

УДК 911.2:631.48

**ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЁМОВ  
В РАБОТАХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЁНЫХ КОНЦА XIX–XX ВВ.****Грошева О.А.***Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное  
подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург, e-mail: Groshev06@yandex.ru*

В статье проведён анализ теорий происхождения и эволюции чернозёмных почв в работах отечественных исследователей конца XIX–XX вв. В.В. Докучаев в своём классическом произведении «Русский чернозём» (1883), характеризуя сложившиеся к концу XIX века научные взгляды на образование чернозёмов, делает вывод, что ни одно из свойств этих почв не может быть объяснено ни гипотезой Палласа и Мurchисона, ни гипотезой Эйхвальда, а только их наземным происхождением. Опровергая морскую гипотезу происхождения степных почв, В.В. Докучаев последовательно развивает водно-ледниково-морскую теорию образования лёссов, на которых сформировалась большая часть чернозёмов. В.Р. Вильямс, исследуя этапы образования лёссов и чернозёмов, разрабатывал теорию эволюции почв, сущность которой заключается в последовательном и постепенном прохождении тундровой – лесной – луговой – степной стадий. Представляя теорию эволюции степных почв В.Р. Вильямса с современных позиций направленной миграции вещества, В.А. Ковда делает вывод, что единый геохимический поток связал воедино в серию сопряжённых ландшафтов всю территорию Русской равнины. В развитии теории растительно-наземного происхождения чернозёмных почв, занимающей в настоящее время лидирующие позиции, основополагающее значение имеет вопрос формирования гумусового горизонта чернозёмов под лугово-степной растительностью. П.А. Костычев и В.Р. Вильямс связывали дерновый процесс с жизнедеятельностью в степях злаковой и бобовой травянистой растительности, при разложении которой формируется почва с высоким уровнем плодородия. Важным условием образования и дальнейшей эволюции чернозёмов является наличие карбонатного и солевого горизонтов.

**Ключевые слова:** происхождение чернозёма, научные теории, В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс, П.А. Костычев**QUESTIONS OF THE ORIGIN AND EVOLUTION OF CHERNOZEMS  
IN THE WORKS OF RUSSIAN SCIENTISTS OF THE LATE 19TH – 20TH CENTURIES****Grosheva O.A.***Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences OFRC UB RAS,  
Orenburg, e-mail: Groshev06@yandex.ru*

The article analyzes the theories of the origin and evolution of chernozem soils in the works of Russian researchers at the end of the 19th – 20th centuries. V.V. Dokuchaev in his classic work «Russian Chernozem» (1883), characterizing the scientific views on the formation of chernozems that had developed by the end of the 19th century, concludes that none of the properties of these soils can be explained either by the hypothesis of Pallas and Murchison, or by the hypothesis of Eichwald, but only their terrestrial origin. Refuting the marine hypothesis of the origin of steppe soils, V.V. Dokuchaev consistently develops the water-glacial-marine theory of the formation of loess, on which most of the chernozems were formed. V.R. Williams, studying the stages of formation of loesses and chernozems, developed a theory of soil evolution, the essence of which is the sequential and gradual passage of the tundra – forest – meadow – steppe stages. Presenting the theory of the evolution of steppe soils V.R. Williams from the modern standpoint of directed migration of matter, V.A. Kovda concludes that a single geochemical flow linked the entire territory of the Russian Plain into a series of conjugated landscapes. In the development of the theory of plant-terrestrial origin of chernozem soils, which currently occupies a leading position, the question of the formation of the humus horizon of chernozems under meadow-steppe vegetation is of fundamental importance. P.A. Kostychev and V.R. Williams associated the sod process with the life activity in the steppes of cereal and legume herbaceous vegetation, the decomposition of which forms a soil with a high level of fertility. An important condition for the formation and further evolution of chernozems is the presence of carbonate and salt horizons.

