

ISSN 1561-8323 (Print)
ISSN 2524-2431 (Online)

АГРАРНЫЕ НАУКИ
AGRARIAN SCIENCES

УДК 631.48
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-257-264>

Поступило в редакцию 26.09.2022
Received 26.09.20223

Т. А. Романова, Н. Н. Ивахненко, А. Н. Червань

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ БЕЛАРУСИ

(Представлено академиком В. В. Ланой)

Аннотация. Рассмотрен массив данных для восьми почвенных разновидностей через спектр свойств, включенных в программу фундаментальных исследований по генетическому почвоведению. С целью расширения представлений о сущности почвообразования и природы почв; основы неистощительного землепользования изучались свойства почв автохтонного увлажнения, развитых на лессовидных суглинках, как основа диагностики их генезиса и разнообразия. Установлено отличие почв от почвоподобных тел, проведена идентификация генезиса почв как функции водного режима, определена роль микробиоты как основа превращения горной породы в почву, модели химической дифференциации профилей, биоэнергетический потенциал почв. Проведенные исследования способствуют повышению эффективности использования почв на основе их генезиса с диагностикой водного режима в качестве маркера, а также информативности почвенных карт, обеспечивающей разработку прецизионных систем земледелия.

Ключевые слова: почва, существенные свойства, почвообразование, биота (микробиота), глинистые минералы, водный режим, биоэнергетический потенциал

Для цитирования. Романова, Т. А. Диагностические маркеры генезиса почв Беларуси / Т. А. Романова, Н. Н. Ивахненко, А. Н. Червань // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2023. – Т. 67, № 3. – С. 257–264. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-257-264>

Tatiana A. Romanova, Nadezhda N. Ivakhnenko, Aliaksandr N. Chervan

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

DIAGNOSTIC GENESIS MARKERS OF SOILS IN BELARUS

(Communicated by Academician Vitaly V. Lapa)

Abstract. A set of data for eight soil varieties are considered using the spectrum of properties included into the program of fundamental research of genetic soil science. To expand our understanding of the essence of soil formation and soil nature, the sustainable land use principles, we studied the properties of autochthonous moistening of soils developed on loess-like loams as a basis of diagnosis of their genesis and diversity. It is found that soils differ from soil-like bodies. Soil genesis is identified as a function of water conditions. The role of microbiota are established as a basis of rock conversion into soil. The models for chemical differentiation of profiles and bioenergy potential of soils are analyzed. The studies performed favor increasing the utilization efficiency of soils based on their genesis together with diagnosis of water conditions as a marker and informing soil maps providing the development of precision farming systems.

Keywords: soil, vital properties, soil formation, biota (microbiota), clay minerals, water regime, bioenergetic potential

For citation. Romanova T. A., Ivakhnenko N. N., Chervan A. N. Diagnostic genesis markers of soil in Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2023, vol. 67, no. 3, pp. 257–264 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-3-257-264>

Введение. Интерес к почве в XXI в., судя по публицистической и научной литературе [1–4], заметно оживился, хотя общее понятие «почва», по большей части, остается в его классическом, описательном варианте, включая ГОСТ, принятый «Стандартиформом» в 1988 г. и переизданный в 2008 и 2021 гг. Со временем разные направления изучения почв заметно расширились

и углублялись, но, чем более конкретными становились результаты, тем сложнее оказывалось их объединение в общей теории, вплоть до потери целостного системного взгляда на почву [5]. В 2019 г. опубликована статья [6], в которой показано неудовлетворительное состояние учета почв в земельном законодательстве России.

До настоящего времени использование почв в земледелии базируется на информации о гранулометрическом составе и, в меньшей мере, на общих представлениях об увлажненности почвы. Вместе с тем выделение почв из ряда себе подобных надежно обеспечивает только генезис как совокупность существенных свойств. Однако относительно генезиса и номенклатуры почв в современном почвоведении остается много неясностей [2; 3; 6], отмечавшихся также авторами данного сообщения. Это послужило поводом к рассмотрению на примере конкретного полигона природной сущности почвы – ее генезиса, а также сущности почвообразования и педосферы, в соответствии с общим уровнем развития почвоведения.

