

УДК 631.42+911.9

ОТ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ И ФУНКЦИЙ ЗЕМЕЛЬ И ПОЧВ К ОЦЕНКЕ ИХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ: ОБЗОР

В. М. ЯЦУХНО¹⁾, Е. В. ЦВЕТНОВ²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия

Представлены результаты аналитического обзора зарубежных и отечественных научных и прикладных исследований, а также собственные разработки авторов, посвященные специфическим особенностям и роли земель и почв в предоставлении экосистемных услуг. Под последними понимаются выгоды и блага, которые получает человек в результате хозяйственного использования почвенно-земельных ресурсов, способствующих повышению благосостояния людей, а также устойчивому существованию наземных экосистем. Рассмотрена дуалистическая роль земель и почв, которые, с одной стороны, выполняют хозяйственные, экологические, санитарно-гигиенические, территориально-организационные и другие функции, а с другой – являются признанной формой природного капитала, обладающей накопленным запасом стоимости. Несмотря на физическое единство земель и почв, при стоимостном измерении предлагается учитывать их отдельно, определяя ценность почв исходя из выполняемых ими экологических функций, а ценность земель как пространственной основы, сферы жизнеобеспечения, среды обитания, а также составной части любого объекта недвижимости – с позиций полезности и доходности использования земельного участка. Анализируются возможности оценки экосистемных услуг земель и почв на основе концепции общей экономической их ценности и перспективы применения полученных результатов в практике рационального природопользования и статистического учета природного капитала.

Ключевые слова: земля; почва; экосистемные услуги; экологические функции; природный капитал.

Благодарность. Публикация подготовлена в рамках проекта № 1.33 государственной программы научных исследований «Природопользование и экология» на 2016–2020 гг. (подпрограмма «Природные ресурсы и экологическая безопасность» на 2019–2020 гг.).

Образец цитирования:

Яцухно ВМ, Цветнов ЕВ. От изучения свойств и функций земель и почв к оценке их экосистемных услуг: обзор. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2019;2:3–14.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-2-3-14>

For citation:

Yatsukhno VM, Tsvetnov EV. From studying the properties and functions of land and soil to assessing their ecosystem services: a review. *Journal of the Belarusian State University: Geography and Geology.* 2019;2:3–14. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-2-3-14>

Авторы:

Валентин Минович Яцухно – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Евгений Владимирович Цветнов – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения.

Authors:

Valentin M. Yatsukhno, PhD (agricultural sciences), docent, leading researcher at the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics.
yatsukhno@bsu.by

Evgeny V. Tsvetnov, PhD (biology); senior researcher at the department of radioecology and ecotoxicology, faculty of soil science.
ecobox@mail.ru

FROM STUDYING THE PROPERTIES AND FUNCTIONS OF LAND AND SOIL TO ASSESSING THEIR ECOSYSTEM SERVICES: A REVIEW

V. M. YATSUKHNO^a, E. V. TSVETNOV^b

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

^bLomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Corresponding author: V. M. Yatsukhno (yatsukhno@bsu.by)

The content of the article is based on the results of an analytical review of foreign and domestic scientific and applied research, as well as the author's own developments on the specific features and the role of land and soil in the provision of ecosystem services. The latter are the benefits and goods that people receive as a result of the functioning and economic use of soil and land resources, contributing to the improvement of their well-being, as well as the sustainable existence of terrestrial ecosystems. The dualist role of land and soil performing, on the one hand, economic, environmental, sanitary and hygienic, territorial-organizational and other functions, on the other hand, being a recognized form of natural capital with an accumulated stock of value, is considered. It is proposed despite the physical unity of land and soil, when valuing them, be considered separately, determining the value of soil from the standpoint of their ecological functions, and the land – the spatial basis, life support and habitat, and also as an integral part of utility and profitability of land use. The possibilities of assessing land and soil ecosystem services are analysed on the basis of the concept of their common economic value and the prospects for applying its results in environmental management practice and statistical accounting of the natural capital.

Keywords: land; soil; ecosystem services; ecological functions; natural capital.

Acknowledgements. The publication was prepared in the framework of the project No. 1.33 of the state program of scientific research «Nature Management and Ecology» for 2016–2020 (subprogramme «Natural Resources and Environmental Safety» for 2019–2020).

Введение

Последние два десятилетия в научной и общественной сферах, бизнес-среде, органах управления, а также на различных международных и национальных форумах активно обсуждаются вопросы и принимаются решения, связанные с оценкой экосистемных услуг и практикой применения ее результатов. Кардинальные изменения в понимании значимости экосистемных услуг как части природного капитала и предоставленных в процессе их осуществления благ и выгод были обусловлены разработкой и принятием ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г. концепции устойчивого развития, а также подготовкой под эгидой ЮНЕП с участием 1360 специалистов и ученых из 95 стран мира программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» [1].

Важным шагом в контексте расширения учета экосистемных услуг при принятии оптимальных управленческих решений по эффективному использованию и сохранению природного потенциала стала резолюция, одобренная на совещании министров стран «Большой восьмерки», а также Бразилии, Китая, Индии, Мексики и ЮАР по охране окружающей среды в 2007 г. в Германии. В ней были продекларированы три ключевых принципа: 1) признание ценности экосистем и биоразнообразия; 2) проведение эколого-экономической оценки экосистем с применением рыночных и нерыночных методов; 3) разработка механизмов учета предоставляемых экосистемами услуг при планировании хозяйственной и природоохранной деятельности [2].

В широком разнообразии наземных экосистем, их структурных и функциональных особенностей ключевую роль играют земли и почвы, выступающие в качестве естественно-природной матрицы многочисленных биофизических, химических и информационных процессов, происходящих в результате взаимодействия земель и почв с организмами и продуктами их жизнедеятельности. Несмотря на это, экосистемные услуги, предоставляемые землями и почвами, не нашли должного отражения в национальной и международной практике научных и прикладных исследований. Имеющиеся попытки увязать представление об экосистемных услугах земель и почв с их экономической оценкой носят единичный характер. На изменение данной ситуации направлены два недавно опубликованных аналитических обзора, посвященных роли земель и почв в предоставлении экосистемных услуг и их оценке как необходимого условию обоснования и реализации задач устойчивого землепользования [3; 4].

В связи с нерешенностью вопросов единой трактовки понятий «земля» и «почва», в том числе на научном и правовом уровнях, мы полагаем, что с позиций предоставления ими экосистемных услуг земля и почва должны рассматриваться как самостоятельные, но тесно связанные компоненты окружающей среды. Так, почвенный компонент ограничен пространственным проявлением процессов почвообразования и оценивается с учетом природных свойств и классификационной принадлежности почв,

выполнения ими экологических функций. Земельный же компонент представляет собой заключенный в фиксированные границы определенной территории природный комплекс, характеризующийся пространством, рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью. Таким образом, если почва является биокосным природным телом и главным образом выполняет важные экологические функции в биосфере, то земля обладает не только системно-историческим содержанием, а включает также земную поверхность и характеризуется географическим положением, территориально-хозяйственным и ресурсно-имущественным потенциалом, предоставляя услуги неэкологического характера [5]. Несмотря на отмеченные отличия земли и почвы с позиций предоставляемых экосистемных услуг, их необходимо рассматривать в едином комплексе выполняемых функций с учетом специфики их природных свойств и разных вариантов землепользования.

