и Майкопском районах для всех населенных пунктов, кроме районного центра, были построены буфера 5 км – как расстояние пешей доступности для сбора дикоросов, дневных прогулок, рыбалки и т.п. Буфера строились вокруг административных границ поселений, полученных из слоя Open Street Map, и использовались для определения лесной площади по растровому изображению древесной растительности. Для наиболее крупных городов в этих районах – Майкопа и Кизнера – был взят буфер 20 км, как автомобильная получасовая доступность к наиболее удаленным от пригорода природным территориям. Для Елизовского района была рассчитана площадь, примыкающая к наиболее привлекательным и посещаемым природным объектам региона (как правило, ООПТ регионального статуса). Однако применение таких подходов не дает достоверной информации о реально используе-

мом объеме предлагаемых для рекреации площадей, а, напротив, способствует впечатлению о безграничности рекреационных ресурсов районов, что лишь подтверждает необходимость индивидуального подхода в каждом из рассмотренных случаев.

В связи с некорректностью сравнения данных по площадям и численности туристов и рекреантов, соотношение предлагаемого и используемого объема не рассчитывалось. В то же время данные полевых наблюдений свидетельствуют о крайне сложной ситуации с рекреационным обустройством традиционных туристических мест в Майкопском и Елизовском районах и необходимости более детальных исследований в этих районах.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в ходе исследования результаты дают повод для обсуждения трех важных аспектов интеграции оценки экосистемных услуг в систему стратегического и территориального планирования. Первый из них касается собственно алгоритма (в том числе и методики) расчета показателей экосистемных услуг и принципиальной возможности его применения. Проведенный нами предварительный расчет для каждого из рассмотренных районов представлял собой отдельную трудоемкую исследовательскую задачу, реализация такого подхода для каждого из более чем 1600 муниципальных районов страны невозможна. В то же время уже достаточно хорошо разработаны типовые инструменты, позволяющие автоматизировать оценку экосистемных услуг. Среди тех, которые рекомендуются для широкого использования, – ESR[9], Benefit Transfer and Use Estimating Model Toolkit[10], Co$ting Nature[11] (Bagstad et al., 2013).

Однако важное условие их применения – наличие открытых, адекватных и часто обновляемых данных о типах экосистем, что уже может быть реализовано на основе имеющихся результатов научных исследований (Барталев и др., 2016; Егоров и др., 2018). В этом случае может быть использован упрощенный способ оценки объемов экосистемных услуг на муниципальном уровне на основе пересчета показателей экосистемных услуг из федеральной базы данных в соответствии с площадью природных экосистем в муниципальном районе. Однако вопрос информационной обеспеченности данными о состоянии и разнообразии экосистем можно назвать одним из основных на пути внедрения алгоритмов оценки экосистемных услуг. По мере снижения уровня рассмотрения (от федерального до муниципального) и детализации оценки возрастает необходимость индивидуализации подходов к типологии экосистем в зависимости от природных особенностей соответствующих регионов.

Второй вопрос для обсуждения – необходимо ли вообще применять концепцию экосистемных услуг для целей стратегического и территориального планирования. В целом ряде исследований, посвященных использованию знаний об экосистемных услугах, делается вывод о том, что прямое использование концепции или подхода в поддержку принятия решений ограничено (Saarikoski et al., 2018). Turnpenny с соавторами (Turnpenny et al., 2014) отмечают, что использование знаний об экосистемных услугах в процессе принятия решений требует понимания барьеров и стимулирующих факторов, действующих на различных уровнях внутри ведомств и уровней власти. Без этого концепция, даже будучи принятой в научном сообществе, может быть слабо применимой в практике управления.

Мы полагаем, что в условиях “позеленения” экономики переход к учету ценности экосистемных услуг неизбежен, однако их расчет не может быть единственным и универсальным инструментом для стимулирования или ограничения тех или иных видов экономической активности в регионах страны. Преждевременность абсолютизации результатов этого расчета определяется прежде всего тем, что наиболее обеспеченными с точки зрения информации и алгоритмов в России сейчас являются продукционные услуги. В то же время, как показали наши исследования, наиболее значимы для человека регулирующие услуги, и именно их оценка и сохранение должны рассматриваться как приоритетная задача экологического развития районов.

