

вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» был утвержден перечень поручений президента Российской Федерации. Одним из поручений (Пр-140ГС, п. 1 д) являлась разработка плана действий, направленных на усиление позиций России при формировании международной природоохранной повестки, а также при обсуждении вопросов, касающихся формирования системы компенсаций (платежей) за экосистемные услуги, исходя из понимания роли России как экологического донора.

В связи с внедрением механизмов платежей за экосистемные услуги и определенным на Саммите Рио 10+ в Йоханнесбурге в 2002 г. статусом России как «экологического донора» оценка экосистемных услуг представляется перспективной [4, 5]. В 2015 г. был опубликован прототип национального доклада «Экосистемные услуги России. Том 1. Услуги наземных экосистем» [5], в котором были оценены экосистемные услуги для наземных экосистем Российской Федерации. В прототипе доклада была проведена попытка адаптировать подходы и методы оценки экосистемных услуг для условий России: применены российские методики по оценке запасов ресурсов, экстраполированы данные для оценки экосистемных услуг в связи с их недостаточной полнотой и т.д.

Исследования в области адаптации подходов к оценке экосистемных услуг для Российской Федерации являются необходимыми, в связи с тем, что наиболее часто используемые методы оценки экосистемных услуг разрабатывались для территории Европы и США, где природные условия, степень изученности территорий, доступность и разрешение первичных данных существенно отличаются от территории России.

Низкой степенью изученности характеризуется оценка экосистемных услуг для российских городов (урбоэкосистемных услуг). В настоящее время такие исследования представлены оценкой особо охраняемых территорий в пределах города и трансляцией зарубежного опыта по оценке экосистемных услуг для российских городов.

Исторический аспект формирования современного облика и планировочной системы российских городов, высокий накопленный экологический ущерб, особые климатические условия, административные и законодательные ограничения [6] обусловили необходимость органичной интегра-

ции российских подходов по оценке запасов и объемов возобновления ресурсов, средообразующих функций и рекреационного потенциала и мировой практики по оценке урбоэкосистемных услуг с учетом требований российского законодательства.

В связи с этим была сформулирована цель настоящего исследования: определение подходов к оценке экосистемных услуг (на примере услуги «Очистка воздуха») в российских городах.

#### Материалы и методы исследования

Адаптация концепции экосистемных услуг для российских городов предполагает, во-первых, разработку классификации экосистемных услуг для российских городов, основанной на мировом опыте, учитывающей особенности российского законодательства, специфику российских городов и российского опыта классификации природных функций и экосистемных услуг; во-вторых, проведение анализа существующих методик по оценке экосистемных услуг, а также мирового опыта их применения; в-третьих, изучение и анализ российского опыта оценки функций городских экосистем; в-четвертых, определение наиболее оптимальных методик по оценке экосистемных услуг российских городов, разработка рекомендаций по их применению.

Для разработки предложенного нами варианта классификации урбоэкосистемных услуг нами был проведен сравнительный анализ классификаций экосистемных услуг в ключевых работах («Millennium Ecosystem Assessment» (Оценка экосистем на пороге тысячелетия) [1], «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (Экономика экосистем и биоразнообразия) [2], «The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Urbanization, biodiversity and Ecosystem services: challenges and opportunities» (Экономика экосистем и биоразнообразия: Урбанизация, биоразнообразие и экосистемные услуги: вызовы и перспективы) [7]), классификации экосистемных услуг для России (Прототип национального доклада [5]), и жизнеобеспечивающих функций в российских нормативных документах (Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России, 2001 г.) для выделения групп и типов экосистемных услуг. Производилась коррекция перечня урбоэкосистемных услуг на основе законодательства Российской Федерации (Градостроительного, Лесного и Земельного кодексов, Федерального закона № 7 от 2002 г.).