В целях раскрытия содержания и особенностей использования экосистемных услуг земель и почв в статье приведены результаты аналитического обзора трех аспектов проблемы. Во-первых, рассматриваются экосистемные услуги, предоставляемые почвами при выполнении ими экологических функций на глобальном и биогеоценотических уровнях; во-вторых, сопоставляются международные классификации экосистемных услуг, в том числе предоставляемых землями и почвами; в-третьих, анализируются методические подходы эколого-экономической оценки экосистемных услуг и сферы практического применения ее результатов.

Материалы исследования

При выполнении данного исследования рассматривались опубликованные научные работы ряда зарубежных, советских, а также современных российских и белорусских ученых, посвященные экологической роли почв и почвенных процессов, использованию земельных ресурсов, функциям почвенного покрова в наземных экосистемах, их влиянию на пространственно-временные изменчивость и устойчивость природной среды. Наиболее полно и всесторонне эти проблемы отражены в научных трудах В. Р. Волобуева, В. А. Ковды, А. Н. Геннадиева, Г. В. Добровольского, Е. Д. Никитина, Л. О. Карпачевского, Г. И. Уварова, Т. А. Романовой, Н. В. Клебановича, В. И. Васенева, Г. Брюмера (G. Brümmer), У. Э. Х. Блюма (W. E. H. Blum), Р. П. О. Шульте (R. P. O. Shulte), П. Лавеля (P. Lavelle), К. Мадены (K. Madena), Н. Глезнер (N. Glæsner) и др. [6–24].

Менее изученными остаются вопросы, касающиеся определения, систематизации, картографирования, оценки и прикладного применения экосистемных услуг земель и почв. Лишь в последние годы наблюдается заметный рост количества научных публикаций по данной проблематике, главным образом в англоязычных изданиях. К наиболее значимым с научно-методической точки зрения можно отнести работы [25–40].

В рамках выполненного обзора проведена оценка степени отражения экосистемных услуг, предоставляемых землями и почвами, в ряде международных и специальных классификаций экосистемных услуг. В первую очередь рассматривались классификации, представленные рабочими группами программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (*Millennium Ecosystem Assessment*, МЕА) [1] и проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия» (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, ТЕЕВ) [41], а также классификация экосистемных услуг, выполненная под эгидой Европейского агентства по окружающей среде (*European Environment Agency*, ЕЕА) [42]. В данном контексте проведено сопоставление места и роли земель и почв в наиболее распространенных классификациях экосистемных услуг [29; 43–45], разработанных рядом известных исследователей в этой области (Р. Костанца (R. Costanza), Э. Дж. Доминати (E. J. Dominati), Р. С. де Грут (R. S. de Groot) и др.). Наконец, выполнен анализ предлагаемых методов оценки экосистемных услуг земель и почв, состояния и перспектив использования ее итогов в практической деятельности и статистическом учете природного капитала.

Результаты исследований и их обсуждение

Достижение целей устойчивого развития, как одна из долгосрочных и приоритетных задач современности, предполагает обеспечение экономического роста при одновременном снижении воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду. Такая политика «двойного выигрыша», наряду с инструментами государственного регулирования и рыночными механизмами, должна сочетать в себе принятие на государственном уровне обязательств по сохранению экосистем в долгосрочной перспективе. Ценность и значимость последних заключается не только в том, что они выступают природным капиталом и рассматриваются как источник природного сырья для производства и потребления, но и в том, что обеспечивают предоставление широкого спектра экосистемных услуг. Как известно, экосистемы, являясь сообществами живых существ и их среды обитания, представляющими единое функциональное целое [46] и характеризующимися различными протекающими в них материальными и энергетическими процессами, обеспечивают безопасность и благополучие жизнедеятельности людей и содействуют сохранению и поддержанию устойчивого функционирования природной среды.

Данная проблема начала интенсивно обсуждаться в международных научных кругах в связи с опубликованием на эту тему коллективной монографии [47] и аналитической статьи в журнале «Nature» [48]. Что касается понятия «экосистемные услуги», то его содержание впервые было раскрыто П. Р. Эрлихом (P. R. Ehrlich) и Г. А. Муни (H. A. Mooney) [49]. В вышеуказанной статье [48] приводятся результаты определения стоимости 17 категорий экосистемных услуг, предоставляемые 16 биотомами земного шара (крупными биотическими сообществами в пределах природно-климатических зон): она составила 33,2 трлн долл. США в год. Для сравнения: общемировой валовой продукт в тот период был около 18 трлн долл. США в год. Как отмечают сами авторы статьи, спустя 20 лет после ее опубликования, несмотря на различное отношение ученых и специалистов к результатам представленной оценки, все сошлись во мнении, что экосистемные услуги в не меньшей мере определяют благополучие людей, чем добыча и эксплуатация природных ресурсов [50]. Упование на то, что природный и производственный капитал взаимозаменяемы, и поэтому технологические решения могут гарантировать устойчивое общественное развитие, вряд ли можно считать оправданным. До сих пор не существует (и не просматриваются перспективы создания в будущем) таких технологий, которые могли бы обеспечить производство кислорода, поддержание биологического разнообразия, круговорот и очистку воды и воздуха в масштабе планеты, регулирование химического состава атмосферы, миграцию диких животных и естественные среды обитания для них, ассимиляцию различного рода отходов, фотосинтез, защиту от вредной космической радиации, регулирование климата, формирование плодородного слоя почвы и многое другое. Принятая в 2005 г. программа ООН «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» подтверждает это и исходит из того, «что люди являются интегральной частью экосистем и что существует динамическое взаимодействие между ними и другими частями экосистем, при этом изменения условий существования людей вызывают – как прямо, так и косвенно – изменения в экосистемах и, таким образом, в благополучии человека»¹ [1, р. 6].

В рамках указанной программы были выделены четыре базовые категории экосистемных услуг:

- обеспечивающие (*provisioning*) – предоставление материальных благ для производства продуктов питания, снабжение водой, минеральным и биологическим сырьем, лекарственными и генетическими ресурсами и др.;
- регулирующие (*regulating*) – управление климатом, качеством воздуха и почв, очистка вод, смягчение природных и техногенных опасностей, регулирование состояния экосистем и их деградации;
- поддерживающие (*supporting*) – круговорот биогенных и минеральных веществ, вод, почвообразование, фотосинтез или производство первичной биопродукции;
- культурные (*cultural*) – нематериальные и материальные ценности и выгоды, содействующие познавательной, воспитательной, рекреационной деятельности, эстетическому наслаждению, а также используемые в образовательном процессе, научных исследованиях, сохранении культурного и природного наследия. Составляющими благополучия названы безопасность, основы качественной жизни, здоровье и хорошие социальные отношения.

В настоящее время обоснованы и разработаны более двух десятков классификаций экосистемных услуг, отражающих разнообразие структурных, функциональных, а также национальных и региональных особенностей их интерпретации. Однако наиболее используемыми в практических целях признаны классификации трех международных инициативных групп, объединяющих ученых, специалистов и практиков из разных стран и регионов мира. Первая из этих классификаций была представлена рабочей группой программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» [1], вторая – в рамках проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия» [41], а третья, получившая название «Общая международная классификация экосистемных услуг» (*Common International Classification of Ecosystem Services, CICES*), выполнена под эгидой Европейского агентства по окружающей среде [2].