В Беларуси с 1960-х годов интерес к почвенным исследованиям носил преимущественно утилитарный характер в связи с развитием широкомасштабной гидромелиорации. С 1975 по 2000 г. собран значительный фактологический материал и получено достаточно полное представление не только о потребностях природных почв республики в гидромелиорации и об их изменениях под влиянием осушения, но и о водном режиме как существенном свойстве почвы [7; 8].

Материалы и методы исследования. Полигон исследований (далее полигон) представляет собой трансекту длиной 2,1 км и шириной 0,4 км на южном склоне Минской возвышенности на связных почвообразующих породах – валдайской морене, перекрытой легкими пылеватыми (лессовидными) суглинками, в условиях мягкого умеренно-континентального климата, характеризующегося годовым радиационным балансом 1500–1800 МДж/м² и суммой осадков 560–700 мм. Полигон репрезентативен для природных условий смешанных лесов и южной тайги гумидной зоны Евразии под естественной растительностью на лессовидных суглинках. Рис. 1 свидетельствует, что, согласно белорусской номенклатуре, все рассмотренные почвы, кроме разреза 84, относятся к категории дерново-подзолистых. В соответствии с международной классификацией [1], те же почвы следует относить к реферативным почвенным группам: Luvisols, Retisols, Podzols, Gleysols и Antrosols (рис. 1). Далее используется белорусская номенклатура почвенных единиц.

Характеристики исследуемых почв получены с соблюдением требований традиционной методологии и методов анализов, соответствующих ГОСТ, принятым в фундаментальных исследованиях. Полевые (натурные) исследования включали описания местоположений разрезов с полным перечнем растений, морфологию профилей, тестирование на вскипание и оглеение,

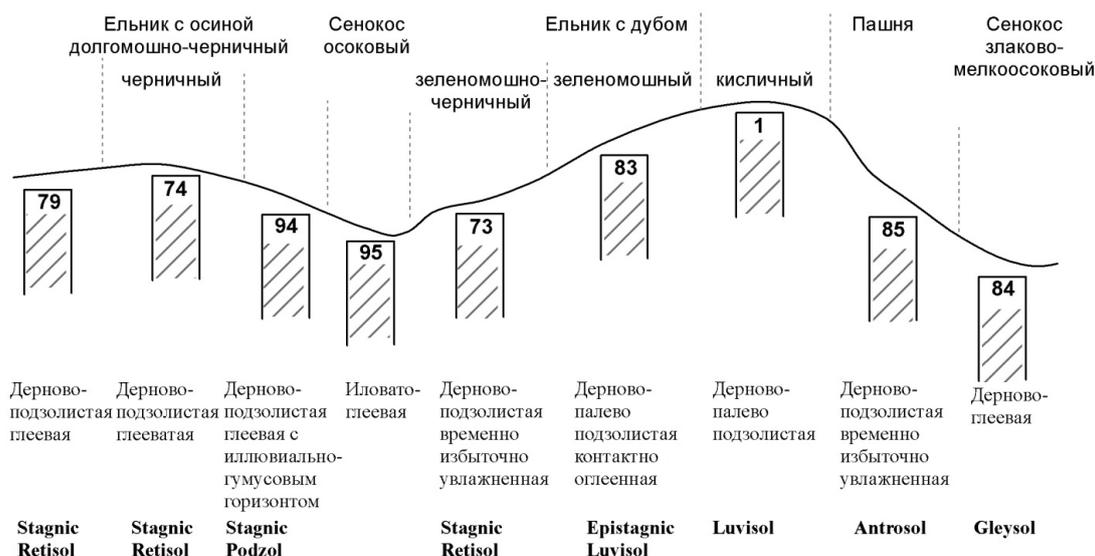


Рис. 1. Почвенная трансекта

Fig. 1. Soil transect

отбор образцов для определения водно-физических показателей (полевая влажность, объемная масса). Наблюдения за динамикой почвообразования выполнялись ежемесячно (30 раз) по генетическим горизонтам четырех разрезов. В камеральных условиях определялись физико-химические свойства, валовой химический состав общей массы почвы и ила (всего около 15000 показателей [7]), минералогический состав ила, описывалась микроморфология почв.