Третий важный вопрос – какова должна быть глубина внедрения оценки экосистемных услуг в систему стратегического и территориального планирования. Наши результаты показывают, что расчет показателей экосистемных услуг при принятии управленческих решений о реализации проектов территориального развития безусловно необходим прежде всего в районах с высоким биологическим разнообразием и высокой природоохранной ценностью экосистем. В этих случаях оценка всего спектра экосистемных услуг, наряду с оценкой биоразнообразия, является необходимым условием для разработки планов регионального развития, обеспечивающих сохранение ценных природных комплексов. Таковыми в нашем исследовании, без сомнения, были Майкопский и Елизовский районы, не только включающие в свой состав ООПТ международного статуса, но и характеризующиеся бурным развитием рекреации и туризма. Дополнительным показанием к такой рекомендации можно назвать и неразрабо-

[9] World Resources Institute (WRI), 2012. http://www.wri.org/.
[10] United States Geological Survey, 2008. https://sciencebase.usgs.gov/benefit-transfer/.
[11] Costing nature. http://www.policysupport.org/costingnature.

танность алгоритмов оценки рекреационных услуг экосистем. В соответствии со Стратегией развития туризма в России важным инструментом развития туристских территорий является создание мастер-планов, в том числе с расчетом экологической емкости экосистем, которая, по сути, является аналогом предлагаемого объем рекреационных услуг (Климанова и др., 2021).

Затронув вопрос о значительной доле ООПТ высокого статуса (в обоих районах расположены полностью или частично участки объектов Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО), отметим, что оценка разнообразия экосистем, степени их редкости и значения для сохранения биологического разнообразия внутри района и соответствующего региона является ключевым компонентом оценки биологического разнообразия, которая должна проводиться наряду с оценкой экосистемных услуг. Рассмотрение этого вопроса находится за рамками данной публикации, однако важность одновременного учета как экосистемных услуг, так и биоразнообразия необходимо подчеркнуть, поскольку биоразнообразие является структурной основой экосистемного функционирования и выполнения экосистемных услуг.

ВЫВОДЫ

Оценка экосистемных услуг наряду с ландшафтным планированием – перспективный инструмент учета и сохранения биоразнообразия в стратегическом и территориальном планировании. В настоящее время главную сложность на пути оценки экосистемных услуг на муниципальном уровне составляет крайне низкая обеспеченность исходными данными о биологическом разнообразии и состоянии экосистем, а их картографирование представляет собой первый этап процедуры оценки. Эта информация крайне необходима для принятия любых решений в области территориального планирования в контексте сохранения биологического разнообразия.

Важный аспект оценки – межмуниципальный характер отдельных видов услуг и потоки экосистемных услуг между районами. В данном исследовании лишь намечены отдельные аспекты такой оценки, в частности, в отношении услуги формирования стока. Показано, что районы, сохранившие в значительной степени неосвоенные речные бассейны водотоков первых порядков, оказывают услуги формирования стока для районов, расположенных ниже по течению на более крупных реках. Это важно учитывать для рекреационных услуг, где многие привлекательные районы являются донорами для более урбанизированных, причем необязательно соседних районов.

Проведенное исследование показало, что при оценке экосистемных услуг на муниципальном уровне прямое использование показателей возможно только для продукционных услуг. Средорегулирующие и рекреационные услуги могут быть оценены только на основе подробных цифровых карт растительности и методов ГИС-моделирования. Подобная ситуация требует от лиц, принимающих решения, высокого уровня компетенции, поэтому приоритетная оценка продукционных или рекреационных услуг, которые дают прямую и быструю прибыль от их использования, и исключение, даже частичное, регулирующих услуг из оценки недопустимо. Это ведет к смещению оценок и принятию неверных хозяйственных решений, которое могут привести к деградации экосистем и утрате экосистемных активов.

