

ISSN 0136–1694 (Print)
ISSN 2312-4202 (Online)

ФГБНУ «ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА»

БЮЛЛЕТЕНЬ

ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА

имени В.В. ДОКУЧАЕВА

Выпуск 108

Москва
2021

<https://bulletin.esoil.ru>

ISSN 0136–1694 (Print)
ISSN 2312-4202 (Online)

V.V. DOKUCHAEV SOIL SCIENCE INSTITUTE

Dokuchaev Soil Bulletin

**(Byulleten Pochvennogo instituta
imeni V.V. Dokuchaeva)**

Volume 108

**Moscow
2021**

<https://bulletin.esoil.ru>

ББК П03
Б 98
УДК 631.4

Главный редактор:
Иванов А. Л., академик РАН

Заместитель главного редактора:
Савин И. Ю., академик РАН

Редакционная коллегия:

А-Ксин Джу (университет Висконсина, США)
Когут Б. М. (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва)
Монтанарелла Л. (Институт окружающей среды и устойчивого развития Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии, Италия)
Розанов А. Б. (Университет Стелленбош, ЮАР)
Тихонович И. А., академик РАН (Санкт-Петербургский университет, Санкт-Петербург)
Тот Г. (Университет Паннонии, Венгрия)
Хитров Н. Б. (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва)
Чендев Ю. Г. (Белгородский государственный университет, Белгород)
Швиденко А. З. (Международный институт прикладного системного анализа, Австрия)
Шишков Т. А. (Институт почвоведения им. Н. Пушкирова, Болгария)

Chief Editor:
A. L. Ivanov, Academician of RAS

Deputy Chief Editor:
I. Yu. Savin, Academician of RAS

Editorial board:

A-Xing Zhu (University of Wisconsin-Madison, USA)
B. M. Kogut (V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russia)
L. Montanarella (Institute for Environment and Sustainability – European Commission’s Joint Research Centre (IES JRC), Italy)
A. B. Rozanov (Stellenbosh University, Republic of South Africa)
I. A. Tikhonovich, Academician of RAS (Saint Petersburg State University, Russia)
G. Toth (University of Pannonia, Hungary)
N. B. Khitrov (V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russia)
Yu. G. Chendev (Belgorod State University, Russia)
A. Z. Shvidenko (International Institute for Applied Systems Analysis, Austria)
T. A. Shishkov (Pushkarov Soil Science Institute, Bulgaria)

© ФГБНУ ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, 2021 г.

© Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

Пойменные почвы на почвенной карте РСФСР 1988 г. М 1 : 2.5
млн в системе классификации почв России

Савицкая Н.В., Ананко Т.В., Герасимова М.И. 5

Темногумусовые почвы на обновленной почвенной карте
Российской Федерации масштаба 1 : 2.5 млн

Ананко Т.В., Герасимова М.И. 31

Диагностика почв, расположенных в градиенте урботехногенного
воздействия

*Новиков С.Г., Медведева М.В.,
Пеккоев А.Н., Тимофеева В.В.* 55

Повышение эффективности вложений на обследование
неиспользуемых земель в целях их возвращения в
сельскохозяйственный оборот

*Столбовой В.С., Петросян Р.Д.,
Шилов П.М., Лукьянов С.Н.* 83

Soils in the Bulia micro watershed of Gorontalo province, Indonesia,
and their quality assessment

*Nuridin, Rayes M.L., Soemarno, Sudarto, Listyarini E.,
Agustina C., Rahman R., Rauf A., Husain J.* 104

Ресурсный потенциал почв Бенина для возделывания кукурузы

Какпо Р.С.К., Савин И.Ю. 137

Информационные ресурсы по цифровому земледелию в
отечественных и международных базах данных

Бунин М.С., Коленченко И.А., Пирумова Л.Н. 157

Редакторская колонка

Методологические подходы формирования единой Национальной
системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов
парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда
Российской Федерации

*Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С.,
Духанин Ю.А., Козлов Д.Н.* 175

CONTENTS

Scientific articles

Floodplain soils on the soil map of the Russian Federation, scale 1 : 2.5 M, 1988, in the Russian soil classification <i>Savitskaya N.V., Ananko T.V., Gerasimova M.I.</i>	5
Dark-humus soils on the updated soil map of Russian Federation scale 1 : 2.5 M <i>Ananko T.V., Gerasimova M.I.</i>	31
Diagnostics of soils located in the gradient of urban-technogenic impact <i>Novikov S.G., Medvedeva M.V., Pekkoiev A.N., Timofeeva V.V.</i>	55
Increasing the efficiency of investments on survey of abundant land for their return to agricultural use <i>Stolbovoy V.S., Petrosyan R.D., Shilov P.M., Lukianov S.N.</i>	83
Soils in the Bulia micro watershed of Gorontalo province, Indonesia, and their quality assessment <i>Nurdin, Rayes M.L., Soemarno, Sudarto, Listyarini E., Agustina C., Rahman R., Rauf A., Husain J.</i>	104
Resource potential of Beninese soils for maize cultivation <i>Kakpo R.S.K., Savin I.Yu.</i>	137
Digital agriculture informational resources in local and international databases <i>Bunin M.S., Kolenchenko I.A., Pirumova L.N.</i>	157

Editorial

Methodological approaches to the formation of a unified national system of monitoring and accounting of carbon balance and greenhouse gas emissions on lands of the agricultural fund of the Russian Federation <i>Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoy V.S., Dukhanin Yu.A., Kozlov D.N.</i>	175
---	-----

УДК 638.47



DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-5-30



Ссылки для цитирования:

Савицкая Н.В., Ананко Т.В., Герасимова М.И. Пойменные почвы на почвенной карте РСФСР 1988 г. М 1 : 2.5 млн в системе классификации почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 5-30. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-5-30

Cite this article as:

Savitskaya N.V., Ananko T.V., Gerasimova M.I., Floodplain soils on the soil map of the Russian Federation, scale 1 : 2.5 M, 1988, in the Russian soil classification, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 5-30, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-5-30

**Пойменные почвы на почвенной
карте РСФСР 1988 г. М 1 : 2.5 млн
в системе классификации почв России**

© 2021 г. Н. В. Савицкая^{1*}, Т. В. Ананко¹,
М. И. Герасимова^{1,2**}

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

*<https://orcid.org/0000-0002-3218-6941>, e-mail: savitskaya_nv@esoil.ru.

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,
119991, Москва, Ленинские горы, 1,

**<https://orcid.org/0000-0002-1815-4476>, e-mail:
maria.i.gerasimova@gmail.com.

Поступила в редакцию 02.05.2021, после доработки 17.06.2021,
принята к публикации 20.09.2021

Резюме: В рамках создания цифровой модели Почвенной карты России на основе карты РСФСР 1988 г., составленной в Почвенном институте рассмотрены общие подходы к переводу природных пойменных почв исходной легенды в систему Классификации почв России (2004) и обосновано введение в легенду новых пойменных почв, в том числе пахотных и городских. Пойменные почвы представлены семью

единицами легенды, охарактеризованными в Программе карты (1972) очень кратко. Их названия в номенклатуре классификации почв СССР 1977 г., в том числе “ландшафтные”, не соответствуют принципам новой классификации. На основании анализа большого объема литературных данных по свойствам почв в поймах рек России пойменные почвы исходной легенды были переведены в систему классификации почв России на уровне типов и подтипов отдела аллювиальных почв синлитогенного ствола почвообразования. Новые названия по КПР в большей мере отражают их свойства, как и положение в разных природных зонах. Для адекватного отражения типичных для пойм локальных (по элементам поймы) условий и зональных черт почв в обновленную легенду были введены дополнительные почвы, отсутствующие на исходной карте, в частности, аллювиальные гумусовые оподзоленные, слоисто-аллювиальные стволы первичного почвообразования, а единицы старой легенды при переводе разделились на несколько типов и подтипов на региональном уровне. Проведена корректировка содержания полигонов в базе данных оцифрованной версии карты на основании анализа региональных материалов. Как и для внепойменных территорий, в состав полигонов БД, добавлены агро- и урбопочвы.

Ключевые слова: диагностика пойменных почв, единицы легенды, атрибутивная база данных, аллювиальные агрогумусовые почвы, площади почв.

Floodplain soils on the soil map of the Russian Federation, scale 1 : 2.5 M, 1988, in the Russian soil classification

© 2021 N. V. Savitskaya^{1*}, T. V. Ananko¹, M. I. Gerasimova^{1,2**}

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,*

**<https://orcid.org/0000-0002-3218-6941>, e-mail: savitskaya_nv@esoil.ru.*

²*Lomonosov Moscow State University,
1 Leninskie Gori, Moscow 119234, Russian Federation,*

***<https://orcid.org/0000-0002-1815-4476>, e-mail:
maria.i.gerasimova@gmail.com.*

Received 02.05.2021, Revised 17.06.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: The development of the digital model of the soil map of Russia derived of the map of the Soviet Russian Federation, 1988, compiled in Dokuchaev Soil Science Institute, comprises the transfer of soil names in the initial legend to those in the new classification system of Russian soils (2004). Floodplain soils (only native) are represented by seven legend units (out of 205) that were named in terms of soil classification of USSR, 1977, and part of their names indicated ‘landscapes’ rather than soils, which disagrees with the principles of the new classification system. Basing on numerous publications and following the rules of the new system, soils were renamed. Most of them were referred to alluvial soil types within the synlithogenic trunk (Fluvisols), and their new names indicate both their properties and their zonal attachment. In order to obtain more adequate patterns of soils in river valleys additional soils were introduced including stratified-alluvial soils in the trunk of primary pedogenesis (Regosols). Simultaneously, the composition of polygons in the database was revised in accordance with regional data; human-modified soils were introduced (agro-soils and urbo-soils).

Keywords: diagnostics of floodplain soils, legend units, database, alluvial agrohumus soils, soil areas.

ВВЕДЕНИЕ

В основу создания цифровой модели Почвенной карты России масштаба 1 : 2.5 млн, положена классификация почв России ([Классификация..., 2004](#); [Полевой..., 2008](#)). Разработка новой легенды и наполнение содержания карты почвами в формате классификации почв России (КПР) с введением современной информации, в том числе данных о пахотных и городских почвах, является основной задачей этой работы. Работа проводится в атрибутивной Базе данных (БД) карты, привязанной к ее оцифрованной версии ([Рухович и др., 2012](#)).

Почвы в исходной легенде Почвенной карты РСФСР (ПКРФ) сгруппированы в соответствии с зональным подходом с использованием “ландшафтных” названий. В группе пойменных почв также есть как ландшафтные названия (пойменные заболоченные, пойменные луговые), так и названия, указывающие на свойства почв: пойменные кислые, пойменные нейтральные, пойменные карбонатные. Их диагностика, приведенная в Программе карты ([1972](#)) и монографии “Почвенный покров...” ([2001](#)), значительно уступает описаниям почв внепойменных ландшафтов в

этих материалах или практически отсутствует (табл. 1).

Цель настоящей работы – уточнить диагностику пойменных почв на основе описаний, приведенных в региональных источниках, найти им аналоги в классификации почв России; дать более полную характеристику почвенного покрова пойм в различных природных зонах, ввести в содержание полигонов антропогенно измененные почвы, предусмотренные в классификации.

Пойменные почвы занимают сравнительно небольшую площадь: всего около 3% от общей площади почвенного покрова РФ, но являются во многих регионах важнейшим почвенным ресурсом. Поэтому их современное отражение на цифровой модели Почвенной карты России представляется актуальным.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются пойменные почвы, входящие в соответствующий раздел легенды ПКРФ. Они представлены 7 почвенными единицами легенды в 713 полигонах на карте (табл. 1).

Почвы пойм имеют ряд особенностей с точки зрения их картографического отображения. В мелком масштабе оно достаточно условно: с одной стороны поймы традиционно показываются с преувеличением масштаба, с другой стороны, на карту часто выносятся только одна преобладающая почва, как правило, центральной поймы. Из 713 полигонов пойменных почв, выделенных на ПКРФ, только 47 полигонов крупных рек содержат сопутствующие компоненты, один, реже два, причем среди них есть как собственно пойменные почвы, так и внепойменные: подзолистые и дерново-подзолистые, подзолы, глееземы, торфяные почвы. Зональные почвы показаны на карте, например, в поймах рек Оби, Ангара, Май и ряда других.

Полигоны пойменных почв существенно различаются своими размерами. Площади отдельных полигонов в поймах Иртыша, Северной Двины, Оби, Лены и других крупных рек достигают 30–44 тыс. км². Площади мелких полигонов не превышают 10–15 км²; они выделены в поймах как средних и мелких рек (Пясины, Уда, Сож и другие), так и в поймах крупных рек (Обь, Енисей, Волга).

Проблемой более детального отображения пойменных почв на ПКРФ являлось не только большое разнообразие, но и их недостаточная изученность на значительной части территории России на момент создания карты, что выявилось в процессе сбора информации. Вместе с тем различия условий почвообразования в поймах очевидны, особенно в случае крупных рек со сложным почвенным покровом ([Атлас Тюменской области, 1971](#); [Козловский, Корнблум, 1972](#); [Еловская, 1987](#); [Ахтырцев, Яблонских, 2008](#) и другие).

Таблица 1. Пойменные почвы на Почвенной карте РСФСР масштаба 1:2,5 млн. и их характеристика в Программе карты ([1972](#))

Table 1. Floodplain soils on the Soil map of Russian Soviet Socialist Federation, sale 1 : 2.5 M and their description in the map Program (1972)

Пойменные почвы на ПКРФ		Характеристика почв – единиц легенды в Программе ПКРФ
Почвы – единицы легенды	Число полигонов (площади почв, км²)	
А – Пойменные кислые	294 (418 429)	Слоистый профиль, чередуются гумусовые горизонты и слои аллювия, кислая реакция
А ^н – Пойменные слабокислые и нейтральные	120 (131 493)	Строение профиля аналогично таковому в пойменных кислых, но реакция нейтральная
А ^к – Пойменные карбонатные	2 (1 909)	Слабощелочная реакция, вскипание от HCl
А ^{ск} – Пойменные засоленные	17 (14 339)	Щелочная реакция, присутствие водорастворимых солей
А ^{сл} – Пойменные слитые	1 (801)	Глинистый состав, слои не выражены
А ^т – Пойменные заболоченные	239 (199 189)	С яркими признаками оглеения
Ал – Пойменные луговые	40 (63 834)	Описание отсутствует
ВСЕГО	713 (829 994 км²)	

Так, Обь от слияния Бии и Катунь до впадения в Обскую губу имеет протяженность более 3 600 км, и условия формирования пойменных почв существенно изменяются по природным зонам. Согласно литературным данным, почвенный покров нижнего и дельтового секторов поймы реки в тундровой зоне представлен *торфяно-дерново-глеевыми* и *болотными пойменными почвами* ([Атлас Тюменской области, 1971](#)). В среднем течении в зоне тайги И.И. Гантимуровым с соавт. ([1979](#)) описаны *дерновые, дерново-глеевые, дерново-глеевые оподзоленные, иловато-торфяно-глеевые* и *пойменные слабо оподзоленные*. Столь же разнообразен почвенный покров в пойме Оби в ее верховьях в пределах степи и лесостепи: *пойменные луговые, черноземно-луговые, слоистые карбонатные* почвы, *лугово-болотные* ([Гантимуров и др., 1979](#); [Атлас Ханты-Мансийского АО, 2004](#)). В приведенном примере иллюстрируются различия в почвенном покрове поймы, пересекающей несколько природных зон, и участие в нем разнообразных почв, приуроченных к генетическим элементам поймы. Однако на ПКРФ обская пойма представлена только болотными, кислыми и луговыми пойменными почвами. Следовательно, во многих случаях целесообразно дать более детальную характеристику почвенного покрова пойменных полигонов с учетом их размеров, добавив в них почвы, отражающие влияние зональных условий, что важно для протяженных крупных рек, или локальных факторов в различных частях поймы: состав наносов и интенсивность их седиментации, рельеф поймы, динамика увлажнения ([Добровольский, 1968](#); [Шраг, 1969](#); [Присянников и др., 2018](#)).

В классификации почв России имеется необходимое количество типов и подтипов аллювиальных почв для решения этих задач.

Методика перевода почв в формат КПР и обновления содержания полигонов, разработанная для внепойменных земель ([Ананко и др., 2017](#)), имеет ряд особенностей для пойменных почв. Прежде всего, информация о диагностических свойствах пойменных почв, требуемых для перевода в КПР, могла быть получена только из литературных источников, так как в Программе ([1972](#)) описание таких почвенных свойств очень краткое (табл. 1). Для этой цели, кроме региональных литературных материалов,

привлекались почвенные и другие специальные карты. При переводе пойменных почв в формат КПП учитывались также природные особенности бассейна реки, состав аллювия и свойства внепойменных почв.

Необходимо отметить, что в литературе термины *пойменные* и *аллювиальные* почвы используются как синонимы ([Шпарг, 1969](#)).

Название *аллювиальные* ближе к субстантивно-генетической концепции КПП, поэтому ландшафтный (геоморфологический) термин “*пойменные*” почвы заменен в новой легенде на термин “*аллювиальные*” ([Полевой..., 2008](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного анализа изложены по единицам исходной легенды ПКРФ; в ряде случаев они разделялись на несколько единиц природных¹ почв обновленной легенды, следуя принятой ранее общей методике. Кроме того, были введены почвы, измененные деятельностью человека, по материалам, представленным И.Ю. Савиным.

Аллювиальные природные почвы

Пойменные кислые почвы занимают наибольшие площади среди других пойменных почв и преобладают по количеству полигонов на карте (табл. 1). Выделены преимущественно в тундровой и таежной зонах в центральной пойме многих рек: Северная Двина, Кулой, Мезень, Печора, Обь (в ее верхнем и нижнем течении), Пур, Таз, Надым, Енисей, Лена, Волга, Ока и др. Их интерпретация в формате КПП основана на анализе верхних гумусовых и подгумусовых горизонтов. Профиль почв включает дерновый (серогумусовый) горизонт с кислой реакцией и содержанием гумуса 3–6 и до 10–15%. Переходные к породе горизонты не имеют признаков оглеения или слабо оглеены: мелкие ржавые точки и стяжения, редко – сизо-серые и охристые прослойки ([Добровольский, 1968](#); [Атлас Тюменской..., 1971](#); [Гантимуров и др., 1979](#); [Еловская, 1987](#); [Балабко, 1991](#); [Паринова и др., 2014](#)).

¹ Напомним, что на ПКРФ показаны только природные почвы.

Дерновые горизонты кислых пойменных почв формально соответствуют в КПр серогумусовым АУ, но в их описаниях отмечается и более темная окраска, а содержание гумуса выше определенного диагностическими критериями горизонта АУ ([Караваева, 1973](#); [Лаптева, Балабко, 1999](#); [Оконешникова, 2015](#)), что объясняется климатической заторможенностью процессов разложения растительных остатков. Значительная вариабельность свойств гумусового горизонта в аллювиальных почвах является причиной определения его в КПр как *гумусового* с “нежесткими” количественными границами ([Полевой..., 2008](#)). В результате пойменные кислые почвы центральной поймы рек в тундровой и таежной зонах с нормальным или слабо повышенным увлажнением переводятся в *аллювиальные гумусовые*, включая *глееватые* (табл. 2).

Среди пойменных кислых почв встречаются почвы с признаками оподзоленности, формирующиеся, по мнению Г.В. Добровольского ([1968](#)), в результате естественной эволюции поймы, но их нет в легенде ПКРФ. Они распространены на высоких участках поймы под лесной растительностью в таежной зоне европейской России и Западной Сибири: в бассейнах Оби, Печоры, Днепра, Волги, Оки, Десны, Клязьмы и др. Их генезис подробно рассмотрен в работах В.И. Шрага ([1969](#)), Л.Б. Востоковой с соавторами ([2003](#)). Подобные почвы отличаются меньшей мощностью гумусовых горизонтов, по сравнению с неоподзоленными аналогами, и более резким падением содержания гумуса по профилю, наличием белесоватости в гумусовом горизонте и облегченных по илу осветленных пятен в его нижней части. Простой профиль может быть осложнен проявлениями оглеения разной интенсивности. В некоторых поймах подобные почвы приурочены к останцам террас ([Добровольский, 1968](#)). Почвы описываются в литературе под разными названиями: *пойменные слабооподзоленные*, *пойменные глеевые оподзоленные* ([Атлас Тюменской обл., 1971](#)), *аллювиальные оподзоленные* ([Атлас ХМАО, 2004](#)), *аллювиальные дерновые оподзоленные* ([Атлас Коми, 2010](#)), *пойменные подзолистые тяжелосуглинистые* ([Добровольский, 1968](#)). Введены в обновленную легенду под названием *аллювиальные гумусовые оподзоленные*, включая *глееватые* (табл. 2).

Таблица 2. Природные аллювиальные почвы в обновленной легенде в системе классификации почв России

Table 2. Alluvial (natural) soils in the updated legend in terms of new Russian soil classification

Почвы – единицы обновленной легенды	Почвы – единицы исходной легенды
1. Аллювиальные гумусовые, включая глееватые	Пойменные кислые
2. Аллювиальные темногумусовые 3. Аллювиальные перегнойно-гумусовые глееватые мерзлотные	Пойменные слабокислые и нейтральные
4. Аллювиальные темногумусовые омергеленные квазиглееватые 5. Аллювиальные темногумусовые остаточно-карбонатные	Пойменные карбонатные
6. Аллювиальные гумусовые засоленные	Пойменные засоленные
7. Аллювиальные темногумусовые слитизированные	Пойменные слитые
8. Аллювиальные перегнойно-глеевые и квазиглеевые 9. Аллювиальные торфяно-глеевые	Пойменные заболоченные
10. Аллювиальные гумусовые глееватые и глеевые 11. Аллювиальные темногумусовые глееватые и глеевые 12. Аллювиальные темногумусовые квазиглееватые и квазиглеевые	Пойменные луговые
13. Аллювиальные гумусовые оподзоленные, включая глееватые	Нет в легенде
14. Слоисто-аллювиальные гумусовые	Нет в легенде

Пойменные слабокислые и нейтральные почвы выделены на ПКРФ в поймах рек в нескольких природных зонах (Волга, Кубань, Терек, Дон; Ока, Кама, Белая, Омолон, Уссури) и представлены 120 полигонами в БД (табл. 1). По занимаемой площади они уступают пойменным кислым более чем в три раза. Почвы характеризуются относительно мощными (35–45 см) темно-серыми или

черными гумусовыми горизонтами с хорошо выраженной комковато-зернистой структурой. Содержание гумуса составляет в среднем около 6% в легкосуглинистых и 11% в тяжелосуглинистых почвах, в составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, связанные с кальцием; почвы насыщены основаниями ([Почвы Куйбышевской области, 1984](#); [Ахтырцев, 1987](#); [Яблонских, 2002](#); [Шишов, 2007](#); [Безуглова и др., 2012](#); [Балабко и др., 2013](#); [Снег, 2020](#)). По совокупности свойств они переведены по КПР в *аллювиальные темnogумусовые* и составляют основной фон в поймах рек лесостепной и степной зон Европейской России.

