



ЭДАФОЛОГИЯ В СТРУКТУРЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОСИСТЕМНОЙ ЭКОЛОГИИ¹

О. Г. Чертов

Бингенский политехнический университет, Берлинштрассе 109, 55411, Бинген, Германия

E-mail: oleg_chertov@hotmail.com

М. А. Надпорожская

Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, Россия

E-mail: m.nadporozhskaya@spbu.ru

М. М. Паленова

ФБУ Всероссийский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства,

Россия, 141202, Московская область, Пушкино, ул. Институтская, 15

E-mail: palenova@gmail.com

И. В. Припутина

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук,

142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, 2, корп. 2

E-mail: irina.priputina@gmail.com

EDAPHOLOGY IN THE STRUCTURE OF SOIL SCIENCE AND ECOSYSTEM ECOLOGY

O. G. Chertov

University of Applied Sciences Bingen. 109 Berlin Strasse, 55411, Bingen, Germany

E-mail: oleg_chertov@hotmail.com

M. A. Nadporozhskaya

Saint Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya emb., 199034, St. Petersburg, Russia

E-mail: m.nadporozhskaya@spbu.ru

M. M. Palenova

All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry,

15 Institutskaya str., 141202, Pushkino, Moscow district, Russia

E-mail: palenova@gmail.com

I. V. Priputina

RAS Institute of Physical, Chemical and Biological Problems in Soil Science,

2 Institutskaya str., 142290, Pushchino, Moscow district, Russia

E-mail: irina.priputina@gmail.com

Аннотация. Эдафология (*edafologia*, *edaphology*, от греческого εδαφοξ – почва, на которой выращивают) – наука о почве как среде обитания живых организмов. Напротив, педология (*pedologia*, *pedology*, от греческого πῆδον, нога, как то, по чему ходят) – это наука о свойствах и формировании самой почвы, т.е. собственно генетическое почвоведение. Почвоведение – относительно молодая наука о сложных биокосных системах, и даже история названия этой науки непростая, поскольку основной термин дублировался. В России при зарождении почвоведения кроме термина с русскоязычным корнем использовали русифицированные: педология и эдафология. В последующем эдафология была вытеснена из почвоведения в агрохимию для решения эдафических проблем по отношению только к культурным растениям. Но поскольку сохранялась необходимость изучения эдафических проблем, то они решались как в рамках самого почвоведения, так и в

¹ Работа выполнена при частичной поддержке проектом РНФ № 18-14-00362.

ряде смежных наук. Эдафическая составляющая четко прослеживается в появившемся в середине XX в. экологическом почвоведении, но без возврата к существовавшей ранее терминологии. В лесном почвоведении непосредственно к эдафологии относится концепция форм гумуса как классификация аккумулятивных горизонтов почвы, определяющих продуктивность растительности и формирующихся под влиянием биологического круговорота в лесных экосистемах. Также эдафическими являются почвенно-ландшафтные классификации типов местообитаний (лесорастительных условий), появившиеся в лесном почвоведении и лесоведении Европы и Сев. Америки. Ординация растений по шкалам богатства и влажности почв в геоботанике также относится к эдафологии, как и нижние таксономические единицы ландшафтных классификаций. Восстановление в почвоведении эдафической ветви необходимо для решения практических проблем в связи с реализацией природоподобных технологий, методологии устойчивого природо- и лесопользования в быстро меняющейся окружающей среде и развивающейся экономике.

Ключевые слова: эдафология, генетическое почвоведение, экологическое почвоведение, формы гумуса, типы местообитания, эдафическая ординация растительности.

Abstract. Edaphology (Edaphologia, from Greek εδάφοξ – soil for planting) is a science of soil as a habitat for living beings. On the contrary, pedology (Pedologia from Greek πῆδον – leg as a thing for walking) is a science of soil properties and formation, namely genetic soil science. Soil science is a relatively young discipline studying the complex «bio-abio-genic» systems. Even the history of soil science is not simple, as the main term was duplicated: pedology and edaphology. Later, Edaphology was driven out from soil science into agricultural chemistry to solve edaphic problems for agricultural plants only. The genetic soil science had been mainly developing that time. However the edaphic problems remained and they were solved both within basic soil science and adjoined sciences. The edaphic component is clearly seen in ecological soil science (soil ecology) that appeared in the middle of the 20th century, but without a return to the initial terminology. In forest soil science, the concept of humus forms is directly related to edaphology because humus forms represent a classification of topsoil organic and organo-mineral horizons that determine the vegetation productivity and they are developed under the impact of the biological cycle in forest ecosystems. The European and North American soil-landscape classifications of forest sites also belong to edaphology. The plant ordination according to the scales of soil moisture and «richness» in ecological botany (geobotany) and lower layers of landscape classifications are of clearly edaphic origin as well. The restoration of the edaphic branch in soil science is necessary for addressing theoretical and especially practical problems in sustainable forest and environmental management under the rapidly changing environment and developing economy.

Key words: edaphology, genetic soil science, soil ecology, humus form, forest site, edaphic plant ordination.

По мере расширения масштабов и географии научных исследований в любой науке со временем возникает различное понимание одних и тех же терминов и, одновременно, возможно появление нескольких терминов для одних и тех же явлений. Эти терминологические различия и избыточность осложняют научную коммуникацию. Примером такого различного понимания терминов в настоящее время служит термин «подстилка», который в лесном и мировом почвоведении определяется как органический горизонт, состоящий из трех подгоризонтов разной степени разложения растительного опада, а в последней классификации почв России 2004 г. – только как верхний слабо разложившийся слой опада [1] в отличие от принятого в мире понимания и предыдущей российской классификации [2]. Это же относится и к понятию «тип гумуса», которое имеет несопадающие по смыслу морфологический [3] и биохимический [4] значения. Терминологическая избыточность для одних и тех же понятий также встречается достаточно часто.