Таблица 1

Классификация урбоэкосистемных услуг для российских городов

Регулирующие	Продукционные	Информационные	Рекреационные
Регулирование климата – Хранение запасов углерода Очистка воздуха Регулирование температуры воздуха Регулирование скорости ветра Снижение уровня шума Регулирование объема стока Смягчение перепадов объемов стока Очистка сточных вод Ассимиляция отходов Предотвращение эрозии Поддержание плодородия почв Контроль над вредителями Контроль над эпидемиями	Урожай Производство корма для скота Рыба Недревесные ресурсы леса Минеральные ресурсы Источники альтернативной энергии Чистая вода Сырье для медицинской промышленности	Информация о структуре и функционировании экосистем, которая может быть использована Генетические ресурсы Эстетическая ценность Когнитивное развитие человека Духовное значение	Территории для ежедневной рекреации Территории для еженедельной рекреации во время выходных Дачная рекреация Территории для активного туризма и спорта Территории для образовательного туризма Территории для оздоровительного туризма

Изучение мирового опыта оценки экосистемной услуги «Очистка воздуха» для городских экосистем позволило выделить необходимую информационную основу для проведения оценки, а также основные ограничения проведения оценки для российских городов.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов нами был предложен вариант классификации урбоэкосистемных услуг; был проведен обзор мирового опыта оценки урбоэкосистемных услуг на примере услуги «Очистка воздуха»; были рассмотрены российские методики оценки экосистемных функций «улавливание пыли и загрязняющих веществ»; были рассмотрены возможности адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов.

Анализ классификаций экосистемных услуг позволил выделить группы (регулирующие, продукционные, информационные, рекреационные) и типы урбоэкосистемных услуг (табл. 1). Данный перечень был скорректирован с учетом российского законодательства, например согласно Лесному кодексу Российской Федерации вырубка городских лесов запрещена, соответственно, услуга «Производство древесины» городскими экосистемами не предоставляется.

Определение подходов к оценке экосистемных услуг рассмотрено на примере услуги «Очистка воздуха». В ходе разработки варианта классификации в Национальной

стратегии сохранения биоразнообразия России была выявлена экосистемная функция (улавливание пыли и загрязняющих веществ) – аналог услуги «Очистка воздуха». В связи с тем, что экосистемные услуги в отличие от экосистемных функций предполагают наличие реципиента (выгодополучателя) [5, 8], оценка экосистемной услуги предполагает так же оценку потребности в этой услуге.

Нами были проанализированы зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» («Air purification») и российский опыт оценки улавливания пыли и загрязняющих веществ именно для городской среды (табл. 2).

Проведенный анализ подходов к оценке экосистемной услуги «Очистка воздуха» (табл. 2) в городах показал, что в настоящий момент мировая практика накопила ряд методик для оценки услуги именно для городов. В настоящее время активно используется программный комплекс UFORE (Urban forest), с помощью которого можно оценить так же услуги «Регулирование климата – Хранение запасов углерода», «Регулирование температуры воздуха», «Регулирование объема стока», «Смягчение перепадов объемов стока». Данный комплекс используется для городской среды, оценка предоставляемых услуг производится с учетом условий города (концентрации загрязняющих веществ, состава загрязнителей), вызывающих снижение поглотительной способности зеленых насаждений. В частности, программный комплекс UFORE применялся в работе Дэвида Новака [12], где оценивалось удаление загрязнителей воздуха

не только древесным растениями, но и кустарниками – данный подход базируется на учете каждой кроны дерева или кустарника. Данный метод является трудоемким и подходит лишь для небольшого участка исследования – квартал города или район. Кроме того, программный комплекс в большинстве своем содержит сведения о типичных для США видах деревьев. В то же время оценка экосистемной услуги в монетарном выражении является оценкой потребности в услуге, так как выражает спрос на производимую «Очистку воздуха» [12]. Похожей трудоемкостью характеризуется работа по оценке фильтрующей способности древесных насаждений [11].

Совершенно иной подход предлагают использовать ученые из Нидерландов [13]: оценка экосистемных услуг, в том числе «Очистки воздуха», производилась на основе выделения восьми типов зеленых насаждений в городе и их картографирования. Данный подход сложно применим для российских городов в связи с использованием

значений производства услуг зелеными насаждениями США и Европы.