Часть полигонов пойменных слабокислых и нейтральных почв приурочена к тундровой и таежной зонам: это реки преимущественно северных и северо-восточных областей РФ: на Чукотке – р. Раучуа, в Центральной и Северной Якутии – реки Лена, Ясачная, средняя Колыма, в Магаданской области – Яма, Наяхан. Здесь слабокислые и нейтральные пойменные почвы формируются в локальных наиболее благоприятных для этих мест условиях ([Наумов, 1977](#); [Еловская, 1987](#)). Они характеризуются гумусовыми горизонтами, по ряду свойств близкими к темnogумусовым: нейтральная или слабощелочная реакция среды, насыщенность основаниями, преобладание гуминовых кислот в составе гумуса (отношение $C_{гк} : C_{фк}$ колеблется в пределах 1.2–1.5), – но имеют и ряд отличий: значительно меньшую мощность гумусового горизонта по сравнению с европейскими аналогами (не более 10–23 см), примесь грубого гумуса, подстиление профиля на глубине 0.6–1.5 м льдистой мерзлотой, появление признаков оглеения: ржавых точек и мягких железистых стяжений, сизовато-серых отенков в нижних горизонтах профиля ([Оконешникова, 2015](#)). Криотурбации в профиле отсутствуют, но среди криогенных форм рельефа встречаются небольшие термокарстовые понижения и гидролакколиты. Иногда отмечается слабое вскипание от соляной кислоты в средней части профиля без видимых карбонатных новообразований ([Еловская, 1987](#)). С учетом этих особенностей они переведены в *аллювиальные перегнойно-гумусовые глееватые мерзлотные*. Целесообразность введения в классификационное название почв признака мерзлотности обсуждается и не только для аллювиальных почв.

Пойменные карбонатные почвы выделены на карте лишь в двух полигонах: пойме р. Протока (Краснодарский край) и р. Холу (Республика Тыва), а площади их не превышают двух тысяч км². Однако за последние десятилетия накоплена информация о более значительном, хотя и локальном распространении карбонатных почв в поймах рек разных регионов. Существенные различия аллювиальных карбонатных почв по генезису и формам карбонатов позволяют разделить их на две группы. К первой относятся почвы с карбонатной пропиткой в средней или нижней части профиля в результате гидрогенной аккумуляции карбонатов. Такие почвы, как правило, формируются на переходных к дельтовым выровненным повышенным участкам поймы, например, в степной и сухостепной зонах на территории Дагестана в пойме Терека ([Добровольский и др., 2011](#)), в пойме Селенги и других рек в Бурятии ([Гынинова и др., 2012](#)). Важным условием является наличие периода аэрации в нижней части профиля, при этом признаки оглеения могут проявляться уже с поверхности этих почв. Они отнесены по КПП к *аллювиальным темногумусовым омергеленым квазиглееватым*, что в целом соответствует прежнему представлению о “луговости”.

В другую более широкую группу вошли аллювиальные почвы, в которых бескарбонатная масса горизонтов содержит обломки карбонатных пород, в которые врезано русло реки, или отдельные карбонатные морфоны ([Гантимуров и др., 1979](#); [Соловиченко, 2005](#)). В таких случаях почвы прирусловья карбонатны по всему профилю, а почвы центральной поймы – с поверхности или на небольшой глубине. Они переведены по КПП в *аллювиальные темногумусовые остаточно-карбонатные*. Известным примером литогенной карбонатности пойменных почв служит р. Москва. В пойме реки и ее притоков локально отмечена карбонатность за счет врезания русла в известняки и наличия обломков плотных пород в составе аллювия ([Добровольский, 1968](#)). По региональным материалам аллювиальные остаточно-карбонатные почвы были введены в состав полигонов в поймах рек Самарской и Пензенской областей: Волга, Сок ([Почвы Куйбышевской..., 1984](#)). В Центральной Якутии в подзоне средней тайги в долинах Лены, Амги и Алдана Л.Г. Еловской ([1987](#)) описаны *аллювиальные кар-*

бонатные мерзлотные почвы.

В связи с отсутствием сведений о значительном распространении этих почв в поймах перечисленных рек омергеленные и остаточно-карбонатные аллювиальные почвы добавлены в полигоны БД карты только как сопутствующие.

Пойменные засоленные почвы выделены на ПКРФ в 17 полигонах как преобладающие в поймах рек Бурятии (Селенга, Джида, Гарга), Читинской области (Менза), на Северном Кавказе (Терек) и в Поволжье (Кума, Иловля). Однако, как и в случае карбонатных почв, литературные материалы свидетельствуют об их значительно более широком распространении в поймах рек аридных и семиаридных областей. Засоленные почвы были описаны в поймах Волги, Самары Дона, Сала, Маныча в пределах Самарской и Ростовской областей ([Почвы Куйбышевской..., 1985](#); [Безуглова и др., 2012](#)), в степях Предуралья и Зауралья: реки Таналык, Бузавлык ([Почвы Башкортостана, 1995](#)); в Забайкалье: Иволга, Хилок ([Убугунова и др., 1998](#); [Гынинова и др., 2012](#)); в Предкавказье: Кубань, Терек ([Засоленные почвы России, 2006](#); [Добровольский и др., 2011](#)). В подзоне средней тайги на безлесных повышенных участках поймы Лены и ее притоков по небольшим микропонижениям распространены пойменные засоленные дерновые черноземовидные почвы и пятна солончаков ([Еловская, 1987](#)).

Пойменные засоленные почвы различаются степенью засоления и его химизмом ([Засоленные почвы России, 2006](#)). Они имеют нейтральную или слабощелочную реакцию, хорошо оструктуренный гумусовый горизонт, который по диагностическим свойствам относится к темногомусовому, хотя содержание гумуса иногда опускается ниже допустимых пределов для этого типа горизонта (3–5%) ([Гынинова и др., 2012](#)). Так в поймах рек Забайкалья (река Иволгинка) в профиле почв выделен уплотненный солонцовый горизонт, выцветы и корки солей ([Хутакова, Убугунова, 2014](#)). Засоленные и засоленные с признаками солонцеватости пойменные почвы локально выделяются в поймах рек: Хопер, Ворона, Салава и других; они характеризуются наличием соды на фоне других солей ([Засоленные почвы России, 2006](#)).

Достаточно часто засоление и карбонаты отмечают в пойменных почвах одновременно: в Дуванском районе Башкирии, в

поймах рек Мелекес, Ай описаны *аллювиальные перегнойно-глеевые карбонатно-солончаковатые* почвы ([Почвы Башкортостана, 1995](#)). Они характеризуются значительной гумусированностью (5–7%), карбонатностью в средней и нижней частях профиля. В Забайкалье в притеррасной пойме реки Иволгинка обнаружены гидроморфные солончаки ([Убугунова и др., 1998](#)).

Пойменные засоленные почвы переведены в *аллювиальные гумусовые засоленные* и добавлены в качестве сопутствующих почв в пойменные полигоны перечисленных и ряда других рек.

Пойменные слитые почвы были выделены на карте всего в одном полигоне в качестве преобладающей почвы, а именно в пойме р. Кумы, этого, безусловно, недостаточно. Пойменные луговые и лугово-черноземные слитые почвы описаны и в других регионах: в Волго-Ахтубинской пойме, ([Козловский, Корнблум, 1972](#)), в долинах Кубани и Урала ([Быстрицкая, 1963](#)), в Доно-Аксацкой пойме ([Безуглова и др., 2012](#)). Классические признаки слитизации отмечены Ф.И. Козловским и Э.А. Корнблумом ([1972](#)): вертикальная трещиноватость плотного, высокосвязного почвенного материала и ярко-глянцевые плавно-изогнутые поверхности раздела почвенной массы в горизонте слитой оливковой призматической глины. Исследования Н.Б. Хитрова с соавторами ([2020](#)) подтвердили формирование почв с признаками слитизации на обширных участках центральной ежегодно затапливаемой Волго-Ахтубинской поймы со специфическим гильгайным микрорельефом и в поймах рек Урал и Кубань. Отмечено, что современная диагностика пойменных слитых почв подразумевает обязательное сочетание трех главных показателей слитизации (КПР), что не было отражено в описаниях этих почв у цитируемых выше авторов.

Пойменные слитые почвы исходной легенды переведены по КПР в *аллювиальные темногумусовые слитизированные* и добавлены в полигоны в основном как сопутствующие в поймах Кубани, Дона, Сала и Кумы. Основанием для их введения в БД является участие в составе аллювия этих рек глинистых пород с высоким содержанием смектитов, контрастный водный режим почвы, наличие гильгайного рельефа ([Хитров, 2020](#)).

Пойменные заболоченные почвы не привязаны к определенным природным зонам и приурочены к старичным, притеррас-

ным и другим понижениям в поймах большинства рек России ([Караваяева, 1973](#); [Ахтырцев, Яблонских, 2008](#); [Безуглова и др., 2012](#); [Балабко и др., 2013](#); [Добровольский и др., 2011](#)). Однако на ПКРФ ареалы с преобладанием этих почв тяготеют к северным и северо-восточным регионам РФ, характеризуя почвенный покров пойм в нижнем течении крупных рек: Лены, Индигирки ([Еловская, 1987](#)), Оби и других рек на плоских равнинах севера Западной Сибири и Северо-Сибирской низменности ([Караваяева, 1973](#)). Общая площадь пойменных заболоченных почв составляет около 200 тыс. км². В соответствии с региональными материалами, “пойменные заболоченные почвы” разделены на две единицы обновленной легенды по диагностическим свойствам органо-генных горизонтов: торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые. Первые преобладают в таежной зоне и в северной части лесостепи, вторые – в лесостепной и степной ([Шраг, 1969](#); [Почвы Куйбышевской...., 1984](#)).

Почвы имеют реакцию от кислой до близкой к нейтральной. Особенностью торфяно-глеевых аллювиальных почв является частая заиленность их верхних горизонтов за счет наилок и делювиального тонкодисперсного материала, поступающего со склонов долины, и сильно оглеенная минеральная порода в нижней части профиля ([Шраг, 1969](#)). В лесостепной зоне Б.П. Ахтырцев и Л.А. Яблонских ([2008](#)) предлагают называть такие почвы иловато-торфяно-глеевыми; они имеют почти полуметровые верхние торфяные горизонты, иногда сменяющиеся погребенными слоями торфа разной степени разложения. По КПр это подтиповой признак.

В поймах степной и сухостепной зон преобладают почвы с перегнойным горизонтом, что сближает их со следующей группой почв – “луговых пойменных”, имеющих признаки замедленного разложения органических остатков в темномумусовом горизонте. На карбонатном аллювии, например, в дельте Дона ([Безуглова и др., 2012](#)) заболоченные почвы приобретают морфохроматические признаки оглеения, позволяющие отнести их к типу перегнойные квазиглеевые. В итоге пойменные заболоченные почвы ПКРФ северных регионов преимущественно переведены в *аллювиальные торфяно-глеевые*, южных областей – в *аллювиальные перегнойно-*

глеевые и квазиглеевые.

Луговые пойменные почвы легенды ПКРФ представляют почвы центральной поймы с отчетливыми признаками оглеения, формирующиеся под влажными разнотравно-злаковыми лугами преимущественно в южной тайге и лесостепи. По описаниям, они характеризуются относительно мощными гумусовыми горизонтами, иногда с чертами перегнойного, и интенсивным оглеением нижней части профиля, обусловленным как поверхностным переувлажнением, так и близко залегающими грунтовыми водами. Всего на ПКРФ выделено 40 полигонов пойменных луговых почв, в которых они преобладают. В зависимости от региональных особенностей свойств гумусового и глеевого горизонтов они разделены на 3 группы. *Аллювиальные темногумусовые глееватые и глеевые* – в поймах рек Приморья и на Сахалине (Раздольная, Харпи, Селенга), в верховьях Оби ([Гантимуров и др., 1979](#); [Росликова и др., 2010](#); [Гынинова и др., 2012](#)). В бассейне Среднего и Нижнего Амура (Селемджа, Зей, Нора) и в дельте Северной Двины выделены *аллювиальные гумусовые глееватые и глеевые* ([Мартынов, 2013](#); [Паринова и др., 2014](#)); в Волго-Ахтубинской пойме – *аллювиальные темногумусовые квазиглееватые и квазиглеевые* ([Козловский, Корнблум, 1972](#)). В качестве сопутствующих эти почвы вводились в содержание пойменных полигонов рек Западного Забайкалья (Иволга, Оронгой, Баргузин) ([Хутакова, Убугунова, 2014](#); [Убугунов и др., 2016](#)), Тувы (р. Уюк) ([Носин, 1963](#)), Ростовской области (Дон) ([Безуглова и др., 2012](#)) и ряда других регионов.

Независимо от зонального положения реки, на прирусловых валах, островных и дельтовых участках пойм формируются молодые аллювиальные почвы, которые по КПП определяются как *слоисто-аллювиальные гумусовые* и входят в отдел слаборазвитых почв синлитогенного ствола. Основные диагностические свойства этих почв: маломощный гумусовый горизонт, слоистость, наличие тонких прослоев погребенных горизонтов, – связаны с активным осадконакоплением в период паводков. В.А. Носин ([1963](#)) относил к таким почвам галечниковые или песчаные наносы с начальными признаками формирования почвенного профиля или совершенно лишенные их. Эти почвы отсутствуют в исходной легенде ПКРФ.

Они внесены в обновленную легенду и содержание крупных полигонов в качестве сопутствующих почв.

Аллювиальные агро- и урбопочвы

Значительные площади плодородных пойменных земель распахиваются, подвергаются мелиорации, вследствие чего они приобретают новые свойства ([Балабко и др., 2018](#)). Поэтому в обновленную легенду карты введены аллювиальные агропочвы. Особенности свойств почв и поемного режима определяют формирование именно агропочв, т. е. почв, в профиле которых под пахотным сохранился тот или иной гумусовый горизонт поскольку его исходная мощность обычно превышает глубину вспашки; агроземы – почвы с профилем, состоящим из агрогоризонта и породы ([Полевой..., 2008](#)), на поймах встречаются редко.

Агропочвы вводятся в полигоны в тех случаях, когда они занимают не менее 5% площади полигона. Сведения о площадях пашни по полигонам предоставлены И.Ю. Савиным, как и информация о доле осушенных и орошаемых пахотных почв ([Савин и др., 2018](#)). В результате аллювиальные агропочвы добавлены в БД как сопутствующие в 169 полигонов и как преобладающие – в 13 полигонов (> 60% площади полигона); полигонов с орошаемыми почвами оказалось всего 17.

Агропочвы преобладают по площади в поймах рек Протока (1 349 км²), Раздольная (422 км²), Кума (480.6 км²), Дон (360.5 км²), Куда (302.4). В этом случае аллювиальные агротемногумусовые почвы, включая глееватые, квазиглееватые, засоленные и солонцеватые замещают преобладающие природные почвы в полигоне.

Десятая часть всех полигонов аллювиальных почв содержит городские почвы – урбоаллювиальные, урбостратоземы, экраноземы, занимающие не более 1–18% площади полигона ([Савин и др., 2018](#)). Городские почвы, введены в БД лишь в 10 полигонах, в остальных 56 полигонах они занимают площадь 5% и менее и в БД не вносились.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перевод в формат КПР был осуществлен на основании информации, имеющейся в Программе карты и публикациях; пойменные почвы исходной легенды были переведены в аллювиальные почвы на уровне подтипов отдела аллювиальных почв синлитогенного ствола и отдела слабобразованных почв ствола первичного почвообразования.

Список аллювиальных почв обновленной легенды в системе КПР существенно расширился за счет введения новых типов природных, агро- и урбопочв. Он включает 14 природных, десять агро- и три урбопочвы. Количество природных почв возросло на семь единиц: аллювиальные гумусовые оподзоленные, слоисто-аллювиальные гумусовые, аллювиальные перегнойно-глеевые и квазиглеевые, аллювиальные гумусовые глееватые и глеевые, аллювиальные темnogумусовые квазиглееватые и квазиглеевые, аллювиальные темnogумусовые остаточного-карбонатные, аллювиальные перегнойно-темnogумусовые глееватые мерзлотные. Новые единицы легенды вводились преимущественно в качестве сопутствующих компонентов в БД. Это позволило полнее отразить разнообразие почвенного покрова пойменных ландшафтов.

Приуроченность пойменных почв к определенным биоклиматическим зонам определила логику перевода их в КПР. Пойменные кислые почвы, преобладающие в тундровой и таежной зонах, переведены в *аллювиальные гумусовые* почвы с преимущественно серогумусовыми горизонтами, иногда с признаками перегнойного. Пойменные слабокислые и нейтральные, преобладающие в лесостепной и степной зонах на основании данных о содержании гумуса и окраске гумусовых горизонтов переведены в *аллювиальные темnogумусовые* почвы. В некоторых таежных аллювиальных дерновых почвах мерзлотных областей Восточной Сибири гумусовые горизонты отнесены к перегнойно-темnogумусовым с подтиповыми признаками глееватые и мерзлотные. Пойменные карбонатные и засоленные почвы, выделенные в степной, сухостепной и полупустынной зонах переведены в аллювиальные почвы, диапазон варьирования гумуса в верхних горизонтах которых соответствует диагностике как темnogумусо-

вых, так и светлогумусовых горизонтов, поэтому для некоторых почв тип гумусового горизонта в названии не уточняется. Карбонатность и засоленность почв учитывается на уровне подтипов.

Единица легенды – “пойменные заболоченные” включает полуболотные и болотные почвы, поэтому разделилась по КПР на *аллювиальные торфяно-глеевые* с сопутствующими *перегнойно-глеевыми* почвами в гумидных областях и *перегнойно-квизиглеевыми* – в засушливых. В состав обновленной легенды введены аллювиальные гумусовые оподзоленные и слоисто-аллювиальные гумусовые почвы.

В 182 полигона добавлены аллювиальные агропочвы, получившие названия в формате КПР. Степень распаханности аллювиальных почв в большинстве полигонов ниже 50% их площади, поэтому агропочвы занимают позиции сопутствующих почв. И только в 13 полигонах пашня преобладает (> 60% площади полигона); общая площадь распаханых пойменных почв составляет около 40 014 км². В 10 полигонов внесены урбоаллювиальные, урбостратоземы и экраноземы, занимающие от 5 до 18% площади полигонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е. Опыт обновления почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн в системе классификации почв России // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1411–1420. DOI: [10.7868/S0032180X17120024](https://doi.org/10.7868/S0032180X17120024).
2. Атлас почв Республики Коми / Ред. Г.В. Добровольский, А.И. Таскаев, И.В. Забоева. Сыктывкар: Коми респ. тип., 2010. С. 205–240.
3. Атлас Тюменской области. ГУ Геодезии и Картографии при СМ СССР. Вып. 1. Москва–Тюмень, 1971. С. 19–20.
4. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Т. II. Природа. Экология. Ханты-Мансийск – Москва, 2004. 152 с.
5. Ахтырцев Б.П. Пойменные почвы Центрального Черноземья, их классификация, зональные особенности и основные направления использования // Генезис, свойства и мелиорация почв Среднерусского Черноземья. Воронеж, 1987. С. 4–13.
6. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Аллювиальные кислые почвы Верхнеокского севернолесостепного ландшафтно-экологического района

в пределах брянского ополья // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8. Вып. 1. С. 162–171.

7. Балабко П.Н. Микроморфология, диагностика и рациональное использование пойменных почв Восточно-европейской и Западно-Сибирской равнин: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. М., 1991. 47 с.

8. Балабко П.Н., Мажайский Ю.А., Виноградов Д.В., Томин Ю.А., Карпова Д.В., Семенов Н.А. Экологическое обоснование использования почв Окской поймы и ополья Мещерского полесья. Рязань, 2013. 240 с.

9. Балабко П.Н., Байбеков Р.Ф., Снег А.А., Орлова Н.В., Ракитов Н.Г. Деградация аллювиальных почв долины р. Оки при интенсивном сельскохозяйственном использовании // Земледелие. 2018. № 7. С. 12–15.

10. Безуглова О.С., Романюта Е.М., Горбов С.Н. Почвенный покров Доно-Аксацкой поймы в районе станицы Старочеркасская // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7098>.

11. Быстрицкая Т.Л. Генезис слитых почв долин среднего течения рек Урала и Кубани: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1963. 22 с.

12. Востокова Л.Б., Шишкина Н.Г., Балабко П.Н. Почвы пойменных лесов Нечерноземья // Лесной Вестник. 2003. № 5. С. 25–33.

13. Гантимуров И.И., Зайцева Т.Ф., Сиухина М.С., Федорова Л.М. Условия почвообразования и почвы поймы Оби на верхней границе области бокового размыва // Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск, 1979. С. 192–202.

14. Гынинова А.Б., Шоба С.А., Балсанова Л.Д., Гынинова Б.Д. Почвы дельты реки Селенги (генезис, география, геохимия). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. 344 с.

15. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: Изд. МГУ, 1968. 295 с.

16. Добровольский Г.В., Балабко П.Н., Стасюк Н.В., Быкова Е.П. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 3 (48). С. 5–13.

17. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1987. 175 с.

18. Засоленные почвы России / ред. Шишов Л.Л., Панкова Е.И. Изд.: Академкнига, 2006. 857 с.

19. Казанцева Л.Г. Пространственная дифференциация легкорастворимых солей в аллювиальных почвах поймы Верхней Оби // Известия Алтайского государственного университета. 1998. С. 113–115.

20. Караваева Н.А. Почвы тайги Западной Сибири. М.: Наука, 1973. 167 с.

21. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
22. Козловский Ф.И., Корнблум Э.А. Мелиоративные проблемы освоения пойм степной зоны. М.: Наука, 1972. 220 с.
23. Лаптева Е.М., Балабко П.Н. Особенности формирования и использования пойменных почв долины р. Печоры. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. 204 с.
24. Мартынов А.В. Экологический ряд аллювиальных почв в долине нижнего течения реки Селемджа // Вестник КрасГАУ. 2013. № 4. С. 45–50.
25. Наумов Е.М. Государственная почвенная карта России. Масштаб 1 : 1 000 000. Пояснительная записка к листу О-56 (Магадан). М., 1977. 44 с.
26. Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. С. 166–174.
27. Оконешникова М.В. Гумусное состояние мерзлотных пойменных почв долины средней Лены // Наука и образование. 2015. № 3. С. 94–97.
28. Парина Т.А., Наквасина Е.Н., Сидорова О.В. Луга островной поймы низовий Северной Двины. Архангельск: САФУ, 2014. 146 с.
29. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
30. Почвенная карта РСФСР М 2.5 млн под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988. 16 листов.
31. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2001. 399 с.
32. Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика / Ф.Х. Хазиев, А.Х. Мукатанов, И.К. Хабиров, Г.А. Кольцова, И.М. Габбасова, Р.Я. Рамазанов. Уфа: Гилем, 1995. С. 1–329.
33. Почвы Куйбышевской области. Ред. Г.Г. Лобов, И.С. Рабочев, В.А. Носин, Е.Н. Алмаев, М.Г. Холина. Куйбышев, 1985. С. 259–272.
34. Программа Почвенной карты СССР в масштабе 1 : 2 500 000 под ред. В.М. Фридланда. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1972. 158 с.
35. Просянкин Е.В., Балабко П.Н., Просянкин Д.Е. Диагностика и номенклатура почв речных пойм в эколого-генетической и субстантивно-генетической классификации и по Единому государственному реестру почвенных ресурсов России // Живые и биокосные системы. 2018. № 24. С. 1–18.
36. Росликова В.И., Рыбальчук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв юга Дальнего Востока России (Приханкайская низменность). Владивосток: Дальнаука, 2010. 247 с.

37. Рухович Д.И., Королева П.В., Вильчевская Е.В., Калинина Н.В. Цифровая версия государственной почвенной карты масштаба 1 : 1 млн, проблемы и решения // Почвоведение. 2012. № 4. С. 387–397.
38. Савин И.Ю., Столбовой В.С., Аветян С.А., Шишконокова Е.А. Карта распаханности почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94. С. 38–56. DOI: [10.19047/0136-1694-2018-94-38-56](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-94-38-56).
39. Снег А.А. Аллювиальные почвы долины реки Оки верхнего течения: морфология, свойства, типология, эффективное использование: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М., 2020. 23 с.
40. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: “Отчий край”, 2005. С. 85–90.
41. Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г. Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 69–88.
42. Убугунова В.И., Убугунов Л.Л., Корсунов В.М., Балабко П.Н. Аллювиальные почвы речных долин бассейна Селенги. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1998. 250 с.
43. Хитров Н.Б., Калинина Н.В., Роговнева Л.В., Рухович Д.И. Слитоземы и слитизированные почвы России. М.: ИД Академии Жуковского, 2020. 640 с.
44. Хутакова С.В., Убугунова В.И. Разнообразие почв приозерного межгорного понижения Иволгинско-Оронгойской котловины // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 12 (122). С. 49–55.
45. Шишов С.А. Минералогия и органические компоненты аллювиальных почв центральной поймы р. Ока: Автореферат дис. ... канд с.-х. наук. М.: Почв. Ин-тут им. В.В. Докучаева. 2007. 28 с.
46. Шраг В.И. Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование. М.: Россельхозиздат, 1969. 269 с.
47. Яблонских Л.А. Аллювиальные почвы речных долин Среднерусского Черноземья: Автореферат дис. ... докт. биол. наук. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2002. 42 с.

REFERENCES

1. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Konyushkov D.E., Opyt obnovleniya pochvennoi karty RSFSR masshtaba 1 : 2.5 mln v sisteme klassifikatsii pochv Rossii (Experience of updating the soil map of the RSFSR scale 1 : 2.5 million. in the Russian soil classification system), *Pochvovedenie*, 2017, No. 12, pp. 1411–1420, DOI: [10.7868/S0032180X17120024](https://doi.org/10.7868/S0032180X17120024).

2. *Atlas pochv Respubliki Komi* (Atlas of soils of the Komi Republic), Syktyvkar: Komi resp. tip., 2010. pp. 205–240.
3. *Atlas Tyumenskoi oblasti* (Atlas of the Tyumen region), Moscow – Tyumen: GU Geodezii i Kartografii pri SM SSSR, Iss. 1, 1971, pp. 19–20.
4. *Atlas Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga-Yugry* (Atlas of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra), Vol. II. Nature. Ecology. Khanty-Mansiysk – Moscow, 2004. 152 p.
5. Akhtyrtev B.P., *Poimennye pochvy Tsentral'nogo Chernozem'ya, ikh klassifikatsiya, zonal'nye osobennosti i osnovnye napravleniya ispol'zovaniya* (Alluvial acidic soils of the Verkhneoksky Northern forest-steppe landscape-ecological region within the Bryansk Opolye), In: *Genezis, svoystva i melioratsiya pochv Srednerusskogo Chernozem'ya*. Voronezh, 1987. pp. 4–13.
6. Akhtyrtev B.P., Yablonskikh L.A., *Alluvial'nye kislye pochvy Verkhneokskogo severnolesostepnogo landshaftno-ekologicheskogo raiona v predelakh bryanskogo opol'ya* (Alluvial acidic soils of the Verkhneoksky northern forest-steppe landscape-ecological region within the Bryansk Opolye), *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*, 2008, Vol. 8, Iss. 1, pp. 162–171.
7. Balabko P.N., *Mikromorfologiya, diagnostika i ratsional'noe ispol'zovanie poimennykh pochv Vostochno-evropeiskoi i Zapadno-Sibirskoi ravnin: Avtoreferat diss. ... dokt. biol. nauk* (Micromorphology, diagnostics and rational use of floodplain soils of the East European and West Siberian plains: Extended abstract of Dr. Biological Sciences), Moscow, 1991, 47 p.
8. Balabko P.N., Mazhaiskii Yu.A., Vinogradov D.V., Tomin Yu.A., Karpova D.V., Semenov N.A., *Ekologicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya pochv Okskoi poimy i opol'ya Meshcherskogo poles'ya* (Ecological justification of the use of soils of the Oka floodplain and opole of Meshchersky polesie), Ryazan, 2013. 240 p.
9. Balabko P.N., Baibekov R.F., Sneg A.A., Orlova N.V., Rakipov N.G., *Degradatsiya alluvial'nykh pochv doliny r. Oki pri intensivnom sel'skokhozyaistvennom ispol'zovanii* (Degradation of alluvial soils of the river valley Oki for intensive agricultural use), *Zemledelie*, 2018, No. 7, pp. 12–15.
10. Bezuglova O.S., Romanyuta E.M., Gorbov S.N., *Pochvennyi pokrov Dono-Aksaiskoi poimy v raione stanitsy Starocherkasskaya* (Soil cover of the Don-Aksai floodplain near the village of Starocherkasskaya), *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, No. 5, URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7098>.
11. Bysritskaya T.L., *Genezis slitykh pochv dolin srednego techeniya rek Urala i Kubani: Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* (Genesis of the merged soils of the valleys of the middle reaches of the Ural and Kuban rivers:

Extended abstract of cand. biol. sci. thesis), Moscow: MGU im. M.V. Lomonosova, 1963, 22 p.

12. Vostokova L.B., Shishkina N.G., Balabko P.N., Pochvy poimennykh lesov Nechernozem'ya (Soils of floodplain forests of Non-Chernozem region), *Lesnoi Vestnik*, 2003, No 5, pp. 25–33.

13. Gantimurov I.I., Zaitseva T.F., Siukhina M.S., Fedorova L.M., Usloviya pochvoobrazovaniya i pochvy poimy Obi na verkhnei granitse oblasti bokovogo razmyva (Conditions of soil formation and soil of the Ob floodplain at the upper boundary of the lateral erosion area), In: *Spetsifika pochvoobrazovaniya v Sibiri* (The specifics of soil formation in Siberia), Novosibirsk, 1979, pp. 192–202.

14. Gyninova A.B., Shoba S.A., Balsanova L.D., Gyninova B.D., *Pochvy del'ty reki Selengi (genezis, geografiya, geokhimiya)* (Soils of the Selenga River delta (genesis, geography, geochemistry)), Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2012, 344 p.

15. Dobrovol'skii G.V., *Pochvy rechnykh poim tsentra Russkoi ravniny* (Soils of river floodplains of the center of the Russian Plain), Moscow: Izd. MGU, 1968, 295 p.

16. Dobrovol'skii G.V., Balabko P.N., Stasyuk N.V., Bykova E.P., Allyuvial'nye pochvy rechnykh poim i del't i ikh zonal'nye otlichiya (Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences), *Aridnye ekosistemy*, 2011, Vol. 17, No. 3 (48), pp. 5–13.

17. Elovskaya L.G., *Klassifikatsiya i diagnostika merzlotnykh pochv Yakutii* (Classification and diagnostics of permafrost soils in Yakutia), Yakutsk: Yakutskii filial SO AN SSSR, 1987, 175 p.

18. *Zasolennye pochvy Rossii* (Saline soils of Russia), Moscow: Izd. Akademkniga, 2006, 857 p.

19. Kazantseva L.G., Prostranstvennaya differentsiatsiya legkorastvorimyykh soley v allyuvial'nykh pochvakh poimy Verkhnei Obi (Spatial differentiation of easily soluble salts in alluvial soils of the Upper Ob floodplain), *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*, 1998, pp. 113–115.

20. Karavaeva N.A., *Pochvy taigi Zapadnoi Sibiri* (Soils of the taiga of Western Siberia), Moscow: Nauka, 1973, 167 p.

21. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of soils in Russia), Smolensk: Ojkumena, 2004, 341 p.

22. Kozlovskii F.I., Kornblyum E.A., *Meliorativnye problemy osvoeniya poim stepnoi zony* (Land reclamation problems of the development of floodplains of the steppe zone), Moscow: Nauka, 1972, 220 p.

23. Lapteva E.M., Balabko P.N., *Osobennosti formirovaniya i ispol'zovaniya poimennykh pochv doliny r. Pechory* (Features of formation and use of floodplain soils of the Pechora River Valley), Syktyvkar: Komi NTs UrO

RAN, 1999, 204 p.

24. Martynov A.V., *Ekologicheskii ryad allyuvial'nykh pochv v doline nizhnego techeniya reki Seledmdzha* (Ecological series of alluvial soils in the valley of the lower course of the Seledmdzha river), *Vestnik KrasGAU*, 2013, No. 4, pp. 45–50.

25. Naumov E.M., *Gosudarstvennaya pochvennaya karta Rossii. Masshtab 1 : 1000000. Poyasnitel'naya zapiska k listu O-56 (Magadan)* (State soil map of Russia. Scale 1 : 1 000 000, Explanatory note to sheet O-56 (Magadan)), Moscow, 1977, 44 p.

26. Nosin V.A., *Pochvy Tuvy* (Soils of Tuva), Moscow: Izd-vo Akad. nauk SSSR, 1963, pp. 166–174.

27. Okoneshnikova M.V., *Gumusnoe sostoyanie merzlotnykh poimennykh pochv doliny srednei Leny* (Humus state of permafrost floodplain soils of the Middle Lena Valley), *Nauka i obrazovanie*, 2015, No. 3, pp. 94–97.

28. Parinova T.A., Nakvasina E.N., Sidorova O.V., *Luga ostrovnoi poimy nizovii Severnoi Dviny* (Meadows of the island floodplain of the lower reaches of the Northern Dvina), Arkhangelsk: SAFU, 2014, 146 p.

29. *Polevoi opredelitel' pochv Rossii* (Field determinant of Russian soils), Moscow: Pochv. in-t im V.V. Dokuchaeva, 2008, 182 p.

30. *Pochvennaya karta RSFSR M. 2.5 mln* (Soil map of the RSFSR M. 2.5 million), Fridland V.M. (Ed.), Moscow: GUGK, 1988.

31. *Pochvennyi pokrov i zemel'nye resursy Rossiiskoi Federatsii* (Soil cover and land resources of the Russian Federation), Moscow: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2001, 399 p.

32. Khaziev F.X., Mukatanov A.X., Khabirov I.K., Kol'tsova G.A., Gabbasova I.M., Ramazanov R.Ya. (Eds), *Pochvy Bashkortostana* (Soils of Bashkortostan), Vol. 1: *Ekologo-geneticheskaya i agroproduktivnaya kharakteristika* (Ecological-genetic and agricultural production characteristics), Ufa: Gilem, 1995, pp. 1–329.

33. *Pochvy Kuibyshevskoi oblasti* (Soils of the Kuibyshev region), Kuibyshev, 1985, pp. 259–272.

34. *Programma Pochvennoi karty SSSR v masshtabe 1 : 2 500 000* (Program of the Soil map of the USSR on a scale of 1 : 2 500 000), Moscow: Pochv.in-t im. V.V. Dokuchaeva, 1972, 158 p.

35. Prosyannikov E.V., Balabko P.N., Prosyannikov D.E., *Diagnostika i nomenklatura pochv rechnykh poim v ekologo-geneticheskoi i substantivno-geneticheskoi klassifikatsii i po Edinomu gosudarstvennomu reestru pochvennykh resursov Rossii* (Diagnostics and nomenclature of river floodplain soils in the ecological-genetic and substantive-genetic classification and according to the Unified State Register of Soil Resources of Russia), *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2018, No. 24, pp. 1–18.

36. Roslikova V.I., Rybal'chuk N.A., Korotkii A.M., *Atlas pochv yuga Dal'nego Vostoka Rossii (Prikhankaiskaya nizmennost')* (Atlas of soils of the South of the Russian Far East (Prikhankai lowland)), Vladivostok: Dal'nauka i dr, 2010, 247 p.
37. Rukhovich D.I., Koroleva P.V., Vil'chevskaya E.V., Kalinina N.V., Tsifrovaya versiya gosudarstvennoi pochvennoi karty masshtaba 1 : 1 mln, problemy i resheniya (Digital version of the state soil map at a scale of 1 : 1 million, problems and solutions), *Pochvovedenie*, 2012, No. 4, pp. 387–397.
38. Savin I.Yu., Stolbovoi V.S., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Karta raspakhannosti pochv Rossii (Map of ploughed soils in Russia), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 94, pp. 38–56, DOI: [10.19047/0136-1694-2018-94-38-56](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-94-38-56).
39. Sneg A.A., *Allyuvial'nye pochvy doliny reki Oki verkhnego techeniya: morfologiya, svoystva, tipologiya, effektivnoe ispol'zovanie: Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* (Alluvial soils of the upper Oka River valley: morphology, properties, typology, effective use, Extended abstract of cand. biol. sci. thesis), Moscow, 2020, 23 p.
40. Solovichenko V.D., *Plodorodie i ratsional'noe ispol'zovanie pochv Belgorodskoi oblasti* (Fertility and rational use of soils of the Belgorod region), Belgorod: “Otchii kraj”, 2005, pp. 85–90.
41. Ubugunov V.L., Ubugunova V.I., Tsyrempilov E.G., *Pochvy i formy rel'efa Barguzinskoi kotloviny* (Soils and landforms of the Barguzin basin) Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 2016, pp. 69–88.
42. Ubugunova V.I., Ubugunov L.L., Korsunov V.M., Balabko P.N., *Allyuvial'nye pochvy rechnykh dolin basseina Selengi* (Alluvial soils of river valleys of the Selenga basin), Ulan-Ude, 1998, 250 p.
43. Khitrov N.B., Kalinina N.V., Rogovneva L.V., Rukhovich D.I., *Slitizemy i slitizirovannye pochvy Rossii* (Slitozems and slitized soils of Russia), Moscow: ID Akademii Zhukovskogo, 2020, 640 p.
44. Khutakova S.V., Ubugunova V.I., Raznoobrazie pochv priozernogo mezhgornogo ponizheniya Ivolginsko-Orongoiskoi kotloviny (Soil diversity of the near-lake intermountain depression of the Ivolginsk-Orongoy basin), *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 12 (122), pp. 49–55.
45. Shishov S.A., *Mineralogiya i organicheskie komponenty allyuvial'nykh pochv tsentral'noi poimy r. Oka: Avtoreferat diss. ... kand. s.-kh. nauk*. (Mineralogy and organic components of alluvial soils of the central floodplain of the Oka River, Extended abstract of cand. agri. sci. thesis), Moscow: Pochv. In-tut im. V.V. Dokuchaeva, 2007, 28 p.
46. Shrag V.I., *Poimennye pochvy, ikh melioratsiya i sel'skokhozyaistvennoe ispol'zovanie* (Floodplain soils, their reclamation and agricultural use),

Moscow: Rossel'khozizdat, 1969, 269 p.

47. Yablonskikh L.A., *Allyuvial'nye pochvy rechnykh dolin Srednerusskogo Chernozem'ya: Avtoreferat dis. ... dokt. biol. nauk* (Alluvial soils of river valleys of the Central Russian Chernozem region, Extended abstract of Dr. biol. sci. thesis), Voronezh, 2002, 42 p.

УДК 638.47

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-31-54



Ссылки для цитирования:

Ананко Т.В., Герасимова М.И. Темногумусовые почвы на обновленной почвенной карте Российской Федерации масштаба 1 : 2.5 млн // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 31-54. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-31-54

Cite this article as:

Ananko T.V., Gerasimova M.I., Dark-humus soils on the updated soil map of Russian Federation scale 1 : 2.5 M, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 31-54, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-31-54

Благодарность:

Работа выполнена в рамках двух тем НИР: ФИЦ ФГБНУ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, 0591-2019-0028 “Разработать новые подходы к картографированию, мониторингу и классификации почв для информационного обеспечения оптимизации использования почвенных ресурсов России”. Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова № 1.4 “Природные и антропогенные изменения ландшафтно-геохимических и почвенных систем” и при поддержке Российской Федерации (соглашение с Минобрнауки РФ № 075-15-2020-805 от 02 октября 2020 г.).

Acknowledgments:

The work was performed within the framework of two research studies: the first one was supported by the Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, 0591-2019-0028, “Development of new approaches to mapping, monitoring and classification of soils for information support in order to optimize the use of soil resources of Russia”. The second research project was performed at the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, No. 1.4, “Natural and anthropogenic changes in landscape-geochemical and soil systems” with the financial support of the Russian Federation (agreement with the RF Ministry of Education and Science No. 075-15-2020-805, October 2, 2020).

Темногумусовые почвы на обновленной почвенной карте Российской Федерации масштаба 1 : 2.5 млн

© 2021 г. Т. В. Ананко^{1*}, М. И. Герасимова^{1,2**}

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,
*e-mail: Anankotat@yandex.ru.

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,
119991, Москва, Ленинские горы, 1,
** <https://orcid.org/0000-0002-1815-4476>, e-mail:
maria.i.gerasimova@gmail.com.

Поступила в редакцию 28.06.2021, принята к публикации 20.09.2021

Резюме: Тип темногомусовых почв включен в состав обновленной легенды Почвенной карты РФ масштаба 1 : 2.5 млн, представленной в системе Классификации почв России (2004 г.). Профиль почв состоит из темногомусового горизонта, который постепенно, при отсутствии срединных диагностических горизонтов, переходит в почвообразующую породу. Большие ареалы темногомусовых почв находятся в лесостепной, степной и таежно-лесной зонах европейской России, Западной и Средней Сибири, в Забайкалье, Алтае-Саянской горной области, на Кавказе. Основными предпосылками для широкого распространения темногомусовых почв являются благоприятные климатические условия и маломощные щебнистые дериваты плотных пород. В темногомусовые почвы полностью или частично переведены следующие единицы исходной легенды: черноземы (без разделения) преимущественно неполноразвитые, черноземы остаточно-карбонатные, черноземы глубоковскипающие и бескарбонатные на легких породах, черноземы мучнисто-карбонатные (промытые), черноземы оподзоленные, выщелоченные и темносерые лесные почвы на плотных породах, серые лесные неоподзоленные, дерново-таежные слабонасыщенные и насыщенные, горные лесо-луговые почвы. Разнообразие подтипов темногомусовых почв определяется формами карбонатных новообразований, слабо выраженными признаками аккумуляции глины и оподзоленности, трансформации минеральной массы, наличием оглеения и языковатости.

Ключевые слова: темногомусовый горизонт (mollic horizon), Phaeozems, диагностика подтипов почв, черноземы, серые лесные и горные почвы.

Dark-humus soils on the updated soil map of Russian Federation scale 1 : 2.5 M

© 2021 T. V. Ananko^{1*}, M. I. Gerasimova^{1,2**}

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
e-mail: tatyana@ananko.ru.*

²*Lomonosov Moscow State University,
1 Leninskie Gori, Moscow 119234, Russian Federation,
**<https://orcid.org/0000-0002-1815-4476>, e-mail:
maria.i.gerasimova@gmail.com.*

Received 28.06.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: The dark-humus soil type was included in the updated legend of the Soil Map of the Russian Federation at scale 1 : 2.5 M, converted to the system of Soil Classification of Russia. The soil profile starts with the dark-humus horizon gradually merging to the parent rock; any mid-profile diagnostic horizons are absent. Large areas of dark-humus soils are found in the forest-steppe, steppe and taiga zones of the European Russia, Western and Central Siberia, in the Trans-Baikal region, the Altai-Sayany Mountains, and the Caucasus. The type of dark-humus soils comprises both mesomorphic soils (of normal moisture conditions) and soils with additional surface or ground-water moisture. The main prerequisites for the formation of dark-humus soils are, on the one hand, the climatic conditions favorable for the dark-humus horizon formation, and, on the other hand, parent material - mostly derivatives of hard rocks, restricting the development of mid-profile diagnostic horizons. In the updated map, the following initial legend units are partially or completely converted to dark-humus soils: several units of chernozems, dark-gray forest and gray forest non-podzolized soils, soddy-taiga base-saturated and slightly unsaturated soils, several mountain soils, a significant part of soddy-calcareous soils, as well as some mountainous forest-meadow soils. The diversity of dark-humus soils subtypes is determined by secondary carbonate features, weak signs of clay accumulation and podzolization, alteration of the mineral mass, gley and cryogenic phenomena.

