

УДК 711.4:502

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНО-ЗЕЛЕННОГО КАРКАСА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А.С. Вильке

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСИС», Старый Оскол,
email: Viliana17.05@gmail.com

Аннотация. Данное исследование направлено на реализацию экологически ориентированной политики и оценку экосистемных услуг. Предложена методика оценки экосистемных услуг водно-зеленого городского каркаса посредством их идентификации. Регулирующие экосистемные услуги, функции которых распространяются на регуляцию климата, водного стока, биологическую очистку вод, регулирование криогенных процессов, заболеваний, контроль численности биологического разнообразия, другими словами, формирование и поддержание условий среды, благоприятных для жизни человека и развития экономики, имеют огромное значение. На некоторые функции этой категории экосистемных услуг, которые можно монетизировать, в зарубежной и отечественной практике нарабатан опыт, который позволяет осуществить их стоимостную оценку по укрупненным показателям.

Ключевые слова: устойчивое развитие городов, водно-зеленый каркас города, экосистемные услуги.

ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES OF THE WATER-GREEN FRAMEWORK: PROBLEMS AND SOLUTIONS

A.S. Wilke

A.A. Ugarov Stary Oskol Technological Institute (branch) of NUST "MISIS", Stary Oskol,
e-mail: Viliana17.05@gmail.com

Abstract. This study aims to implement environmentally-oriented policy and increase ecosystem services. A methodology for assessing ecosystem services of the water-green urban framework through their identification is proposed. Regulatory ecosystem services, whose functions extend to the regulation of climate, water flow, biological water purification, regulation of cryogenic processes, diseases, control of the number of biological diversity, in other words, the formation and maintenance of environmental conditions favorable for human life and economic development, are of great importance. In foreign and domestic practice, there is experience in monetizing certain functions of this category of ecosystem services, which allows for their value assessment based on aggregated indicators.

Keywords: sustainable urban development, water and green urban framework, ecosystem services.

Дата поступления статьи в редакцию: 13.06.2026

Дата принятия статьи в печать: 07.08.2026

Введение

Реализация экологически ориентированной политики и инвестиции в сохранение и увеличение экосистемных услуг (ЭУ) в России способны приносить широкий спектр выгод по различным направлениям: сохранение здоровья населения, улучшение качества жизни и городской среды, климатические эффекты и прочие положительные внешние эффекты (экстерналии) [1]. На современном этапе в Российской Федерации экосистемные услуги так называемой «зеленой инфраструктуры» не оцениваются, хотя доходы от реализации функций весьма существенны. Как справедливо отмечает О. Е. Медведева, «затраты на создание городской зеленой инфраструктуры признаются некупаемыми на уровне городского управления в отличие от девелоперов. Они закладываются в городские бюджеты как расходы, что не «продвигает» идею создания ВЗГК» [2].

Функции экосистемных услуг вытекают из категорий, которые были озвучены в докладе ООН еще в 2005 году, к ним отнесли обеспечивающие, регулирующие, культурные и поддерживающие услуги [3]. Р. де Грут и его соавторы также выделяют также четыре группы функций и соответствующие им услуги: регулирующие, продукционные, информационные и местообитания [4].

В российской практике предлагается использовать и более укрупненную группировку категорий. Так, Т. В. Тихонова предлагает экосистемные услуги объединить в три группы: обеспечивающие/продукционные, регулирующие/средообразующие и культурные/информационные и рекреационные.

Насколько целесообразно убирать из перечня услуг поддерживающую группу экосистемных услуг, вопрос весьма спорный, ведь почвообразование, фотосинтез и круговорот питательных веществ, которые входят в эту категорию эко-услуг, ничем заменить невозможно. Поэтому, на наш взгляд, эта категория обязательна для учета значимости экологических услуг. Другое дело, что экономически оценить эту категорию очень сложно. В соответствии с решением ТЕЕВ поддерживающая категория услуг непосредственно не оценивается, так как рассматривается в качестве необходимого условия производства всех остальных услуг [5]. Как отмечает академик С. Н. Бобылев, «полная оценка экосистемных услуг является сложнейшей методологической, методической и практической задачей для всего мира» [6].

Тем не менее, вопросы создания механизмов и диверсифицированных источников финансирования через разработку стоимостной оценки экосистемных услуг, оказываемых градостроительным каркасом, в том числе и для обоснованных градостроительных решений давно назрели и требуют ответа [7].