Настоящая работа посвящена содержанию забытого раздела почвоведения – эдафологии – в

связи с появлением в современном почвоведении новых определений для уже давно существующих понятий. В частности, в почвоведении до сих пор сохранились различия в отношении базовых определений науки о почве.

Почвоведение – сравнительно молодая наука. Базовая составляющая почвоведения – ее лексико-терминологический аппарат – активно развивается. Появляются новые понятия, старым придают новый смысл. Само слово «почвоведение» известно с середины XIX в. [5].

До появления научного почвоведения на университетских кафедрах агрономии почвоведением (земледелием) называли курс лекций по изучению питательных свойств верхнего слоя почвы (земли), содержащего корни растений [6].

А. А. Ярилов [7] одобрял термин педология, но подчеркивал, что возможны разные взгляды на почву: либо как на культурный (т.е. пахотный) слой, либо как на производное поверхностное образование коры выветривания [7]. Напротив, П. А. Костычев писал: «мы считаем, что педология не есть почвоведение, это есть геогнозия и петрография верхнего слоя земли...» [6, с. 11]. Кроме того, выяснилось, что

«педологией в цикле гуманитарных наук за последнее время стала называться наука о детской психологии...», поэтому лучше название "педология" в смысле почвенном заменить словом "эдафология"» [8, с. 46]. В итоге в начале XX в. наряду с «почвоведением» существовало два определения науки о почве, сохранившиеся до наших дней: «эдафология» и «педология».

Под эдафологией (*edafologia*, *edaphology*, от греческого «*εδαφοξ*» – почва, на которой выращивают) понималась наука о почве как среде обитания живых организмов (преимущественно растений, но также почвенных животных и микроорганизмов). В свою очередь, педология (*pedologia*, *pedology*, от греческого «*παιδον*», *педон*, *нога* – как то, по чему ходят) – это наука о свойствах и формировании самой почвы, т.е. собственно генетическое почвоведение в его современном понимании, которое рассматривает почву как самостоятельное природное тело, формирующееся под влиянием внешних по отношению к нему факторов, в число которых входят и живые организмы [9]. В российском почвоведении на тот момент в явном виде такого разделения не существовало, хотя журнал «Почвоведение» до 1943 г. имел подзаголовки «*Pedology*».

Здесь следует напомнить, что с конца XIX в. шло интенсивное развитие почвоведения как самостоятельной науки с отделением ее от геологии и других естественных наук. В центре внимания были представления о почве как о самостоятельном природном теле, находящемся под воздействием внешних факторов. На 4 Международном почвенном конгрессе в Риме в 1924 г. было принято соглашение о том, что вместо двух ранее употреблявшихся определений – эдафология и педология – необходимо использовать только одно – почвоведение, по-английски *soil science* [10]. В результате термин «педология» практически вышел из употребления, хотя именно эта ветвь общего почвоведения до настоящего времени является важным направлением науки о почве. Во всех российских и большинстве зарубежных университетов студенты учат генетическому почвоведению. Но в испаноговорящих и в ряде азиатских стран, а также в науках о Земле почвоведение до сих пор определяется как «эдафология».

При этом «почвоведение» было признано обобщающей дисциплиной, в которой присутствуют и «педология», и «эдафология». Педология изучает процессы почвообразования, морфологию и классификацию почв. Объектом эдафологии является почва как условие и фактор существования живых организмов [9].

Различие между российскими и зарубежными учеными в понимании этих терминов заключается в том, что в России эдафология по-

нималась как некий эквивалент термина «педология», а, следовательно, и термина «почвоведение». На Западе же понятие «эдафология» используется в прикладном смысле, близком по значению прикладным аспектам агрофизики [11]. Де факто эдафология в полном объеме сохранилась в агрохимии как наука о почвенном плодородии, изучающей химические и биохимические процессы, протекающие в системе почва–растение, и рассматривающей почву как основной источник элементов питания для культурных растений [12]. Одновременно в неявном виде она вошла в агропочвоведение, в котором доминировало изучение специфики условий почвообразования в окультуренных почвах [13].

По мере развития генетического почвоведения во второй половине XX в. в нем стало возрождаться внимание к эдафическим аспектам, что нашло отражение в количественной оценке почвенного плодородия в форме бонитировки почв [14–17]. В конечном итоге было сформировано представление об «экологических функциях почв» и сформулировано новое направление исследований – «экологическое почвоведение» [18–20].

Фактически в общем почвоведении произошло восстановление эдафической составляющей, но без ее структуризации как особого направления и без возврата к прежней терминологии, что не вполне корректно с позиции научного приоритета. На рис. 1 представлено соотношение генетической и эдафической составляющих в различных разделах общего почвоведения и ряда смежных наук по представлениям авторов.

На первый взгляд представляется, что эдафология и экологическое почвоведение являются синонимами. Это было справедливым в середине XX в., когда экологическое почвоведение только формировалось. Однако в настоящее время оно стало заметно шире собственно эдафологии, поскольку помимо эдафической составляющей включает разделы, связанные с глобальными проблемами изменения климата, влиянием антропогенных факторов и деградацией природной среды.

Неоспоримым является вклад отечественных почвоведов именно в «эдафологию», хотя в российском почвоведении термин «эдафология» не закрепился, и применяется только выражение «эдафические условия / среда» по отношению к почвенным условиям развития растений (например, [21]). Правда, поиск по ключевым словам в ресурсе *e-library* дает небогатый «урожай» [22]: ключевое слово «эдафическая» встречается в четырех работах по селекции растений одного автора, «эдафические» – в 28 работах разных авторов.