**Keywords:** the origin of chernozem, scientific theories, V.V. Dokuchaev, V.R. Williams, P.A. Kostychev

Обширные степные просторы, удивительный облик степных почв – чернозёмов, их огромная мощность, высокая гумусированность, большие запасы органического вещества и плодородие привлекали к ним внимание многих исследователей. Развернувшаяся в XVIII–XIX вв. многолетняя научная дискуссия о происхождении чернозёмных почв «породила» более 30 гипотез, которые В.В. Докучаев сгруппировал в три группы: наземно-рас-

тительную (М.В. Ломоносов, И.А. Гюльденштедт, Э.А. Эверсман, Ф.И. Рупрехт, В.В. Докучаев и др.), морскую (Р.И. Мurchисон, П.С. Паллас, А. Петцгольд и др.) и болотную (Э.И. Эйхвальд, Н.Д. Борисяк, Ф.Ф. Вангенгейм фон Квален и др.) концепции происхождения чернозёмов. Авторы в научных публикациях, дискуссиях, письмах отстаивали правоту именно своей точки зрения на вопрос происхождения степных почв.

Целью исследования является анализ теорий образования и эволюции чернозёмов в работах отечественных учёных конца XIX–XX вв.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом для исследования послужили опубликованные научные работы отечественных естествоиспытателей XIX–XX вв., а также современные источники, посвящённые рассматриваемому вопросу. Анализ научных взглядов на происхождение степных почв проведён на основе сравнительно-исторического метода.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В.В. Докучаев в своём классическом произведении «Русский чернозём» (1883), характеризуя сложившиеся к концу XIX в. научные взгляды на происхождение чернозёмных почв, фактически ставит точку в этих спорах, подчёркивая, что авторы, начиная с Гюльденштедта, единогласно признают тот факт, что «наш чернозём есть образование местное, наземное, происшедшее чрез изменение тех материнских горных пород, которые ещё и теперь подстилают рассматриваемую нами почву» [1, с. 301]. При этом учёный делает вывод, что ни одно из свойств чернозёма не может быть объяснено ни гипотезой Палласа и Мурчисона, ни гипотезой Эйхвальда, а только наземным происхождением чернозёмных почв.

В.В. Докучаев опровергает чисто морскую гипотезу происхождения чернозёма, приводя в качестве доказательства, то, что при водном образовании чернозёмные почвы должны нести признаки слоистости и быть однородными как по слоению, так и по составу, но в то же время он последовательно выстраивает водно-ледниково-морскую теорию образования лёссов, на которых сформировалась большая часть чернозёмов [1]. Учёный подчёркивает, что отложение лёсса относится, главным образом, к периоду окончательного отступления ледника. При этом он отмечает, что возможность степных почв на лёссе ограничена слоем этой породы и обогащение их органикой возможно только до известного предела (до 1,5 м и 20% гумуса) [1].

Продолжая развивать теорию лёссообразования, академик Л.С. Берг отмечал, что лёсс, являясь продуктом выветривания аллювиальных, делювиальных, пролювиальных, флювиогляциальных и других мелкозёмистых пород, приобретает в про-

цессе почвообразования известковых отложений свои лучшие свойства (пористость, рыхлость, водопроницаемость, мелкоземистость и карбонатность) [2]. По мнению С.С. Неуструева, независимо от характера происхождения лёссовых пород (эолового или водного) необходимым условием образования лёсса является достаточное содержание почвенного раствора с наличием карбонатов. Особенности этого процесса находятся в прямой зависимости от внешних условий и свойств самой породы. Нахождение следов корней и стеблей, а также аккумуляции «рассеянного гумуса степного или пустынного типа» в лёссах Восточно-Европейской равнины в субарктический период оформилось в современных научных представлениях в базовую концепцию циклических последовательных процессов лито-, морфо- и педогенеза в условиях поздневалдайской криогиперзоны [3].

Один из современных взглядов на докучаевскую парадигму происхождения чернозёмных почв вносит в неё коррективы, выдвигая лёсс в число ведущих факторов образования чернозёмов, несмотря на многообразие почвообразующих пород по минералогическому, гранулометрическому и химическому составу [4]. При этом авторы данной теории позиционируют лёссовые породы как предпочту чернозёмов.