Цель исследования

Исследование посвящено разработке методики оценки регулирующих экосистемных услуг водно-зеленого городского каркаса посредством их идентификации и монетизации, применение которой позволит осуществить их стоимостную оценку по укрупненным показателям.

Материал и методы исследования

В основу исследования положены теоретические и аналитические исследования зарубежных и российских ученых в области изучения и оценки экосистемных услуг. Вследствие того, что из всех видов экосистемных услуг монетизировать в текущее время возможно лишь часть регулирующих услуг, оказываемых природой, в методику включены именно они. Выбор методов оценки обусловлен тем, что продолжительность времени оказания экосистемных услуг многолетними зелеными насаждениями и водными объектами весьма велика и может быть измерена сроком жизни основных пород деревьев, используемых в зеленых каркасах городов, то есть более полусотни лет. Поэтому основным методом оценки экосистемных услуг является метод капитализации, предусматривающий равномерный поток доходов продолжительный период времени. В работе используется также метод переноса выгод.

Результаты исследования

Официально концепция экосистемных услуг в качестве конструкции устойчивости стала применяться на рубеже веков в 1997 году с подачи Р. Констанцы, которая с соавторами впервые определила экономическую ценность глобальных экосистемных услуг [8]. Деградация экосистем и соответственно снижение стоимости экосистемных услуг за первое десятилетие XXI в., отмеченное специалистами, способствовало переходу от исследования влияния отдельных элементов окружающей природной среды к комплексному подходу, предполагающему изучение единой экосистемы. Как отмечалось на Саммите ООН по устойчивому развитию: «Будущее, которого мы хотим», задача сохранения потоков экосистемных услуг сегодня рассматривается как базовая в концепции «зеленого» роста в интересах устойчивого развития [9]. По данным американских исследователей, экономические выгоды, создаваемые экосистемными услугами, которые можно монетизировать, «приводят к снижению эксплуатационных расходов в сфере недвижимости на 8-9 %, увеличению загрузки коммерческих помещений на 3,5 %, повышению арендной платы за недвижимость на 3 %, увеличению отдачи на инвестиции на 6,6 % и увеличению рыночной стоимости недвижимости на 7-30 %. К нефинансовым выгодам, генерируемым ЭУ, относится улучшение качества среды проживания, снижение заболеваемости населения и т. д. [10].

Как и к большинству услуг к экосистемным услугам можно применить различные виды оценки в зависимости от целей их использования. Учитывая, что исследования в данной работе проводятся в рамках социо-эколого-экономической системы муниципального образо-

вания вполне закономерно рассмотреть такие виды оценки как социальную, экологическую и экономическую. Социальная оценка будет отражать мнение населения относительно решения экологических проблем, решаемых на данной территории, поэтому такая оценка только опосредованно может оценить экосистемные услуги. Экологическая оценка как правило отражается через систему индикаторов, характеризующих состояние местных экосистем и их возможности осуществлять соответствующие функции.

Экономическая оценка, которая в рыночных отношениях является наиболее универсальным критерием для принятия управленческих решений, связанных в том числе и с выбором вариантов природопользования. При этом выбор часто направлен только на достижение экономических целей, далеких от повышения устойчивости территории. Поэтому особенно важно при принятии управленческих решений учитывать стоимость экосистемных услуг, которые в настоящее время практически не оцениваются. Как справедливо отмечает Д. Е. Конюшков, экосистемные «услуги - не бесплатны, имеют свою цену, которую необходимо учитывать в планировании хозяйственной деятельности для обеспечения устойчивого развития современного общества» [11].



Рис. 1. Выбор показателей и методов оценки экосистемных услуг

Методика оценки экосистемных услуг водно-зеленого городского каркаса включает, прежде всего, идентификацию указанных услуг. Беря за основу группировку категорий, представленных в докладе ООН, в которой выделены обеспечивающие, регулирующие, культурные и поддерживающие услуги, можно рассматривать три последних категории. Обеспечивающие услуги в рамках искусственно созданных насаждений, направленных, в основном, на создание зон отдыха горожан, не будут реализовываться, так как предполагают производство биомассы, деловой древесины, корма для скота и другой продукции леса и других наземных экосистем.

Поддерживающую категорию услуг, которая в соответствии с решением ТЕЕВ непосредственно не оценивается и рассматривается как необходимое условие производства всех остальных экосистемных услуг, в данном исследовании также не будет подвергаться экономической оценке, во-первых, в связи с относительно небольшими площадями и искусственным происхождением, во-вторых, отсутствием методик расчета эко-услуг этой категории.