Keywords: dark-humus (mollic) horizon, Phaeozems, subtype diagnostic of soil, chernozems, grey forest and mountainous soils.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе работы по обновлению Почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн. под редакцией В.М. Фридланда (ПКРФ), включающей перевод единиц легенды в систему классификации почв России, в содержание карты было введено много новых почв, ранее на карте не выделявшихся. Одни из них – тем-

ногумусовые почвы отдела “Органо-аккумулятивные” с профилем AU–C. В предыдущих работах было обосновано отнесение к темногомусовым нескольких горных почв исходной легенды ПКРФ: горно-луговые черноземовидные Кавказа, горные лугово-степные и степные почвы Кавказа и Алтае-Саянской горной области, горные лесо-луговые почвы Забайкалья, а также дерново-карбонатные почвы в зонах южной тайги, лесостепи и предгорий Северо-Западного Кавказа ([Конюшков и др., 2019](#); [Ананко и др., 2017](#)).

Общими диагностическими свойствами темногомусовых почв являются: одноименные гумусовые горизонты (AU) и отсутствие срединных горизонтов в профиле. В результате дальнейшей работы по интерпретации свойств почв по правилам диагностики в классификации почв России (КПР) появились новые ареалы темногомусовых почв, закономерности распространения которых представляют определенный интерес, как и состав почвенных единиц исходной легенды, переведенных в темногомусовые. С другой стороны, разделение темногомусовых почв на подтиповом уровне в соответствии с правилами КПР отражает вклад тех особенностей природных почв, на основании которых они были введены в исходную легенду ПКРФ под разными названиями.

Почвенно-генетическому и почвенно-географическому обоснованию введения темногомусовых почв в содержание обновленной карты и анализу их ареалов посвящена статья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Диагностическим критериям темногомусовых почв в КПР соответствуют многие почвы в исходной легенде, причем как автоморфного, так и гидроморфного рядов. В качестве объектов исследования для перевода в тип “темногомусовые” в данной работе были рассмотрены единицы легенды ПКРФ, ареалы которых находятся в европейской России, Забайкалье, на юге Средне-Сибирского плоскогорья, в Алтае-Саянской горной области. Среди них почвы черноземного ряда и темносерые лесные имеют по определению горизонты, соответствующие свойствам темногомусовых (AU) и их перевод определялся преимущественно характером почвообразующих пород ([Классификация..., 1977](#); [Классифи-](#)

[кация..., 2004](#); [Полевой..., 2008](#)). В других почвах (дерново-таежные слабонасыщенные и насыщенные, серые лесные неоподзоленные, горные лесо-луговые), прямых аналогов которым нет в КПР, наличие темногумусовых горизонтов не очевидно и требует специального анализа.

Основанием для диагностики почв как темногумусовых является наличие в их профиле гумусового горизонта с характерными свойствами: темно-серый, до черного цвет; комковато-зернистая водопрочная структура; насыщенность основаниями; нейтральная реакция; преобладание в составе гумуса гуминовых кислот, связанных с Са. В профиле нет диагностических срединных горизонтов, но нередко переходные к породе горизонты. Типовой профиль: AU–(AC)–C. Переходный горизонт AC, точнее AUC, не является диагностическим на уровне типа, но если он есть, в нем могут проявляться подтиповые признаки ([Классификация..., 2004](#); [Полевой..., 2008](#))

Тип темногумусовых почв, входящий в состав отдела органо-аккумулятивных почв, может иметь много подтипов, отражающих дополнительные почвообразовательные процессы и/или свойства пород ([Полевой..., 2008](#)). Например, наличие перегнойного материала, локализованного в виде маломощного (менее 10 см) слоя на поверхности темногумусового горизонта служит основанием для выделения перегнойно-темногумусового подтипа ([Классификация..., 2004](#)), что важно для дальнейшего разделения почв, относимых нами к типу темногумусовых.

В качестве материалов для корреляции почв исходной легенды с КПР в обеих ее версиях ([Классификация..., 2004](#); [Полевой..., 2008](#)) использовались Программа ПКРФ ([1972](#)), монография “Почвенный покров...” ([2001](#)) и многочисленные региональные источники. Описания профилей почв разных регионов, имеющиеся в этих материалах, оценивались с точки зрения их соответствия критериям диагностических горизонтов и признаков в классификации.

Кроме субстантивных характеристик почв, для контроля перевода единиц легенды в формат КПР дополнительно учитывались факторы почвообразования, формирующие ареалы темногумусовых почв. В ряде случаев это было необходимо для картогра-

фического разделения темногумусовых почв в рамках отдельных единиц легенды. Такой метод коррелятивного анализа был использован для обновления содержания карты в отношении других почв ([Ананко и др., 2017](#); [Савин и др., 2017](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Решение задачи выявления темногумусовых почв рассмотрим по двум группам почв, названия которых строятся по особенностям их гумусовых горизонтов; такие почвы встречаются в разных регионах России и подробнее обсуждаются в сибирском ареале.

Почвы с темногумусовым горизонтом

Центральному образу типа (профиль AU–C), т. е. темногумусовым типичным, больше всего в исходной легенде соответствуют *черноземы неполноразвитые*.

Основные ареалы неполноразвитых черноземов (93 контура по преобладающей почве и 15 по сопутствующим) находятся в лесостепной и степной зонах Приволжской возвышенности, Донской гряды, на гребнях и останцах Общего Сырта, в предгорьях Южного Урала, а также в Зауралье и Западном Саяне ([Почвенная карта..., 1988](#)). Выделены они в местах выхода на поверхность бескарбонатных плотных пород: опок, песчаников, сланцев, реже кислых или основных изверженных или метаморфических пород, с маломощным грубоскелетным или глинистым элювием и делювием этих пород.

Черноземный профиль в почвах не формируется: горизонты ВСА и/или VI отсутствуют. Гумусовые горизонты имеют мощность 40–50 см и обладают всеми диагностическими свойствами, соответствующим критериям темногумусового горизонта ([Полевой определитель..., 2008](#)), что позволяет отнести их к одноименным почвам (табл. 1). В качестве сопутствующих в содержание полигонов многих темногумусовых почв вводились темногумусовые литоземы, так как при пространственной изменчивости глубины залегания коренных пород общая мощность мелкоземистой толщи может не превышать 30 см.

Таблица 1. Темногумусовые почвы в обновленном содержании карты и их корреляция с почвами исходной легенды.

Table 1. Dark-humus soils in the updated map and their correlation with the soils of the original legend.

Названия почв в формате классификации почв России в обновленной легенде карты	Названия почв в исходной легенде карты, ареалы
Темногумусовые (типичные)	Черноземы неполноразвитые (европейская Россия, Зауралье, Алтай-Саяны)
Темногумусовые, включая темноязыковатые глинисто-иллювирированные	Черноземы глубоковскипающие и бескарбонатные на легких породах (Забайкалье)
Темногумусовые остаточно-карбонатные	Черноземы остаточно-карбонатные (европейская Россия)
Темногумусовые натечно-и (или) дисперсно-карбонатные	Черноземы мучнисто-карбонатные, включая выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные (черноземы промытые) (Забайкалье)
Темногумусовые натечно-карбонатные	Черноземы выщелоченные и оподзоленные (на плотных породах) (Северный Алтай)
Темногумусовые оподзоленные	Темносерые лесные на плотных породах (Северный Алтай)
(Перегнойно)-темногумусовые метаморфизованные, включая натечно-карбонатные	Серые лесные неоподзоленные (Забайкалье, Средняя Сибирь, Северо-Западный Алтай)
Перегнойно-темногумусовые метаморфизованные криоязыковатые глееватые	Лесо-луговые почвы (Забайкалье)
Темногумусовые, включая глинисто-иллювирированные перегнойно-темногумусовые метаморфизованные	Дерново-таежные насыщенные и слабонасыщенные (Забайкалье, Приангарье и Западный Саян)

Черноземы остаточно-карбонатные в Поволжье и Предуралье образуют всего 74 полигона с преобладающей почвой и 27 с сопутствующими и приурочены в основном к маломощным продуктам выветривания известняков, доломитов, мергелей, известковистых песчаников. Они переводятся в *темногумусовые*, как и в предыдущем случае, подтип *остаточно-карбонатные* в связи с породами. Имеют маломощные профили и различаются лишь количеством щебня; вскипают с поверхности, карбонатные новообразования отсутствуют. Характерно повышенное содержание гумуса с резким его уменьшением с глубиной. По составу гумуса верхние горизонты темногумусовых остаточно-карбонатных почв и окружающих их черноземов практически не различаются ([Черноземы СССР..., 1978](#)).

В остаточно-карбонатных черноземах исходной легенды на карбонатных суглинках и глинах формируется более полный профиль, в котором появляются карбонатные трубочки и псевдомицелий, или фиксируются слабые морфологические проявления иллювиирования тонкодисперсного материала, однако они остаются на уровне признаков, не горизонтов. Переведены в темногумусовые остаточно-карбонатные *миграционно-мицелярные* или *глинисто-иллювирированные* ([Черноземы СССР..., 1978](#); [Лебедева и др., 1987](#)).

Единица легенды *черноземы бескарбонатные и глубокоовскипающие на легких породах* имеет два основных ареала на ПКРФ: Заволжье и Юго-Восточное Забайкалье. Европейский ареал глубокоовскипающих и бескарбонатных черноземов на ПКРФ расположен в лесостепной и степной зонах Сыртового Заволжья (48 полигонов по преобладающей почве и 14 по всем сопутствующим). Здесь они выделены на различных породах: элювии сланцев, песчаников, на суглинках и супесях, в том числе щебнистых, песчаных отложениях. Вскипание, как правило, не фиксируется до глубины 2.5–3 м, но в отдельных случаях карбонаты появляются на глубине около 1 м в форме пропиточных пятен, горизонтальных прослоек или псевдомицелия. Характеризуются серовато-черным или темно-серым гумусовым горизонтом комковатой структуры, насыщенным основаниями. Мощность его колеблется от 25 до 45 см, содержание гумуса в зависимости от грануломет-

рического состава колеблется от 3.5 до 5.5%. Отношение $C_{гк}/C_{фк} > 1$. При суглинистом составе мелкозема эти почвы, как правило, соответствуют темногумусовым. Однако, в случае формирования отчетливых горизонтов VI или ВСА, они остаются в соответствующих типах (черноземы глинисто-иллювиальные или черноземы) и подтипах черноземов.

В Забайкалье такие черноземы формируются в подзоне луговых степей на маломощных дресвянисто-щебнистых дериватах глинистых и хлоритовых сланцев, гранитов, гнейсов и обычно не вскипают по всему профилю, реже вскипают фрагментарно в его нижней части ([Ногина, 1964](#); [Уфимцева, 1967](#); [Соколов, 1958](#)). Срединные диагностические горизонты отсутствуют. Гумусовый горизонт темно-серого цвета мощностью 20–40 см, часто с языковатой нижней границей, фульватно-гуматным составом гумуса ($C_{гк}/C_{фк}$ 1.2–1.5), насыщен основаниями. Общее содержание гумуса колеблется в широком диапазоне, но в среднем составляет 5–7%, что укладывается в диапазон диагностических свойств темногумусового горизонта. Таким образом, черноземы бескарбонатные и глубоковскипающие юго-восточного Забайкалья, а всего на ПКРФ их 48 полигонов по преобладающей почве и 14 по сопутствующим, полностью переведены в *темногумусовые почвы*. Возможны под типовые признаки *темноязыковатые* или *глинисто-иллювиальные* (табл. 1).

Для степного Забайкалья в исходной легенде предусмотрен фациальный подтип *черноземов “мучнисто-карбонатных, включая выщелоченные, оподзоленные, типичные, обыкновенные и южные (промытые)”*. Они занимают различные элементы рельефа: высокие террасы, холмистые предгорья, склоны в низкогорьях. Почвообразующие породы мелкоземистые, преимущественно легко- и среднесуглинистые, на склонах почвы содержат много дресвы и щебня ([Ногина, 1964](#)). Всего на карте имеется 78 полигонов с этими черноземами как преобладающей почвой и 17 – как сопутствующей. В зависимости от характера пород и положения в рельефе они переводятся в систему КПР по-разному, т. е. исходная единица легенды разделяется на несколько единиц. На слабо щебнистых суглинистых отложениях (террасы реки Онон, подгорные равнины) почвы характеризуются наличием ясно выраженного

карбонатного горизонта (верхняя граница его находится на глубинах от 40 до 80 см); карбонатные новообразования описываются как пропиточные в мелкоземех и обильные натеки-кутаны на нижней поверхности щебня ([Ногина, 1964](#); [Лебедева, Семина, 1963](#)). Почвы сохранены как черноземы, подтип дисперсно- и натечно-карбонатные. В черноземах с сильно щебнистым, укороченным профилем на маломощных элювиально-делювиальных или делювиально-коллювиальных бескарбонатных отложениях (контроль по карте четвертичных отложений) отсутствует полноценный срединный горизонт ВСА и почвы диагностируются как темногумусовые, а при наличии соответствующих новообразований – как темногумусовые дисперсно- или натечно-карбонатные. Большая часть полигонов (50) переведены в темногумусовые почвы.

В предгорьях Северного Алтая на ПКРФ также показано несколько почв, верхние горизонты которых диагностируются как темногумусовые: это черноземы оподзоленные и выщелоченные и темно-серые лесные почвы. Они формируются на относительно крутых склонах под березово-лиственничными травяными лесами. Как темно-серые лесные почвы, так и черноземы представлены двумя группами, отличающимися по строению и свойствам и имеющие различные почвенно-классификационные признаки ([Хмелев, 1982](#)).

Первая группа – полнопрофильные почвы с хорошо развитыми гумусово-аккумулятивными горизонтами (AU) и серией подгумусовых диагностических горизонтов на мелкоземистых отложениях. Они относятся к почвам трех отделов КПР: текстурно-дифференцированных почв, структурно-метаморфических и аккумулятивно-гумусовых почв.

Вторая группа – неполнопрофильные почвы на мелкоземисто-каменистых отложениях со значительно меньшей мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта (25–35 см), упрощенным строением профиля и его небольшой общей мощностью ([Хмелев, 1982](#)); на карте всего 43 полигона таких черноземов и темно-серых лесных почв. Гумусово-аккумулятивный горизонт (AU) в них быстро переходит в щебнисто-каменистую толщу почвообразующей породы.

В темно-серых почвах оподзоленность диагностируется по

наличию минеральных зерен (без красящих пленок) в темной массе горизонта AU, что отмечалось во многих работах и может рассматриваться как подтиповой признак в рамках типа; строение профиля: O-AUe-CD-D, текстурный горизонт, как и переходные (BEL или AEL), не выделяется. Следовательно, исходные темно-серые лесные почвы Северного Алтая на маломощных мелкоземисто-щебнистых склоновых отложениях переводятся в *темногумусовые оподзоленные* с возможными подтиповыми признаками *натечно-карбонатные, глинисто-иллювиированные* или *метаморфизованные* (табл. 1). Подтиповой признак “метаморфизованные” выражается в слабом или локальном проявлении процессов трансформации структуры и сложения материала породы, отмеченных В.А. Хмелевым и одним из авторов в темно-серых почвах низкогорий Северного Алтая в ходе полевых исследований. Темногумусовые метаморфизованные почвы можно считать переходными к типам серых или темно-серых метаморфических почв отдела структурно-метаморфических почв.

В черноземах Северного Алтая срединный горизонт либо не выделяется вообще, либо обнаруживается в виде бурых мелкоземистых пятен среди каменистого материала. Карбонаты в профиле выражены только в виде натеков на нижней поверхности обломков пород ([Хмелев, 1982](#)). Как и в европейском ареале, такие маломощные щебнистые черноземы отнесены к темногумусовым натечно-карбонатным. В среднегорьях Центрального Алтая к темногумусовым метаморфизованным можно отнести почвы на щебнистых субстратах среди черноземовидных почв под парковыми лиственными деревьями на делювиальных шлейфах, обрамляющих степные котловины с черноземами ([Герасимова, Евдокимова, 1975](#)).

Таким образом, в лесостепных и степных ландшафтах Европейской России, предгорий южного Урала и Зауралья, Северного и Центрального Алтая и Забайкалья выделены следующие подтипы темногумусовых почв: типичные, глинисто-иллювиированные, оподзоленные, метаморфизованные, темнаязыковатые, натечно-и/или дисперсно-карбонатные, остаточно-карбонатные (табл. 1).

Почвы с другими верхними горизонтами

Рассмотрим почвы, в профиле которых темногумусовый горизонт не полностью соответствует своим диагностическим критериям и описывался под разными названиями, однако является наиболее близким по свойствам именно к данному диагностическому горизонту, что и позволяет отнести эти почвы к типу темногумусовых.

К темногумусовым отнесены *дерново-таежные насыщенные и слабо ненасыщенные почвы* легенды ПКРФ. Их общими свойствами являются маломощный слабо дифференцированный профиль и гумусовый горизонт, также маломощный (от 5 до 8–12 см), но отвечающий большей части диагностических критериев темногумусового горизонта. Содержание гумуса колеблется в пределах 3.5–9%, состав гуматный, цвет темно-серый или серый с буроватым оттенком, структура неясная мелкокомковатая или пороховидная. Кислотность близка к нейтральной, насыщенность основаниями высокая ([Макеев, 1959](#); [Макеев и др., 1968](#); [Вторушин, 1982](#); [Надеждин, 1961](#); [Ногина, 1962](#); [Кузьмин, 1988](#); [Носин, 1963](#)). Срединные диагностические горизонты отсутствуют, но в переходном к породе горизонте возможны разные диагностические признаки.

Дерново-таежные насыщенные и слабо ненасыщенные почвы образуют несколько ареалов, из которых самый обширный расположен на юге Забайкалья; другие ареалы находятся в Приангарье, в южной части Восточного Саяна и самый западный – в среднегорьях Западного Саяна (рис. 1). Всего в БД имеется 150 полигонов с этими почвами как преобладающими и 30 – с сопутствующими.

К общим условиям формирования дерново-таежных насыщенных и слабо ненасыщенных почв относится очень холодный резкоконтинентальный климат, невысокое количество осадков (200–350 мм), выпадающих преимущественно летом, горный рельеф, плотные почвообразующие породы: граниты, гнейсы, сланцы, песчаники, туфы. В Забайкалье такие почвы преобладают на склонах южной экспозиции на высотах 800–1 200 м под березово-лиственнично-сосновыми лесами с богатым травяным покровом ([Вторушин, 1982](#)). В Западном Саяне встречаются повсеместно в

высотном интервале 1 200–1 800 м под разнотравно-кустарничковыми лиственничниками ([Носин, 1963](#); [Смирнов, 1970](#)). Южнотаежные травяные леса, тем более лиственничные, обеспечивают поступление достаточных объемов фитомассы, интенсивному преобразованию которой способствуют летние максимумы осадков и температуры. Вместе с тем условия почвообразования не столько стимулируют, сколько не исключают формирование темногумусового горизонта.

В относительно менее благоприятных условиях появляются черты перегнойного горизонта, позволяющие выделить *перегнойно-темногумусовый* подтип. Другие почвы с небольшим утяжелением гранулометрического состава в средней части профиля определены как *глинисто-иллювирированные* (профиль AU(h)–C(i)–C), а наличие педогенной структуры в средней части профиля добавляет подтиповой признак *метаморфизованные* (профиль AU–C(m)–C). Таким образом, во всех полигонах с дерново-таежными слабонасыщенными и насыщенными почвами произведена замена почв на темногумусовые с соответствующими подтиповыми признаками. Они могут сочетаться в рельефе с литоземами темногумусовыми ([Экологический атлас..., 2015](#)), которые включены в состав их полигонов.

Дерново-таежные насыщенные и слабонасыщенные почвы Иркутской области аналогизируются Г.А. Воробьевой с буроземами отдела структурно-метаморфических почв ([Воробьева, 2009](#)). Однако еще в 1976 г. Р.Г. Грачевой и В.О. Таргульяном ([Грачева, Таргульян, 1976](#)) были установлены различия буроземов Дальнего Востока и дерново-таежных почв Сибири, которые заключаются, прежде всего, в свойствах гумусового горизонта, распределении гумуса и несиликатного железа по профилю. На наш взгляд, дерново-таежные насыщенные и слабо насыщеннные почвы исходной легенды в Иркутском ареале ближе всего к темногумусовым. Свойства их часто объясняются приуроченностью к дериватам пород основного или среднего состава, что определяет реакцию почвы и способствует известной стабильности гумуса и связанным с ней свойствам аккумулятивно-гумусового горизонта ([Макеев, 1959](#)).

Заметим, что в темногумусовые переводится только часть

дерново-таежных почв.

В Забайкалье темногумусовые почвы (из дерново-таежных насыщенных) часто соседствуют с дерново-таежными кислыми, которые, по данным В.А. Вторушина (1982), приурочены к северным склонам, а растительность на них ближе к среднетаежной: травянистый покров замещается мохово-кустарничковым. Их верхним горизонтом является серогумусовый или грубогумусовый; они имеют также срединный горизонт BFM, что позволяет перевести дерново-таежные кислые почвы в ржавоземы дерновые или грубогумусовые.

Серые лесные неоподзоленные почвы легенды ПКРФ показаны на ПКРФ в лесостепи на юге Забайкалья (Читинская область и Бурятия; 55 полигонов), на Иркутско-Черемховской равнине и вдоль среднего течения реки Иркут (12 полигонов), а также на Северном Алтае (21 полигон). Условия формирования серых лесных неоподзоленных и дерново-таежных насыщенных почв в Забайкалье и на юге Средней Сибири близки, но в Иркутско-Черемховской лесостепи отличаются характером почвообразующих пород: это суглинисто-глинистые отложения различного генезиса. Приурочены к положительным элементам рельефа межгорных впадин или к нижним частям склонов хребтов, обращенных к степным котловинам, к березовым лесам с густым и богатым разнотравьем. В низкогорьях Северного Алтая серые неоподзоленные почвы занимают крутые склоны теневых экспозиций и узкие гребни, покрытые лиственнично-березовыми лесами со злаково-разнотравным покровом. Климат характеризуется как умеренно-теплый и влажный. Почвообразующие породы – маломощный элювий или делювий плотных пород ([Почвы Горно-Алтайской..., 1973](#)).