Другая точка зрения на образование чернозёмных почв содержится в работах классика почвоведения и агрономии – В.Р. Вильямса. Отрицая связь чернозёмов и лёссов, учёный полагал, что чернозём образовался под воздействием тех климатических условий, которые господствуют в зоне его залегания в настоящее время, аргументируя это тем, что чернозём находят в недалеком расстоянии от Якутска и в Индии, климатические условия которых резко отличаются друг от друга [5]. Это не помешало Василию Робертовичу, достаточно подробно описать этапы образования лёссов и чернозёмов и разработать теорию эволюции почв, сущность которой заключается в последовательном и постепенном прохождении тундровой – лесной – луговой – степной стадий в позднелейстоценовое – голоценовое время.

Предположения В.В. Докучаева о прохождении лёссами и чернозёмами гидроморфной стадии в своём развитии были подтверждены С.С. Неуструевым и Л.И. Прасоловым при обследовании чернозёмов речных террас Поволжья. Учёные предположили, что чернозёмы образуются из пойменных луговых почв по мере «об-

сыхания» территории, понижения уровня почвенно-грунтовых вод, выхода из сферы поверхностного обводнения. Эта идея стала очень популярна в среде русских и советских почвоведов, географов, ботаников. Гидроморфизм отмечался и на других территориях «чернозёмного материка» – Средне-Русской возвышенности, Азовско-Кубанской низменности, Среднем Заволжье, предгорных Кавказских равнинах [6; 7]. Чернозёмы Западной Сибири, отличаясь от чернозёмных почв Восточно-Европейской равнины малой мощностью, глубокой языковатостью, непрочной структурой, солонцеватостью, также прошли в своём развитии гидроморфный этап [8].

Нельзя не отметить существование альтернативных точек зрения на образование и дальнейшую эволюцию чернозёмных почв. Об относительно постоянных автоморфных условиях чернозёмообразования высказался С.С. Неуструев, представляя болотную и луговую стадии как частный случай генезиса чернозёмов. С представлениями об изначальной автоморфности чернозёмов согласуется гипотеза И.П. Герасимова, утверждающего, что увеличение мощности гумусового горизонта во многих чернозёмах происходит за счёт роста почвенной толщи вверх в результате эоловой аккумуляции рыхлого субстрата [9].

Представляя теорию эволюции степных почв В.Р. Вильямса с современных позиций направленной миграции вещества, В.А. Ковда отмечает, что единый геохимический поток связал воедино в серию сопряжённых ландшафтов всю территорию Русской равнины [8]. Талые воды ледника, как стекающие по поверхности, так и текущие внутри почвы, вызвали перераспределение веществ в соответствии с закономерностями геохимической дифференциации. При этом очень важна роль грунтовых вод, которые служат источником постоянного привноса разнообразных соединений, выпадающих в осадок в почвенных горизонтах в результате транспирации и испарения.

Черты бывшего палеогидроморфизма получили своё отражение в профиле лёссовых пород и почв наличием в лёссах прослоев и линз грубообломочного материала, слоистости, пресноводных моллюсков, солевых прослоев. В чернозёмах они представлены высокими запасами гумуса, окисленностью, оглеением, марганцево-железистыми, кремнеземистыми, карбонатными, гипсовыми новообразованиями, остаточным скоплением легкорастворимых солей, остатков

гидрофильной флоры и фауны, насыщенностью почвы монтмориллонитом [8].

Своеобразным итогом в решении проблемы палеогидроморфизма чернозёмов является гипотеза гидроморфного прошлого всех почв в пределах водно-аккумулятивных равнин (в современной интерпретации концепция «однонаправленного поступательного развития почв»), выдвинутая советским почвоведом В.А. Ковдой [8]. В общей направленности климатических изменений от перигляциальных условий позднего плейстоцена к относительно тёплым и влажным голоценовым палеогидроморфизм чернозёмов представляется не как частный случай, а как неизбежный этап эволюции степных почв, что соответствует положениям учения В.В. Докучаева, который отмечал повышенную обводненность Восточно-Европейской равнины в конце ледниковой эпохи. Если почвообразующая порода имеет водный генезис, а почвообразование шло одновременно с отложением породы, почва не могла не пройти гидроморфной стадии. Со временем гидроморфные свойства чернозёмов были полностью или частично поглощены чернозёмообразованием.