Культурные экосистемные услуги, под которыми чаще всего понимается эстетическое, познавательное, культурное и духовное значение красивых пейзажей, разнообразных ландшафтов, водоемов, а также полезная для человека информация и другие нематериальные блага к текущему моменту не имеют стоимостной оценки. Если рассматривать культурные услуги более широко и включать в них отдых горожан, можно хотя бы частично через объемы продаж в торговых точках и кафе, размещенных на площадках водно-зеленого каркаса оценить стоимость этой категории услуг.

В экономике природопользования часто используют суррогатные оценки, которые основаны на учете косвенных показателей и замещающих параметров. Этот подход называют методом гедонистического ценообразования, при котором культурные экосистемные услуги рассчитываются по разности в цене одинакового по качеству жилья в зависимости от района города, в котором расположен дом или квартира, от уровня чистоты окружающей среды. Так, в Москве, по расчетам О.Е. Медведевой, повышение стоимости недвижимости за счет зеленой инфраструктуры составляет 15% и почти на 30% в городах США [12].

Для городов с небольшой численностью населения пока не просматривается настолько четкой и значимой разницы в цене жилья, которая бы позволила использовать ее как один из оценочных параметров экосистемных услуг ВЗГК.

Регулирующие экосистемные услуги, функции которых распространяются на регуляцию климата, водного стока, биологическую очистку вод, регулирование криогенных процессов, заболеваний, контроль численности биологического разнообразия, другими словами, формирование и поддержание условий среды, благоприятных для жизни человека и развития экономики, имеют огромное значение. На некоторые функции этой категории экосистемных услуг, которые можно монетизировать, в зарубежной и отечественной практике наработан опыт, который позволяет осуществить их стоимостную оценку по укрупненным показателям.

Так, для поддержания качества воздуха, необходим учет углеродного следа, так как не только промышленное производство, но и люди участвуют в процессе накопления CO_2 . По статистическим данным каждый человек «производит» 18,5 тонн углекислого газа в год. В рамках доходного подхода (метод капитализации дохода) к оценке экосистемных услуг в международной практике применяется налог на углерод «Carbon taxes», который введен в странах Евросоюза некоторых других странах под названием пограничный углеродный налог. Анализ размера налога показал разброс от 2 долл./т в Японии до 83 долл./т в Финляндии в зависимости от вида и назначения топлива [13]. Для расчетов взято среднее значение 34 долл./т CO_2 . Поглощение углекислого газа в процессе фотосинтеза и выделение кислорода зелеными насаждениями в формирующихся водно-зеленых каркасах способствует росту усилий международного сообщества, направленных на адаптацию к глобальному изменению климата.

Интенсивность связывания углерода зелеными насаждениями на основе исследований различных специалистов колеблется в диапазоне от 14 до 63 т/га в год [2], поэтому для расчетов взято среднее арифметическое значение указанных интервалов 38,5 т/га в год, откуда удельный показатель составит 0,00385 т/га в год на 1 м². Капитализация годовых налоговых платежей позволит определить оценку экосистемных услуг по сокращению карбонового следа по формуле 1:

$$O_y = [(I_{\text{уд}} * C_n) * P] : R, \quad (1)$$

где: O_y — оценка экосистемных услуг по сокращению карбонового следа (поглощения углекислого газа);

$I_{\text{уд}}$ — удельный показатель интенсивности связывания углерода зелеными насаждениями - 0,00385 т/га в год на 1 м²;

C_n — средняя величина налога на углерод «Carbon taxes» - 34 долл./т CO_2 ;

P — площадь зеленых насаждений в ВЗГК;

R — коэффициент капитализации.

Величина коэффициента капитализации в расчетах — 0,01, она определена на основе известных коэффициентов капитализации, рассчитанных для основных природных зон России. Такие коэффициенты определены для зоны широколиственного леса ($R = 0,011$) и зоны степи ($R = 0,08$) [14]. Связи с тем, что Белгородская область находится в зоне лесостепи, рассчитано среднее значение между указанными показателями, которое и составило указанное значение: $R = (0,011 + 0,08) / 2 = 0,01$.

Оценку экосистемных услуг по выделению кислорода растениями и поглощения газообразных примесей 1 га почвы и растениями можно определить методом переноса выгод от экосистемных услуг. В качестве справочного нормативного материала использованы рекомендации Н. С. Краснощековой [15] по объемам поглощения примесей и выделения кислорода и данными по оценке затрат замещения функций ЭУ по очистке загрязняющих веществ [16].