Характер и порядок интеграции ценности экосистемных услуг в систему стратегического и территориального планирования в значительной степени определяется уровнем управления. На региональном уровне стоимостная и физическая оценка экосистемных услуг возможна уже сейчас. На муниципальном уровне оценка экосистемных услуг, наряду с оценкой биоразнообразия, необходима прежде всего при реализации проектов территориального развития в районах с высоким уровнем биологического разнообразия и международным или федеральным природоохранным статусом территории.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Часть исследований выполнена в рамках ГЗ “Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды” кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

FUNDING

Part of the research was carried out within the framework of the State Program “Analysis of regional environmental problems in the context of global environmental changes” of the Chair of World Physical Geography and Environmental Studies, Faculty of Geography, Moscow State University.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность администрациям пилотных регионов, оказавшим содействие в проведении интервью и обеспечении информацией.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to the administrations of Kiznersky, Elizovsky, and Maikopsky districts who

assisted in conducting interviews and providing information.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.

Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. М.: Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. 72 с.

Большаков Б.М. Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса: Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (Кострома, 10–11 сентября, 2014 г.). Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. С. 7–11.

Егоров В.А., Барталев С.А., Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А. Карта растительного покрова России, полученная по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 282–286.

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А., Землянский Д.Ю. Концепция экологической емкости: современное содержание и алгоритм оценки для разных типов туристских территорий // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Науки о Земле. 2021. Т. 66. № 4. https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.409

Национальный атлас России. М., 2007. Т. 2. С. 331.

Радченко Л.М. Оценка состояния растительности: луга и тундры. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 86 с.

Солдатова И.Э., Солдатов Э.Д., Хаирбеков С.У. Состояние и рациональное использование горных лугопастбищных угодий Северного Кавказа // Горное сельское хозяйство. 2017. № 3. С. 44–49.

Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.

Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 1. Услуги наземных экосистем / ред.-сост. Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолодчиков. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.

Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 2. Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы учета в Российской Федерации / сост. Е.Н. Букварёва / ред. Е.Н. Букварева, Т.В. Свиридова. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2020. 220 с.

Bagstad K.J., Semmens D.J., Waage S., Winthrop R. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation // Ecosys. Services. 2013. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.004

Bateman I.J., Harwood A.R., Mace G.M. et al. Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom // Science. 2013. Vol. 341 (6141). P. 45–50. https://doi.org/10.1126/science.1234379

Bouwma I., Schleyer C., Primmer E. et al. Adoption of the ecosystem services concept in EU policies // Ecosys. Services. 2018. Vol. 29. P. 213–222.

Braat L.C., de Groot R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy // Ecosys. Services. 2012. Vol. 1 (1). P. 4–15.

Bukvareva E., Zamolodchikov D., Kraev G. et al. Supplied, demanded and consumed ecosystem services: Prospects for national assessment in Russia // Ecol. Indicators. 2017. Vol. 78. P. 351–360. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.034

Bukvareva E., Zamolodchikov D., Grunewald K. National assessment of ecosystem services in Russia: Methodology and main problems // Sci. of the Total Environ. 2019. Vol. 655. P. 1181–1196. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.286

Bukvareva E.N., Grunewald K., Bobylev S. et al. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report // Ambio. 2015. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0674-4

Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets // Ecol. Indicators. 2012. Vol. 21. P. 17–29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019

Daily G.C., Polasky S., Goldstein J. et al. Ecosystem services in decision making: Time to deliver // Frontiers in Ecol. and the Environ. 2009. https://doi.org/10.1890/080025

De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making // Ecol. Complexity. 2010. Vol. 7. P. 260–272.

Egoh B., Reyers B., Rouget M. et al. Mapping ecosystem services for planning and management // Agriculture, Ecosys. and Environ. 2008. Vol. 127. P. 135–140. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.013

Farber S.C., Costanza R., Wilson M.A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services // Ecol. Econ. 2002. Vol. 41. P. 375–392. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5

Frank S., Fürst C., Koschke L., Makeschin F. A contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics // Ecol. Indicators. 2012. Vol. 21. P. 30–38. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.027

Haines-Young R., Potschin M.B. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure, 2018.

Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change // Science. 2013. Vol. 342. № 6160. P. 850–853.

IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services / E.S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, H.T. Ngo (Eds.). Bonn: IPBES, 2019. 300 p.