Пономарева В.В., Плотникова Т.А. и Самойлова Е.М., рассматривая превышение запасов гумуса в нижней части гумусового горизонта типичных и обыкновенных горизонтов относительно количества корневой биомассы, утверждают, что эта часть гумусового горизонта данных почв была сформирована в условиях повышенного гидроморфизма под луговой растительностью. Унаследованная природа нижней части гумусового горизонта подтверждена радиоуглеродными датировками – 6–7 тыс. лет, иногда 9,5–9,8 тыс. лет. Эту дату можно считать временем появления чернозёма. При этом более древние датировки относятся к южной части Восточно-Европейской равнины. И.И. Лебедева, отмечая отчетливую двухъярусность в распределении гумуса чернозёмных формаций (за исключением чернозёмных почв Азовско-Кубанской низменности), делает вывод о том, что верхняя часть гумусового горизонта чернозёмов является результатом исторически последнего этапа почвообразования, общего для всего чернозёмного ареала Восточной Европы [10].

Произошедшие в почвах лесостепной, чернозёмной и каштановой зон Восточно-Европейской равнины за последние 3000–4000 лет процессы увеличения выщелоченности карбонатов, иллювиирования тонких механических фракций и усиления опод-

золенности лесостепных почв являются результатом почвообразования в условиях действия одной и той же комбинации ландшафтных факторов.

В развитии теории растительно-наземного происхождения чернозёмных почв основополагающее значение имеет вопрос формирования гумусового горизонта чернозёмов под лугово-степной растительностью. Известные исследователи биологической составляющей образования чернозёмных почв П.А. Костычев и В.Р. Вильямс связывали дерновый процесс с жизнедеятельностью в степях злаковой и бобовой травянистой растительности, при разложении которой при помощи микроорганизмов в верхней части профиля почвы развивается гумусово-аккумулятивный процесс, создаётся комковато-зернистая структура и формируется почва с высоким уровнем плодородия.

Впервые об источниках гумусообразования степных почв высказались В.В. Докучаев и П.А. Костычев. При этом П.А. Костычев полагал, что гумус в чернозёмах образовался только благодаря разложению растительных остатков, особенно корневых систем трав, отрицая возможность механического и химического перемещения гумусовых веществ в профиле почвы [11; 12]. В.В. Докучаев же считал, что в образовании гумуса важную роль играют водорастворимые гуминовые вещества [1]. Подвергая критике выводы П.А. Костычева, И.Ф. Леваковский отмечает, что корни растений можно считать только вспомогательным источником органических веществ для чернозёма. Подтверждая исследования И.Ф. Леваковского, С.П. Кравков подчёркивает, что ближайшим и непосредственным источником в почве гумусообразования являются именно водные растворы, получающиеся из разлагающихся растительных остатков. К концу вегетации растений, когда их рост и потребление питательных элементов сильно сокращается, при иссушении почвы и «затухании» деятельности микроорганизмов происходит «отдача» в почву с корневыми выделениями нового синтезированного органического вещества взамен старого, израсходованного почвой на минерализацию в предшествующий сезон. Таким образом, мысль В.В. Докучаева о корневых выделениях получила научное подтверждение и является общепризнанной.

Вместе с тем необходимо отметить положительную роль П.А. Костычева, который в острых спорах доказывал свою точку зрения, являясь, по сути, соавтором зарождающейся новой науки – почвоведения.

В частности, на начальных этапах своей научной деятельности В.В. Докучаев считал ведущими факторами почвообразования климатические условия. Но в последующем, под влиянием критики со стороны П.А. Костычева, он пришёл к выводу о ведущей роли биологического фактора в образовании чернозёмных почв. Учение о ведущей роли растительности в частности, и биологических факторов в целом, в образовании почв степной зоны было развито учениками и последователями В.В. Докучаева и П.А. Костычева.