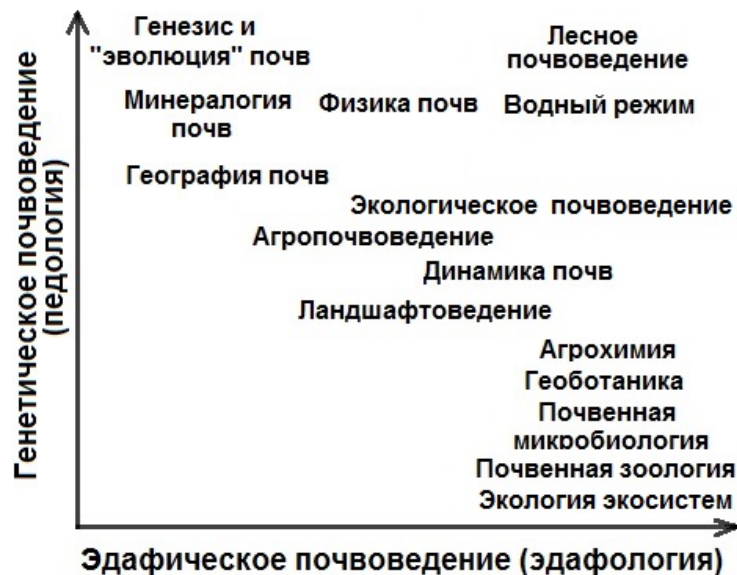


Рис. 1. Концептуальная ординация разделов почвоведения и смежных наук между эдафическим (эдафология) и генетическим (педология) направлениями. В левом верхнем углу разделы, относящиеся полностью к генетическому почвоведению, в нижнем правом углу – к эдафологии. Между ними расположены науки и разделы почвоведения с разной степенью представленности генетического и эдафического подходов. Левый нижний угол занимают дисциплины о непочвенных природных образованиях и процессах, например, вулканология

Fig. 1. Conceptual ordination of sections in pedology and related sciences between edaphic (edaphology) and genetic (pedology) fields. The upper left corner presents sections that entirely relate to genetic soil science, the lower right corner - to edaphology. Between them are sciences and sections of soil science with varying degrees of representing genetic and edaphic approaches. The lower left corner is occupied by disciplines studying the non-soil natural formations and processes, for example, volcanology

Наиболее полно эдафическая составляющая представлена в лесном почвоведении и агропочвоведении. При этом в лесном почвоведении можно различить два направления: генетическое, изучающее влияние леса как биологического фактора почвообразования на почву [4], и эдафическое, рассматривающее почвенные факторы продуктивности и состава лесной растительности [16].

В эдафической ветви лесного почвоведения основным компонентом можно назвать классификацию «форм гумуса» лесных почв. Она возникла во времена становления генетического почвоведения [23]. Это – классификация совокупности поверхностных аккумулятивных горизонтов почвы (органических и органоминеральных) по морфологическим признакам органического вещества с особым вниманием к роли почвенной биоты – фауны и микроорганизмов – в трансформации растительных остатков, формирующих напочвенный и внутрипочвенный опад [3, 16, 24–26]. Выделяются три классических формы гумуса: «грубый гумус (мор)», «мягкий гумус (муль)» и переходная форма «модер».

В грубом гумусе органическое вещество аккумулируется в органическом горизонте (лес-

ной подстилке), поскольку разложение растительных остатков идет медленно, в основном с участием микроорганизмов (грибов). Напротив, для формы гумуса «муль» характерно быстрое разложение и минерализация поступающего опада с участием бактерий и переработкой материала макрофауной дождевых червей с аккумуляцией органического вещества в поверхностном минеральном горизонте. Эти морфологически различимые формы аккумуляции гумифицированного материала четко отражают интенсивность биологического круговорота в лесных экосистемах. Поэтому при одинаковых климатических условиях продуктивность растительности невелика на грубогумусных и высока на муллевых почвах.

Существует несколько национальных классификаций форм гумуса [27], в которых его три базовых формы дополнены с охватом всех эдафических условий по богатству и влажности почв (рис. 2). В настоящее время концепция форм гумуса и их классификация распространена на все почвы наземных и гумусовые системы полуводных и водных экосистем. Поэтому можно говорить о попытке классификации форм гумуса почвенных образований планетарного масштаба [28].



Рис. 2. Ординация форм гумуса по классам богатства и влажности почв (по [27]) в соответствии со шкалой Алексеяев–Погребняк [29]. Классы по дренажу и режиму влажности: от 1 – сильный дренаж и недостаток влаги (ксероморфные почвы) к 5 – слабый дренаж при постоянном избытке влаги (гидроморфные почвы).

Классы по трофности почв: от А – бедные (олиготрофные) в основном песчаные почвы к D – богатые (эутрофные) суглинистые почвы (на Северо-Западе России – карбонатная морена). Наименования форм гумуса переувлажненных почв (классы 4 и 5) совпадают с названиями почв в классификации 1977 г. [2]

Fig. 2. Ordination of humus forms according to the classes of soil richness and moisture (based on [27]) with regard to the Alekseyev–Pogrebnyak scale [29]. Classes according to drainage and moisture regime: from 1 – strong drainage and lack of moisture (xeromorphic soils) to 5 – weak drainage with constant excess of moisture (hydromorphic soils). Classes according to soil trophicity: from A – poor (oligotrophic) mainly sandy soils to D – rich (eutrophic) loamy soils (in Northwest Russia – carbonate moraine). The names of humus forms of water-logged soils (classes 4 and 5) coincide with the names of soils in the classification of 1977 [2]

Формы гумуса в силу своей тесной связи с растительными сообществами являются динамичными единицами, что позволяет отойти от представлений об эволюции почв как медленного векового процесса к исследованию достаточно активной динамики почв под влиянием сукцессий растительности, а также в связи с различными нарушениями и антропогенными модификациями природной среды [27].