Профиль серых лесных неоподзоленных почв состоит из гумусового горизонта, верхние 3–4 см, которого по темному цвету, степени разложения растительных остатков, своеобразному сложению, а также по величине потери от прокаливанию можно назвать перегнойным. Однако он выражен не во всех почвах, чаще на более мелкоземистых породах, в высокощелочистых почвах может отсутствовать. Под этим слоем формируется хорошо оструктуренный горизонт мощностью 20–30 см, все диагностические

свойства которого соответствуют темногумусовому. Горизонт переходит в щебнисто-каменистую толщу почвообразующей породы, в верхней части которой В.А. Хмелев описывает в алтайских почвах морфоны метаморфического горизонта ([Хмелев, 1982](#)). Карбонаты обнаруживаются глубоко в виде натеков на поверхности щебня или заполняют в нем трещины, а иногда вовсе отсутствуют. Такие почвы на дериватах плотных пород по комбинации свойств переводятся в тип *темногумусовых* или их подтип *перегнойно-темногумусовые*. Другие признаки – *натечно-карбонатный* и *метаморфизованный* – не всегда обнаруживаются, так что обобщенный профиль мелкоземисто-щебнистой почвы выглядит в формате КПП следующим образом: AU(h)–(AUCm)–C(ic).

В почвах на мелкоземистых породах в Предбайкалье бывает достаточно отчетливо выражен срединный горизонт с комковатой или ореховатой структурой, бурого, коричнево-бурого цвета ([Краснощеков, Горбачев, 1987](#)). По мнению Г.А. Воробьевой, проводившей корреляцию традиционных названий почв Иркутской области с номенклатурой КПП, серым лесным неоподзоленным почвам с таким срединным горизонтом соответствуют серые метаморфические, отчасти буроземы и темно- и серогумусовые почвы отдела органо-аккумулятивных ([Воробьева, 2009](#)). Не обсуждая вопросов диагностики собственно серых метаморфических почв, согласимся с мнением Г.А. Воробьевой о возможности перевода части серых лесных неоподзоленных почв в темногумусовые с подтиповым признаком *метаморфизованные* в виде слабого или локального проявления процессов трансформации материала породы.

Для более точного определения классификационного положения этих почв на юге Средне-Сибирского плоскогорья необходимы дополнительные исследования.

Ранее был рассмотрен перевод единицы легенды “лесо-луговые почвы” в темногумусовые ([Ананко и др., 2018](#)). Здесь отметим лишь самые общие региональные свойства и природные факторы как причины перевода этих почв в темногумусовые.

В Забайкалье лесо-луговые почвы (всего 9 полигонов) тоже приурочены к лесостепи, но более холодной и влажной, с верхней

границей льдистой мерзлоты в пределах 150–300 см и глинистыми почвообразующими породами.

Профиль состоит из перегнойного подгоризонта мощностью 3–4 см, гумусового горизонта мощностью 15–20 см черно-серого цвета с языковатой границей и хорошо выраженной зернистой, мелкокомковатой или ореховатой структурой, близкими к нейтральным значениями pH, насыщенного основаниями; содержание гумуса достигает 8–9%, иногда увеличиваясь до 11%, во фракционном составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, связанные с Ca, отношение $C_{гк}/C_{фк}$ колеблется в пределах 1.8–2.6 (Ногина, 1962; Ногина, 1964; Уфимцева, 1967; Панкова, 1961). Практически по всем показателям горизонт относится к темногумусовому с подтиповым признаком перегнойно-темногумусовый. Под гумусовым расположено несколько серовато-бурых слабо оглеенных переходных к породе горизонтов комковато-творожистой, комковато-ореховатой, плитчато-ореховатой структуры (Ногина, 1964; Уфимцева, 1967). Из физико-химических свойств отмечается отсутствие или слабое перераспределение по профилю тонких фракций и валовых форм основных оксидов, выщелоченность от карбонатов. Таким образом, почвы испытывают значительное влияние криогенных процессов и сочетают черты черноземов и темно-серых почв, криометаморфических почв и криоземов (полигональная трещиноватость, элементы криогенной структуры, языковатость по заплывшим трещинам и криогенная перемешанность). Однако ни одно из этих свойств не достигает уровня диагностического горизонта, поэтому почвы отнесены к сложному подтипу *перегнойно-темногумусовые глееватые метаморфизованные криоязыковатые* (строение профиля: AUh–Cm,g,u,cr–(L)Cg). Таким образом в лесостепи рассматриваемых регионов наряду с породами и положением в рельефе в подтиповом разнообразии темногумусовых почв принимает участие многолетняя мерзлота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темногумусовые почвы как индивидуальная почвенная единица выносятся на обновляемую мелкомасштабную почвенную карту в качестве замены почв, названных в легенде карты в соот-

ветствии с зональной традицией. Поскольку свойства таких почв не вполне соответствуют их названиям в субстантивной классификации почв России, они были переведены в другие почвы, в нашем случае – в темногумусовые (рис. 1). Диагностика типа темногумусовых почв основана на наличии одноименного горизонта и отсутствии срединных диагностических горизонтов.

Темногумусовый горизонт формируется либо в степных и лесостепных почвах на любых породах (кроме песчаных), либо на карбонатных или богатых основаниями породах в таежно-лесной зоне, т. е. он может быть зональным, климатогенным, в первом случае и литогенным во втором. Зональный вариант является основанием для выделения или сохранения в обновленной легенде черноземов и темно-серых почв на суглинисто-глинистых породах.

Формирование темногумусовых почв определяется условиями, ограничивающими развитие срединных горизонтов: крутыми склонами и сильно щебнистыми породами. Литогенные темногумусовые горизонты почв связаны с богатыми основаниями породами и диагностируют остаточно-карбонатные темногумусовые почвы.

В Сибири темногумусовые почвы занимают большие пространства и встречаются в Забайкалье, Предбайкалье, на юге Средне-Сибирского плоскогорья и Алтае-Саянской горной области. Основными природными предпосылками их формирования является резкоконтинентальный климат с высокими летними температурами, совпадающими во времени с периодом максимального увлажнения (июль – август). Это стимулирует интенсивное развитие в этот период биологических процессов, определяющих образование темногумусовых горизонтов. Горный рельеф и преобладание маломощных мелкоземисто-щебнистых почвообразующих пород являются причинами развития неполноразвитых профилей без явных срединных горизонтов. Проявления почвенных процессов, свойственных срединным горизонтам, ограничиваются диагностическими признаками, которые часто отражают особенности исходных почв, переведенных в формат КПП на уровне подтипов.

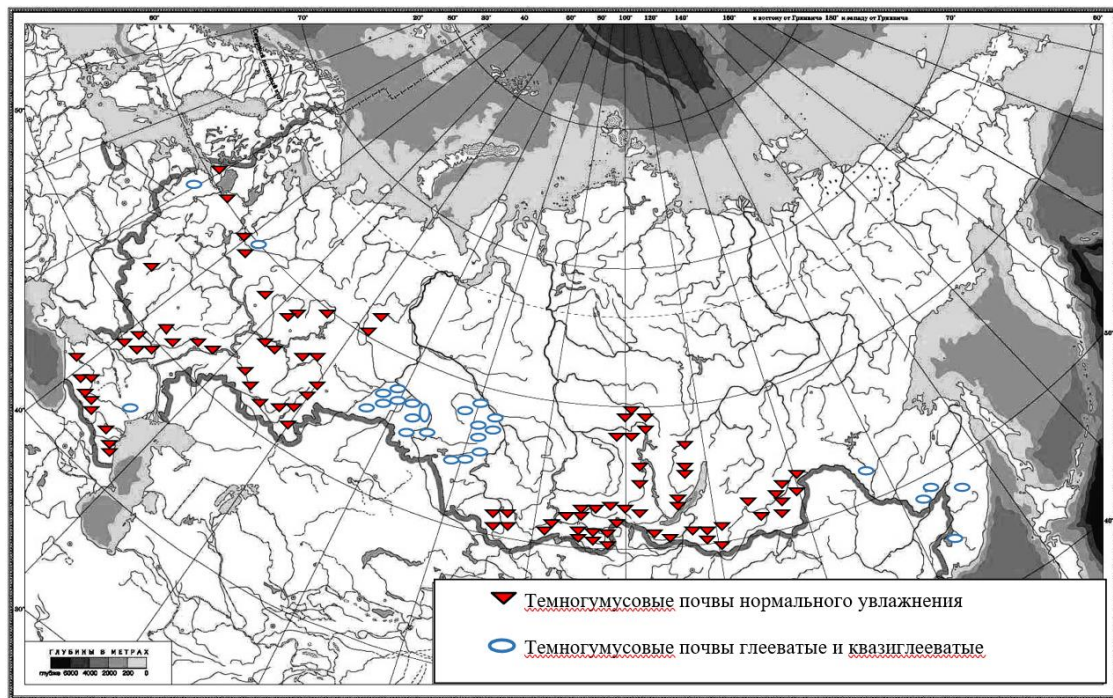


Рис. 1. Темногумусовые почвы на обновленной Почвенной карте Российской федерации масштаба 1 : 2.5 млн.
Fig. 1. Dark-humus soils in the updated Soil Map of the Russian Federation at scale 1 : 2.5 M.

Подтипы темногумусовых почв, бывшие на ПКРФ черноземами, различаются формами карбонатных новообразований или их отсутствием. Поскольку большая часть темногумусовых почв приурочена к щебнистым отложениям, самым распространенным подтипом является натечно-карбонатный, в Забайкалье – натечно- и дисперсно-карбонатный, а на карбонатных породах в разных регионах – остаточно-карбонатный. Среди сибирских темногумусовых почв имеются темнаязыковатые. Свойства серых лесных неоподзоленных и серых лесных неполноразвитых почв учтены в названиях подтипов: оподзоленные и метаморфизованные.

Темногумусовые почвы, идентифицированные по свойствам, широко распространены в южной тайге Сибири в ареале дерново-таежных почв, насыщенных и слабо ненасыщенных, и представлены следующими подтипами: типичные, глинисто-иллювиированные, метаморфизованные; часть их отнесена к подтипу перегнойно-темногумусовых.

Почвы, объединяемые в легенде названием “лесо-луговые”, формируются в своеобразных условиях при повышенном надмерзлотном увлажнении и под влиянием криогенных процессов, что отражено в названии сложного подтипа.

Диагностические свойства темногумусовых горизонтов почв разных регионов полностью не идентичны. Сибирские темногумусовые горизонты, как правило, имеют меньшую мощность с быстрым падением содержания гумуса с глубиной, более низкую степень гумификации и хуже оструктурены по сравнению с европейскими; среди гуминовых кислот больше участие подвижных гуминовых кислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е. Опыт обновления почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн в системе классификации почв России // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1411–1420. DOI: [10.7868/S0032180X17120024](https://doi.org/10.7868/S0032180X17120024).
2. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е. Почвы горных территорий в классификации почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 122–146. DOI: [10.19047/0136-1694-2018-92-122-146](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-122-146).

3. *Воробьева Г.А.* Почвы Иркутской области. Вопросы классификации, номенклатуры, корреляции. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2009. 149 с.
4. *Вторушин В.А.* Автоморфные почвы горной тайги южного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1982. 176 с.
5. *Герасимова М.И., Евдокимова А.К.* Темноцветные горнолесные почвы Алтая / Почвенные и геохимические аспекты в изучении ландшафтов. Ред. В.М. Фридланд. М.: МГУ, 1975. С. 77–93.
6. *Горбачев В.Н.* Почвы Восточного Саяна. М.: Наука, 1978. 198 с.
7. *Грacheва Р.Г., Таргульян В.О.* Сравнительная характеристика дерновых лесных, дерново-таежных и бурых лесных почв Сибири и Дальнего Востока / Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. 294 с.
8. *Классификация и диагностика почв СССР.* М.: Колос, 1977. 223 с.
9. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
10. *Конюшков Д.Е., Герасимова М.И. Ананко Т.В.* Корреляция дерново-карбонатных почв на Почвенной карте РСФСР М 2.5 млн и в системе классификации почв России // Почвоведение. 2019. № 3. С. 286–289.
11. *Краснощев Ю.Н., Горбачев В.Н.* Лесные почвы бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука, 1987. 144 с.
12. *Кузьмин В.А.* Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1988. 173 с.
13. *Лебедева И.И.* Почвенный покров Пензенской области как тестовый полигон на обновленной почвенной карте Российской Федерации масштаба 1 : 2.5 млн // Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов. Сборник докладов Третьей Всероссийской открытой конференции. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2019. С. 87–91.
14. *Лебедева И.И., Семина Е.В.* Характер водно-термического режима черноземов Приононской равнины Забайкалья // Почвоведение. 1963. № 2. С. 58–76.
15. *Лебедева И.И., Овечкин С.В., Семина Е.В.* К вопросу о подтиповом разделении черноземов СССР / Прикладные и генетико-географические аспекты исследований. М.: Наука, 1987. С. 143–152.
16. *Макеев О.В.* Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд., 1959. 346 с.
17. *Макеев О.В., Ногина Н.А., Вторушин В.А.* Своеобразие процессов почвообразования в мерзлотной тайге / Происхождение и свойства почв Забайкалья. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд., 1968. С. 51–102.
18. *Надеждин Б.В.* Лено-Ангарская лесостепь. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 328 с.

19. *Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
20. *Ногина Н.А.* О почвенном покрове и почвах юго-восточной части Средне-Сибирского плоскогорья / О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 210 с.
21. *Носин В.А.* Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.
22. *Панкова Н.А.* Природа органического вещества некоторых почв Забайкалья / Микроорганизмы и органическое вещество почв. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 27–39.
23. *Полевой определитель почв России.* М.: Почв. ин-т им В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
24. *Почвенная карта РСФСР* под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988. 16 листов.
25. *Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации.* М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2001. 400 с.
26. *Почвы Горно-Алтайской автономной области* под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, 1973. 352 с.
27. *Савин И.Ю., Герасимова М.И., Лебедева И.И., Ананко Т.В., Конюшков Д.Е., Белоусова Н.И., Королюк Т.В., Шубина И.Г., Хохлов С.Ф., Шишконокова Е.А.* О создании полной цифровой версии почвенной карты России масштаба 1 : 2.5 млн / Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов. Сб. докл. Второй Всероссийской конф. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2017. С. 23–26.
28. *Смирнов М.П.* Почвы Западного Саяна. М.: Наука, 1970. 236 с.
29. *Соколов И.А.* Почвы луговых степей Восточного Забайкалья // Почвоведение. 1958. № 11. С. 52–59.
30. *Уфимцева К.А.* Почвы межгорных котловин южной тайги Забайкалья. Иркутск-Чита: Вост-Сиб. кн. изд., 1967. 96 с.
31. *Фридланд В.М., Караваева Н.А., Руднева Е.Н. и др.* Программа почвенной карты СССР масштаба 1 : 2 500 000. М.: Почв. ин-т. им. В.В. Докучаева, 1972. 160 с.
32. *Хмелев В.А.* Почвы низкогорий Северного Алтая. Новосибирск: Наука, 1982. 153 с.
33. *Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье).* М.: Колос, 1978. 303 с.
34. *Экологический атлас бассейна озера Байкал.* Почвенная карта. Иркутск: СО РАН, 2015. 145 с.

REFERENCES

1. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Konyushkov D.E., Opyt obnovleniya pochvennoj karty RSFSR masshtaba 1 : 2.5 mln v sisteme klassifikacii pochv Rossii (Experience of updating the soil map of the RSFSR on a scale of 1: 2.5

- million in the classification system of soils of Russia), *Pochvovedenie*, 2017, No. 12, pp. 1411–1420, DOI: [10.7868/S0032180X17120024](https://doi.org/10.7868/S0032180X17120024).
2. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Konyushkov D.E., The soils of mountainous territories, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 122–146, DOI: [10.19047/0136-1694-2018-92-122-146](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-122-146).
3. Vorob'eva G.A., *Pochvy Irkutskoj oblasti. Voprosy klassifikacii, nomenklatury, korrelyacii* (Soils of the Irkutsk region. Questions of classification, nomenclature, correlation), Irkutsk: Irkutskij gos. un-t, 2009, 149 p.
4. Vtorushin V.A., *Avtomorfnye pochvy gornoj tajgi yuzhnogo Zabajkal'ya* (Automorphic soils of mountain taiga in southern Transbaikalia), Novosibirsk: Nauka, 1982, 176 p.
5. Gerasimova M.I., Evdokimova A.K., *Temnocvetnye gornolesnye pochvy Altaya* (Dark-colored mountain-forest soils of Altai), In: *Pochvennye i geohimicheskie aspekty v izuchenii landshaftov* (Soil and geochemical aspects in the study of landscapes), V.M. Fridland (Ed.), Moscow: MGU, 1975, pp. 77–93.
6. Gorbachev V.N., *Pochvy Vostochnogo Sayana* (Soils of the Eastern Sayan), Moscow: Nauka, 1978, 198 p.
7. Gracheva R.G., Targul'yan V.O., *Sravnitel'naya harakteristika dernovyh lesnyh, dernovo-taezhnyh i buryh lesnyh pochv Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Comparative characteristics of sod forest, sod-taiga and brown forest soils of Siberia and the Far East), In: *Specifika pochvoobrazovaniya v Sibiri* (Specificity of soil formation in Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1979, 294 p.
8. *Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR* (Classification and diagnostics of soils in the USSR), Moscow: Kolos, 1977, 223 p.
9. *Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of soils in Russia), Smolensk: Ojkumena, 2004, 342 p.
10. Konyushkov D.E., Gerasimova M.I., Ananko T.V., *Korrelyaciya dernovo-karbonatnyh pochv na Pochvennoj karte RSFSR M 2.5 mln i v sisteme klassifikacii pochv Rossii* (Correlation of soddy-carbonate soils on the Soil Map of the RSFSR M 2.5 million and in the classification system of soils of Russia), *Pochvovedenie*, 2019, No. 3, pp. 286–289.
11. Krasnoshchekov Yu.N., Gorbachev V.N., *Lesnye pochvy bassejna ozera Bajkal* (Forest soils in the Lake Baikal basin), Novosibirsk: Nauka, 1987, 144 p.
12. Kuz'min V.A., *Pochvy Predbajkal'ya i Severnogo Zabajkal'ya* (Soils of Cisbaikalia and Northern Transbaikalia), Novosibirsk: Nauka, 1988, 173 p.
13. Lebedeva I.I., *Pochvennyj pokrov Penzenskoj oblasti kak testovyj poligon na obnovlennoj pochvennoj karte Rossijskoj Federacii masshtaba 1 : 2.5 mln* (Soil cover of the Penza region as a test site on the updated soil map of the

- Russian Federation at a scale of 1: 2.5 million), In: *Sovremennye problemy izucheniya pochvennyh i zemel'nyh resursov* (Modern problems of studying soil and land resources), Proc. Third All-Russian Open Conference, Moscow: Pochvennyj in-t im. V. V. Dokuchaeva, 2019, pp. 87–91.
14. Lebedeva I.I., Semina E.V., *Harakter vodno-termicheskogo rezhima chernozemov Priononskoj ravniny Zabajkal'ya* (The nature of the water-thermal regime of chernozems of the Prionon plain of Transbaikalia), *Pochvovedenie*, 1963, No. 2, pp. 58–76.
15. Lebedeva I.I., Ovechkin S.V., Semina E.V., *K voprosu o podtipovom razdelenii chernozemov SSSR* (On the issue of subtype division of chernozems in the USSR), In: *Prikladnye i genetiko-geograficheskie aspekty issledovanij* (Applied and genetic-geographical aspects of research), Moscow: Nauka, 1987, pp. 143–152.
16. Makeev O.V., *Dernovye taezhnye pochvy yuga Srednej Sibiri* (Sod taiga soils in the south of Central Siberia), Ulan-Ude: Buryat.kn. izd, 1959, 346 p.
17. Makeev O.V., Nogina N.A., Vtorushin V.A., *Svoeobrazie processov pochvoobrazovaniya v merzlotnoj tajge* (The originality of soil formation processes in the permafrost taiga), In: *Proiskhozhdenie i svojstva pochv Zabajkal'ya* (The origin and properties of soils in Transbaikal), Ulan-Ude: Buryat.kn. izd., 1968, pp. 51–102.
18. Nadezhdin B.V., *Leno-Angarskaya lesostep'* (Leno-Angarsk forest-steppe), Moscow: Izd-vo ANSSSR, 1961, 328 p.
19. Nogina N.A., *Pochvy Zabajkal'ya* (Soils of Transbaikali), Moscow: Nauka, 1964, 314 p.
20. Nogina N.A., *O pochvennom pokrove i pochvah yugo-vostochnoj chasti Sredne-Sibirskogo ploskogor'ya. O pochvah Urala, Zapadnoj i Central'noj Sibiri* (On the soil cover and soils of the southeastern part of the Central Siberian plateau. On the soils of the Urals, Western and Central Siberia), Moscow: ANSSSR, 1962, 210 p.
21. Nosin V.A., *Pochvy Tuvy* (Soils of Tuva), Moscow: ANSSSR, 1963, 342 p.
22. Pankova N.A., *Priroda organicheskogo veshchestva nekotoryh pochv Zabajkal'ya* (The nature of organic matter of some soils of Transbaikalia), In: *Mikroorganizmy i organicheskoe veshchestvo pochv* (Microorganisms and organic matter of soils), Moscow: ANSSSR, 1961, pp. 27–39.
23. *Polevoj opredelitel' pochv Rossii* (Field guide to soils of Russia), Moscow: Pochv. in-t im V.V. Dokuchaeva, 2008, 182 p.
24. Fridland V.M. (Ed.), *Pochvennaya karta RSFSR* (Soil map of the RSFSR), Moscow: GUGK, 1988, 16 sheets.