По данным О.Е. Медведевой, минимальный и максимальный интервалы стоимости экосистемных услуг по поглощению пыли зелеными насаждениями на 1 га составляют от 44,1 до 77,1 млн. руб. в год [15]. В дальнейших расчетах использованы эти нормативы.

Суммарную оценку поглощения газообразных примесей пыли и выделения кислорода можно рассчитать по формуле 2:

$$O_3 = [(\sum O_i^3 + KC_{га}) * П_3] : R \quad (2)$$

где: O_3 – суммарная оценка поглощения газообразных примесей пыли и выделения кислорода;

O_i^3 – оценка поглощения газообразных примесей разными соединениями, поглощения пыли или выделения кислорода;

$KC_{га}$ – кадастровая стоимость 1 га земли;

$П_3$ – площадь зеленых насаждений в ВЗГК;

R – коэффициент капитализации.

Водоохранную роль лесонасаждений, особенно лесов, можно отразить в приросте величины осадков над территориями, засаженными деревьями благодаря увлажняющему действию лесопокрываемых территорий, и усилению турбулентности потоков воздуха, возникающими над лесопокрываемой территорией. Расчет коэффициента прироста осадков – β позволит рассчитать общий прирост осадков над территорией района ВЗГК, а его пересчет в денежную форму по стоимости воды, которую можно экономить за счет сокращения полива газонов и цветников, расположенных на территории ВЗГК, позволит монетизировать этот показатель по формуле 3:

$$O_o = [(M * Ц_в) * P] : R, \quad (3)$$

где: O_o – оценка водоохранной роли лесонасаждений;

β – коэффициент прироста осадков над территорией района ВЗГК;

$Ц_в$ – стоимость воды, используемой для полива насаждений;

M – прирост осадков за счет лесных насаждений, $м^3/га$;

R – коэффициент капитализации.

$$\beta = (Л * P) / X_{ср}, \quad M = \beta * X_{ср}, \quad (4)$$

где: $Л$ – лесистость территории, %;

P – прирост осадков на 1 % лесистости территории, мм;

$X_{ср}$ – средняя величина годовых осадков в районе, мм.

Для расчета стоимости экосистемных услуг рек и других водных объектов, входящих в ВЗГК, можно использовать метод переноса выгод, основываясь на данных исследования Д. Росси с соавторами, представленных в работе «Экономика экосистем и биоразнообразия водных ресурсов и водно-болотных угодий» [17]. Они оценивают экосистемные услуги рек и озер в интервале от 1779 до 13488 долл./га в год. Капитализация стоимости экологических услуг водных объектов с использованием данных рекомендаций позволит более полно учесть оценку ЭУ водных объектов (формула 5).

$$O_p = (C_{уд} * П_в) : R, \quad (5)$$

где: O_p – оценка экосистемных услуг рек и других водных объектов, входящих в ВЗГК;

$C_{уд}$ – удельная стоимость экосистемных услуг рек и других водных объектов (на 1 га);

$П_в$ – площадь водных объектов, входящих в ВЗГК;

R – коэффициент капитализации.

В рамках категории регулирующих экосистемных услуг удалось монетизировать (оценить) такие услуги как: сокращение карбонового следа (поглощения углекислого газа), поглощение газообразных примесей, поглощение пыли, выделение кислорода, водоохранную роль лесонасаждений, а также экосистемные услуги рек и других водных объектов.

Суммарную оценку регулирующих экосистемных услуг, которые удалось монетизировать можно рассчитать по формуле:

$$\Sigma O_p = O_y + O_3 + O_o + O_b, \quad (6)$$

где: ΣO_p – суммарная оценка регулирующих экосистемных услуг;

O_y – оценка экосистемных услуг по сокращению карбонового следа (поглощения углекислого газа);

O_3 – суммарная оценка поглощения газообразных примесей, пыли и выделения кислорода;

O_o – оценка водоохранной роли лесонасаждений;

O_b – оценка экосистемных услуг рек и других водных объектов, входящих в ВЗГК.