Maes J., Egoh B., Willemen L. et al. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union // Ecosys. Services. 2012. Vol. 201. № 21. P. 31–39. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004

Malinga R., Gordon L.J., Jewitt G., Lindborg R. Mapping ecosystem services across scales and continents // Ecosys. Services. 2015. Vol. 13. P. 57–63. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.006

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC: Island Press, 2005. 137 p.

Nowak D.J. Hirabayashi S., Doyle M. et al. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health // Urban Forestry & Urban Greening. 2018. Vol. 29. P. 40–48.

Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (RUSLE2) (for the model with release date of May 20, 2008) Science Documentation. USDA-Agricultural Research Service. Washington, D.C., 2013. 330 p.

Saarikoski H., Primmer E., Saarela S.R. et al. Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice // Ecosys. Services. 2018. Vol. 29. P. 579–598. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.019

Sherrouse B.C., Clement J.M., Semmens D.J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services // Applied Geogr. 2011. Vol. 31. P. 748–760. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.002

Spangenberg J.H., Settele J. Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services // Ecol. Complexity. 2010. Vol. 7. P. 327–337. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.007

Syrbe R-U., Schorcht M., Grunewald K., Meinel G. Indicators for a nationwide monitoring of ecosystem services in Germany exemplified by the mitigation of soil erosion by water // Ecol. Indicators. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.035

TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. London: Earthscan, 2010.

Turnpenny J., Russel D., Jordan A. The challenge of embedding an ecosystem services approach: patterns of knowledge utilisation in public policy appraisal // Environ. Plan. C: Government Policy. 2014. Vol. 32 (2). P. 247–262.

Verhagen W., Verburg P., Schulp N., Stürck J. Mapping ecosystem services. In J. Bouma & P. Ecosystem Services: From Concept to Practice / Van Beukering (Ed.). Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2015. P. 65–86. https://doi.org/10.1017/CBO9781107477612.006

Vrebos D., Staes J., Vandenbroucke T. et al. Mapping ecosystem service flows with land cover scoring maps for data-scarce regions // Ecosys. Services. 2015. Vol. 13. P. 28–40. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.005

Assessment of Ecosystem Services at the Municipal Level and Its Possible Integration into Spatial Planning

O. A. Klimanova[1, *], E. N. Bukvareva[2], O. A. Illarionova[1], and E. Yu. Kolbowsky[1]

[1] *Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

[2] *Biodiversity Conservation Center, Moscow, Russia*

**e-mail: klimanova@geogr.msu.ru*

Within the framework of the TEEB-Russia project methodological approaches have already been developed and, partly, an information base has been created for assessing ecosystem services at the Russian federal subjects' level, but the large federal subjects' area and their geographical heterogeneity determine the need for such work at the municipal level. The article discusses the methodology and results of the assessment of ecosystem services on the example of 4 rural municipal districts with different natural conditions and types of economy (Kiznersky district of the Udmurt Republic, Yelizovsky district of Kamchatka krai, Maykopsky district of the Republic of Adygea, and Bobrovsky district of Voronezh oblast). The evaluation algorithm is focused on the use of publicly available geospatial data, open thematic data, municipal statistics, as well as literary and stock data. The evaluation procedure includes: (1) analysis and mapping of the main types of ecosystems; (2) calculation of the proposed (potential) volume of productive, environmental and recreational services in natural science indicators; (3) calculation of the volume of these services used (depends on the population and consumption pattern); (4) analysis of the relationship between them. The low exploitation rate of certain types of production services was noted in all districts, however, the reasons for this situation are different in each of them, and a number of services require adjustment of the calculation methodology. In terms of the volume of runoff accumulation services by terrestrial ecosystems, the maximum indicators were noted in the Yelizovsky and Maykopsky districts, however, signs of its deficiency have already been noted in the latter. The calculation of the volume of recreational services used can be unified to the least extent and cannot be carried out with the existing information base for each municipal district. Based on the results of the work, methodological difficulties were identified in the transition from the regional level of calculation to the municipal level of calculation, difficulties and prospects for integrating the value of ecosystem services into strategic and territorial planning documents were identified, priorities for assessing ecosystem services for different types of territories were proposed.