Немаловажное значение имело участие в исследованиях сотрудников лаборатории энзимологии почв Института ботаники Национальной академии наук Беларуси (руководитель Т. А. Щербакова).

Интерпретация собранных данных в соответствии с целью настоящего сообщения отличается некоторыми особенностями:

1. Объект исследований – педоэкологический ряд (катена), в котором каждый последующий член отличается от предыдущего на одну степень увлажнения, согласно градации, принятой в Беларуси.

2. Предмет исследований – существенные (главные) свойства почв.

3. Химическая дифференциация профилей – основа идентификации типов водного режима как маркеров генезиса почв.

Результаты и их обсуждение. Условия формирования почв полигона описываются высотным почвенно-геоботаническим профилем, указывающим на положение каждого разреза в ландшафте (рис. 1), морфология профилей отражена полевыми зарисовками почвенных разрезов, ранжированных по степени увлажнения (рис. 2). Свойства почв рассматриваются как общность, присущая одновременно всем объектам и каждому в отдельности. Исключением является органическое вещество, сложный состав которого не допускает обобщений (таблица). Обобщенные характеристики свойств почв – основа содержания данного сообщения.

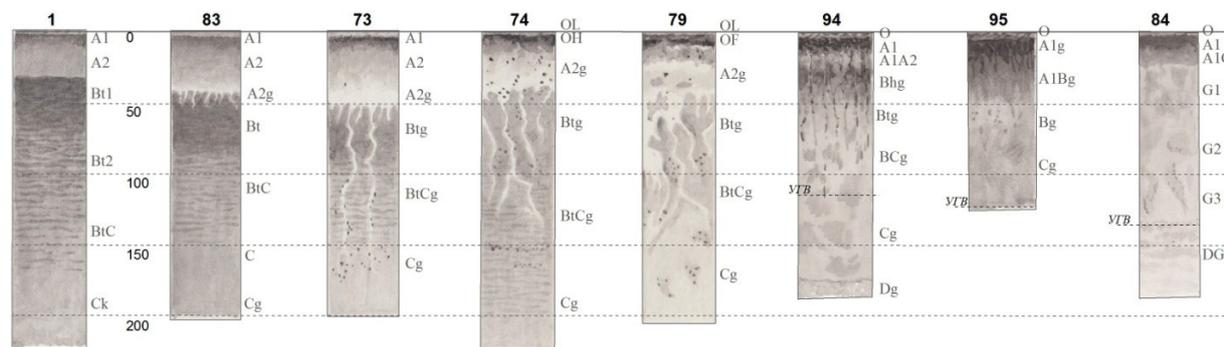


Рис. 2. Педоэкологический ряд и морфология профилей почв суглинистого гранулометрического состава

Fig. 2. Pedoecological series and morphology of soil profiles of loamy granulometric composition

Аналитическая характеристика гумуса исследуемых почв
Analytical characteristics of humus in the studied soils

Показатель Index		Почва (номер разреза) Soil (section number)							
		83	73	74	79	94	95	84	
Гумус общий	Мощность A1, см	4	4	4	5	6	10	21	17
	Содержание гумуса, %	5,9	5,5	7,0	13,5	16,2	19,3	19,0	29,2
	Запасы в слое 0–20 см, т/га	31,2	43,0	75,0	105,4		152,3	144,0	239,8
Гумус групповой	Групповой состав	1,4	1,0	1,0	1,2		1,0*	1,1*	1,4
	Гумин, %	55,4	44,8	43,6	27,5	32,3	34,7	26,3	33,3
	Сг/Соб, %		22,5	22,4	28,4		33,0	37,0	38,0
Гумус фракционный	Сг1 от суммы Сг, %		52	67	54		71	59	24
	Сг2 от суммы Сг, %		2	0	6		12	12	41
	Сг3 от суммы Сг, %		46	33	40		17	29	3

Морфологическая характеристика почв обнаруживает в вертикальных профилях черты определенной организованности, сохраняющейся во времени и являющейся первым признаком и свойством почвы, противодействующим неорганизованности (накоплению энтропии), что согласно второму закону термодинамики, возможно только в открытой системе при поступлении дополнительной энергии извне. Этим утверждается общая энергообусловленная природа почвы, как таковой.