Концепция форм гумуса нашла практическое применение как теоретическая основа для динамического моделирования органического вещества почв [30, 31], в котором учтены скорости трансформации органического вещества не только микроорганизмами, но и сообществами почвенной фауны, специфичными для разных форм гумуса. Основанная на этих принципах почвенная модель ROMUL и ее последняя версия Romul_Hum успешно применялись для имитации динамики органического вещества почв в различных природных зонах [30, 31]. Эта модель была полностью интегрирована в экосистемную модель EFIMOD для решения лесоводственных и природоохранных задач [32, 33].

В полной мере к эдафологии относятся и используемые в лесном почвоведении и лесоведении классификации типов лесорастительных условий: а) немецкое учение о местообитаниях (Standortlehre, [34]); б) северо-американские классификации лесных местообитаний (forest site, [35]); в) типология лесных местообитаний Северо-Запада РФ [16]. В этих подходах почвы являются ключевым критерием для определения лесорастительных условий. Безусловно, эдафической является и лесотипологическая система П. С. Погребняк [29] – его «эдафическая сетка» с ординацией типов леса по классам богатства и влажности почв.

В рамках лесного почвоведения представляется возможным выделить три таксономических уровня эдафической классификации: а) микро-морфологический – биогенных микроформ органического вещества в гумусово-аккумулятивных горизонтах [25, 36]; б) мезо-морфологический – для определения форм гумуса с акцентом на биогенные структуры в органических и гумусовых горизонтах [27, 28, 37]; в) макро-морфологический – биогенных педотурбаций, ветровально-почвенных комплексов и других образований [38, 39].

Следует подчеркнуть, что эдафология (эдафическое направление почвоведения) ни в коей мере не является антагонистичным генетическому почвоведению. Важной задачей является сочетание обеих ветвей на классификационном уровне с возможным разделением сфер их использования. В Европе предлагался учет форм гумуса в международной почвенной таксономии [WRB, 40] на уровне «педона» [26]. Имеется успешный опыт объединения эдафической и генетической классификаций при картировании лесных почв с указанием форм гумуса и типов местообитаний для оценки лесорастительных условий [16].

В почвенной микробиологии эдафические аспекты отражены в классификации микроорганизмов по трофности почвенной среды [41]. В наиболее общем виде – это различия в доминировании и активности между грибами и бактериями в почвах, субстратах и местообитаниях различного трофического уровня. В почвенной зоологии к эдафологии относится рассмотрение фауны по ее составу и функциональной активности в зависимости от трофности почвенной среды [42].

В то же время нельзя не отметить предложение И. Б. Арчеговой по модификации базового понятия «почва» [43, 44]. Ею предлагается использовать термин почва только к верхней части принятого в настоящее время почвенного профиля, а именно к «биогенно-органо-аккумулятивному образованию», которое формируется в ходе процесса биологического круговорота и в целом соответствует концепции форм гумуса. Нижележащая часть профиля – «эллювиально-иллювиально-метаморфическая система» – по мнению автора является верхним горизонтом коры выветривания, формирующимся медленными процессами трансформации минерального состава почвообразующей породы.

Компоненты эдафологии вошли также в состав ряда смежных с почвоведением естественных наук. Прежде всего это относится к геоботанике, в которой в XX в. шло свое формирование оценки эдафических условий существования растений и сохранились и используются термины «экотопы» и «биотопы» для обозначения территорий с разными эдафическими условиями. Так, в монографии Л. Г. Раменского [45] по почвенно-геоботаническому изучению земель имеется обширная глава по эдафическому анализу почв. К сожалению, эта работа не привлекла внимания отечественных почвоведов. Позднее им и другими исследователями были созданы всеобъемлющие таблицы ординации видов растений по шкалам богат-

ства и влажности почв, а также по ряду других эдафически значимых почвенных параметров [46–48]. В этом отношении эдафическая классификация почв заполняет конкретным и достаточно подробным содержанием геоботанические шкалы богатства и влажности почв.

Параллельно и независимо от почвоведения в физической географии в XX в. шло развитие научного ландшафтоведения, в котором также прослеживается ясное сходство низших таксонов ландшафтных классификаций с почвенно-эдафической систематикой. Так, в теоретическом подходе к ландшафтной классификации А. Г. Исаченко [49] две нижние единицы – «фация» и «урочище» – практически полностью совпадают с таксонами по формам гумуса и типам местообитания, выделяемым при почвенно-типологическом картировании лесов [16].

Следует отметить, что эдафология имеет самое прямое отношение к общей экологии, практически вписываясь в ее раздел о влиянии внешних факторов среды на биоту. Но если в самой экологии основной акцент делается на биоту, то в эдафологии основной объект – это почва как важнейший фактор и ресурс для существования наземной биоты, снабжающий растения и почвенную биоту элементами питания и влагой.

Кроме того, эдафология непосредственно смыкается с экосистемной экологией [50, 51] как существенной частью общей синэкологии, поскольку именно эдафические функции почвы являются ключевыми в деструктивном звене наземных экосистем.

Как следует из представленного выше материала, в настоящее время эдафология фактически рассеяна по многим наукам о Земле. Возникает вопрос: нужна ли она как обособленная ветвь общего почвоведения, как это было в начале XX в.? Авторы полагают, что она нужна, поскольку разграничение эдафической и генетической ветвей в почвоведении теоретически и методологически осмысленно, как следует из вышеприведенного материала.

С практических позиций значение эдафологии трудно переоценить. Она востребована в агрономии, лесоводстве, и в целом в природопользовании, в оценках последствий антропогенных нарушений и трансформации экосистем, уделяя основное внимание динамическим свойствам почв. В современных условиях это значение возрастает в связи с тем, что эдафология акцентирует роль почвы не только как самостоятельного природного тела, но главным образом как важнейшей производительной силы в провозглашенной стратегии «биоэкономики» будущего.