Детально проанализировав степень отражения земель и почв в различных классификациях экосистемных услуг, мы сделали общий вывод, что до настоящего времени этим компонентам уделяется мало внимания, а их многочисленные функции и процессы изначально были оставлены вне рамок экосистемных услуг или слабо освещены в подобных классификациях. Так, в базовой классификации экосистемных услуг МЕА почвы упоминаются лишь в связи с оценкой почвообразования, регулирования эрозии, водного режима, сдерживания опасных природных явлений. В классификации CICES, которая имеет 5-уровневую иерархическую структуру, состоящую из секций, разделов, групп, классов и типов классов, земли и почвы упоминаются только на 3-м уровне в группе «регулирование качества почв» и на 5-м уровне в типе класса «предотвращение загрязнения отходами».

Недостаточный учет почвенно-земельного фактора при классификации экосистемных услуг не позволяет в полной мере отразить содержание и провести объективную их оценку. Почвы, являясь ключевым биокосным компонентом наземных экосистем, выступают не только местом и средой обитания

¹Здесь и далее перевод наш. – В. Я., Е. Ц.

организмов, аккумулятором вещества и энергии для них, но и связующим звеном биологического и геологического круговоротов, защитным барьером и фактором функционирования биосферы, а также своеобразной матрицей, определяющей биоразнообразие данных экосистем. В этом заключается важность учета свойств и функций земель и почв для более полной оценки экосистемных услуг и использования ее результатов в практической деятельности. О растущем понимании роли земель и почв в этом процессе свидетельствуют, пусть пока единичные, примеры классификации почвенных экосистемных услуг, представленные в работах [5; 28; 29; 44; 51; 52].

Основной трудностью разработки единой классификации экосистемных услуг земель и почв является сложность и разноплановость выполняемых ими функций, отдельные из которых определяют несколько видов экосистемных услуг [51]. Стоит отметить, что в современном почвоведении и экологии учение об экосистемных услугах почв и методах их оценки – относительно новое направление, долгое время более популярным оставался термин «функции почв». При рассмотрении почвенных экологических функций имеется в виду роль и значение почв, а также почвенных процессов в жизни организмов, их сохранении и эволюции. В течение длительного периода развивалось учение о биогеоценотических функциях почвы в экосистемах и глобальных функциях почвенного покрова в биосфере [9; 10]. Основное внимание было сфокусировано на естественно-научных проблемах изучения экологических функций почв и их охраны, проблема же комплексной экономической оценки практически не затрагивалась. Возможно, одна из причин этого – положение о том, что экосистемные услуги и экологические функции почв не являются тождественными понятиями. Любая функция в некотором смысле шире, чем услуга, связанная с ней, потому что при определении экосистемных услуг производится выбор только тех результатов почвенных функций, которые могут иметь экономическую интерпретацию. Так, оценку услуг почв по защите от эрозии мы можем осуществить только в случае измеренного количественного и (или) качественного изменения такой ее функции, как поддержание почвозащитной устойчивости склоновых земель.

Наиболее активно изучение функциональных особенностей почв и их роли в природе и обществе начало проводиться в 1970–80-х гг. и получило значительное развитие в XXI в. Его результаты легли в основу содержания Всемирной хартии почв, утвержденной на 150-й сессии Совета ФАО ООН (1–5 декабря 2014 г.) [53]. В частности, в ней провозглашается, что «конкретные функции, обеспечиваемые почвой, во многом определяются комплексом химических, биологических и физических свойств, характерных для данной почвы», и что «обеспечиваемые почвой поддерживающие, продукционные, регулирующие и культурные услуги сохраняются или приумножаются без значительного снижения почвенных функций» [53, р. 5]. Одними из первых ученых, которые предложили классификацию почвенных функций, были Г. Брюмер [18] и Г. Варалый (G. Varallyay) [54]. Значительный вклад в изучение функций почв внес известный австрийский почвовед У. Э. Х. Блум [19; 20], который выделил шесть категорий почвенных функций, три из которых соответствовали экологическим, две – социально-экономическим и одна – культурным функциям. Данная классификация легла в основу концепции по подготовке Тематической стратегии защиты почв, которая была принята Еврокомиссией в 2006 г. Ключевой целью стратегии является «создание общих рамок защиты почв на основе принципов сохранения почвенных функций и предотвращения деградации земель» [55, р. 12].

Концепция многофункциональности почв стала ключевым элементом в политике ряда государств, определяющей территориальное планирование землепользования [56–58], а также в деятельности такой авторитетной международной организации, как ФАО ООН [59].

На постсоветском пространстве также активно и плодотворно проводились исследования в области учения о функциях почв. Наиболее заметный вклад в решение этой важной теоретической и прикладной задачи внесли известные российские ученые-почвоведы академик Г. В. Добровольский и профессор Е. Д. Никитин [9; 10]. Они с коллегами определяли функции почв исходя из их роли в экосистемах, опираясь на подходы классического генетического почвоведения. Таким образом, проводимые на территории бывшего СССР исследования носят ярко выраженный экологический характер, что широко используется в природоохранных целях. Зарубежные же трактовки экологических функций почв в первую очередь нацелены на применение в практической деятельности (оценка земель, планирование землепользования, формирование здоровой комфортной среды обитания и эстетической ее привлекательности и т. д.).

В классификации Г. В. Добровольского и Е. Д. Никитина в большей степени уделяется внимание взаимодействию природных сред на разных иерархических уровнях, в частности почв и ландшафтов (биогеоценотический уровень) и окружающей среды в целом (глобальный уровень). Это позволило выделить 32 функции (из них 16 – глобальные и 16 – биогеоценотические) [10]. Несмотря на различие данной классификации функций почв с ее зарубежными вариантами, отдельные аналоги могут с успехом применяться при оценке предоставляемых экосистемных услуг. В зарубежной классификации наряду с почвой как природным телом дополнительно используется понятие «земля», выступающее в качестве пространственного базиса размещения объектов инфраструктуры, природного и культурного

наследия, поселений, источников полезных ископаемых, стройматериалов и др., предоставляющих неэкологические услуги. Совместное их рассмотрение в контексте предоставления экосистемных услуг является логичным, однако требует более глубокого обоснования и правового закрепления различий понятий «почва» и «земля», на что неоднократно указывали ученые и специалисты [60].

Следует признать, что достаточно продолжительное время экосистемные услуги и функции земель и почв рассматривались параллельно и вопросы их взаимосвязи и взаимообусловленности не затрагивались. И только осознание и принятие постулата о том, что земли и почвы являются природным капиталом, дали основание утверждать, что они охватывают как свойства, так и процессы. Их динамическими особенностями обусловлен неразрывный ансамбль взаимосвязей [3]. К настоящему времени накоплен достаточно богатый опыт изучения взаимосвязи между отдельными функциями почв и предоставляемыми ими экосистемными услугами. Что касается разработки единой системы, охватывающей весь спектр прямых и косвенных взаимосвязей, то исследования в этой области носят единичный характер и требуют более глубокого осмысления и всесторонней оценки их результатов. К числу наиболее продуктивных разработок, как правило завершающихся составлением обобщающих схем соотношения функций почв и соответствующих услуг, относятся исследования В. И. Васенева, Э. Дж. Доминати, Е. В. Цветнова, К. Адхикари (K. Adhikari) и др. [17; 28; 29; 44; 52]. Предложенные ими схемы были использованы нами при установлении прямых взаимосвязей, определяющих непосредственное влияние глобальных и биогеоценотических функций почв на предоставляемые ими экосистемные услуги (см. таблицу).