Заключение

Таким образом, в рамках категории регулирующих экосистемных услуг удалось монетизировать (оценить) такие услуги как сокращение карбонового следа (поглощения углекислого газа), поглощение газообразных примесей, поглощение пыли, выделение кислорода, водоохранную роль лесонасаждений и экосистемные услуги рек и других водных объектов. Предложенная методика позволит оценить экосистемные услуги, оказываемые природными объектами, включаемыми в водно-зеленый каркас, и обеспечить доходную составляющую при расчете окупаемости инвестиций, вкладываемых в создание таких каркасов.

Литература

1. Кошкина Н. Экосистемные услуги и опыт их экономических оценок: исследования идут в разных странах не одно десятилетие» // Платформа ИНФРАГРИН. [Электронный ресурс]. URL: <https://infragreen.ru/ekosistiemnyie-uslughi-i-opyt-ikh-ekonomichieskikh-otsienok-issliedovaniia-idut-v-raznykh-stranakh-nie-odno-diesiatilietii/?ysclid=mqqh9tsyl919361680> (дата обращения 23.06.2026).

2. Медведева О.Е. Экономические и правовые инструменты формирования водно-зеленого городского каркаса – ВЗГК / Доклад на четвертом итоговом семинаре для лиц, принимающих решения, в рамках первого этапа проекта «Водно-зелёный городской каркас как база для создания устойчивых и умных городов». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-disk-public%3A%2F%2FHsWdydI0BapIyK77OxGR0%2BjaPSCZS1zipkZKLorLLxH06XhEomSPYcklIRiIKSwq%2FJ6bpmRyOJonT3VoXnDag%3D%3D&name=Экономические%20и%20правовые%20инструменты%20ВЗГК.pdf&nosw=1> (дата обращения 13.06.2026).

3. United Nations Environment Programme (UNEP) (2005) Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being. Washington DC: Island Press. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (дата обращения 13.06.2026).

4. De Groot R., Brander L., Van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVitie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P., van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units // Ecosystem Services. 2012. Vol. 1. P. 50-61. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.07.005.

5. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. [Электронный ресурс]. URL: https://www.academia.edu/14081672/The_economics_of_ecosystems_and_biodiversity_mainstreaming_the_economics_of_nature_a_synthesis_of_the_approach_conclusions_and_recommendations_of_TEEB (дата обращения 13.06.2026).

6. Бобылев С.Н., Горячева А.А. Идентификация и оценка экосистемных услуг: международный контекст // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2019. № 1. С. 225-36. DOI: 10.17323/1996-7845-2019-01-13 EDN: NVZTCB.

7. Водяник А.Р. Природный каркас городов - мост из прошлого в будущее // «УПТ». 2016. № 2. DOI: 10.23683/2500-3224-2017-3-172-176 EDN: ZRMZFF.

8. Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P., van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1987. P. 253-260. DOI: 10.1038/387253a0.

9. The Future We Want // UNITED NATIONS. [Электронный ресурс]. URL: <https://sdgs.un.org/future-we-want> (дата обращения: 12.06.2026).

10. The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. // Proceedings of the Water Environment Federation. 2011. Vol. 17. P. 924-928. DOI: 10.2175/193864711802639741.
11. Конюшков Д.Е. Формирование и развитие концепции экосистемных услуг: обзор зарубежных публикаций // Бюл. Почв. ин-та. 2015. № 80. С. 26-49. EDN: UDKEQB.
12. Медведева О.Е. Экономика градо-экологического каркаса города // Общество. Доверие. Риски: Материалы Ежегодного Международного форума / Под общей редакцией И.В. Грошева. Редколлегия: А.В. Троицкий [и др.]. 2020. С. 347-351. EDN: PPXKTD.
13. Исмагилова О.Д. Ценообразование на углеродные выбросы: мировой опыт // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2023. № 4. DOI: 10.21638/spbu05.2023.402 EDN: IMACEW.
14. Медведева О.Е., Микерин Н. и др. Стоимостная оценка экологического ущерба. Современная методология и практика: научная монография. М.: НОУ ВО «МАОК», 2017. 138 с. ISBN: 978-5-905114-18-2 EDN: ZXDZTT.
15. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов». (Краснощёкова Н.С. учебное пособие с грифом УМО МАРХИ. Москва, издательство «архитектура-с», 2010) // Градостроительство. 2011. № 6 (16). EDN: OKSFQB.
16. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: Field Data Collection Manual [UFORE Methods. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/257652583_The_Economics_of_Ecosystems_and_Biodiversity_for_Water_and_Wetlands (дата обращения 15.06.2026).
17. Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., Furstner J., Kumar R., Davidson N. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands // IEEP. London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland. 2013. P. 10.