25. *Pochvennyj pokrov i zemel'nye resursy Rossijskoj Federacii* (Soil cover and land resources of the Russian Federation), Moscow: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, RASKHN, 2001, 400 p.
26. Kovalev R.V. (Ed.), *Pochvy Gorno-Altajskoj avtonomnoj oblasti* (Soils of the Gorno-Altai Autonomous Region), Novosibirsk: Nauka, 1973, 352 p.
27. Savin I.Yu., Gerasimova M.I., Lebedeva I.I., Ananko T.V., Konyushkov D.E., Belousova N.I., Korolyuk T.V., Shubina I.G., Hohlov S.F., Shishkonakova E.A., O sozdanii polnoj cifrovoj versii pochvennoj karty Rossii masshtaba 1 : 2.5 mln (On the creation of a complete digital version of the soil map of Russia at a scale of 1 : 2.5 million), In: *Sovremennye problemy izucheniya pochvennyh i zemel'nyh resursov* (Modern problems of studying soil and land resources), Moscow: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2017, pp. 23–26.
28. Smirnov M.P., *Pochvy Zapadnogo Sayana* (Soils of the Western Sayan), Moscow: Nauka, 1970, 236 p.
29. Sokolov I.A., *Pochvy lugovyh stepej Vostochnogo Zabajkal'ya* (Soils of meadow steppes of Eastern Transbaikalia), *Pochvovedenie*, 1958, No. 11, pp. 52–59.
30. Ufimceva K.A., *Pochvy mezhgornyh kotlovin yuzhnoj tajgi Zabajkal'ya* (Soils of intermontane depressions in the southern taiga of Transbaikalia), Irkutsk-Chita: Vost-Sib. kn. izd, 1967, 96 p.
31. Fridland V.M., Karavaeva N.A., Rudneva E.N. et al., *Programma pochvennoj karty SSSR masshtaba 1 : 2 500 000* (The program of the soil map of the USSR on a scale of 1 : 2 500 000), Moscow: Pochv. in-t. im. V.V. Dokuchaeva, 1972, 160 p.
32. Hmelev V.A., *Pochvy nizkogorij Severnogo Altaya* (Soils of the low mountains of the Northern Altai), Novosibirsk: Nauka, 1982, 153 p.
33. *Chernozemy SSSR (Povolzh'e i Predural'e)* (Chernozems of the USSR (Volga and Urals)), Moscow: Kolos, 1978, 303 p.
34. *Ekologicheskij atlas bassejna ozera Bajkal. Pochvennaya karta* (Ecological Atlas of the Lake Baikal Basin), Irkutsk: SO RAN, 2015, 145 p.

УДК 631.412: 631.442.1

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-55-82



Ссылки для цитирования:

Новиков С.Г., Медведева М.В., Пеккоев А.Н., Тимофеева В.В. Диагностика почв, расположенных в градиенте урботехногенного воздействия // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 55-82. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-55-82

Cite this article as:

Novikov S.G., Medvedeva M.V., Pekkoiev A.N., Timofeeva V.V., Diagnostics of soils located in the gradient of urban-technogenic impact, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 55-82, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-55-82

Благодарность:

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

Acknowledgments:

The studies were carried out with the financial support of the federal budget within the framework of state assignment of the Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences.

Диагностика почв, расположенных в градиенте урботехногенного воздействия

© 2021 г. С. Г. Новиков*, М. В. Медведева,
А. Н. Пеккоев, В. В. Тимофеева

*Институт леса КарНЦ РАН,
ФИЦ “Карельский научный центр РАН”, Россия,
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11,
*<https://orcid.org/0000-0003-2387-2656>,
e-mail: novikovsergey.nsq@gmail.com.*

*Поступила в редакцию 22.03.2021, после доработки 24.06.2021,
принята к публикации 20.09.2021*

Резюме: В настоящее время на фоне высоких темпов урбанизации происходит сокращение экологически ценных земель лесного фонда. Граничащие с городской территорией лесные экосистемы в результате интенсивной застройки подвергаются мощному техногенному воздействию и со временем необратимо деградируют. В этой связи работа в области анализа экологического состояния основных

компонентов лесных экосистем, находящихся в условиях техногенного пресса различной интенсивности, является актуальной. Исследование проводилось на территории города Петрозаводска на участках с разрушенной, слабо нарушенной и ненарушенной лесной экосистемой. На каждом участке проводили оценку состояния почв, описание древостоя и живого напочвенного покрова. На основании полученных данных установили, что почвы слабонарушенной лесной экосистемы соответствуют естественным фоновым (подзол иллювиально-железистый). Выявлены изменения их морфологических и химических свойств по сравнению с почвами контрольной ненарушенной территории. Установили изменение мощности и зольности верхнего органогенного горизонта почв слабонарушенного участка. Лесная экосистема находится на переходной от I–II к III стадии рекреационной депрессии и нуждается в благоустройстве. На участке, разработанном под застройку, произошло разрушение лесной экосистемы. В результате необратимой трансформации природной среды древесная и напочвенная растительность отсутствует. Естественные зональные почвы уничтожены, диагностические горизонты не определяются. По всей глубине разреза наблюдается большое количество камней, антропогенных включений. В соответствии с Классификацией почв России, данные образования относятся к подгруппе органолитостратов техногенных поверхностных образований. Полученные данные являются основой при проведении урбоэкологического мониторинга почв. По результатам исследования даны рекомендации для сохранения и улучшения санитарно-гигиенических и эстетических функций лесных массивов, прилегающих к землям городской застройки.

Ключевые слова: урбанизация, лесная экосистема, городские почвы, свойства почв, техногенные поверхностные образования.

Diagnostics of soils located in the gradient of urban-technogenic impact

© 2021 S. G. Novikov*, M. V. Medvedeva, A. N. Pekkoiev,
V. V. Timofeeva

*Forest Research Institute of the Karelian Research Centre
of the Russian Academy of Sciences,
11 Pushkinskaya str., Petrozavodsk 185910,
Republic of Karelia, Russian Federation,*

*<https://orcid.org/0000-0003-2387-2656>,
e-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com.

Received 22.03.2021, Revised 24.06.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: The rapidly progressing urbanization results in decline of environmentally valuable forest territory. Intact ecosystems bordering urban communities suffer from heavy technogenic pressure and degrade irreversibly over time. This situation necessitates studies that analyze the ecological condition of major components of forest ecosystems exposed to various levels of such pressure. The survey was carried out in the city of Petrozavodsk in sites with degraded, slightly disturbed, and undisturbed forest ecosystems. For each site, the soil condition was assessed, the tree stand and the living ground cover were described. As a result, it was found that soils in the slightly disturbed forest ecosystem generally corresponded to the natural background (Ferric Illuvial Podzol). Changes in their morphological and chemical properties compared to soils in the undisturbed reference plot were identified. The thickness and ash content of the upper organic horizon in the slightly disturbed site changed. The forest ecosystem was in the transitional stage (from I–II to III) of recreational digression and required infrastructural improvements. The forest ecosystem in the built-up site was totally destroyed. Irreversible transformation of its natural environment resulted in the loss of woody and ground vegetation. The native zonal soils were ruined, and their diagnostic horizons cannot be identified. There was observed a large amount of rocks and anthropogenic inclusions throughout the profile. According to the Russian soil classification, these formations belong to the subgroup of organo-mineral strata of technogenic surface formations. The collected data can be used as the basis for ecological monitoring of urban soils. Based on the findings, recommendations were given on how to conserve and improve the sanitary and esthetic functions of forest areas adjoining urban built-up land.

Keywords: urbanization, forest ecosystem, urban soils, soil properties, technogenic surface formations.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире довольно большими темпами происходит увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Интенсивная застройка, промышленная деятельность способствуют расширению урбанизированных территорий, в то время как площадь экологически ценных земель, входящих в лесной фонд, сокращается. Лесные экосистемы на границе с городом, как правило, испытывают сильное техногенное воздействие, не успевают

перестроиться и со временем необратимо деградируют. В этой связи исследование влияния антропогенного пресса на лесные сообщества позволяет оценить экологическую обстановку на урбанизированных территориях, а также планировать мероприятия, позволяющие снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

Почва является одним из главных компонентов экосистемы. Изменение свойств почв на фоне урбанистического пресса становится причиной ухудшения условий произрастания зеленых насаждений, которые очищают воздух от пыли и вредных газов, снижают уровень шума и электромагнитного излучения, создают особый микроклимат, благоприятно влияющий на здоровье и эмоциональное состояние людей ([Сорокина, Богачкова, 1991](#); [Burghardt, 1994](#); [Luo et al., 2011](#)). При проведении инженерно-строительных работ на территории города необходимо в максимальной степени учитывать особенности рельефа и эдафические условия произрастания фитоценоза. Это важно для обеспечения устойчивости почв в урболандшафте, а также поддержания их способности предоставлять экосистемные услуги, выполнять важные экологические и санитарно-гигиенические функции ([Pavao-Zuckerman, 2008](#); [Soils within Cities, 2017](#); [Васнев и др., 2018](#); [Da Silva et al., 2018](#); [Li et al., 2018](#); [O’Riordan et al., 2021](#)).

Одним из комбинированных видов антропогенного воздействия на природную среду является урбанизация, наряду с которой проявляются процессы субурбанизации и рурбанизации ([Почва. Город. Экология, 1997](#); [Коломыц и др., 2000](#); [Лесные экосистемы..., 2008](#); [Shi et al., 2012](#)). Субурбанизация – это развитие пригородной зоны крупных городов, в результате чего образуются агломерации, а рурбанизация – это перенос городских форм и условий жизни на сельскую местность. Расширение городской территории – это сложный процесс, сопряженный с увеличением антропогенной нагрузки на природную среду, поэтому он требует решения целого ряда правовых и юридических вопросов. В Российской Федерации перевод земель лесного фонда в земли городской застройки регулируется соответствующим Федеральным законом “О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую” от 21.12.2004 N 172-ФЗ. Вместе с тем есть про-

блемы в области экологического законодательства РФ, которые связаны с разобщенностью теории и практики, с разрывом между планами хозяйственной деятельности и их осуществлением. Поэтому критериальная база законов об охране окружающей среды должна в обязательном порядке основываться на экспертных оценках специалистов и на объективном научном заключении об экологическом состоянии территории, выделяемой для расширения инфраструктуры города. В этой связи целью данного исследования являлась диагностика состояния и свойств почв, находящихся в условиях техногенного пресса различной интенсивности. Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи: 1) Оценить состояние древостоя на исследуемых участках. 2) Дать характеристику состояния живого напочвенного покрова, сформировавшегося в условиях урбанизации. 3) Оценить современное состояние почв, находящихся в условиях техногенного пресса. 4) Дать рекомендации по улучшению санитарно-гигиенических показателей и эстетических функций исследуемой территории.

Ранее на территории города Петрозаводска проводились исследования отдельных свойств почв ([Федорец, Медведева, 2005](#); [Новиков, 2015](#); [Медведева, Новиков, 2015](#)). Данная работа является логичным продолжением исследований влияния урбанизации на природную среду. Полученные результаты могут быть использованы при проведении почвенно-картографических работ, урбо-экологическом мониторинге природной среды, а также стать основой для разработки общих рекомендаций, направленных на оздоровление и сохранение окружающей среды.

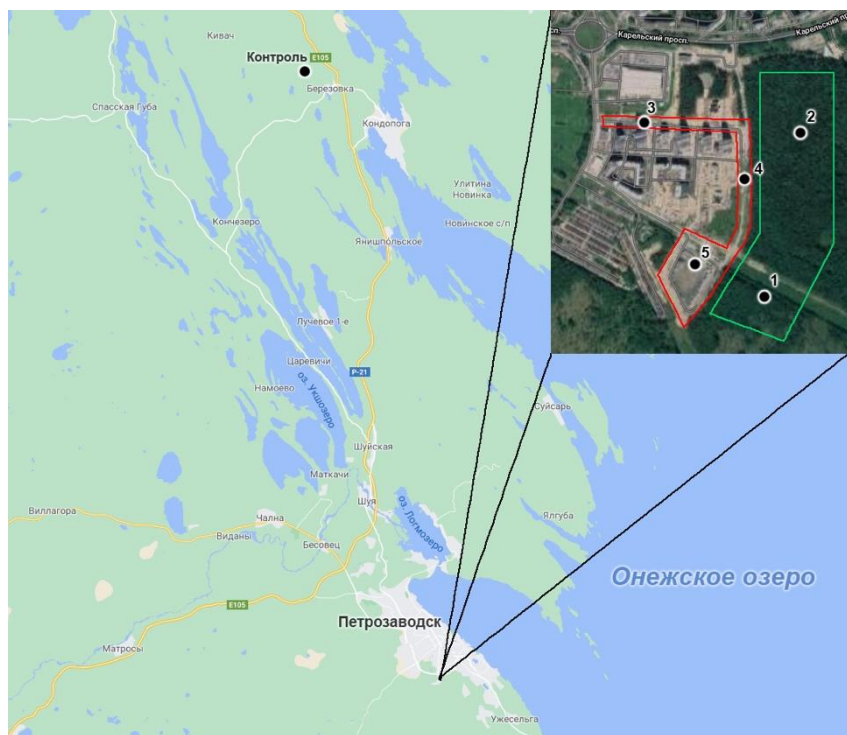
ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Карелии, на территории г. Петрозаводска (61°47'46" N; 34°20'57" E), которая находится на восточной окраине Балтийского кристаллического щита. Город расположен на западном террасированном склоне Петрозаводской губы Онежского озера в пределах полупогребенной тектонической депрессии ([Путеводитель экскурсий, 1982](#)). Климат данной местности умеренно-континентальный, в среднем выпадает до 650 мм осадков в год. Преобладающими вет-

рами являются юго-западные и северо-восточные. Средняя годовая температура воздуха составляет +2.2 °С ([Климат..., 1982](#)). Изменение температуры на поверхности почвы в течение года значительно больше, чем воздуха. Средняя месячная температура поверхности почвы в январе – феврале равна –11 °С, в июле – +19 °С. Основными лесообразующими породами пригородных лесов являются типичные для среднетаежной подзоны Карелии сосна и ель. На территории города много искусственных насаждений – парков, скверов, аллей, доминирующими породами в которых являются береза, клен, липа, тополь ([Лантратова и др., 2003](#)). Важной особенностью города является сохранение в пределах городской черты крупных лесных массивов. Они образуют внутриквартальные куртины леса и “зеленый пояс” лесов по периметру города ([Ольхин, Ольхина, 2008](#)). Согласно Постановлению Законодательного Собрания Республики Карелия ([Постановление..., 2018](#)), в соответствии с пунктом 6 статьи 622 Федерального закона от 10 января 2002 года № 7-ФЗ “Об охране окружающей среды”, существует перечень территорий, включенных в лесопарковый зеленый пояс вокруг города Петрозаводска. Эти территории созданы в целях реализации права каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и являются зонами с ограниченным режимом природопользования и иной хозяйственной деятельности.

Комплексное исследование влияния комбинированного антропогенного воздействия на экосистемы проводили в лесном массиве, примыкающем к городской застройке и расположенном на окраине планировочного района Куковка (61°45'16.7" N 34°21'54.8" E) (рис. 1). Данный участок, площадью 55 000 м², интересен тем, что с 2008 г. он был включен в Генеральный план г. Петрозаводска, после чего началась его интенсивная застройка, т. е. процесс субурбанизации. В июле 2016 г., по решению Верховного суда Республики Карелия, ряд участков, включая исследуемый, были переведены обратно в земли лесного фонда. Однако эксплуатируемые в течение более 8 лет территории резко изменили свои экологические функции в урбоэкосистеме. Поэтому возникла необходимость провести анализ природной среды исследуемого участка. В данном лесном массиве было заложено два проб-

ных участка, испытывающих различную степень антропогенного воздействия. В соответствии со шкалой экологической нарушенности лесных экосистем и почвенного покрова ([Бабинцева и др., 2008](#)) участки были индизированы как полностью разрушенный и слаборазрушенный.



— разрушенная лесная экосистема; — слаборазрушенная лесная экосистема; • место расположения почвенного разреза

Рис. 1. Схема расположения участка исследования (картографические данные © Google 2021).

Fig. 1. Study area map (© Google 2021).

Разрушенная лесная экосистема. Данный участок представляет собой систему отдельных, горизонтально и вертикально антропогенно нарушенных возвышенностей и депрессий (рис. 2А).



А)



Б)

Рис. 2. Изменение лесных экосистем на фоне антропогенного воздействия: **А)** – разрушенная лесная экосистема; **Б)** – слаборазрушенная лесная экосистема.

Fig. 2. Forest ecosystem change under human impact

Макрорельеф изучаемого участка равнинный. Формирование мезо- и микрорельефа обусловлено антропогенным воздействием на данную территорию: влиянием строительной техники, порубочными остатками деревьев, строительным мусором и пр.

Талые воды, образуя многочисленные ручьи, запруды, создают сезонную гипертрофию водного режима. Древостой и живой напочвенный покров полностью отсутствуют. Каменистость почвообразующей породы обуславливает распространение блюдцеобразных впадин и каменистых обнажений. Территория участка характеризуется значительной гетерогенностью почвенного покрова и представляет собой многочисленные ареалы антропогенно трансформированных почв, турбированных техникой на глубину от 50 см и глубже.

Слабонарушенная лесная экосистема. Участок расположен за пределами разработанной под застройку территории. Естественная древесная и напочвенная растительность сохранена, лесная подстилка вытоптана локально, сформирована редкая тропичная сеть (рис. 2Б).

В качестве контроля (*ненарушенная лесная экосистема*) использовали близкий по экологическим характеристикам участок ельника черничного, расположенный в среднетаежной подзоне Карелии ([Федорец, Морозова, 2009](#)).

Так как обследуемый участок леса был вовлечен в активную хозяйственную деятельность (жилая застройка), возникла необходимость оценки состояния древесного яруса, напочвенного покрова и почв на предмет биологической (охраняемые виды живых организмов) и рекреационной ценности данной территории.

На опытных участках проводили описание древостоя, живого напочвенного покрова. На каждом участке закладывали разрезы почв, делали их морфологическое описание, из генетических горизонтов отбирали образцы на химические анализы. В случае участка с разрушенной лесной экосистемой, в которой почвенный профиль антропогенно трансформирован, отбор почв проводился с различных глубин с шагом 10 см. Определение химических показателей в отобранных образцах выполнено на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр Российской академии наук”. Используемые в работе методы и изученные характеристики лесных фитоценозов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Оцениваемые параметры и методы, используемые в работе
Table 1. Parameters assessed and methods used

Оцениваемые параметры, методы	Литература, оборудование
Растительный покров	
Геоботаническое описание растительности	Сукачев, Зонн, 1961 ; Полевая геоботаника, 1964
Закладка пробных площадок и отбор почвенных образцов для анализов	ГОСТ 17.4.3.01-2017
Инструментальная таксация древостоя. Общепринятые методы таксации	Общепринятые методы таксации (Наставления..., 1993)
Рекреационная дигрессия живого напочвенного покрова	Россомахин, 1978 ; Полякова и др., 1981 ; Рысин, 1987
Эколого-рекреационная оценка лесов (категории санитарно-гигиенической оценки ландшафтов, классы эстетической оценки ландшафтов и др.)	Моисеев и др., 1977 ; Моисеев и др., 1990
Почва	
Таксономическая принадлежность почв	Классификация и диагностика почв России, 2004
Морфологическое описание почв	Федорец, 2010
Гранулометрический состав почв	Лазерный анализатор частиц “LS 13 320” компании BECKMAN COULTER
pH водной вытяжки; потенциометрический метод	pH-метр HANNA, (Германия); ГОСТ 26423-85
Зольность, ППП (потеря при прокаливании); сжигание в муфеле	ГОСТ 27784-88
Содержание общего углерода и азота	CHNS/O analyzer, Perkin Elmer PE 2400 Series II (США)

Обследуемые территории характеризуются однородными почвами в отношении почвообразующей породы, представленной завалуненными двучленными отложениями – песками, подстилаемыми в пределах метра суглинками. Это позволило провести сравнительный анализ природной среды, подверженной антропогенному воздействию, и корректно экстраполировать полученные данные на почвы прилегающих территорий. Данная почвообразующая порода является нетипичной для Республики Карелия, однако встречается на территории города Петрозаводска ([Яшин и др., 2011](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенно-экологическая оценка ненарушенного участка. На обследованной территории произрастает ельник черничный, возрастом 110–120 лет. Таксационная характеристика древостоя приведена в таблице 2. Он представлен чистым еловым древостоем (10Е) 120-летнего возраста. Класс бонитета – III. Древостой имеет относительную полноту 0.8, средний диаметр деревьев ели – 19.0 см, средняя высота – 20.9 м.

Таблица 2. Характеристика древостоя на обследуемой территории
Table 2. Characteristics of the tree stand in the study area

Тип леса	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Полнота	Класс бонитета
			Диаметр, см	Высота, м		
Ненарушенная лесная экосистема, контроль						
Е. чер.	Е10	120	19.0	20.9	0.8	III
Слабонарушенная лесная экосистема						
Е. чер.	5Е	110	24	22	0.6	II
	3Ос	55	28	22		
	2Б	50	20	18		

Общее проективное покрытие (ОПП) живого напочвенного покрова (ЖНП) контрольного участка составляет 60–70%. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют лесные кустарнички *Vaccinium myrtillus* (ОПП – 30–40%) и *Vaccinium vitis-idaea* (ОПП – 2–3%). Покрытие других лесных видов сосудистых растений незначительно – в сумме не более 3–5% (*Goodyera repens*, *Luzula pilosa*, *Majanthemum bifolium*, *Platanthera bifolia*, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*). Мохово-лишайниковый ярус сложен преимущественно зелеными мхами *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* (ОПП в сумме до 60%).

Почвенный разрез заложен в чернично-брусничной микрогруппировке и представлен характерной для среднетаежной подзоны Карелии почвой Al-Fe-гумусового генезиса. Почва – подзол иллювиально-железистый – имеет следующее морфологическое строение (рис. 3).

Почвенный разрез хорошо дифференцирован на отдельные генетические горизонты, которые отличаются между собой по цвету и степени каменистости. По всему профилю преобладает среднезернистый песок, однако в его нижней части возрастает содержание более мелких частиц. В таблице 3 представлены химические свойства подзола иллювиально-железистого. Верхние почвенные горизонты имеют кислую реакцию среды, с глубиной кислотность снижается. Содержание золы в лесной подстилке низкое и составляет 23.8%. В минеральной толще беззольная часть имеет крайне низкие значения, тенденция возрастания показателя отмечена в иллювиально-железистом горизонте. Распределение общего азота и углерода элювиально-иллювиальное, что отражает особенности почв данного генезиса. Для исследуемых почв молекулярное отношение C/N достигает в подподстилочных горизонтах 19, что свидетельствует об оптимальных эдафических условиях для развития микроорганизмов, обеспечивающих высокую продуктивную способность древостоя.