Прямые взаимосвязи между глобальными и биогеоценотическими функциями почв и предоставляемыми ими экосистемными услугами

Direct relationships between global and biogeocenotic soil functions and the ecosystem services they provide

| Категории экосистемных услуг | Глобальные функции | | | | Биогеоценотические функции | | | | Неэкологические функции (территориальный базис, культурное наследие) |
|------------------------------|--------------------|--------------|-------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------|-----------|--|
| | Литосферные | Гидросферные | Атмосферные | Общебиосферные | Физические | Химические и физико-химические | Информационные | Целостные | |
| Обеспечивающие | + | + | + | + | + | + | - | + | + |
| Регулирующие | + | + | + | + | + | + | - | + | - |
| Поддерживающие | - | - | - | + | + | + | + | + | - |
| Культурные | - | - | - | + | - | - | + | - | + |

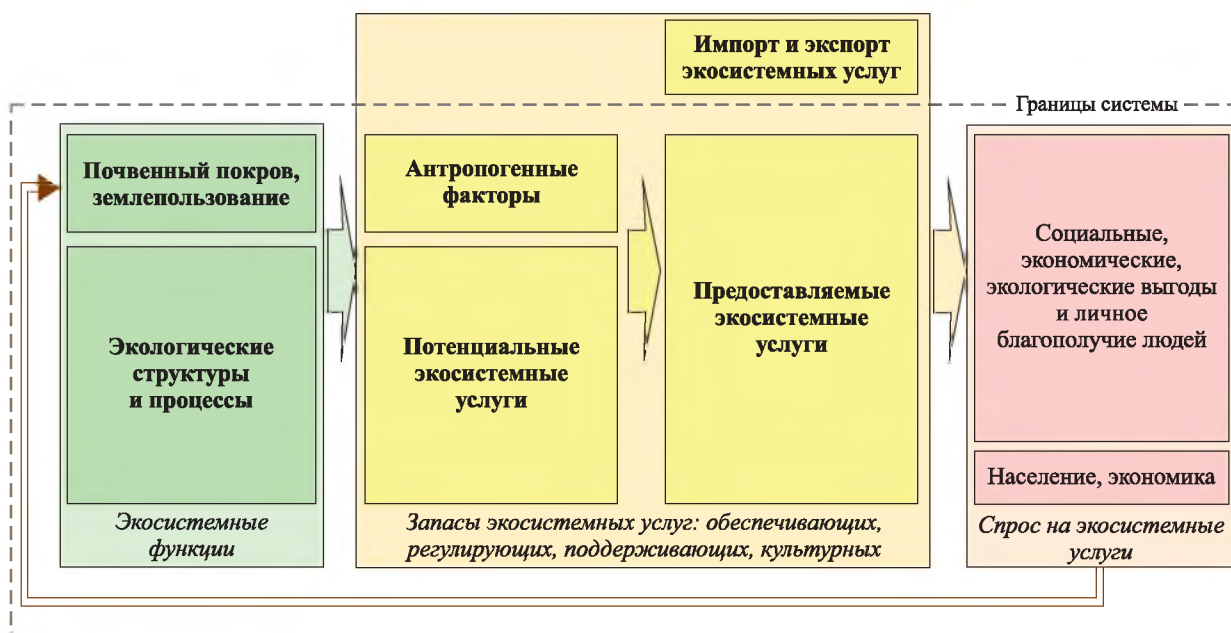
Источники: [5; 9; 10; 13; 17].

При этом надо иметь в виду, что функции почв помимо прямого оказывают косвенное влияние на предоставляемые ими услуги и тем самым формируют сложную мозаику их взаимодействий. Предложенная схема позволяет судить о той интегральной роли, которую играют почвы в общей совокупности экосистемных услуг, а также рассматривать и учитывать функции почв как важную основу практики планирования, нормирования и мониторинга природопользования и эколого-экономической (стоимостной) оценки почвенно-земельных ресурсов, а также управления ими.

Наиболее сложным и принципиальным остается вопрос взаимосвязи между функциями экосистем и предоставляемыми ими услугами [61]. После многочисленных дискуссий международным комитетом проекта «Экономика экосистем и биоразнообразия» [41] было определено, что функции экосистем проявляются в форме множества взаимодействий между структурой экосистемы и процессами, которые лежат в основе способности экосистем предоставлять товары и услуги. Рассматривая в данном контексте почву как ключевую подсистему биогеоценоза в его естественном состоянии и в агроценозе, можно утверждать, что она выступает в качестве самостоятельного биокосного объекта функционирования. Последнее предполагает разнообразные формы участия почв и почвенных процессов в функционировании, сохранении и эволюции экосистем и биосферы в целом [13].

Одной из особенностей соотношения «услуга – функция почв» выступает тот факт, что функция может проявляться для людей как с положительной, так и с отрицательной стороны, тогда как услуга всегда

положительна, ибо экосистемная услуга – это определенная выгода. Например, такая экологическая функция почв, как поглощение и удержание некоторых газов, заключается не только в фиксации углекислого газа (благоприятное явление с позиции борьбы с глобальным потеплением), но и в его эмиссии (негативный процесс с этой же точки зрения). Услуги же регистрируются только тогда, когда есть положительный баланс (фиксация превышает эмиссию). Таким примером может служить реабилитация нарушенных после разработки торфяных месторождений болотных экосистем. Однако концептуально весьма важно понимать роль и значение почв в предоставлении экосистемных услуг и получаемые при этом выгоды и блага, причем не только специалистами, но и лицами, принимающими решения, а также представителями широкой общественности. Этому может содействовать приведенная ниже структурная схема взаимосвязи экосистемных функций земель и почв, предоставляемых ими услуг и получаемых выгод.



Взаимосвязь экосистемных функций и услуг земель и почв,
а также получаемых при этом выгод и благ
(разработано по [62], с дополнением авторов)

Interconnection of ecosystem functions, land and soil services
and their benefits and benefits
(developed by [62], added by authors)

Схема иллюстрирует пошаговую операцию, включающую последовательное определение перечня экосистемных функций исходя из выполняемых землями и почвами процессов, предоставление потенциально возможных экосистемных услуг. На данном этапе необходимо учитывать не только внутренние свойства почв, но и внешние факторы, влияющие на характер и степень протекания происходящих в них процессов и часто приводящие к коренному изменению почв. Как правило, такие изменения обусловлены целенаправленными антропогенными воздействиями (внесение удобрений и применение средств защиты растений, мелиоративное преобразование, рекультивация земель, нерациональное использование земельного фонда, развитие деградации почв). Таким образом, в зависимости от направления землепользования экосистемные услуги земель и почв могут расширяться или ограничиваться [63].