В частности, в лесоведении совместное использование классификаций форм гумуса и типов местообитаний может служить методологической основой для общей эдафической оценки лесных территорий, смыкающейся с ландшафтоведением на верхних, более обобщенных пространственных уровнях. Можно предположить, что разделение территории по формам гумуса и типам местообитаний (фациям и урочищам по ландшафтной классификации А. Г. Исаченко [49]) представляет собой исчерпывающую оценку эдафических условий по отношению к составу, продуктивности и сукцессионным трендам лесной растительности.

Генетическое почвоведение, и особенно его «субстантивные» классификации, сильно перегружено деталями [40]. Кроме того, в российском почвоведении началось излишнее дробление почвенных таксонов. Так, почвы одного генетического типа по прежним почвенным классификациям, но с разными формами гумуса (в зависимости от характера растительности) разносятся в разные почвенные типы: из прежних дерново-подзолистых почв выделены «дерново-подзолы» (фактически те же дерново-подзолистые почвы, но с модергрубогумусной аккумулятивной частью); из подзолов гумусово-железо-иллювиальных (грубогумусных под сосняками) – «серогумусовые» гумусово-железо-иллювиальные (фактически тот же тип почвы, но модергумусные под березняками) [1]. Это означает, что динамическим характеристикам эдафического состояния почв придается статус устойчивых генетических признаков.

Безусловно, все изложенное в данной работе не является призывом к пересмотру читателями своих убеждений и к развитию этой фактически забытой ветви науки о почве. Но обращение к эдафологии позволяет прояснить структуру почвоведения как многоплановой науки. Интересно отметить, что в классификаторе РФФИ [52] почвоведение включено именно в биологические науки. Выделение эдафического почвоведения как самостоятельного направления современного почвоведения с систематизацией в нем эдафических знаний, разрозненных по разным разделам и наукам, позволит, на наш взгляд, оптимизировать теоретические и практические решения, направленные на реализацию методологии устойчивого природопользования в быстро меняющейся окружающей среде для достижения целей биоэкономики будущего [53] и решения уже сформулированной задачи «создания принципиально новых природоподобных технологий» [54].

Практически до XX в. наука существовала, руководствуясь принципом «академической свободы». Эти времена прошли. В настоящее время наука стала активным участником в развитии экономики и сохранении природной среды. В этом отношении понимание роли эдафологии как науки о среде обитания живых организмов отвечает вызовам XXI в., поскольку переносит акценты на изучение почвенных свойств и процессов, определяющих в конечном итоге качество среды обитания человека.

Библиографический список

1. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 220 с.
3. Тюрин, И. В. Материалы по изучению гумуса лесных почв / И. В. Тюрин, В. В. Пономарева // Труды Лесотехнической академии им. С. М. Кирова. – 1940. – Вып. 56. – С. 3–49.
4. Карпачевский, Л. О. Лес и лесные почвы / Л. О. Карпачевский – М. : Лесная пром-сть, 1981. – 264 с.
5. Горохова, Е. М. Особенности становления терминосистемы «экология почвы» в английском и русском языках : дис. ... канд. филол. наук / Горохова Е. М. – М., 2007. – 247 с.
6. Костычев, П. А. Почвоведение / П. А. Костычев. – М. : Сельхозгиз, 1940. – 226 с.
7. Ярилов, А. А. Педология, как самостоятельная естественно-научная дисциплина о земле: Опыт историко-методологического исследования. Педология и агрономия. Ч. 1 / А. А. Ярилов. – Юрьев : Тип. К. Маттисена, 1904. – 490 с.
8. Семенов-Тянь-Шанский, В. П. Район и страна. Пособие для высшей школы / В. П. Семенов-Тянь-Шанский. – Л. : Гос. изд-во, 1926. – 311 с.
9. Glossary of Soil Science Terms. Definitions of «edaphology» and «pedology». SSSA. – 2008. – 92 p. – URL: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>
10. Porta, J. Formación de neologismos en Ciencia del Suelo / J. Porta, D. Villanueva // Spanish J. Soil Science. – 2012. – Vol. 2. – P. 90–103. – URL: <http://dx.doi.org/10.3232/SJSS.2012.V2.N2.06>
11. Цейц, М. А. Веб-ресурсы по почвоведению: практическое руководство по поиску и аналитический обзор / М. А. Цейц, Б. А. Девин // Почвоведение. – 2005. – № 2. – С. 247–253.
12. Битюцкий, Н. П. Минеральное питание растений / Н. П. Битюцкий. – СПб. : Изд. СПбУ, 2014. – 540 с.
13. Благовидов, Н. Л. Сущность окультуривания подзолистых почв / Н. Л. Благовидов // Почвоведение. – 1954. – № 2. – С. 46–60.