Водно-физические свойства представлены влажностью почв, которая основывается на натурных определениях полевой влажности. Для верификации представления о распределении влаги в профилях был применен статистический метод обработки данных по подвижности семи химических соединений (P_2O_5 , K_2O , Fe_2O_3 , FeO , Ca , Mg , Mn) в трех почвах разной степени увлажнения (р. 83, 73, 74), позволивший установить в каждом профиле статистически достоверные глубины проникновения гидростатической влаги.

Гранулометрический состав почв полигона – лессовидные суглинки, довольно широко распространенные в плакорных условиях Беларуси. Их особенностью является текстурная дифференциация профилей – аккумуляция в средней их части физической глины (20–25 %) и ила (12–15 %), образующих горизонт Вt – иллювиально-глинистый [8]. Горные (почвообразующие) породы в результате физического выветривания измельчаются до частиц диаметром 0,001 мм, но дальнейшая дезинтеграция этих частиц до предколлоидных и коллоидных размерностей осуществляется микроорганизмами, что свидетельствует о биологической природе инициальной части гранулометрического состава почвы.

Минералогический состав лессовидных суглинков как почвообразующей породы отличается простотой, общая масса почв включает некоторые новообразованные минералы, минералогический состав ила представляют преимущественно новообразованные (почвенные) глинистые минералы, близкие к гидрослюдам. Для автоморфных почв (р. 1, 83) характерны минералы группы вермикулита, для полугидроморфных (р. 73, 74, 79, 94) – монтмориллонита и смешанно-слоистые хлоритподобные минералы. Связь трансформации гидрослюды с гидроморфизмом почв и тот факт, что трансформация прогрессивно нарастает вверх по профилю, свидетельствует о почвенном происхождении ассоциаций глинистых минералов, об их соответствии гидротермическим условиям формирования.

Большинством исследователей, начиная с В. В. Докучаева, ведущая роль в трансформациях минералов признана за почвенной биотой и, в первую очередь, за микроорганизмами, за счет их способности к избирательному поглощению элементов – биофилов [4] с мобилизацией для своей жизнедеятельности энергии Солнца, атмосферы и разрушения минералов [9].

Химический состав почв использован в моделях химической дифференциации профилей. К наиболее информативным показателям относится валовое содержание оснований (CaO и MgO) и полутораоксидов (Fe_2O_3 и Al_2O_3) в общей массе почвы и в иле, индекс разложения ила – ($SiO_2:Al_2O_3$) и содержание аморфного железа по О. Тамму, а также содержание общего ила в почвообразующей породе (рис. 3). Физические модели визуализируются кривыми, характер и сочетания которых являются диагностическими признаками, или маркерами, почв. Две первые колонки на рис. 3 свидетельствуют, что по химическому составу общая масса почвы (фракция меньше 1 мм) мало информативна, тогда как валовой состав ила (фракция меньше 0,001 мм), напротив, четко отражает особенности почв. Так, в р. 73, 74, 83, несмотря на текстурную неоднородность профилей, химический состав ила и индексы $SiO_2:Al_2O_3$ практически не изменяются по горизонтам (рис. 3). Это может свидетельствовать о лессиваже – передвижении тонких частиц без разрушения [8], хотя вопрос до сих пор остается дискуссионным. Разрез 94 отличается химически четко дифференцированным профилем с выраженными признаками разложения минералов ($SiO_2 : Al_2O_3$). Гидроморфизм почв подчеркивается характером распределения в профилях аморфного железа. Таким образом, форма кривых в моделях отражает разграничения почв на основе конкретных результатов анализов, независимо от методов их получения.