Определяя реально существующие экосистемные услуги, отдельные из которых могут быть выражены количественно, необходимо провести оценку полученных выгод и благ. В настоящее время все более актуальной и практически востребованной проблемой является эколого-экономическая (стоимостная) оценка экосистемных услуг земель и почв [64]. Прежде всего это касается установления размера наносимого землям и почвам ущерба, который часто недооценивается или вообще игнорируется. При превращении стоимости земель и почв как важной составной части природного капитала из абстрактного понятия в конкретные цифры создается фактический материал, помогающий принимать точные и эффективные с точки зрения затрат решения. Актуальность этого утверждения очевидна, поскольку до настоящего времени экономическая наука традиционно затрагивает вопросы ценности не почв, а земельных участков различной категориальной принадлежности. Использование в эколого-экономической оценке, в частности сельскохозяйственных земель, показателей свойств и функциональных

особенностей почв позволяет более объективно отражать их ценность через эффективность вложенных в них капиталов (удобрений, мелиорантов, средств защиты растений, затрат на улучшение и охрану земель и почв и др.). Несмотря на достаточно большой накопленный научно-методический и практический опыт земельно-оценочных работ, до настоящего времени полностью не решена задача выработки приемлемых и всесторонних методов оценки земель, включая почвы. Во многом это объясняется многоплановостью целей, поставленных перед такой оценкой, и той многофункциональной ролью, которую играют земли и почвы в хозяйственной, экологической, природоохранной и социальной деятельности, а также правовом регулировании имущественных отношений человеческого общества.

В последнее время получили развитие методические подходы по определению стоимости земель и земельных участков как объектов оценки с позиций предоставления ими природных благ (экосистемных услуг), важнейшим поставщиком которых является слагающий их почвенный покров. В международной практике данный вид стоимости обозначается термином «общая экономическая ценность» (TEV) [65] и рассчитывается на основе комплексного учета полезных свойств земель и почв по формуле

$$TEV = UV + NV = DV + IV + OV + NV,$$

где UV – стоимость использования, которую можно представить как сумму трех показателей ($DV + IV + OV$); DV – стоимость прямого использования; IV – стоимость косвенного использования; OV – потенциальная ценность; NV – стоимость отложенного использования.

Так, стоимость прямого использования для сельскохозяйственной земли – это стоимость, полученная на основе дохода от реализации производимой на ней продукции растениеводства и животноводства. Однако почва выступает не только производственной матрицей, но и регулирующим компонентом экосистемы, в частности естественным буфером для большинства загрязнителей. Стоимостная интерпретация этой способности приводит нас к стоимости косвенного использования, внедрение которой в практику позволит в полной мере решить проблему экологизации оценки земли и почвы.

Методика общей экономической ценности применялась белорусскими исследователями при определении стоимости экосистемных услуг и биологического разнообразия, а также прямой и косвенной стоимости естественных болотных экосистем [66; 67].

В настоящее время в экономической науке при оценке природного капитала активно обсуждается концепция справедливой стоимости (*fair value*), которая должна учитывать фундаментальные свойства (в нашем случае – земель и почв), позволяющие снизить зависимость стоимости от рыночных флуктуаций [31; 68]. Включение экосистемных услуг земель и почв в оценку справедливой их стоимости представляется закономерным явлением, способствующим развитию природоохранных тенденций в землепользовании, а также формированию эколого ориентированного рынка недвижимости, в частности земли.

Заключение

Земли и почвы как ключевые компоненты природного капитала не только играют важную роль в хозяйственной деятельности, но и одновременно выполняют ряд незаменимых экологически значимых функций в окружающей среде (буферные, сорбционные, водо-, тепло- и газорегулирующие, биогеохимические, эдафические и др.). Это свидетельствует об их существенной значимости в качестве природных объектов, предоставляющих экосистемные услуги (обеспечивающие, регулирующие, поддерживающие, культурные), направленные на получение всевозможных выгод и благ. До недавнего времени эти услуги не всегда учитывались в рыночно-имущественных отношениях, не относились к активам, поскольку не была определена величина их стоимости.

В аналитическом обзоре сделана попытка обобщить мировой и отечественный опыт определения отличительных особенностей, классификации, оценки экосистемных услуг земель и почв, обусловленных происходящими в них процессами и выполняемыми ими экологическими функциями. Востребованность результатов оценки экосистемных услуг земель и почв, включая ее стоимостное выражение, объясняется необходимостью учета национального богатства, отражения его в государственной статистике и бухгалтерском учете, а также важностью принятия научно обоснованных решений при планировании и реализации задач устойчивого землепользования.

Библиографические ссылки

1. *Ecosystems and human well-being. Synthesis. A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Washington: Island Press; 2005. 138 p.
2. Helm D, Hepburn C, editors. *Nature in the balance: the economics of biodiversity*. Oxford: Oxford University Press; 2014. 448 p.
3. Baveye PC, Baveye J, Gowdy J. Soil «Ecosystem» Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science* [Internet]. 2016 [cited 2019 March 21];4. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2016.00041/full>. DOI: 10.3389/fenvs.2016.00041.