14. Благовидов, Н. Л. Качественная оценка земель и их рациональное использование / Н. Л. Благовидов. – Л. : Лениздат, 1962. – 165 с.
15. Семенов, В. А. Качественная оценка сельскохозяйственных земель / В. А. Семенов. – Л. : Колос, 1970. – 160 с.
16. Чертов, О. Г. Экология лесных земель / О. Г. Чертов. – Л. : Наука, 1981. – 192 с.
17. Шишов, Л. Л. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов, В. В. Ефремов. – М. : Агропромиздат, 1991. – 305 с.
18. Добровольский, Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М. : Наука, 1990. – 261 с.
19. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / под ред. Г. В. Добровольского. – М. : Наука, 2003. – 364 с.
20. Карпачевский, Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – М. : ГЕОС, 2005. – 336 с.
21. Чертов, О. Г. Динамика эдафической среды аридной зоны / О. Г. Чертов // Листопадные ксерофильные леса, редколесья и кустарники : Тр. Бот. ин-та им. В. Л. Комарова РАН. – 1995. – Вып. 17. – С. 8–15.
22. E-library. – URL: <https://elibrary.ru/keywords.asp>
23. Müller, P. E. Studieroverskovjord, sombidragtilskovdyrkningensteori: ombögemuldogbögemorpaasandogler / P. E. Müller // TidsskriftforSkovbrug. – 1879. – № 3. – P. 1–124.
24. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв / Ф. Дюшофур ; пер. с франц. – М. : Мир, 1970. – 591 с.
25. Kubiěna, W. L. The Soils of Europe / W. L. Kubiěna. – Madrid ; London : Thomas Murby, 1953. – 314 p.
26. European morpho-functional classification of humus forms / A. Zanella, B. Jabiol, J. F. Ponge, G. Sartori, R. De Waal, B. Van Delft, U. Graefe, N. Cools, K. Katzensteiner, H. Hager, M. Englisch // Geoderma. – 2011. – Vol. 164. – P. 138–145. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.016>
27. Чертов, О. Г. Формы гумуса лесных почв: концепции, классификации, перспективы развития и использования / О. Г. Чертов, М. А. Надпорожская // Почвоведение. – 2018. – № 10. – С. 1202–1214. DOI: 10.1134/S0032180X18100027.
28. Humusica / A. Zanella, Ascher-Jenull (eds.) // Three special issues of Applied Soil Ecology. – 2018. – Vol. 122. – Part 1 and 2. – P. 1–296 ; Vol. 123. – Part 3. – P. 297–808.
29. Погребняк, П. С. Основы лесной типологии / П. С. Погребняк. – Киев : Изд-во АН УССР, 1955. – 452 с.
30. ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modelling / O. G. Chertov, A. S. Komarov, M. A. Nadporozhskaya, S. S. Bykhovets, S. L. Zudin // Ecological Modelling. – 2001. – Vol. 138. – P. 289–308.
31. Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity / A. Komarov, O. Chertov, S. Bykhovets, C. Shaw, M. Nadporoyhskaya, P. Frolov, M. Shashkov, V. Shanin, P. Grabarnik, I. Priputina, E. Zubkova // Ecological Modelling. – 2017. – Vol. 345. – P. 113–124.
32. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / отв. ред. В. Н. Кудеяров. – М. : Наука, 2007. – 380 с.
33. Чертов, О. Г. Различие экологических стратегий хвойных пород в европейских и канадских бореальных лесах: модельный анализ / О. Г. Чертов, А. С. Комаров, С. С. Быховец, Дж. С. Бхатти // Биосфера. – 2015. – Т. 7 (3). – С. 328–337.
34. Stahr, K. Bodenkunde und Standortlehre / K. Stahr, E. Kandeler, L. von Herrmann, T. Streck. – Ulmer : UTB, 2008. – 318 p.
35. Barnes, B. V. Forest Ecology. 4th Ed. / B. V. Barnes, D. R. Zak, S. R. Denton, S. H. Spurr. – N.Y. : Wiley, 1998. – 774 p.
36. Ромашкевич, А. И. Микроморфология и диагностика почвообразования / А. И. Ромашкевич, М. И. Герасимова. – М. : Наука, 1982. – 127 с.
37. Chertov, O. G. Development and application of Humus form concept for soil classification, mapping and dynamic modelling in Russia / O. G. Chertov, M. A. Nadporozhskaya // Applied Soil Ecology. – 2018. – Vol. 123. – P. 420–423. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.04.006>
38. Бобровский, М. В. Лесные почвы европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования / М. В. Бобровский. – М. : КМК, 2010. – 359 с.
39. Bobrovsky, M. V. Patterns of pedoturbations by tree uprooting in forest soils / M. V. Bobrovsky, S. V. Loyko // Rus. J. Ecosystem Ecol. – 2016. – Vol. 1 (1). – 22 p. – URL: <http://dx.doi.org/10.21685/2500-0578-2016-1-3>
40. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Исправленная и дополненная версия 2015 / под ред. М. И. Герасимовой, П. В. Красильникова. – М. : ФАО, МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. – 205 с.
41. Экология микроорганизмов / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко, М. В. Иванов, Г. И. Каравайко, П. А. Кожевин, Н. Н. Колотилова, И. Б. Котова, В. Н. Максимов, А. Н. Ножевникова, А. М. Семенов, Т. П. Турова, Т. Г. Юдина. – М. : Академия, 2004. – 272 с.
42. Стриганова, Б. Р. Питание почвенных сапрофагов / Б. Р. Стриганова. – М. : Наука, 1980. – 243 с.
43. Арчегова, И. Б. Некоторые аспекты теоретического определения почв / И. Б. Арчегова // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология. – 2015. – № 1. – С. 98–103.
44. Арчегова, И. Б. Методологические аспекты изучения почв на современном этапе / И. Б. Арчегова, В. А. Федорович. – Екатеринбург : Изд. УрО РАН, 2003. – 91 с.

45. Раменский, Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель / Л. Г. Раменский. – М. : Сельхозгиз, 1938. – 620 с.
46. Раменский, Л. Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин. – М. : Сельхозгиз, 1956. – 472 с.
47. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова, М. Н. Гаврилова, Т. А. Полянская. – Йошкар-Ола : Изд. Марийского гос. ун-та, 2010. – 368 с.
48. Landolt, E. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / E. Landolt. – Zürich : Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, 1977. – 208 p.
49. Исаченко, А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. – М. : Высш. шк., 1991. – 366 с.
50. Jørgensen, S. E. Ecosystem Ecology / S. E. Jørgensen. – London : Academic Press, 2009. – 521 p.
51. Ecosystem Ecology: A New Synthesis / D. G. Raffaelli, C. L. J. Frid (eds.). – Cambridge : University Press, 2010. – 163 p.
52. Сайт РФФИ. – URL: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/reference_materials
53. Von Weizsaecker, E. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. A Report to the Club of Rome / E. von Weizsaecker, A. Wijkm. – Springer Science & Business Media LLC, 2018. – 220 p.
54. Путин, В. В. Выступление на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. – URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/50385>