Keywords: ecosystem services, supplied volume, consumed volume, assessment, planning, region, municipal district

REFERENCES

Bagstad K.J., Semmens D.J., Winthrop R. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosyst. Serv.*, 2013, vol. 5, pp. 27–39. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.004

Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Hvostikov S.A., Shabanov N.V. *Sputnikovoe kartografirovanie rastitel'nogo pokrova Rossii* [Remote Sensing Mapping of Vegetation Cover of Russia]. Moscow: IKI RAN, 2016. 208 p.

Bateman I.J., Harwood A.R., Termansen M. Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom. *Sci.*, 2013, vol. 341, pp. 45–50. https://doi.org/10.1126/science.1234379

Bobylev C.H., Zakharov V.M. *Ekosistemnye uslugi i ekonomika* [Ecosystem Services and Economy]. Moscow: Inst. Ustoichivogo Razvitiya. Tsentr Ekol. Politiki Rossii, 2009. 72 p.

Bol'shakov B.M. Status and prospects for the use of non-timber forest resources. In *Sb. statei Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Kostroma, 10–11 sentyabrya 2014* [Proc. Int. Sci. Conf., Kostroma, September 10–11, 2014]. Pushkino: VNIILM, 2014, pp. 7–11. (In Russ.).

Bouwma I., Schleyer C., Primmer E., Winkler K.J., Berry P., Young J., Carmen E., Špulerová J., Bezák P., Preda E., Vadineanui A. Adoption of the ecosystem services concept in EU policies. *Ecosyst. Serv.*, 2018, vol. 29, pp. 213–222.

Braat L.C., de Groot R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosyst. Serv.*, 2012, vol. 1, no. 1, pp. 4–15.

Bukvareva E., Zamolodchikov D., Narykov A. Supplied, demanded and consumed ecosystem services: Prospects for national assessment in Russia. *Ecol. Indicators*, 2017, vol. 78, pp. 351–360. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.034

Bukvareva E., Zamolodchikov D., Grunewald K. National assessment of ecosystem services in Russia: Methodology and main problems. *Sci. Total Env.*, 2019, vol. 655, pp. 1181–1196. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.286

Bukvareva E.N., Grunewald K., Bastian O. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report. *Ambio*, 2015, vol. 44, no. 6, pp. 491–507. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0674-4

Burkhard B., Kroll F., Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol. Indicators*, 2012, vol. 21, pp. 17–29. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019

Daily G.C., Polasky S., Shallenberger R. Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Front. Ecol. Environ.*, 2009, vol. 105, no. 28, pp. 9455–9456. https://doi.org/10.1890/080025

De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complexity*, 2010, vol. 7, pp. 260–272.

Egoh B., Reyers B., van Jaarsveld A.S. Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosyst. Environ.*, 2008, vol. 127, pp. 135–140. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.013

Egorov V.A., Bartalev S.A., Kolbudaev P.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A. Vegetation map of Russia obtained from the data of the Proba-V satellite system. *Sovremennye Probl. Distantsionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 282–286. (In Russ.).

Ekosistemnye uslugi Rossii: Prototip natsional'nogo doklada [Ecosystem Services of Russia: Prototype of National Report]. Vol. 1: *Uslugi nazemnykh ekosistem* [Terrestrial Ecosystems Services]. Bukvaryova D.G., Zamolodchikov E.N., Eds. Moscow: Tsentr Okhrany Dikoi Prirody, 2016. 148 p.

Ekosistemnye uslugi Rossii: Prototip natsional'nogo doklada [Ecosystem Services of Russia: Prototype of National Report]. Vol. 2: *Bioraznoobrazie i ekosistemnye uslugi: printsipy ucheta v Rossiiskoi Federatsii* [Biodiversity and Ecosystem Services: Accounting Principles in Russia]. Bukvareva E.N., Sviridova T.V., Eds. Moscow: Tsentr Okhrany Dikoi Prirody, 2020. 220 p.