Органическое вещество (гумус). Содержание (%) и запасы гумуса в слое 0–20 см (т/га) указывают на тесную связь гумусонакопления с гидроморфизмом почв. Содержание гумина свидетельствует, что гумус исследуемых почв (кроме р. 94, 95) отличается низкой растворимостью и высокой степенью минерализации. Групповой состав гумуса – фульватно-гуматный ($C_r : C_\phi = 1,0–1,2$). Доля

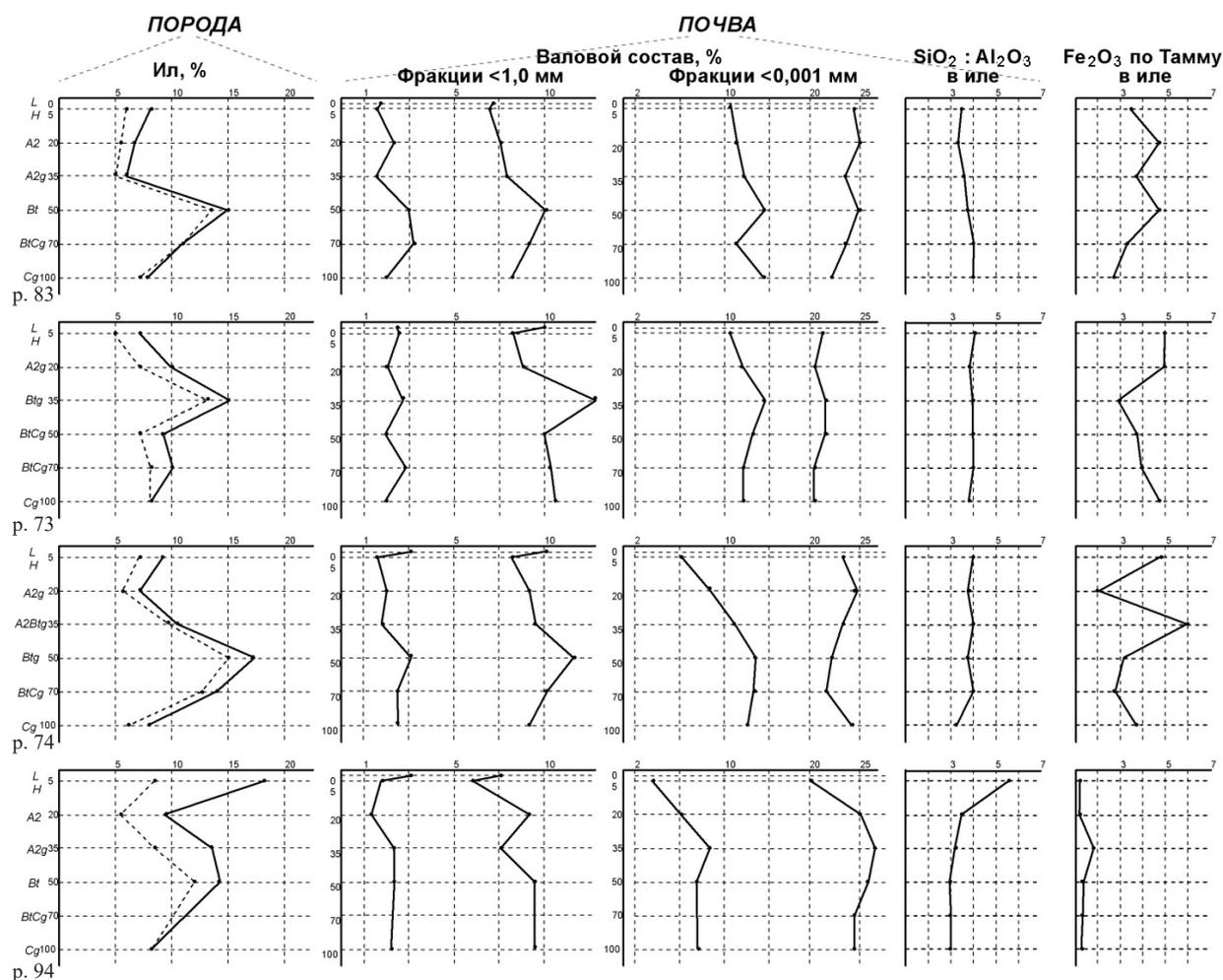


Рис. 3. Химическая дифференциация профилей почв

Fig. 3. Chemical differentiation of soil profiles

углерода гуминовых кислот в общем углероде почвы 20–30 % (таблица) соответствует климатическим условиям зоны широколиственных лесов. Фракционный состав гуминовых кислот детерминирован химизмом почвообразующих пород. В гумусе аккумулируется энергия Солнца и Земли, усваиваемая фито- и зоомассой, энергия атмосферы, в виде поступающей в почву влаги, и энергия разрушения минералов, что позволяет считать гумус показателем общей энергообеспеченности почвы [4].