Развивая идею Докучаева – Костычева о гумусообразовании и гумусонакоплении под пологом степной растительности, выдающиеся учёные XX века В.Р. Вильямс, И.П. Герасимов, И.В. Тюрин, В.А. Ковда и др. отмечали, что образование гумуса в чернозёмах состоит в соединении двух противоположных процессов – синтеза и разложения органического вещества, которые сопровождаются аккумуляцией и выделением энергии. Синтез органического вещества осуществляется высшими зелёными растениями, а его разложение – микроорганизмами (бактериями и грибами), которые в сочетании составляют растительную формацию. Прохождение этих процессов возможно за счёт определённых экологических условий: повторяемости влажных и сухих периодов, приводящих к трансформации гумусовых веществ и их закреплению в почвенном профиле в виде гуматов кальция. Наряду с процессами синтеза/ресинтеза органических веществ в почве идут процессы окисления, полимеризации, взаимной конденсации, в результате которых возникают более устойчивые к разложению высокомолекулярные соединения, имеющие характер гуминовых веществ [13]. Содержание гумуса и мощность гумусных горизонтов закономерно убывают к северу и югу от «центральной полосы чернозёмов», в результате чего образуется система изогумусовых полос [1].

### Заключение

Таким образом, на протяжении XIX–XX вв. исследованиями отечественных учёных было установлено, что обязательным условием образования чернозёма является наличие многолетней травянистой растительности, корневая система которой на фоне непромывного водного режима в нейтральной или слабощелочной среде способствует образованию и накоплению гумуса преимущественно гуматного типа и биогенной аккумуляции биофиль-



ных элементов. Для гумусовых горизонтов чернозёмных почв характерна зернистая водопрочная структура, которая обязана коагулирующему и скрепляющему эффекту почвенных коллоидов, насыщенных обменным кальцием. Важным условием образования и дальнейшей эволюции чернозёмов является наличие карбонатного и солевого горизонтов. Неизменным элементом эволюции чернозёмных почв является понижение глубины вскипания и иллювиирование новообразований карбонатов и илистых частиц в нижележащие горизонты почв, в соответствии с которым, чем влажнее климат, тем глубже находятся карбонаты.

Анализ развития научных представлений о происхождении и эволюции чернозёмов показал, что существуют «рациональные зёрна» в морской теории П.С. Палласа и Р.И. Мурчисона и в водно-болотной теории Э.И. Эйхвальда и Ф.Ф. Вангенгейм фон Квалена, которые, однако, «не работают» без растительно-наземной гипотезы образования чернозёмных почв, занимающей в настоящее время лидирующие позиции.

Необходимо отметить выдающуюся роль В.В. Докучаева в решении вопроса о происхождении чернозёмов. В своих письмах, статьях, фундаментальных работах, среди которых «Русский чернозём» и «Наши степи прежде и теперь», он достаточно детально проанализировал все гипотезы образования чернозёмных почв, сгруппировал их в 3 группы и смог установить истину в этой научной проблематике, определив вектор движения научной мысли на десятилетия вперёд. Для современных учёных остаётся провести полное исследование состава и свойств чернозёмов на всём широтном простирании степной зоны, дополнить недостающие детали о закономерностях развития степных почв и, что очень важно, получить возможность «заглянуть» в будущее для решения актуальных проблем степеведения.