Оценка экосистемных услуг в российских городах практически не проводилась. Среди российских исследований поглотительной способности деревьев и зеленых городских насаждений можно выделить работу О.В. Чернышенко [10], где была разработана математическая модель для оценки поглотительной способности древесных насаждений типичных для российских городов, объема уловленной пыли, где учитывалась газоустойчивость (устойчивость видов к загрязнениям атмосферного воздуха) деревьев в городской среде, метеорологические параметры (температура, осадки и др.) для адсорбции загрязняющих веществ (азота и серы), сезон года, концентрации загрязняющих веществ в почве. Данная методика также является трудоемкой, учет потребности в экосистемной услуге не проводится, однако основана на данных о российских видах деревьев и адаптирована для условий российских городов.

**Таблица 2**

Российские и зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» для городских экосистем

Параметр	Зарубежные методики оценки услуги «Очистка воздуха» в городах		Российские методики оценки услуги «Очистка воздуха» в городах	
	Методика	Необходимые данные	Методика	Необходимые данные
Улавливание загрязняющих веществ и пыли почвами	–	–	Оценка поглотительной способности почв [9] с дополнениями О.В. Чернышенко [10]	Структура и состояние почвенного покрова
Улавливание пыли растениями	Фильтрующая способность древесных насаждений [11]	Информация о структуре зеленых насаждений (виды, возраст, состояние деревьев и кустарников), период вегетации, состав и концентрация атмосферных загрязнителей	Методика О.В. Чернышенко, основанная на физиологическом принципе поглощения и связывания газов (оксидов серы и азота) [10]	Структура насаждений (видовой состав: устойчивость видов к загрязнению окружающей среды), период вегетации, метеорологические параметры (средняя температура воздуха, количество осадков, освещенность), содержание загрязнителей в почве, степень загрязнения атмосферного воздуха
Улавливание загрязняющих веществ растениями	Удаление загрязнений воздуха городскими деревьями и кустарниками в США [12]	Информация о структуре зеленых насаждений (виды, возраст, состояние деревьев и кустарников), период вегетации, состав и концентрация атмосферных загрязнителей		
Потребность в улавливании загрязняющих веществ и пыли	Удаление загрязнений воздуха прочими видами зеленых насаждений [13] Программный комплекс UFORE [14]		Расчет полей концентрации загрязняющих веществ с помощью программных комплексов УПРЗА «Эколог» 4,50, УПРЗА «Экоцентр»	Данные об объектах, оказывающих негативное воздействие на атмосферный воздух, данные федеральной службы статистики, данные гидрометцентра

Оценка газопоглощающей и пылеулавливающих свойств почвы для городской среды изучена не так подробно. В работе «Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) в практике природопользования» [9] приводятся методики оценки газопоглощающей функции почв заповедника, которые можно скорректировать для городской среды, используя работы О.В. Чернышенко [10].

Можно отметить, что и зарубежные, и российские методики оценки услуги для всего города или его крупного района сложно применимы: необходимы подробные данные о структуре зеленых насаждений, их возрасте, состоянии, периоде вегетации, состоянии почвенного покрова. В связи с этим, можно предложить проводить оценку экосистемной услуги «Очистка воздуха» для российских городов, используя методику ученых M.L. Derkzen, A.J.A. van Teeffelen, P.H. Verburg [13], позволяющую оценить экосистемные услуги на основе картографирования зеленых насаждений для всего города, оценку производства услуги «Очистка воздуха» для каждого типа зеленых насаждений на модельных участках провести по методике О.В. Чернышенко [10], потребность в услуге «Очистка воздуха» определяется на основе анализа статистических данных о выбросах загрязняющих веществ.