Наблюдения за окислительно-восстановительным потенциалом (Eh) и биологической активностью почв [10–12] показали, что наиболее заметна приуроченность активности Eh почвы к осеннему поступлению опада и отпада, к гумусовым горизонтам и подстилкам. Осенью Eh составлял 200 мВ, а во время весеннего переувлажнения – 500 мВ [7].

Водный режим, согласно А. А. Роде [11], рассмотрен в двух аспектах: 1) движение или застой влаги в профиле – тип водного режима почвы, 2) содержание влаги в профиле – влажность (увлажненность) почвы. Характеристика типов водного режима почв включает глубину промачивания, выраженность химической дифференциации профилей, отсутствие или наличие признаков полного разложения ила. Информация, изложенная в [8], позволяет дать характеристики типов водного режима почв с названиями, приближенными к используемым А. Роде, но уточненными на основе исследований, выполненных в Беларуси: непромывной, застойно-промывной, промывной, выпотной, застойный. На рис. 2 почвы с непромывным водным режимом представлены разрезами 1, 83; застойно-промывным – р. 73, 74, 79; промывным – р. 94; выпотным – р. 84; застойным – р. 95. Названия почв даны на рис. 1.

Биологическая составляющая. Исследования микрофлоры, ферментов и нуклеиновых кислот в разных типах лесов Беларуси [12] определенно указывают на связь биологического компонента с почвами. Наблюдения за ферментативной активностью почв полигона [10] и литература последних 50 лет однозначно свидетельствуют в пользу представления о почве как биокосной системе.

Энергетика почвообразования. В Беларуси опыт включения энергетической характеристики реализован для четырех разновидностей почв под естественной растительностью, для десяти вариантов пахотных высоко окультуренных почв [13] и для тех же почв в разной степени эродированных [14]. Энергия почв, по А. Е. Ферсману, учитывается через энергию кристаллической решетки химических элементов, входящих в составе минералов почвообразующих пород, и оценивается по количеству энергии, необходимой для полного их разрушения. Полную внутреннюю энергию (ккал/см²) можно считать резервом плодородия почвы – ее *биоэнергетическим потенциалом*. Биоэнергетический потенциал каждой почвы представляет ее индивидуальность – содержит сведения о субстрате, генезисе, природном плодородии и антропогенных изменениях [15].

Фактологические данные, характеризующие почвы, могут использоваться для получения новых данных, в которых объектом является, во-первых, почва сама по себе (как таковая), отличающаяся от почвоподобных тел, легитимной влагообеспеченностью растений; во-вторых, конкретные почвы, обладающие совокупностью свойств, без которых почва существовать не может и которые определяют генезис почвы. Сущность (генезис) почвы непосредственно не определяется, но устанавливается по наличию главных (существенных) свойств. В таком ключе уже энергетическая обусловленная морфология профиля является свойством, без которого почва не существует. Гранулометрический состав – наличие сверхтонких фракций, имеет признаки биокосной материи, переходной от горной породы к почве. Минералогический состав почвенного ила характеризуется новообразованием глинистых минералов, отличающих почву от горной породы. Органическое вещество (гумус) представляет сущность почвы по определению. Химический состав генетических горизонтов сам по себе главным свойством не является, но служит основой моделей химической дифференциации профилей и, соответственно, аналитической идентификации типа водного режима. Окислительно-восстановительный потенциал – надежный свидетель роли биоты в почвообразовании.

Участие микроорганизмов в новообразовании глинистых минералов и сверхтонких частиц позволяет рассматривать трансформацию минералов как одно существенное свойство.

Следовательно, к существенным (главным) свойствам почвы относятся: 1) трансформация минералов, 2) гумусообразование и 3) водный режим.

Обобщение информации, относящейся к почве как таковой, привело к выводу, что границей между почвой и почвоподобной породой служит влагообеспеченность – основное условие существования почвы как биокосной системы, содержащей в слое 0–20 см доступную растениям влагу в течение не менее 5 дней за вегетационный период среднего по водности года.