*Статья подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН.*

#### Список литературы / References

1. Докучаев В.В. Русский чернозём: Отчёт Императорскому Вольному экономическому обществу. СПб.: Императорское Вольное экономическое общество, 1883. 376 с.
2. Dokuchaev V.V. Russian Chernozem: Report to the Imperial Free Economic Society. SPb.: Imperatorskoe Volnoe ekonomicheskoe obshchestvo, 1883. 376 p. (in Russian).
3. Бровко И.С., Байболов К.С., Асубаева Г.А. Краткий литературный обзор теорий происхождения лёссовых оснований // Научные труды Южно-Казахстанского государственного университета имени М. Ауэзова. 2014. № 2 (29). С. 38–40.
4. Brovko I.S., Bajbolov K.S., Asubaeva G.A. Brief literature review of theories of the origin of loess bases // Nauchnye trudy Yuzhno-Kazhastanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni M. Auezova. 2014. no 2 (29). P. 38–40 (in Russian).
5. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Формирование почвообразующих пород голоценовых почв в центре Восточно-Европейской равнины // Проблемы региональной экологии. 2015. № 4. С. 55–59.
6. Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A.Y. Formation of parent rocks of Holocene soils in the center of the East European Plain // Problemy regional'noj ekologii. 2015. No. 4. P. 55–59 (in Russian).
7. Левыкин С.В., Казачков Г.В. В развитие Докучаевской теории чернозёма (посвящается международному году почв) // Степи Северной Евразии: материалы VII Международного симпозиума. Оренбург, 2015. С. 470–471.
8. Levykin S.V., Kazachkov G.V. To the progress of Dokuchaev's theory of black soil (to the International Year of Soils) // Stepi Severnoj Evrazii: materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2015. P. 470–471 (in Russian).
9. Вильямс В.Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М.: «Новый агроном», 1931. 376 с.
10. Williams V.R. General agriculture with the basics of soil science. М.: «Novyj agronom», 1931. 376 p. (in Russian).
11. Чевердин А.Ю., Стахурлова Л.Д., Чевердин Ю.И. Изменение основных свойств и характеристик чернозёмов степной зоны // Аграрная Россия. 2015. № 9. С. 5–11.
12. Cheverdin A.Y., Stakhurlova L.D., Cheverdin Y.I. Changes in the basic properties and characteristics of chernozems in the steppe zone // Agrarnaya Rossiya. 2015. No. 9. P. 5–11 (in Russian).
13. Базыкина Г.С., Овечкин С.В. Влияние цикличности климата на водный режим и карбонатный профиль чернозёмов центра Европейской части России и сопредельных территорий // Почвоведение. 2016. № 4. С. 475–488.
14. Bazykina G.S., Ovechkin S.V. Influence of climate cyclicity on the water regime and carbonate profile of chernozems in the center of the European part of Russia and adjacent territories // Pochvovedenie. 2016. No. 4. P. 475–488 (in Russian).
15. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Кн. 2. М.: Наука, 1973. 262 с.
16. Kovda V.A. Fundamentals of the theory of soils. General theory of the soil-forming process. Kn. 2. М.: Nauka, 1973. 262 p. (in Russian).
17. Таргульян В.О., Герасимова М.И. Вклад академика И.П. Герасимова в почвоведение (начало 1920-х – 1985 гг.) // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 81. С. 5–11.
18. Targulian V.O., Gerasimova M.I. The contribution of academician I.P. Gerasimov in soil science (early 1920s – 1985) // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2015. No. 81. P. 5–11. (in Russian).
19. Лебедева И.И. Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в чернозёмах Восточной Европы // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 3–18.
20. Lebedeva I.I. Humus and carbonate accumulations as diagnostic criteria in the chernozems of Eastern Europe // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2011. Vyp. 68. P. 3–18. (in Russian).
21. Костычев П.А. Почвы чернозёмной области России (их происхождение, состав и свойства) / Под ред. акад. А.Н. Соколовского. М.; Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1937. 239 с.
22. Kostychev P.A. Soils of the chernozem region of Russia (their origin, composition and properties) / Pod red. akad. A.N. Sokolovskogo. М.; L.: OGIZ-Sel'hozgiz, 1937. 239 p. (in Russian).
23. Бабилов Б.В. Становление и развитие почвоведения // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 198. С. 281–287.
24. Babikov B.V. Formation and development of soil science // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2012. no 198. P. 281–287 (in Russian).
25. Иванов А.П., Когут Б.М., Семёнов В.М., Тюрина Оберландер М., Ваксман Шанбахер Н. Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюрина и Ваксмана до наших дней // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 3–38.
26. Ivanov A.P., Kogut B.M., Semyonov V.M., Tyurina Oberlander M., Waxman Shanbakher N. Development of the theory of humus and soil organic matter: from Tyurin and Waxman to the present day // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2017. No. 90. P. 3–38 (in Russian).