4. Конюшков ДЕ. Формирование и развитие концепции экосистемных услуг: обзор зарубежных публикаций. *Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева*. 2015;80:26–49. DOI: 10.19047/0136-1694-2015-80-26-49.
5. Яцухно В, Дудко Г, Тишкович О. Экосистемные услуги земель/почв: особенности, значение, перспективы использования. *Земля Беларуси*. 2018;1:35–39.
6. Волобуев ВР. *Экология почв (очерки)*. Баку: Издательство Академии наук АзССР; 1963. 260 с.
7. Ковда ВА. *Биогеохимия почвенного покрова*. Москва: Наука; 1985. 263 с.
8. Геннадиев АН. *Почвы и время: модели развития*. Москва: Издательство Московского университета; 1990. 232 с.
9. Добровольский ГВ, Никитин ЕД. *Экология почв: учение об экологических функциях почв*. 2-е издание, уточненное и дополненное. Москва: Издательство Московского университета; 2012. 412 с.
10. Добровольский ГВ, Никитин ЕД. *Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход*. Москва: Наука; 2000. 185 с.
11. Карпачевский ЛЮ. *Экологическое почвоведение*. Москва: ГЕОС; 2005. 336 с.
12. Добровольский ГВ, редактор. *Структурно-функциональная роль почвы в биосфере*. Москва: ГЕОС; 1999. 278 с.
13. Уваров ГИ. *Экологические функции почв*. 2-е издание, дополненное. Санкт-Петербург: Лань; 2017. 296 с.
14. Шоба СА, Яковлев АС, Рыбальский НГ, редакторы. *Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель*. Москва: НИИ-Природа; 2013. 310 с.
15. Романова ТА. *Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО-WRB*. Карпачевский ЛЮ, редактор. Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; 2004. 428 с.
16. Клебанович НВ. Почвы Беларуси – наше богатство. *Земля Беларуси*. 2015;2–3:47–48, 39–47.
17. Васенев ВИ, Ван Ауденховен АП, Ромзайкина ОН, Гаджиагаева РА. Экологические функции и экосистемные сервисы городских и техногенных почв: от теории к практическому применению (обзор). *Почвоведение*. 2018;10:1177–1191. DOI: 10.1134/S0032180X18100131.
18. Brümmer G. Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. *Deutscher Rat für Landespflege*. 1978;31:13–20.
19. Blum WEH. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2005; 4(3):75–79. DOI: 10.1007/s11157-005-2236-x.
20. Blum WEH, Schad P, Nortcliff S. *Essentials of Soil Science: soil formation, functions, use and classification (World Reference Base, WRB)*. Stuttgart: Borntraeger Science Publishers; 2018. 171 p.
21. Schulte RPO, Creamer RE, Donnellan T, Farrelly N, Fealy R, O'Donoghue C, et al. Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*. 2014;38:45–58. DOI: 10.1016/j.envsci.2013.10.002.
22. Lavelle P. Ecological challenges for soil science. *Soil Science*. 2000;165(1):73–86.
23. Madena K, Bormann H, Giani L. Soil functions – Today's situation and further development under climate change. *Erdkunde. Archive for Scientific Geography*. 2012;66(3):221–237. DOI: 10.3112/erdkunde.2012.03.03.
24. Glæsner N, Helming K, De Vries W. Do current European policies prevent soil threats and support soil functions? *Sustainability*. 2014;6(12):9538–9563. DOI: 10.3390/su6129538.
25. Schwilch G, Lemann T, Berglund O, Camarotto C, Cerdà A, Daliakopoulos IN, et al. Assessing impacts of soil management measures on ecosystem services. *Sustainability*. 2018;10(12):4416. DOI: 10.3390/su10124416.
26. Dominati EJ, Mackay AD, Bouma J, Green S. An ecosystems approach to quantify soil performance for multiple outcomes: the future of land evaluation? *Soil Science Society of America Journal*. 2016;80(2):438–449. DOI: 10.2136/sssaj2015.07.0266.
27. Comerford NB, Franzluebbers AJ, Stromberger ME, Morris L, Markewitz D, Moore R. Assessment and evaluation of soil ecosystem services. *Soil Horizons*. 2013;54(3):1–14. DOI: 10.2136/sh12-10-0028.
28. Adhikari K, Hartemink AE. Linking soils to ecosystem services – a global review. *Geoderma*. 2016;262:101–111. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.08.009.
29. Jönsson JOG, Davidsdottir B. Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agrocultural Systems*. 2016;145:24–38. DOI: 10.1016/j.agry.2016.02.010.
30. *Status of the World's Soil Resources. Charter 2. The role of soils in ecosystem processes*. [S. l.]: FAO; 2015. 18 p.
31. Robinson DA, Fraser I, Dominati EJ, Davidsdottir B, Jönsson JOG, Jones L, et al. On the value of soil resources in the context of natural capital and ecosystem service delivery. *Soil Science Society of America Journal*. 2014;78(3):685–700. DOI: 10.2136/sssaj2014.01.0017.
32. Robinson DA, Jackson BM, Clothier BE, Dominati EJ, Marchant SC, Cooper DM, et al. Advances in soil ecosystem services: concepts, models, and applications for earth system life support. *Vadose Zone Journal*. 2013;12(4):65–78. DOI: 10.2136/vzj2013.01.0027.
33. da Silva RT, Fleskens L, van Delden H, van der Ploeg M. Incorporating soil ecosystem services into urban planning: status, challenges and opportunities. *Landscape Ecology*. 2018;33(7):1087–1102. DOI: 10.1007/s10980-018-0652-x.
34. Pulleman M, Creamer R, Hamer U, Helder J, Pelosi C, Pères G, et al. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services – an overview on European approaches. *Current Opinion in Environment Sustainability*. 2012;4(5):529–538. DOI: 10.1016/j.cosust.2012.10.009.
35. Hauck J, Görg C, Varjopuro R, Ratamäki O, Jax K. Benefits and limitations of the ecosystem services concept in environmental policy and decision making: some stakeholder perspectives. *Environmental Science & Policy*. 2013;25:13–21. DOI: 10.1016/j.envsci.2012.08.001.
36. Lal R. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research*. 2014;2(3):36–47. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30021-6.
37. Wall DH, Bardgett RD, Beham-Pelletier V, Herrick JE, Jones TH, Six J, et al., editors. *Soil ecology and ecosystem services*. Oxford: Oxford University Press; 2013. 424 p.
38. Stolte J, Tesfai M, Øygarden L, Kværnø S, Keizer J, Verheijen F, et al., editors. *Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services*. Luxembourg: European Union; 2015. 207 p. (JRS Technical Reports).
39. Hardelin J, Lankoski J. *Land use and ecosystem services. OECD food, agriculture and fisheries papers, No. 114*. Paris: OECD Publishing; 2018. 74 p.
40. *The value of land: prosperous lands and positive rewards through sustainable land management*. Bonn: Eld Initiative; 2015. 165 p.

41. Kumar P, editor. *The economic of ecosystems and biodiversity. Ecological and economic foundations*. Abingdon: Rutledge; 2010. 410 p.
42. Haines-Young R, Potschin M. *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the application of the revised structure*. Nottingham: Fabis Consulting; 2017. 26 p.
43. Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*. 2008;141(2):350–352. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.12.020.
44. Dominati EJ, Patterson MG, Mackay AD. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*. 2010;69(9):1858–1868. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.05.002.
45. de Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 2002;41(3):393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
46. Реймерс НФ. *Природопользование: словарь-справочник*. Москва: Мысль; 1990. 638 с.
47. Daily GC, editor. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington: Island Press; 1997. 392 p.
48. Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997;387(6630):253–260.
49. Ehrlich PR, Mooney HA. Extinction, substitution and ecosystem services. *BioScience*. 1983;33(4):248–254. DOI: 10.2307/1309037.
50. Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, et al. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. 2017;28(part A):1–16. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008.
51. Васенев ВИ, Ананьева НД, Макаров ОА. Особенности экологического функционирования конструкторземов на территории Москвы и Московской области. *Почвоведение*. 2012;2:224–235.
52. Цветнов ЕВ, Макаров ОА, Яковлев АС, Бондаренко ЕВ. О включении экосистемных услуг в систему оценки ущерба от деградации земель. *Почвоведение*. 2016;12:1534–1540. DOI: 10.7868/S0032180X16120133.
53. *Revised World Soil Charter* Rome: FAO; 2005. 8 p.
54. Varallyay G. Land evaluation in Hungary – scientific problems, practical applications. In: Bouma JJ, Bregt AK, editors. *Land Qualities in Space and Time: proceedings of a symposium organized by the International Society of Soil Science (ISSS); 1988 August 22–26; Wageningen, the Netherlands*. Wageningen: Pudoc; 1989. p. 241–252.
55. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Thematic Strategy for Soil Protection (COM (2006) 231 final)*. Brussels: Commission of the European Communities; 2006. 12 p.
56. Lehmann A, Stahr K. The potential of soil functions and planner-oriented soil evaluation to achieve sustainable land use. *Journal of Soils and Sediments*. 2010;10(6):1092–1102. DOI: 10.1007/s11368-010-0207-5.
57. Liang SY, Lehmann A, Wu KN, Staor K. Perspectives of function-based soil evaluation in land-use planning in China. *Journal of Soils and Sediments*. 2014;14(1):10–22. DOI: 10.1007/s11368-013-0787-y.
58. Tzivilvakis J, Lewis KA, Williamson AR. A prototype framework for assessing risks to soil functions. *Environmental Impact Assessment Review*. 2005;25(2):181–195. DOI: 10.1016/j.eiar.2004.02.003.
59. *Land resource planning for sustainable land management. Current and emerging needs in land resource planning for food security, sustainable livelihoods, integrated landscape management and restoration*. Rome: FAO; 2017. 68 p.
60. Яковлев АС, Сизов АП. Научные и правовые предпосылки использования понятий «почва» и «земля» в природоохранной практике. В: Шоба СА, Яковлев АС, Рыбальский НГ, редакторы. *Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель*. Москва: НИА-Природа; 2013. с. 22–28.
61. Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*. 2017;69:224–237. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.06.025.
62. Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F. Ecosystem service potentials, flows and demands – concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online* [Internet]. 2014 [cited 2019 February 20];34:1–32. Available from: <https://www.landscape-online.org/index.php/lo/article/view/LO.201434>. DOI: 10.3097/LO.201434.
63. Murray-Rust D, Dendoncker N, Dawson TP, Acosta-Michlik L, Karali E, Guillem E, et al. Conceptualising the analysis of socio-ecological systems through ecosystem services and agent-based modelling. *Journal of Land Use Science*. 2011;6(2–3):83–99. DOI: 10.1080/1747423X.2011.558600.
64. *Методологические рекомендации по оценке земли по текущей рыночной стоимости*. Москва: Росстат; 2015. 409 с.
65. *System of environmental-economic accounting 2012. Central framework*. New York: United Nations; 2014. 347 p.
66. *Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения стоимостной оценки экосистемных услуг и определения стоимостной оценки биологического разнообразия, ТКП 17.02-10-2013 (02120) (01.06.2013)*. Минск: Минприроды; 2013. 23 с.
67. Краковецкий АВ. Методические подходы к определению экономической ценности естественных болотных экосистем. В: Карabanов АК, редактор. *Природопользование. Выпуск 28*. Минск: Институт природопользования НАН Беларуси; 2015. с. 61–67.
68. Шоба СА, Макаров ОА, Абдулханова ДР, Бондаренко ЕВ, Гиоргадзе СР, Глазунов ГП и др. *«Справедливая» экономика землепользования*. Шоба СА, Макаров ОА, редакторы. Москва: МАКС Пресс; 2018. 196 с.