Результаты исследований по энергетике почв находятся на начальном этапе развития, но информация, закодированная в энергетической характеристике почвы, в перспективе может стать базой идентификации и инвентаризации почвенных ресурсов. Пока же совокупность данных подтверждает ведущую роль неземной и земной энергии в почвообразовании, ее связь с жизнедеятельностью биоты, и позволяет рассматривать почвообразование как природное явление, а педосферу как часть биосферы с концентрацией микробиоты в субаэральных условиях.

Заключение. Анализ собранной информации прежде всего привел к выводу, что границей между *почвой* и *почвоподобным телом* служит влагообеспеченность почвы – основное условие существования биокосной системы, содержащей в слое 0–20 см доступную растениям влагу в течение не менее 5 дней за вегетационный период среднего по водности года. Почва сама по себе, в отличие от почвоподобного тела, является компонентом биосферы. Конкретные почвы различаются по совокупности существенных свойств, составляющих их генезис, о котором мы судим по типам водного режима, поскольку он идентифицируется аналитически. В таком плане водный режим выступает в роли маркера, диагностирующего генезис. Вторая составляющая водного режима – увлажненность почв – параметризована числом дней за вегетационный период среднего по водности года, в течение которых в слое 0–20 см содержится доступная растениям влага [8].

Сущность почвообразования как природного явления – мобилизация биотой энергии Солнца, атмосферы и разрушения минералов исходных пород. *Сущность почвы* как твердой фазы – субстрат, измененный: а) трансформацией и разложением минералов, б) созданием и разрушением органического вещества (гумусообразованием), в) водным режимом. В общем виде почва может определяться как фрагмент местности, преобразованной действием внешних факторов в синергетическую систему, обладающую продукционной способностью – плодородием. Следует отметить, что почвы, при условии сохранения хотя бы части природного равновесия, относятся к числу восполнимых ресурсов.

Агенты почвообразования: а) биота (микрофлора, растения, грибы и животные, микрофауна, ферменты и другие биологически активные вещества), б) количество влаги и ее движение в почвенном профиле (водный режим). *Сущность педосферы* как почвенного покрова Земли – часть биосферы с концентрацией микробиоты в субэкральных условиях.

В аспекте отношения к почвам как природным ресурсам, значимым ориентиром является объективная диагностика генезиса и собственно водный режим (гидроморфизм) почв с перспективной оценки биоэнергетического потенциала как исчерпывающей информации о свойствах и природном плодородии почв. Научные знания о сущности почв – основа неистощительного природопользования.

Список использованных источников

1. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014: международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт: испр. и доп. версия, 2015 / науч. ред. пер. М. И. Герасимова, В. П. Красильников; пер. И. А. Спиридоновой. – М., 2017. – 216 с.
2. Почвообразовательные процессы и пространственно-временная организация почв / отв. ред. В. Н. Кудеяров; Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. – М., 2006. – 508 с.
3. Соколов, И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск, 2004. – 288 с.
4. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г. В. Добровольский [и др.]; отв. ред. Г. В. Добровольский. – М., 2003. – 364 с.
5. Корсунов, В. М. Педосфера земли / В. М. Корсунов, Е. Н. Красеха. – Улан-Удэ, 2010. – 471 с.
6. Чуков, С. Н. Категории почвы и земли в современном законодательстве России / С. Н. Чуков, А. С. Яковлев // Почвоведение. – 2019. – № 7. – С. 891–898.
7. Ивахненко, Н. Н. Мелиоративные особенности почв, развитых на лессовидных суглинках Центральной Белоруссии: дис. ... канд. с.-х. наук. – Минск, 1988. – 245 с.
8. Романова, Т. А. Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО-WRB / Т. А. Романова. – Минск, 2004. – 432 с.
9. Вернадский, В. В. К вопросу о химическом свойстве почв / В. В. Вернадский // Почвоведение. – 1949. – № 7. – С. 810–815.
10. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитосенозах) / Т. А. Щербакова. – Минск, 1983. – 282 с.
11. Роде, А. А. Водный режим почв и его типы / А. А. Роде // Почвоведение. – 1956. – № 4. – С. 3–23.
12. Ефремов, А. Л. Зонально-типологический анализ биогенных процессов в почвах сосновых лесов Беларуси: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Минск, 1999. – 40 с.
13. Сергеевко, В. Т. Глинистые минералы почв Беларуси / В. Т. Сергеевко, В. Д. Лисица; под ред. А. Ф. Черныша. – Минск, 2011. – 278 с.
14. Черныш, А. Ф. Новые подходы к количественной оценке эрозионной деградации почв / А. Ф. Черныш, В. Т. Сергеевко, А. Г. Кондаурова // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 7–17.
15. Тихонов, С. А. Энергетическая характеристика дерново-подзолистых почв БССР / С. А. Тихонов, Т. А. Романова // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 1987. – Вып. 23. – С. 9–15.