### Заключение

В данной статье были рассмотрены возможности адаптации концепции экосистемных услуг для российских городов. Предложенный автором вариант классификации экосистемных услуг российских городов может служить элементом адаптации концепции оценки экосистемных услуг для российских городов, так как перечень услуг скорректирован в соответствии с российским законодательством и уже имеющимся опытом оценки экосистемных услуг в России.

Основные подходы к оценке экосистемных услуг были рассмотрены на примере услуги «Очистка воздуха». На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод, что необходимо комбинирование зарубежных и российских подходов к оценке экосистемных услуг городов.

### Список литературы / References

1. MA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment [Electronic resource]. URL: <http://biodiversity.europa.eu/maes> (date of access: 06.11.2018).
2. TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations [Electronic resource]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/> (date of access: 06.11.2018).
3. Бобылев С.Н., Захаров М.Н. Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 72 с.  
Bobylev S.N., Zaharov M.N. Ecosystem services and Economics. M.: «Типография ЛЕВКО», 2009. 72 p. (in Russian).
4. Bukvareva E., Grunewald K., Bobylev S., Zamolodchikov D., Zimenko A., Bastian O. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report. *A Journal of the Human Environment*. 2015. № 44. P. 491–507. DOI: 10.1007/s13280-015-0674-4.
5. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Том 1. Услуги наземных экосистем / Ред. Е.Н. Букварева, Д.Г. Замолодчиков. М.: «Центр Охраны Дикой Природы», 2016. 148 с. URL: [http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia\\_V1\\_web.pdf](http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia_V1_web.pdf) (date of access: 06.11.2018).
6. Bukvareva E.N., Zamolodchikov D.G. (Eds.). (2018). Ecosystem services of Russia: Prototype National Report. Vol. 1. Terrestrial ecosystems services. Adapted English version of the report, originally published in Russian in 2016. Moscow: BCC Press. [http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia\\_V1\\_eng\\_web.pdf](http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/Ecosystem-Services-Russia_V1_eng_web.pdf) (date of access: 06.11.2018).
7. Becker C.M., Mendelsohn S.J., Benderskaya K.A. Russian cities in the Soviet and post-Soviet eras. London: Human settlements group, 2012. 134 p.
8. Elmsqvist T., Fragkias M., Goodness J., Gueneralp B., Marcotullio P.J. etc. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem services: Challenges and opportunities. A global assessment. London: Springer Dordrecht Heidelberg New York, 2013. 755 p.
9. Bastian O., Grunewald K. Ecosystem services: Concept, Methodologies and case studies. Dresden: Springer Spectrum, 2015. 312 p.
10. Касимов Д.В., Касимов В.Д. Некоторые подходы к оценке экосистемных функций (услуг) в практике природопользования: монография. М.: Мир науки, 2015. 91 с.  
Kasimov D.V., Kasimov V.D., Approaches for ecosystem functions (services) assessment in environmental management: monography. Moscow: Mir Nauky, 2015. 91 p. (in Russian).
11. Чернышенко О.В. Поглощающая способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города: монография. М.: МГУ, 2001. 120 с.  
Chernyshenko O.V. Absorptive capacity and gas stability of woody plants in urban conditions: monography. Moscow: MSU, 2001. 120 p. (in Russian).
12. Kuypers V.H., De Vries E.A., Tonneijck F., Hofschreuder P. Grüne Maßnahmen für saubere Luft. Ein neuer Blick auf die Luftqualität in den Niederlanden. *Berliner Geographische Arbeiten*. 2007. № 109. P. 35–40.
13. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in United States. *Urban Forestry, Urban Greening*. 2006. № 4. P. 115–123. DOI: 10.1016/j.ufug.2006.01.007.
14. Derkzen M.L., van Teeffelen A.J.A., Verburg P.H. Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*. 2015. Vol. 52 (4). P. 1020–1032. DOI: 10.1111/1365-2664.12469.
15. UFORE, Urban Forest Effect Model. [Electronic resource]. URL: <https://www.nrs.fs.fed.us/tools/ufore/> (date of access: 09.11.2018).