References

1. *Ecosystems and human well-being. Synthesis. A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Washington: Island Press; 2005. 138 p.
2. Helm D, Hepburn C, editors. *Nature in the balance: the economics of biodiversity*. Oxford: Oxford University Press; 2014. 448 p.
3. Baveye PC, Baveye J, Gowdy J. Soil «Ecosystem» Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science* [Internet]. 2016 [cited 2019 March 21];4. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2016.00041/full>. DOI: 10.3389/fenvs.2016.00041.

4. Konyushkov DE. The development of the concept of ecosystem services: a review of foreign publications. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva*. 2015;80:26–49. DOI: 10.19047/0136-1694-2015-80-26-49. Russian.
5. Yatsukhno V, Dudko H, Tischkovich J. Lands/soils ecosystem services: peculiarities, significance, perspectives using. *Zemlya Belarusi*. 2018;1:35–39. Russian.
6. Volobuev VR. *Ekologiya pochv (ocherki)* [Soil ecology (essays)]. Baku: Izdatel'stvo Akademii nauk AzSSR; 1963. 260 p. Russian.
7. Kovda VA. *Biogeokhimiya pochvennogo pokrova* [Biogeochemistry of soil cover]. Moscow: Nauka; 1985. 263 p. Russian.
8. Gennadiev AN. *Pochvy i vremya: modeli razvitiya* [Soil and time: development models]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1990. 232 p. Russian.
9. Dobrovolskii GV, Nikitin ED. *Ekologiya pochv: uchenie ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv* [Soil ecology: the doctrine of the ecological functions of soils]. 2nd edition, updated and supplemented. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 2012. 412 p. Russian.
10. Dobrovolskii GV, Nikitin ED. *Sokhraneniye pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery: funktsional'no-ekologicheskii podkhod* [Soil conservation as an indispensable component of the biosphere: a functional-ecological approach]. Moscow: Nauka; 2000. 185 p. Russian.
11. Karpachevskii LO. *Ekologicheskoe pochvovedeniye* [Ecological soil science]. Moscow: GEOS; 2005. 336 p. Russian.
12. Dobrovolskii GV, editor. *Strukturno-funktsional'naya rol' pochvy v biosfere* [The structural and functional role of soil in the biosphere]. Moscow: GEOS; 1999. 278 p. Russian.
13. Uvarov GI. *Ekologicheskii funktsii pochv* [Ecological functions of soils]. 2nd edition, supplemented. Saint Petersburg: Lan'; 2017. 296 p. Russian.
14. Shoba SA, Yakovlev AS, Rybalsky NG, editors. *Ekologicheskoe normirovaniye i upravleniye kachestvom pochv i zemel'* [Standardization and regulation of environmental and soils quality and land management]. Moscow: NIA-Priroda; 2013. 310 p. Russian.
15. Romanova TA. *Diagnostika pochv Belarusi i ikh klassifikatsiya v sisteme FAO-WRB* [Diagnostics of Belarusian soils and their classification in the FAO-WRB system]. Karpachevskii LO, editor. Minsk: Institute for Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus; 2004. 428 p. Russian.
16. Klebanovich NV. Soils of Belarus – our wealth. *Zemlya Belarusi*. 2015;2–3:47–48, 39–47. Russian.
17. Vasenev VI, Van Audenkhoven AP, Romzaikina ON, Gadziagaeva RA. [Ecological functions and ecosystem services of urban and technogenic soils: from theory to practical application (review)]. *Pochvovedeniye*. 2018;10:1177–1191. DOI: 10.1134/S0032180X18100131. Russian.
18. Brümmer G. Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. *Deutscher Rat für Landespflege*. 1978;31:13–20.
19. Blum WEH. Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2005;4(3):75–79. DOI: 10.1007/s11157-005-2236-x.
20. Blum WEH, Schad P, Nortcliff S. *Essentials of Soil Science: soil formation, functions, use and classification (World Reference Base, WRB)*. Stuttgart: Borntraeger Science Publishers; 2018. 171 p.
21. Schulte RPO, Creamer RE, Donnellan T, Farrelly N, Fealy R, O'Donoghue C, et al. Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*. 2014;38:45–58. DOI: 10.1016/j.envsci.2013.10.002.
22. Lavelle P. Ecological challenges for soil science. *Soil Science*. 2000;165(1):73–86.
23. Madena K, Bormann H, Gianì L. Soil functions – Today's situation and further development under climate change. *Erdkunde. Archive for Scientific Geography*. 2012;66(3):221–237. DOI: 10.3112/erdkunde.2012.03.03.
24. Gläser N, Helming K, De Vries W. Do current European policies prevent soil threats and support soil functions? *Sustainability*. 2014;6(12):9538–9563. DOI: 10.3390/su6129538.
25. Schwilch G, Lemann T, Berglund O, Camarotto C, Cerdà A, Daliakopoulos IN, et al. Assessing impacts of soil management measures on ecosystem services. *Sustainability*. 2018;10(12):4416. DOI: 10.3390/su10124416.
26. Dominati EJ, Mackay AD, Bouma J, Green S. An ecosystems approach to quantify soil performance for multiple outcomes: the future of land evaluation? *Soil Science Society of America Journal*. 2016;80(2):438–449. DOI: 10.2136/sssaj2015.07.0266.
27. Comerford NB, Franzluebbers AJ, Stromberger ME, Morris L, Markewitz D, Moore R. Assessment and evaluation of soil ecosystem services. *Soil Horizons*. 2013;54(3):1–14. DOI: 10.2136/sh12-10-0028.
28. Adhikari K, Hartemink AE. Linking soils to ecosystem services – a global review. *Geoderma*. 2016;262:101–111. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.08.009.
29. Jönsson JOG, Davidsdottir B. Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agroecological Systems*. 2016;145:24–38. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.02.010.
30. *Status of the World's Soil Resources. Charter 2. The role of soils in ecosystem processes*. [S. l.]: FAO; 2015. 18 p.
31. Robinson DA, Fraser I, Dominati EJ, Davidsdottir B, Jönsson JOG, Jones L, et al. On the value of soil resources in the context of natural capital and ecosystem service delivery. *Soil Science Society of America Journal*. 2014;78(3):685–700. DOI: 10.2136/sssaj2014.01.0017.
32. Robinson DA, Jackson BM, Clothier BE, Dominati EJ, Marchant SC, Cooper DM, et al. Advances in soil ecosystem services: concepts, models, and applications for earth system life support. *Vadose Zone Journal*. 2013;12(4):65–78. DOI: 10.2136/vzj2013.01.0027.
33. da Silva RT, Fleskens L, van Delden H, van der Ploeg M. Incorporating soil ecosystem services into urban planning: status, challenges and opportunities. *Landscape Ecology*. 2018;33(7):1087–1102. DOI: 10.1007/s10980-018-0652-x.
34. Pulleman M, Creamer R, Hamer U, Helder J, Pelosi C, Peres G, et al. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services – an overview on European approaches. *Current Opinion in Environment Sustainability*. 2012;4(5):529–538. DOI: 10.1016/j.cosust.2012.10.009.
35. Hauck J, Görg C, Varjopuro R, Ratamaki O, Jax K. Benefits and limitations of the ecosystem services concept in environmental policy and decision making: some stakeholder perspectives. *Environmental Science & Policy*. 2013;25:13–21. DOI: 10.1016/j.envsci.2012.08.001.
36. Lal R. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research*. 2014;2(3):36–47. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30021-6.
37. Wall DH, Bardgett RD, Beham-Pelletier V, Herrick JE, Jones TH, Six J, et al., editors. *Soil ecology and ecosystem services*. Oxford: Oxford University Press; 2013. 424 p.