References

1. Gerasimova M. I., Krasilnikov P. V., eds. *World Reference Base of Soil Resources 2014: International system of soil classification for soil diagnostics and creation of legends for soil maps. Corrected and expanded version, 2015*. Moscow, 2017. 216 p. (in Russian).
2. Kudeyarov V. N., ed. *Soil-forming processes and spatial and temporal organization of soils*. Moscow, 2006. 508 p. (in Russian).
3. Sokolov I. A. *Theoretical problems of genetic soil science*. Novosibirsk, 2004. 288 p. (in Russian).
4. Dobrovolskiy G. V., Babyeva I. P., Bogatyreva D. G. [et al.]. *Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere*. Moscow, 2003. 364 p. (in Russian).

5. Korsunov V. M., Krasekha E. N. *Earth pedosphere*. Ulan-Ude, 2010. 471 p. (in Russian).
6. Chukov S. N., Yakovlev A. S. Soil and land categories in the modern legislation of Russia. *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 7, pp. 865–870. <https://doi.org/10.1134/s1064229319070020>
7. Ivakhnenko N. N. *Ameliorative features of soils developed on loess-like loams of Central Belarus*. Minsk, 1988. 245 p. (in Russian).
8. Romanova T. A. *Soil diagnostics in Belarus and their classification in the FAO-WRB system*. Minsk, 2004. 432 p. (in Russian).
9. Vernadskiy V. V. On the question of the chemical properties of soils. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1949, no. 7, pp. 810–815 (in Russian).
10. Sherbakova T. A. *Enzymatic activity of soils and transformation of organic matter (in natural and artificial phytocenoses)*. Minsk, 1983. 282 p. (in Russian).
11. Rode A. A. Soil water regime and its types. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1956, no. 4, pp. 3–23 (in Russian).
12. Efremov A. L. *Zonal-typological analysis of biogenic processes in soils of pine forests in Belarus*. Minsk, 1999. 40 p. (in Russian).
13. Sergeenko V. T., Lisisca V. D. *Clay minerals of the soils of Belarus*. Minsk, 2011. 278 p. (in Russian).
14. Chernysh A. F., Sergeenko V. T., Kondaurova A. G. New methods of the measurement of soil erosion degradation. *Pochvovedenie i agrokimiya = Soil Science and Agrochemistry*, 2012, no. 1(48), pp. 7–17 (in Russian).
15. Tikhonov S. A., Romanova T. A. Energy characteristics of soddy-podzolic soils of the BSSR. *Pochvovedenie i agrokimiya = Soil Science and Agrochemistry*. Minsk, 1987, vol. 23, pp. 9–15 (in Russian).

Информация об авторах

Романова Татьяна Александровна – д-р биол. наук, профессор. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: romanova.soil2017@yandex.ru.

Ивахненко Надежда Николаевна – канд. с.-х. наук. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nadezhda_iva45@mail.ru

Червань Александр Николаевич – канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой. Белорусский государственный университет (ул. Ленинградская, 16, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: chervan@bsu.by.

Information about authors

Romanova Tatiyana A. – D. Sc. (Biology), Professor. Belarusian State University (16, Leningradskaya Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: romanova.soil2017@yandex.ru.

Ivakhnenko Nadezhda N. – Ph. D. (Agrarian). Belarusian State University (16, Leningradskaya Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nadezhda_iva45@mail.ru.

Chervan Aliaksandr M. – Ph. D. (Agrarian), Head of the Department. Belarusian State University (16, Leningradskaya Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chervan@bsu.by.