Farber S.C., Costanza R., Wilson M.A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecol. Econ.*, 2002, vol. 41, pp. 375–392. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5

Frank S., Fürst C., Makeschin F.A. Contribution towards a transfer of the ecosystem service concept to landscape planning using landscape metrics. *Ecol. Indicators*, 2012, vol. 21, pp. 30–38. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.027

Haines-Young R., Potschin M.B. *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham: Centre for Environmental Management, 2018.

Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science, 2013, vol. 342, no. 6160, pp. 850–853.

IPBES. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Brondizio E.S., Settele J., Díaz S., Ngo H.T., Eds. Bonn: IPBES, 2019. 300 p.

Klimanova O.A., Kolbovskii E.Yu., Illarionova O.A., Zemlyanskii D.Yu. The concept of ecological capacity: the modern idea and algorithm of touristic territories assessment. *Vestn. SPbGU. Nauki o Zemle*, 2021, vol. 66, no. 4, pp. 806–830. (In Russ.). https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.409

Maes J., Egoh B., Bidoglio G. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosyst. Serv.*, 2012, vol. 201, no. 21, pp. 31–39. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004

Malinga R., Gordon L.J., Lindborg R. Mapping ecosystem services across scales and continents–A review. *Ecosyst. Serv.*, 2015, vol. 13, pp. 57–63. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.006

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington DC, US: Island Press, 2005. 137 p.

Natsional'nyi atlas Rossii [National Atlas of Russia]. Moscow: Roskartografia, 2007. 331 p.

Nowak D.J., Hirabayashi S., Doyle M. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban For. Urban Green.*, 2018, vol. 29, pp. 40–48.

Revised Universal Soil Loss Equation. Version 2 (RUSLE2) (for the model with release date of May 20, 2008) Science Documentation. Washington DC, US: USDA-Agricultural Research Service, 2013. 330 p.

Radchenko L.M. *Otsenka sostoyaniya rastitel'nosti: luga i tundry* [Vegetation assessment: meadows and tundra]. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. Univ., 2016. 86 p.

Soldatova I.E., Soldatov E.D., Hairbekov S.U. State and rational use of mountain meadows-pasture lands of the North Caucasu. *Gornoe sel'skoe khozyaistvo*, 2017, no. 3, pp. 44–49.

Saarikoski H., Primmer E., Young J. Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice. *Ecosyst. Serv.*, 2018, vol. 29, pp. 579–598. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.019

Sherrouse B.C., Clement J.M., Semmens D.J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. *Appl. Geogr.,* 2011, vol. 31, pp. 748–760. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.002

Spangenberg J.H., Settele J. Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. *Ecol. Complexity*, 2010, vol. 7, pp. 327–337. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.007

Syrbe R.-U., Schorcht M., Grunewald K., Meinel G. Indicators for a nationwide monitoring of ecosystem services in Germany exemplified by the mitigation of soil erosion by water // Ecol. Indicators. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.035

Kumar P. *TEEB: Foundations, The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. London, UK: Earthscan, 2012. 456 p.

D'yakonov K.N., Khoroshev A.V. *Teoriya i metodologiya landshaftnogo planirovaniya* [Theory and Methodology of Landscape Planning]. Moscow: KMK Publ., 2019. 444 p.

Tishkov A.A. *Biosfernye funktsii prirodnykh ekosistem Rossii* [Biosphere Functions of the Natural Ecosystems of Russia]. Moscow: Nauka Publ., 2005. 309 p.

Turnpenny J., Russel D., Jordan A. The challenge of embedding an ecosystem services approach: patterns of knowledge utilisation in public policy appraisal. *Environ. Plann. C*: *Government Policy*, 2014, vol. 32, no. 2, pp. 247–262.

Verhagen W., Verburg P., Schulp N., Stürck, J. Mapping ecosystem services. In *Ecosystem Services: From Concept to Practice*. Bouma J., Van Beukering P., Eds. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2015, pp. 65–86. https://doi.org/10.1017/CBO9781107477612.006

Vrebos D., Staes J., Meire P. Mapping ecosystem service flows with land cover scoring maps for data-scarce regions. *Ecosyst. Serv.*, 2015, vol. 13, pp. 28–40. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.005