References

1. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oykumena, 2004, 342 p.
2. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnostics of soils in the USSR]. Moscow: Kolos, 1977, 220 p.
3. Tyurin I. V., Ponomareva V. V. *Trudy Lesotekhnicheskoy akademii im. S. M. Kirova* [Proceedings of S.M. Kirov Forest and Technical Academy]. 1940, iss. 56, pp. 3–49.
4. Karpachevskiy L. O. *Les i lesnye pochvy* [Forest and forest soils]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1981, 264 p.
5. Gorokhova E. M. *Osobennosti stanovleniya terminosistemy «ekologiya pochvy» v angliyskom i russkom yazykakh: dis. kand. filol. nauk* [Peculiarities in the formation of a terminology system “soil ecology” in English and Russian: thesis of the Candidate of Linguistic Sciences]. Moscow, 2007, 247 p.
6. Kostychev P. A. *Pochvovedenie* [Soil science]. Moscow: Sel'khozgiz, 1940, 226 p.
7. Yarilov A. A. *Pedologiya, kak samostoyatel'naya estestvenno-nauchnaya distsiplina o zemle: Opyt istoriko-metodologicheskogo issledovaniya. Pedologiya i agronomiya. Ch. 1* [Pedology as an independent natural scientific discipline of soil: Experience of historical and methodological research. Pedology and agronomy. Part 1]. Yurev: Tip. K. Mattisena, 1904, 490 p.
8. Semenov-Tyan-Shanskiy V. P. *Rayon i strana. Posobie dlya vysshey shkoly* [District and country. Study guide for higher education institutions]. Leningrad: Gos. izd-vo, 1926, 311 p.
9. *Glossary of Soil Science Terms. Definitions of «edaphology» and «pedology»*. SSSA. 2008, 92 p. Available at: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>
10. Porta J., Villanueva D. *Spanish J. Soil Science*. 2012, vol. 2, pp. 90–103. Available at: <http://dx.doi.org/10.3232/SJSS.2012.V2.N2.06>
11. Tseyts M. A., Devin B. A. *Pochvovedenie* [Soil science]. 2005, no. 2, pp. 247–253.
12. Bityutskiy N. P. *Mineral'noe pitanie rasteniy* [Mineral nutrition of plants]. Saint-Petersburg: Izd. SPBU, 2014, 540 p.
13. Blagovidov N. L. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1954, no. 2, pp. 46–60.
14. Blagovidov N. L. *Kachestvennaya otsenka zemel' i ikh ratsional'noe ispol'zovanie* [Qualitative evaluation of land and its sustainable use]. Leningrad: Lenizdat, 1962, 165 p.
15. Semenov V. A. *Kachestvennaya otsenka sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Qualitative evaluation of agricultural lands]. Leningrad: Kolos, 1970, 160 p.
16. Chertov O. G. *Ekologiya lesnykh zemel'* [Ecology of wooded lands]. Leningrad: Nauka, 1981, 192 p.
17. Shishov L. L., Durmanov D. N., Karmanov I. I., Efremov V. V. *Teoreticheskie osnovy i puti regulirovaniya plodorodiya pochv* [Theoretical fundamentals and ways of regulating soils fertility]. Moscow: Agropromizdat, 1991, 305 p.
18. Dobrovolskiy G. V., Nikitin E. D. *Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh* [Soil functions in the biosphere and ecosystems]. Moscow: Nauka, 1990, 261 p.
19. *Strukturno-funktional'naya rol' pochv i pochvennoy bioty v biosfere* [Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere]. Ed. by G. V. Dobrovolskiy. Moscow: Nauka, 2003, 364 p.
20. Karpachevskiy L. O. *Ekologicheskoe pochvovedenie* [Ecological soil science]. Moscow: GEOS, 2005, 336 p.
21. Chertov O. G. *Listopadnye kserofil'nye lesa, redkoles'ya i kustarniki: Tr. Bot. in-ta im. V. L. Komarova RAN* [Deciduous xerophilous forests, open woodlands and shrubs: Proceedings of V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences]. 1995, iss. 17, pp. 8–15.