Почвенно-экологическая оценка участка со слабонарушенной лесной экосистемой. На данной территории произрастает елово-лиственный древостой ($5E_{110}3Oc_{55}2B_{50}$), который характеризуется II классом бонитета и имеет относительную полноту 0.6. Средний диаметр еловой части древостоя составляет 24 см, а

средняя высота – 22 м (табл. 2).

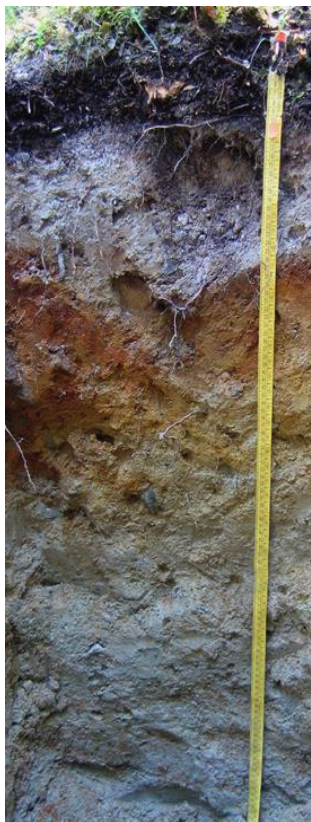


Рис. 3. Подзол
иллювиально-железистый.
Fig. 3. Ferric Illuvial Podzol.

О – 0–5(11) см, лесная подстилка, бурого цвета, свежая, слоистая, обильно пронизана корнями, сложена остатками хвои, кустарничков, веток, корней, переход в нижележащий горизонт по цвету, граница перехода волнистая.

Е – 5(11)–11(25) см, серый, свежий, песчаный, много корней, уплотнен, в верхней части затеки гумуса, переход в нижележащий горизонт по цвету, граница перехода карманная.

BF – 11(25)–20(30) см, ржаво-бурый, свежий, песчаный, уплотненный, встречаются камни, хрящ, много тонких корней, переход в следующий горизонт по цвету, граница перехода размытая.

BF2 – 20(30)–31(36) см, ржавого цвета, свежий, песчаный, хорошо сортирован, уплотнен, корней мало, переход в следующий горизонт по степени каменистости, граница перехода размытая.

ВЗ – 31(36)–58 см, сероватого цвета, свежий, плохо сортирован (хрящевато-песчаный), много камней различного размера и разной степени окатанности, уплотнен, переход в следующий горизонт по цвету и гранулометрическому составу, граница перехода размытая.

С – 58–72 см, серого цвета, свежий, суглинок, более плотный, чем вышележащий горизонт, оструктурен.

Таблица 3. Химические свойства почв на обследуемой территории
Table 3. Chemical properties of soils in the study area

Горизонт / слой (см)	рН вод.	Зольность*, ППП	С	N	C N
		%			
Ненарушенная лесная экосистема (контроль)					
Почва – подзол иллювиально-железистый					
О, 0–5(11)	4.8	23.8*	44.74	1.57	28.5
Е, 5(11)–11(25)	4.5	1.8	0.56	0.03	18.7
BF, 11(25)–20(30)	5.1	3.6	0.79	0.04	19.8
BF2, 20(30)–31(36)	5.4	2.1	0.31	0.03	10.3
В3, 31(36)–58	5.6	1.0	0.36	0.02	18.0
С, 58–72	6.2	1.1	0.21	0.02	10.5
Слабонарушенная лесная система					
Почва – подзол иллювиально-железистый					
О, 0–15	4.2	25.9*	32.81	1.27	25.8
Е, 15–25	4.9	2.4	0.30	0.03	10.0
BF, 25–38	5.1	1.9	0.72	0.02	36.0
BF2, 38–49	5.3	1.2	0.30	0.01	30.0
BC, 49–55	5.5	0.3	0.11	0.02	5.5
С, 55–65	5.6	1.8	0.17	0.01	17.0
Разрушенная лесная экосистема					
Почва – органолигострат					
1, 0–10	7.4	0.5	0.86	0.03	28.7
2, 10–20	7.7	1.3	0.96	0.02	48.0
3, 20–30	7.9	1.7	0.84	0.04	21.0
4, 30–40	7.8	3.3	2.19	0.08	27.4
5, 40–50	7.9	1.9	0.44	0.01	44.0

Подлесок развит умеренно и представлен типичными для подзоны средней тайги видами кустарников (*Juniperus communis*, *Rosa acicularis*, *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia*).

Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова на условно слабонарушенном участке ельника черничного в 2–3 раза ниже, по сравнению с ненарушенным (контрольным) участком, и составляет не более 25%. В травяно-кустарничковом ярусе выявлено 27 видов сосудистых растений; доминантами покрова являются *Vaccinium myrtillus* (ОПП 10–15%), *Calamagrostis arundinacea* (5–7), *Avenella flexuosa* (3–5), *Vaccinium vitis-idaea* (ОПП 2–3%). Покрытие других видов незначительно и в сумме составляет до 7% (*Angelica sylvestris*, *Calamagrostis phragmitoides*, *Carex globularis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Cirsium palustre*, *Dryopteris carthusiana*, *Linnaea borealis*, *Luzula pilosa*, *Lycopodium annotinum*, *Orthilia secunda*, *Oxalis acetosella*, *Pyrola rotundifolia*, *Solidago virgaurea*, *Viola epipsila*, *Viola selkirkii*). Отличительной чертой ЖНП данного лесного участка является привнесение во флору опушечных и луговых видов, устойчивых к активной рекреации (*Agrostis capillaris*, *Coccyganthe flos-cuculi*, *Deschampsia cespitosa*, *Juncus effusus*, *Luzula pallidula*, *Tussilago farfara*, *Veronica chamaedrys*, *Veronica officinalis*).

Мохово-лишайниковый ярус представлен зелеными мхами (ОПП 15–25%). Основу покрова составляют *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* и *Dicranum scoparium* со спорадическим вкраплением куртин *Polytrichum junipeinum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Rhytidiadelphus triquetrus* и *Sphagnum girgensohnii*. Большая часть лесных сообществ в пределах рассматриваемого участка находится на I–II стадиях рекреационной дигрессии, при которых изменения лесной среды обратимы и выражаются, главным образом, в нерегулируемом вытаптывании и повреждении стволов деревьев. Фрагменты ельников, находящиеся на границе с застройкой, трансформированы в большей степени и находятся на III стадии рекреационной дигрессии. Здесь уже в настоящее время необходимы меры по регулированию рекреационной нагрузки, а именно – организация дорожно-тропиночной сети, которая ограничит бессистемное вытаптывание живого напочвенного покрова.

На слабонарушенной территории заложено два почвенных

разреза в чернично-зеленомошных микрогруппировках. Почва – подзол иллювиально-железистый на завалуненных двучленных отложениях: песках, подстилаемыми в пределах метра суглинками. Морфологический профиль почв имеет следующее строение (рис. 4).

Формирующиеся почвы на слабонарушенном участке имеют более мощную лесную подстилку по сравнению с контролем. Это может быть связано с увеличением количества поступающего в экосистему опада хвойных деревьев, представленного ветками, сучьями, хвоей, древесной ветошью. Также неблагоприятные эдафические условия для произрастания растений могут вызвать поступление корневого опада вечнозеленых кустарничков, корневые системы которых локализованы в подстилке. При данном уровне азотного баланса микробиота не может выполнять в полном объеме свои экологические функции, микробная трансформация органического вещества заторможена, происходит накопление лесных подстилок.

Химические свойства почв на слабонарушенной территории представлены в таблице 3. Исследуемые почвы характеризуются слабокислой реакцией: наиболее низкое значение pH в верхнем органогенном горизонте, с глубиной кислотность постепенно снижается. На обследуемом участке выявлена тенденция увеличения показателя зольности лесной подстилки. Являясь слоем детрита, она способна выполнять свои экологические функции. Однако при достижении зольности 50%, по классификации грунтов, лесная подстилка переходит в органоминеральный субстрат ([ГОСТ 25100-2020](#)). В этой связи необходимо наблюдать за данным показателем почв. В перераспределении беззольной компоненты в минеральной части профиля почв также были выявлены изменения, выражающиеся в снижении ее содержания.

В целом показатели pH, содержание элементов-биофилов, зольность отражают свойства почв данного типа, однако отмечена тенденция их изменения по сравнению с почвами контрольной ненарушенной территории.



Рис. 4. Подзол иллювиально-железистый (разрез № 1)
Fig. 4. Ferric Illuvial Podzol (soil pit No. 1)

О – 0–15 см, лесная подстилка, бурая, рыхлое сложение, опад растений находится на различных стадиях разложения, состоит из опада ели, шишек, сфагнового мха, разнотравья, отмерших веток и листьев кустарничков, горизонт густо пронизан корнями кустарничков, свежий, встречаются копролиты червей, переход в нижележащий горизонт по цвету и по плотности сложения, граница перехода в нижележащий горизонт затечная;

Е – 15–25 см, светло-серых тонов, самый светлоокрашенный горизонт в профиле почв, свежий, уплотнен, структурные агрегаты слабо сцементированные, однородный по цвету и структуре, песчаный, корней нет, переход постепенный по цвету, граница перехода размытая;

BF – 25–38 см, светло-коричневых тонов, свежий, песчаный, встречаются выходы корней, по всему горизонту мелкие камни, переход по цвету равномерный, граница перехода постепенная;

BF2 – 38–49 см, серо-коричневых тонов, свежий, песчаный, уплотненный, пронизан мелкими корнями растений, камни более крупных размеров, переход в нижележащий горизонт по цвету не ясный, граница перехода размытая;

BC – 49–55 см, переходный горизонт, темно-серый, влажный, уплотнен, по всему горизонту встречаются крупные камни, корней нет, ясный переход по цвету, граница перехода размытая;

С – 55–65 см и глубже, темно-серых тонов, сырой, суглинистый, более плотный, чем вышележащий горизонт, встречаются многочисленные ржавые пятна окиси железа по всей нижней части профиля почв, встречаются крупные камни.

Это свидетельствует, с одной стороны, о генетическом родстве исследуемых почв, а, с другой – об экологически неоднородных условиях вследствие антропогенного воздействия, в которых идет их формирование на современном этапе развития фитокомплекса.

Оценка эколого-рекреационного потенциала лесного массива показала, что обследуемый древостой нуждается в мероприятиях по улучшению санитарно-гигиенических и эстетических функций. Это предполагает создание дренажной канавы на границе древостоя, а также предотвращение эрозии почв около канавного пространства путем посадки устойчивых к эрозии древесных пород (сосна обыкновенная, различные виды ив), а также посева многолетних трав.

Почвенно-экологическая оценка участка с разрушенной лесной экосистемой. Территория обследуемого лесного участка характеризуется полным уничтожением древесной и напочвенной растительности. Почвенный покров в данном случае утратил свой первоначальный облик и представляет собой нарушенный профиль без отдельных генетических горизонтов – органолитострат (рис. 5). Разрезы заложены в различных частях участка, испытывающего максимальное антропогенное воздействие. В данном случае морфологическое описание и отбор почвенных образцов проводили по слоям.

Профиль органолитострата сформирован из отвалов естественных грунтов, образовавшихся при разработке данной территории под строительство (валка деревьев, выкорчевывание пней, вырубка кустов, удаление крупных валунов, выравнивание участка). Верхний органогенный горизонт полностью отсутствует. По всей глубине разреза наблюдали большое количество камней, антропогенных включений: бытовой и строительный мусор, остатки арматуры и другие техногенные артефакты. Также по профилю встречаются остатки лесной подстилки (черные комки органической массы), которые в результате проведения строительных работ перемешаны с минеральной толщей. На глубине 60–70 см была обнаружена верховодка.



Рис. 5. Органолитострат (разрез № 5)

Fig. 5. Organolitostrat (soil pit No. 5)

0–10 см, темно-коричневых тонов, свежий, рыхлый, бесструктурный, песчаный, корней нет, мелкие камни встречаются в верхней части профиля;

10–20 см, темно-коричневый, свежий, рыхлый, бесструктурный, песчаный, нет корней, остатки строительного мусора (битый кирпич);

20–30 см, светло- и темно-коричневых тонов, свежий, рыхлый, бесструктурный, песчаный, корни мертвой растительности, остатки строительного мусора (битый кирпич);

30–40 см, светло- и темно-коричневых тонов, сырой, рыхлый, бесструктурный, песчаный, корней нет, камни и валуны различных размеров, угли, черные включения органической массы;

40–50 см, светло- и темно-коричневых тонов, мокрый, рыхлый, бесструктурный, суглинистый, корни мертвых растений, камни различных размеров.

Органолитострат на обследуемом участке характеризуется слабощелочной реакцией среды (табл. 3), что свидетельствует об отсутствии влияния биотической компоненты на почвообразовательный процесс. Подщелачивание почв обусловлено, возможно, осаждением строительной пыли, содержащей карбонаты кальция и магния. Монотонный характер распределения по глубине показателя зольности указывает на техногенный характер происхождения профиля.

Низкое содержание углерода и азота, вызванное отсут-

ствием, как отмечено выше, древостоя и растений напочвенного покрова, свидетельствует о невысокой трофообеспеченности грунта. Однако на глубине 30–40 см выявлено увеличение содержания углерода до 3,3%. Это связано с импрегнацией органического вещества, представленного, как было упомянуто ранее, остатками лесной подстилки, древесной ветошью. При уплотнении горизонтов, отсутствии кислорода, изменении окислительно-восстановительного потенциала педосферы органическое вещество могло быть законсервировано в нижних горизонтах и не вовлекаться в общий круговорот веществ.

В целом исследуемые почвы до вовлечения их в хозяйственную деятельность обладали достаточно мощным слоем лесной подстилки (О), высоким содержанием органического вещества, что обеспечивало развитие высокопродуктивного древостоя. В настоящее время естественный почвенный покров полностью нарушен. Обнажение почвообразующей породы, упрощение морфологического строения и снижение плодородия почв в данном случае является последствием антропогенеза, что приводит к деградации природной среды.

На территории Карелии зональными почвами являются почвы Al-Fe-гумусового генезиса, которые постоянно подвергаются природно-антропогенному воздействию (урбанизация, вырубки, пожары и пр.), в результате чего нарушается их естественное морфологическое строение. По данному критериальному признаку такие антропогенно нарушенные почвы в современной Классификации почв России ([Классификация..., 2004](#)) в зависимости от интенсивности и характера техногенного воздействия могут быть отнесены к антропогенно-преобразованным почвам или техногенным поверхностным образованиям. Исследованные почвы на участке с разрушенной лесной экосистемой, минуя стадию антропогенно-преобразованных почв, трансформировались в техногенные поверхностные образования. Естественное восстановление таких почв проходит достаточно медленно, однако, при соблюдении рекомендаций по охране природной среды процесс реабилитации можно ускорить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фоновые почвы ненарушенных лесных экосистем представлены подзолами иллювиально-железистыми, сформировавшимися под еловыми древостоями. Они выполняют свои экологические функции, обеспечивая высокую продуктивность древесных насаждений. Лесные массивы, примыкающие к исследуемой антропогенно нарушенной территории, представлены елово-лиственными древостоями. Большинство из них находится на переходной от I–II к III стадии рекреационной дигрессии и уже в настоящее время нуждается в благоустройстве (создании оборудованной дорожно-тропиночной сети), которое обеспечит сохранность естественной структуры фитоценозов и увеличит их способность к выполнению защитных и эстетических функций. Почвы слабонарушенных участков леса обладают комплексом свойств, с одной стороны, характерных для фоновых региональных почв (сильная каменистость, кислая реакция среды, легкий гранулометрический состав, невысокое содержание органического вещества), с другой стороны, отличающихся некоторыми специфическими особенностями, обусловленными антропогенным воздействием (изменение мощности и зольности лесной подстилки). Так на выделенных под строительство участках, где на момент проведения исследования лесная экосистема была разрушена, естественные зональные почвы полностью уничтожены, свойственные им генетические горизонты не диагностируются. По своим основным морфологическим и химическим свойствам данные образования, в соответствии Классификацией почв России ([Классификация..., 2004](#)), отнесены к подгруппе органолитостратов техногенно поверхностных образований.

Для улучшения санитарно-гигиенических и эстетических функций лесного массива, прилегающего к обследуемой территории, можно рекомендовать создание дренажной канавы на границе древостоя. С целью предотвращения эрозии почв околоснавного пространства следует запланировать мероприятия по созданию посадок, состоящих из устойчивых к эрозии древесных пород (сосна обыкновенная, различные виды ив). Также в качестве одной из действенных мер по восстановлению нарушенной террито-

рии можно рекомендовать посев многолетних трав, корневые системы которых способны закреплять почву, а наличие пожнивных остатков позволит изменить направление микробиологических внутрипочвенных процессов, повышающих плодородие почв. Это обеспечит оптимизацию состояния фитоценоза, гомеостаз всей урбозкосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабинцева Р.М., Горбачев В.Н., Лебедева А.А.* Применение методов картографии при планировании и ведении лесопаркового хозяйства // Известия ОГАУ. 2008. № 19–1. С. 45–48.
2. *Васенев В.И., Ван Ауденховен А.П., Ромзайкина О.Н., Гаджиагаева Р.А.* Экологические функции и экосистемные сервисы городских и техногенных почв: от теории к практическому применению (обзор) // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1177–1191.
3. *ГОСТ 17.4.3.01-2017* Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб.
4. *ГОСТ 25100-2020* Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация.
5. *ГОСТ 26423-85* Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
6. *ГОСТ 27784-88* Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
7. Климат Петрозаводска / ред. Ц.А. Швер. Л., 1982. 210 с.
8. *Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Глебова О.В., Сурова Н.А., Сидоренко М.В., Юнина В.П.* Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М.: Наука; МАИК “Наука/Интерпериодика”, 2000. 286 с.
9. *Лантратова А.С., Ициксон Е.Е., Марковская Е.Ф., Куспак Н.В.* Сады и парки в истории Петрозаводска. Петрозаводск: ПетроПресс, 2003. 160 с.
10. Лесные экосистемы и урбанизация / ред. Л.П. Рысин. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 226 с.
11. *Медведева М.В., Новиков С.Г., Федорец Н.Г.* Экологическая оценка состояния почв промышленной зоны города Петрозаводска // Проблемы региональной экологии. 2015. № 2. С. 6–10.
12. *Моисеев В.С., Тюльпанов Н.М., Яновский Л.Н.* Ландшафтная таксация и формирование насаждений пригородных зон. Л.: Стройиздат, 1977. 224 с.

13. *Моисеев В.С., Яновский Л.Н., Максимов В.А.* Строительство и реконструкция лесопарковых зон: на примере Ленинграда. Л.: Стройиздат, 1990. 288 с.
14. Наставления по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации. М., 1993. 71 с.
15. *Новиков С.Г.* Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв различных категорий землепользования на территории города Петрозаводска // Труды КарНЦ РАН. № 1. Сер. Экологические исследования. 2015. С. 78–85. DOI: [10.17076/eco23](https://doi.org/10.17076/eco23).
16. *Ольхин Ю.В., Ольхина Е.С.* Рост вегетативных органов *Picea abies* (L.) Karst под влиянием рекреации в различных условиях произрастания // Resources and Technology. 2008. Т. 7. С. 89–92.
17. Полевая геоботаника. М., 1964. Т. 3. 530 с.
18. *Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А.* Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосквья. М.: Наука, 1981. 144 с.
19. Постановление Законодательного Собрания Республики Карелия от 19 апреля 2018 года N 643-VI ЗС О создании лесопаркового зеленого пояса вокруг города Петрозаводска и о его площади. URL: <http://ecology.gov.karelia.ru/about/6871/>.
20. Почва. Город. Экология / ред. Г.В. Добровольский, М.Н. Строганова. М.: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. 320 с.
21. Путеводитель экскурсий. Карелия. Межд. союз по изучению четвертичного периода. XI конгресс. М., 1982. 47 с.
22. *Россомахин В.И.* Рекреационное использование пригородных лесов г. Ленинграда // Лесохозяйственная информация, ЦБНТИлесхоз. № 7. М., 1978. 7 с.
23. *Рысин Л.П.* Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 5–20.
24. *Сорокина Е.П., Богачкова Б.И.* Анализ состояния здоровья населения промышленного города в связи с техногенным загрязнением городской территории // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения. М.: ИМ-ГРЭ, 1991. С. 158–161.
25. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М., 1961. 144 с.
26. *Федорец Н.Г.* Полевая практика по лесному почвоведению для студентов лесохозяйственных специальностей (учебно-методическое пособие). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 56 с.
27. *Федорец Н.Г., Медведева М.В.* Экологическая оценка состояния почв города Петрозаводска. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 96 с.

28. Федорец Н.Г., Морозова Р.М. Трансформация минеральных веществ и ее роль в формировании почвенного плодородия // Эколого-геохимические и биологические закономерности почвообразования в таежных лесных экосистемах: Сб. статей. Петрозаводск, 2009. С. 8–17.
29. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
30. Яшин И.М., Кузнецов П.В., Петухова А.А. Экологическая оценка почв и лесопарков фаций Петрозаводска // Известия ТСХА. Вып. 4. 2011. С. 30–43.
31. Burghardt W. Soils in urban and industrial environments // Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 1994. Vol. 157. P. 205–214. DOI: [10.1002/jpln.19941570308](https://doi.org/10.1002/jpln.19941570308).
32. Da Silva R.T., Fleskens L., Van Delden H., Van Der Ploeg M. Incorporating soil ecosystem services into urban planning: status, challenges and opportunities // Landscape Ecol. 2018. Vol. 33. Iss. 7. P. 1087–1102.
33. Li G., Sun G.X., Ren Y., Luo X.S., Zhu Y.G. Urban soil and human health: a review // Eur. J. Soil Sci. 2018. Vol. 69. Iss. 1. P. 196–215.
34. Luo X., Yu S., Li X. Distribution, availability, and sources of trace metals in different particle size fractions of urban soils in Hong Kong: implications for assessing the risk to human health // Environmental Pollution. 2011. Vol. 159. No. 5. P. 1317–1326. DOI: [10.1016/j.envpol.2011.01.013](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.013).
35. O’Riordan R., Davies J., Stevens C., Quinton J.N., Boyko C. The ecosystem services of urban soils: A review // Geoderma. 2021. Vol. 395. 115076. DOI: [10.1016/j.geoderma.2021.115076](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115076).
36. Pavao-Zuckerman M.A. The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities // Restoration Ecology. 2008. No. 4. P. 642–649. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x).
37. Shi B., Tang C.-S., Gao L., Liu Ch., Wang B.-J. Observation and analysis of the urban heat island effect on soil in Nanjing, China // Environmental Earth Sciences. 2012. Vol. 67. Iss. 1. P. 215–229.
38. Soils within Cities. Global approaches to their sustainable management – composition, properties, and functions of soils of the urban environment / eds. Levin M.J., Kim K.-H.J., Morel J.L., Burghardt W., Charzynski P., Shaw R.K. Schweizerbart Science Publ., 2017. 253 p.