38. Stolte J, Tesfai M, Øygarden L, Kværno S, Keizer J, Verheijen F, et al., editors. *Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services*. Luxembourg: European Union; 2015. 207 p. (JRS Technical Reports).
39. Hardelin J, Lankoski J. *Land use and ecosystem services. OECD food, agriculture and fisheries papers, No. 114*. Paris: OECD Publishing; 2018. 74 p.
40. *The value of land: prosperous lands and positive rewards through sustainable land management*. Bonn: Eld Initiative; 2015. 165 p.
41. Kumar P, editor. *The economic of ecosystems and biodiversity. Ecological and economic foundations*. Abingdon: Rutledge; 2010. 410 p.
42. Haines-Young R, Potschin M. *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the application of the revised structure*. Nottingham: Fabis Consulting; 2017. 26 p.
43. Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*. 2008;141(2):350–352. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.12.020.
44. Dominati EJ, Patterson MG, Mackay AD. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*. 2010;69(9):1858–1868. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.05.002.
45. de Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. 2002;41(3):393–408. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
46. Reimers NF. *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature management: glossary]. Moscow: Mysl'; 1990. 638 p. Russian.
47. Daily GC, editor. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington: Island Press; 1997. 392 p.
48. Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997;387(6630):253–260.
49. Ehrlich PR, Mooney HA. Extinction, substitution and ecosystem services. *BioScience*. 1983;33(4):248–254. DOI: 10.2307/1309037.
50. Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, et al. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. 2017;28(part A):1–16. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008.
51. Vasenev VI, Anan'eva ND, Makarov OA. [Features of the ecological functioning of constructozems on the territory of Moscow and the Moscow region]. *Pochvovedenie*. 2012;2:224–235. Russian.
52. Tsvetnov EV, Makarov OA, Yakovlev AS, Bondarenko EV. [On the inclusion of ecosystem services in the system for assessing damage from land degradation]. *Pochvovedenie*. 2016;12:1534–1540. DOI: 10.7868/S0032180X16120133. Russian.
53. *Revised World Soil Charter*. Rome: FAO; 2005. 8 p.
54. Varállyay G. Land evaluation in Hungary – scientific problems, practical applications. In: Bouma JJ, Bregt AK, editors. *Land Qualities in Space and Time: proceedings of a symposium organized by the International Society of Soil Science (ISSS); 1988 August 22–26; Wageningen, the Netherlands*. Wageningen: Pudoc; 1989. p. 241–252.
55. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Thematic Strategy for Soil Protection (COM (2006) 231 final)*. Brussels: Commission of the European Communities; 2006. 12 p.
56. Lehmann A, Stahr K. The potential of soil functions and planner-oriented soil evaluation to achieve sustainable land use. *Journal of Soils and Sediments*. 2010;10(6):1092–1102. DOI: 10.1007/s11368-010-0207-5.
57. Liang SY, Lehmann A, Wu KN, Staor K. Perspectives of function-based soil evaluation in land-use planning in China. *Journal of Soils and Sediments*. 2014;14(1):10–22. DOI: 10.1007/s11368-013-0787-y.
58. Tzilivakis J, Lewis KA, Williamson AR. A prototype framework for assessing risks to soil functions. *Environmental Impact Assessment Review*. 2005;25(2):181–195. DOI: 10.1016/j.eiar.2004.02.003.
59. *Land resource planning for sustainable land management. Current and emerging needs in land resource planning for food security, sustainable livelihoods, integrated landscape management and restoration*. Rome: FAO; 2017. 68 p.
60. Yakovlev AS, Sizov AP. [Scientific and legal prerequisites for the use of the concepts of «soil» and «land» in environmental practice]. In: Shoba SA, Yakovlev AS, Rybalsky NG, editors. *Ekologicheskoe normirovanie i upravlenie kachestvom pochv i zemel'* [Standardization and regulation of environmental and soils quality and land management]. Moscow: NIA-Priroda; 2013. p. 22–28. Russian.
61. Greiner L, Keller A, Grêt-Regamey A, Papritz A. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*. 2017;69:224–237. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.06.025.
62. Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F. Ecosystem service potentials, flows and demands – concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online* [Internet]. 2014 [cited 2019 February 20];34:1–32. Available from: <https://www.landscape-online.org/index.php/lo/article/view/LO.201434>. DOI: 10.3097/LO.201434.
63. Murray-Rust D, Dendoncker N, Dawson TP, Acosta-Michlik L, Karali E, Guillem E, et al. Conceptualising the analysis of socio-ecological systems through ecosystem services and agent-based modelling. *Journal of Land Use Science*. 2011;6(2–3):83–99. DOI: 10.1080/1747423X.2011.558600.
64. *Metodologicheskie rekomendatsii po otsenke zemli po tekushchei rynochnoi stoimosti* [Methodological recommendations for assessing land at current market value]. Moscow: Rosstat; 2015. 409 p. Russian.
65. *System of environmental-economic accounting 2012. Central framework*. New York: United Nations; 2014. 347 p.
66. *Environmental protection and nature use. The procedure for determining the price assessment of ecosystem services and estimated value of biological diversity, TKP 17.02-10-2013 (02120) (01.06.2013)*. Minsk: Minprirody; 2013. 23 p. Russian.
67. Krakovetsky AV. Methodical approaches to determination of the economic value of natural marsh ecosystems. In: Karabanov AK, editor. *Prirodopol'zovanie. Vypusk 28* [Nature management. Issue 28]. Minsk: Institute of Environmental Management of the National Academy of Sciences of Belarus; 2015. p. 61–67. Russian.
68. Shoba SA, Makarov OA, Abdulkhanova DR, Bondarenko EV, Giorgadze SR, Glazunov GP, et al. *«Spravedlivaya» ekonomika zemlepol'zovaniya* [A fair land use economy]. Shoba SA, Makarov OA, editors. Moscow: MAKS Press; 2018. 196 p. Russian.