22. *E-library*. Available at: <https://elibrary.ru/keywords.asp>
23. Müller P. E. *TidsskriftforSkovbrug* [Forest management journal]. 1879, no. 3, pp. 1–124.
24. Dyushofur F. *Osnovy pochvovedeniya. Evolyutsiya pochv* [Fundamentals of soil science. Evolution of soils]. Transl. from French. Moscow: Mir, 1970, 591 p.
25. Kubiěna W. L. *The Soils of Europe*. Madrid; London: Thomas Murby, 1953, 314 p.
26. Zanella A., Jabiol B., Ponge J. F., Sartori G., De Waal R., Van Delft B., Graefe U., Cools N., Katzensteiner K., Hager H., Englisch M. *Geoderma*. 2011, vol. 164, pp. 138–145. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.016>
27. Chertov O. G., Nadporozhskaya M. A. *Pochvovedenie* [Soil science]. 2018, no. 10, pp. 1202–1214. DOI: 10.1134/S0032180X18100027.
28. Zanella A., Ascher-Jenull (eds.) *Three special issues of Applied Soil Ecology*. 2018, vol. 122, part 1 and 2, pp. 1–296; vol. 123, part 3, pp. 297–808.
29. Pogrebnyak P. S. *Osnovy lesnoy tipologii* [Fundamentals of forest typology]. Kiev: Izd-vo AN USSR, 1955, 452 p.
30. Chertov O. G., Komarov A. S., Nadporozhskaya M. A., Bykhovets S. S., Zudin S. L. *Ecological Modelling*. 2001, vol. 138, pp. 289–308.
31. Komarov A., Chertov O., Bykhovets S., Shaw C., Nadporoyhskaya M., Frolov P., Shashkov M., Shanin V., Grabarnik P., Pripulina I., Zubkova E. *Ecological Modelling*. 2017, vol. 345, pp. 113–124.
32. *Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshchestva v lesnykh ekosistemakh* [Modelling the dynamics of organic substance in forest ecosystems]. Execut. ed. V. N. Kudyarov. Moscow: Nauka, 2007, 380 p.
33. Chertov O. G., Komarov A. S., Bykhovets S. S., Bhatti J. S. *Biosfera* [Biosphere]. 2015, vol. 7 (3), pp. 328–337.
34. Stahr K., Kandeler E., L. von Herrmann, Streck T. *Bodenkunde und Standortlehre* [Soil science and location theory]. Ulmer: UTB, 2008, 318 p.
35. Barnes B. V., Zak D. R., Denton S. R., Spurr S. H. *Forest Ecology. 4th Ed.* New York: Wiley, 1998, 774 p.
36. Romashkevich A. I., Gerasimova M. I. *Mikromorfologiya i diagnostika pochvoobrazovaniya* [Micromorphology and diagnostics of soil formation]. Moscow: Nauka, 1982, 127 p.
37. Chertov O. G., Nadporozhskaya M. A. *Applied Soil Ecology*. 2018, vol. 123, pp. 420–423. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.04.006>
38. Bobrovskiy M. V. *Lesnye pochvy evropeyskoy Rossii: bioticheskie i antropogennye faktory formirovaniya* [Forest soils in European Russia: Biotic and anthropogenic factors of formation]. Moscow: KMK, 2010, 359 p.
39. Bobrovsky M. V., Loyko S. V. *Rus. J. Ecosystem Ecol.* 2016, vol. 1 (1), 22 p. Available at: <http://dx.doi.org/10.21685/2500-0578-2016-1-3>
40. *Mirovaya referativnaya baza pochvennykh resursov 2014. Mezhdunarodnaya sistema pochvennoy klassifikatsii dlya diagnostiki pochv i sozdaniya legend pochvennykh kart. Ispravlenneya i dopolnennaya versiya 2015* [World reference database of soil resources 2014. International system of soil classification for soil diagnostics and creation of soil maps. Revised and updated version of 2015]. Eds. M. I. Gerasimova, P. V. Krasil'nikov. Moscow: FAO, MGU im. M. V. Lomonosova, 2017, 205 p.
41. Netrusov A. I., Bonch-Osmolovskaya E. A., Gorlenko V. M., Ivanov M. V., Karavayko G. I., Kozhevnikov P. A., Kotlova N. N., Kotova I. B., Maksimov V. N., Nozhevnikova A. N., Semenov A. M., Turova T. P., Yudina T. G. *Ekologiya mikroorganizmov* [Ecology of microorganisms]. Moscow: Akademiya, 2004, 272 p.
42. Striganova B. R. *Pitanie pochvennykh saprofitov* [Nutrition of soil saprophagans]. Moscow: Nauka, 1980, 243 p.
43. Arhegova I. B. *Vestnik SpbGU. Ser. 3. Biologiya* [Bulletin of St. Petersburg State University. Series 3. Biology]. 2015, no. 1, pp. 98–103.
44. Arhegova I. B., Fedorovich V. A. *Metodologicheskie aspekty izucheniya pochv na sovremennom etape* [Methodological aspects of soil studies at the current stage]. Ekaterinburg: Izd. UrO RAN, 2003, 91 p.
45. Ramenskiy L. G. *Vvedenie v kompleksnoe pochvenno-geobotanicheskoe issledovanie zemel'* [Introduction to the complex soil and geobotanical study of lands]. Moscow: Sel'khozgiz, 1938, 620 p.
46. Ramenskiy L. G., Tsatsenkin I. A., Chizhikov O. N., Antipin N. A. *Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodiy po rastitel'nomu pokrovu* [Ecological evaluation of forage lands by vegetation cover]. Moscow: Sel'khozgiz, 1956, 472 p.
47. Zhukova L. A., Dorogova Yu. A., Turmukhametova N. V., Gavrilova M. N., Polyanskaya T. A. *Ekologicheskie shkaly i metody analiza ekologicheskogo raznoobraziya rasteniy* [Ecological scales and methods for analysing ecological diversity of plants]. Yoshkar-Ola: Izd. Mariyskogo gos. un-ta, 2010, 368 p.
48. Landolt E. *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora* [Environmental indicators values of Swiss flora]. Zurich: Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, 1977, 208 p.
49. Isachenko A. G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rayonirovanie* [Landscape study and physiographic division]. Moscow: Vyssh. shk., 1991, 366 p.
50. Jørgensen S. E. *Ecosystem Ecology*. London: Academic Press, 2009, 521 p.
51. Raffaelli D. G., Frid C. L. J. (eds.) *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge: University Press, 2010, 163 p.
52. *Sayt RFFI* [RFBF website]. Available at: http://www.rfbr.ru/rffi/ru/reference_materials
53. Von Weizsaecker E., Wijkm A. *Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. A Report to the Club of Rome*. Springer Science & Business Media LLC, 2018, 220 p.
54. Putin V. V. *Vystuplenie na 70-y sessii General'noy Assamblei OON* [Address to the 70th session of the UN General Assembly]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/50385>



Чертов, О. Г.

Эдафология в структуре почвоведения и экосистемной экологии / О. Г. Чертов, М. А. Надпорожская, М. М. Паленова, И. В. Припутина // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2018. – Vol. 3 (3). DOI 10.21685/2500-0578-2018-3-2.