REFERENCES

1. Babintseva R.M., Gorbachev V.N., Lebedeva A.A., Primenenie metodov kartografii pri planirovanii i vedenii lesoparkovogo khozyaistva (Application

- of cartographic methods in planning and maintaining forest parks), *Izvestiya OGAU*, 2008, No. 19–1, pp. 45–48.
2. Vasenev V.I., Romzaykina O.N., Hajiaghaeva R.A., Van Oudenhoven A.P.E., The ecological functions and ecosystem services of urban and technogenic soils: from theory to practice (a review), *Eurasian soil science*, 2018, Vol. 51(10), pp. 1119–1132, DOI: [10.1134/S1064229318100137](https://doi.org/10.1134/S1064229318100137).
3. State Standard, GOST 17.4.3.01-2017 Nature Conservation (SSOP). Soils. General requirements for sampling.
4. State Standard, GOST 25100-2020 Interstate standard. Soils. Classification.
5. State Standard, GOST 26423-85 Soils. Methods for determination of electrical conductivity, pH and solid residue of aqueous extract.
6. State Standard, GOST 27784-88 Soils. Method for determining the ash content of peat and peat soil horizons.
7. Shver Ts.A. (Ed.), *Climate of Petrozavodsk*, Leningrad, 1982, 210 p.
8. Kolomyts E.G., Rosenberg G.S., Glebova O.V., Surova N.A., Sidorenko M.V., Yunina V.P., *Prirodnyi kompleks bol'shogo goroda: Landshaftno-ekologicheskii analiz* (Natural complex of a big city: Landscape-ecological analysis), Moscow: Nauka; MAIK "Nauka/Interperiodika", 2000, 286 p.
9. Lantratova A.S., Itsikson E.E., Markovskaya E.F., Kuspak N.V., *Sady i parki v istorii Petrozavodsk* (Gardens and parks in the history of Petrozavodsk), Petrozavodsk: PetroPress, 2003, 160 p.
10. Rysin L.P. (Ed.), *Lesnye ekosistemy i urbanizatsiya* (Forest ecosystems and urbanization), Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008, 226 p.
11. Medvedeva M.V., Novikov S.G., Fedorets N.G., *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya pochv promyshlennoi zony goroda Petrozavodsk* (Ecological assessment of soils in the industrial zone of the city of Petrozavodsk), *Problemy regional'noi ekologii*, 2015, No. 2, pp. 6–10.
12. Moiseev V.S., Tyulpanov N.M., Yanovskiy L.N., *Landshaftnaya taksatsiya i formirovanie nasazhdenii prigorodnykh zon* (Landscape taxation and the formation of plantings in suburban areas), Leningrad: Stroyizdat, 1977, 224 p.
13. Moiseev V.S., Yanovsky L.N., Maksimov V.A., *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya lesoparkovykh zon: na primere Leningrada* (Construction and reconstruction of forest park zones: the case of Leningrad), Leningrad: Stroyizdat, 1990, 288 p.
14. Instructions on Allocation and Taxation of Cutting Areas in the Forests of the Russian Federation, Moscow, 1993, 71 p.

15. Novikov S.G., Assessment of heavy metal contamination in soils of different land use types in Petrozavodsk, *Trudy KarNTs RAN*, 2015, No. 1, Ser. Ekologicheskie issledovaniya, pp. 78–85, DOI: [10.17076/eco23](https://doi.org/10.17076/eco23).
16. Olkhin Yu.V., Olkhina E.S., Growth of vegetative organs of *Picea abies* (L.) Karst under the influence of recreation in different growing conditions, *Resources and Technology*, 2008, Vol. 7, pp. 89–92.
17. *Field geobotany*, Moscow, 1964, Vol. 3, 530 p.
18. Polyakova G.A., Malysheva T.V., Flerov A.A., *Antropogennoe vliyanie na osnovnye lesa Podmoskov'ya* (Anthropogenic influence on the pine forests of the Moscow region), Moscow: Nauka, 1981, 144 p.
19. Resolution of the Legislative Assembly of the Republic of Karelia of April 19, 2018 N 643-VI 3C On the creation of a forest-park green belt around the city of Petrozavodsk and its area, URL: <http://ecology.gov.karelia.ru/about/6871/>.
20. Dobrovolsky G.V. (Ed.), *Pochva. Gorod. Ekologiya* (Soil, City, Ecology), Moscow: Fond “Za ekonomicheskuyu gramotnost’”, 1997, 320 p.
21. *Putevoditel' ekskursii. Kareliya* (Excursion guide. Karelia. International Union for the Study of the Quaternary), XI Congress, Moscow, 1982, 47 p.
22. Rossomakhin V.I., *Rekreatsionnoe ispol'zovanie prigorodnykh lesov g. Leningrada* (Recreational use of the suburban forests of Leningrad), *Lesokhozyaistvennaya informatsiya, TsBNTIleskhoz*, Moscow, 1978, No. 7, 7 p.
23. Rysin L.P., *Rekreatsionnye lesa i problema optimizatsii rekreatsionnogo lesopol'zovaniya* (Recreational forests and the problem of optimization of recreational forest management), In: *Rekreatsionnoe lesopol'zovanie v SSSR* (Recreational forest management in the USSR), Moscow: Nauka, 1983, pp. 5–20.
24. Sorokina E.P., Bogachkova B.I., *Analiz sostoyaniya zdorov'ya naseleniya promyshlennogo goroda v svyazi s tekhnogennym zagryazneniem gorodskoi territorii* (Analysis of the health status of the population of an industrial city in connection with the technogenic pollution of the urban area), In: *Ekologo-geokhimicheskii analiz tekhnogennogo zagryazneniya* (Ecological and geochemical analysis of technogenic pollution), Moscow: IM-GRE, 1991, pp. 158–161.
25. Sukachev V.N., Zonn S.V., *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* (Methodical instructions for the study of forest types), Moscow: 1961, 144 p.
26. Fedorets N.G., *Polevaya praktika po lesnomu pochvovedeniyu dlya studentov lesokhozyaistvennykh spetsial'nostei (uchebno-metodicheskoe posobie)* (Field practice in forest soil science for students of forestry

- specialties (teaching aid)), Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2010, 56 p.
27. Fedorets N.G., Medvedeva M.V., *Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya pochv goroda Petrozavodsk* (Environmental assessment of the state of soils in the city of Petrozavodsk), Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2005, 96 p.
28. Fedorets N.G., Morozova R.M., Transformatsiya mineral'nykh veshchestv i ee rol' v formirovaniі pochvennogo plodorodiya (Transformation of mineral substances and its role in the formation of soil fertility), In: *Ekologo-geokhimicheskie i biologicheskie zakonomernosti pochvoobrazovaniya v taezhnykh lesnykh ekosistemakh* (Ecological-geochemical and biological patterns of soil formation in taiga forest ecosystems), Collection of articles 6 Petrozavodsk, 2009, pp. 8–17.
29. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I., *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* (Classification and Diagnostics of Soils of Russia), Smolensk: Oikumena, 2004, 342 p.
30. Yashin I.M., Kuznetsov P.V., Petukhova A.A., *Ekologicheskaya otsenka pochv i lesoparkov fatsii Petrozavodsk* (Ecological assessment of soils and forest parks of facies of Petrozavodsk), *Izvestiya TSKhA*, Iss. 4, 2011, pp. 30–43.
31. Burghardt W., Soils in urban and industrial environments, *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.*, 1994, Vol. 157, pp. 205–214, DOI: [10.1002/jpln.19941570308](https://doi.org/10.1002/jpln.19941570308).
32. Da Silva R.T., Fleskens L., Van Delden H., Van Der Ploeg M., Incorporating soil ecosystem services into urban planning: status, challenges and opportunities, *Landscape Ecol.*, 2018, Vol. 33, Iss. 7, pp. 1087–1102.
33. Li G., Sun G.X., Ren Y., Luo X.S., Zhu Y.G., Urban soil and human health: a review, *Eur. J. Soil Sci.*, 2018, Vol. 69, Iss. 1, pp. 196–215.
34. Luo X., Yu S., Li X., Distribution, availability, and sources of trace metals in different particle size fractions of urban soils in Hong Kong: implications for assessing the risk to human health, *Environmental Pollution*, 2011, Vol. 159, No. 5, pp. 1317–1326, DOI: [10.1016/j.envpol.2011.01.013](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.013).
35. O'Riordan R., Davies J., Stevens C., Quinton J.N., Boyko C., The ecosystem services of urban soils: A review, *Geoderma*, 2021, Vol. 395, 115076, DOI: [10.1016/j.geoderma.2021.115076](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115076).
36. Pavao-Zuckerman M.A., The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities, *Restoration Ecology*, 2008, No. 4, pp. 642–649, DOI: [10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x).
37. Shi B., Tang C.-S., Gao L., Liu Ch., Wang B.-J., Observation and analysis of the urban heat island effect on soil in Nanjing, China, *Environmental Earth Sciences*, 2012, Vol. 67, Iss. 1, pp. 215–229.

38. *Soils within Cities*. Global approaches to their sustainable management – composition, properties, and functions of soils of the urban environment, Levin M.J., Kim K.-H.J., Morel J.L., Burghardt W., Charzynski P., Shaw R.K. (Eds), Schweizerbart Science Publ., 2017. 253 p.

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-83-103



Ссылки для цитирования:

Столбовой В.С., Петросян Р.Д., Шилов П.М., Лукьянов С.Н. Повышение эффективности вложений на обследование неиспользуемых земель в целях их возвращения в сельскохозяйственный оборот // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 83-103. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-83-103

Cite this article as:

Stolbovoy V.S., Petrosyan R.D., Shilov P.M., Lukianov S.N., Increasing the efficiency of investments on survey of abundant land for their return to agricultural use, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 83-103, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-83-103

Повышение эффективности вложений на обследование неиспользуемых земель в целях их возвращения в сельскохозяйственный оборот

© 2021 г. В. С. Столбовой^{1*}, Р. Д. Петросян²,
П. М. Шилов^{1**}, С. Н. Лукьянов³

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

*e-mail: vladimir.stolbovoy@gmail.com,

**e-mail: pavelshilov@gmail.com.

²ФГБНУ “Верхневолжский ФАНЦ”, Россия,
601261, Владимирская обл., Суздальский р-н,

Новый п., ул. Центральная, 3,

e-mail: mail@vnish.org.

³ФГБУ ЦАС “Владимирский”, Россия,
600027, г. Владимир, ул. Соколова-Соколенка, д. 26-а.

Поступила в редакцию 10.05.2021, принята к публикации 16.06.2021

Резюме: “Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации” на 2021–2030 гг.” предполагает возвращение 12 млн га из 44 млн га всех неиспользуемых земель РФ. Затраты на обследование 12 млн га могут рассматриваться производительными, в то время как расходы на обследование остальных

32 млн га, возвращение которых в сельскохозяйственное производство не запланировано, следует относить к непроизводительным. Использование разработанной ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева” новой геоинформационной базы почвенно-ресурсных данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” (БД ПСХР) позволяет сэкономить непроизводительные расходы и тем самым повысить эффективность вложений на обследование неиспользуемых участков в целях их возвращения в сельскохозяйственный оборот. На примере Владимирской области, типичного для РФ региона распространения неиспользуемых земель, продемонстрирован подход для ранжирования неиспользуемых участков по качеству почв для определения очередности их вовлечения в сельскохозяйственный оборот. Критериями качества почв приняты бонитет и нормативная урожайность зерновых культур, которые входят в БД ПСХР. К производительным расходам на обследование неиспользуемых участков предлагается отнести почвы первой очереди возвращения в сельскохозяйственный оборот. Эти почвы занимают 25% фонда неиспользуемых земель области. Почвы относятся к лучшим, имеют бонитет выше 40 баллов и нормативную урожайность зерновых культур более 20 ц/га. Стоимость обследования земель первой очереди возвращения в сельскохозяйственный оборот составляет 10 млн 80 тыс. рублей. Обследование неиспользуемых участков II–IV очередей вовлечения в сельскохозяйственный оборот, имеющих почвы относительно худшего качества, предлагается проводить в случае расширения государственной программы в будущем. Это позволит сэкономить непроизводительные расходы на обследование неиспользуемых участков для Владимирской области на 30 млн 165.5 тыс. рублей. Использование предложенного геоинформационного подхода позволяет сократить непроизводительные расходы на обследование неиспользуемых земель в РФ на сумму порядка 5 600 млн рублей.

Ключевые слова: качество почв, бонитет, нормативная урожайность зерновых культур, геоинформационные технологии, неиспользуемые земли, непроизводительные затраты на обследование почв.

Increasing the efficiency of investments on survey of abundant land for their return to agricultural use

© 2021 V. S. Stolbovoy^{1*}, R. D. Petrosyan²,
P. M. Shilov^{1**}, S. N. Lukianov³

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,*

** e-mail: vladimir.stolbovoy@gmail.com,*

*** e-mail: pavelshilovv@gmail.com.*

²*“Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center”,
3 Tsentralnaya St., Noviy settlement 601261, Suzdal district,
Vladimir region, Russian Federation,*

e-mail: mail@vnish.org.

³*Federal State Budget Institution,
Center of Agrochemical Service (CAS) “Vladimirskiy”,
26-a Sokolova-Sokolenka St., Vladimir 600027, Russian Federation.*

Received 10.05.2021, Accepted 16.06.2021

Abstract: The “State program for the effective involvement of abundant agricultural land in the use and the development of the reclamation complex of the Russian Federation” for 2021–2030” assumes the return of 12 million hectares out of 44 million hectares of all abandoned agricultural land (AAL) in the Russian Federation. The costs of 12 million hectares survey can be considered productive, while the costs of surveying the remaining 32 million hectares should be considered unproductive. The application of the new geoinformation database of “Soils of agricultural lands of the Russian Federation” (DB SALRU) developed by the Federal Research Centre “V.V Dokuchaev Soil Science Institute” allows reduction of unproductive costs. By the example of the Vladimir region, a typical Russian region with AAL, the option of ranking AAL by their quality was demonstrated to determine the order of their return to agricultural use. The soil quality criteria are the bonitet and the normative yield of grain crops, which are part of the DB SALRU. It is proposed to consider the expenditures on the survey of AAL for the soils, which are first to be returned to agricultural use, as productive costs. These soils occupy 25% of the AAL of the region. The best quality soils are characterized by more than 40 points of bonitet and the standard yield of grain crops of more than 20 centners/ha. The cost of surveying the lands of the first order of returning to agricultural use is 10 million 80 thousand rubles. Survey of AAL soils of II–IV orders of involvement in agricultural use, with relatively poor quality compared to the soils of the first order, is proposed to be conducted in the case of expansion of the State program in the future. This would save the unproductive expenses for the survey of AAL for the Vladimir region by 30 million 165.5 thousand rubles. The application of the proposed GIS-approach makes it possible to reduce unproductive expenses for the survey of AAL in the Russian Federation nearly by 5.600 million rubles.

Keywords: soil quality, bonitet, standard yield of grains, GIS-technology, abandoned agricultural land, unproductive costs of soil survey.

ВВЕДЕНИЕ

Перестроечные социально-экономические преобразования 90-х годов прошлого века привели к сокращению площадей земель, используемых в сельскохозяйственном производстве. Согласно Постановлению Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1482 “О признаках неиспользования земельных участков...” ([Постановление Правительства..., 2020](#)), неиспользуемым считается участок, на половине которого (и более) отмечено зарастание сорными растениями, а на особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодьях – более чем на 20% площади, а также на котором отмечено наличие постройки, имеющей признаки самовольной, захламление более 20% территории, загрязнение химическими веществами.

К основным причинам сокращения обрабатываемых земель относят низкий социально-экономический потенциал территорий, недостаточное техническое и материальное обеспечение населения средствами сельскохозяйственного производства и др. Переход на рыночные основы производства также сделал не рентабельным использование сельскохозяйственных угодий с низким плодородием почв и удаленным расположением полей. Иными словами, рентный доход сельхозпроизводителей на почвах с неудовлетворительным качеством оказался ниже затрат на их обработку. Очевидно, что решение задачи возвращения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель требует устранения комплекса причин их забрасывания. При этом следует отметить, что вложение ресурсов в вовлечение в сельхозоборот залежей, имеющих низкое качество почв, часто экономически не целесообразно.

[МСХ РФ](#) разработало государственную Программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса ([Государственная программа..., 2020](#)). Согласно проекту постановления Правительства РФ, период реализации отмеченной выше Программы включает 2021–2030 гг. Стоимость Программы пре-

вышает 1.41 трлн руб., в том числе около 887.9 млрд руб. составляют расходы федерального бюджета. Уже в 2021 г. на Программу должно быть выделено 171.1 млрд руб. Из этой суммы 100.6 млрд руб. составят средства федерального бюджета. Программа предусматривает вовлечение в оборот к 2030 г. не менее 12 млн га из 44 млн га всех неиспользуемых земель в РФ. Согласно планам Правительства РФ ([Абрамченко, 2020](#)), использование дополнительной площади обрабатываемых земель позволит к 2024 г. произвести продукцию АПК на сумму \$45 млрд. Для достижения поставленной цели Правительство РФ планирует провести масштабную инвентаризацию неиспользуемых земель для того, чтобы выявить конкретные, наиболее перспективные для сельхозпроизводства земельные участки. Критериями выбора пригодных для Программы участков выступают плодородие и высокий бонитет почв ([Шокурова, 2020](#)). Следует подчеркнуть, что государственная Программа ([Государственная программа..., 2020](#)) получила широкую поддержку в регионах. В связи с этим количество вовлеченных в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель принято в качестве одного из важных показателей эффективности региональной политики развития агропромышленного комплекса ([Государственная программа развития..., 2018](#)).

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы предложить подход для снижения расходов на обследование неиспользуемых участков в целях их возвращения в сельскохозяйственный оборот.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основе новой геоинформационной базы почвенно-ресурсных данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” (БД ПСХР). Последняя разработана Федеральным Исследовательским Центром “Почвенный институт им. В.В. Докучаева” на платформе ЕГРПР ([ЕГРПР, 2014](#)). БД ПСХР – это новая генерация интегрированных (включающих комплекс природных и природно-хозяйственных характеристик) отраслевых баз почвенно-ресурсных данных федерального уровня, имеющих цель почвенно-информационного сопровождения государственной политики сельскохозяйственного производства в области рационального использования и охраны почв. БД ПСХР включает 10 107 типо-

логических единиц качества почв (ТЕКП) сельскохозяйственных угодий РФ, которые связаны с 54 695 картографическими единицами качества почв (КЕКП). Интеграция природных и природно-хозяйственных данных осуществлена в среде QGIS. БД ПСХР также включает расчетные показатели качества почв, выраженные в баллах бонитета почв в нормативной урожайности зерновых культур ([Столбовой, Гребенников, 2020](#); [Столбовой и др., 2021](#); [Реестр индикаторов..., 2021](#)). Таким образом, БД ПСХР содержит пространственно-распределенные критерии качества почв необходимые для обоснования выбора земель для их возвращения в сельскохозяйственный оборот ([Государственная программа..., 2020](#); [Шокурова, 2020](#)).

Расчеты показателей качества почв проводились на базе утвержденных Федеральной службой земельного кадастра России методических рекомендаций ([Методические указания..., 2003](#)) и принятого Министерством экономического развития метода кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения ([Приказ Министерства..., 2017](#)). В основе методических рекомендаций лежит мультипликативная (детерминированная факторная) модель расчета качества почв (МРНУ) ([Сапожников, Носов, 2012](#)), которая имеет структуру:

$$U_n = [33,2 \times 1,4] \times \left(\frac{АП}{10} \right) \times (K_1 \times K_2 \times K_3) \times (K_4) \quad [1],$$

где U_n – нормативная урожайность зерновых культур, ц/га;

$[33,2 \times 1,4]$ – блок пересчета баллов относительного качества почв (бонитета) в нормативную урожайность зерновых культур, где

33,2 – нормативная урожайность (ц/га) зерновых культур на эталонной почве, полученная при применении среднего уровня зональных технологий при базовом значении АП (10,0);

1,4 – коэффициент пересчета на уровень урожайности зерновых культур при интенсивной технологии возделывания;

$\left[\left(\frac{АП}{10} \right) \times (K_1 \times K_2 \times K_3) \times (K_4) \right]$ – модуль расчета отно-

сительного качества почв, где

$\left[\frac{АП}{10} \right]$ – блок расчета агроклиматических показателей,

где

АП – величина местного агроклиматического потенциала для зерновых культур;

10,0 – базовое значение величины АП.

$[K_1 \times K_2 \times K_3]$ – блок расчета базовых свойств почв, где

K1 – содержание гумуса в пахотном слое;

K2 – мощность гумусового горизонта;

K3 – содержание физической глины в пахотном слое.

$[K_4]$ – блок расчета негативных показателей почв, где

K4 – блок расчета суммарного влияния негативных показателей почв.

Как видно из приведенного описания, МРНУ включает модуль расчета относительного качества почв (бонитет) и блок пересчета баллов бонитета в величину нормативной урожайности зерновых культур (ц/га). Последняя величина принята для экономической оценки земель сельскохозяйственного назначения ([Приказ Министерства..., 2017](#)). Главными преимуществами определения качества почв по модели МРНУ являются: 1) доступность данных, требуемых для работы модели; 2) использование относительно стабильных свойств почв; 3) периодическая (5-летний цикл) актуализация данных, требуемых для работы модели, в системе государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения; 4) представление всех почв земельных угодий страны в единой шкале относительного качества. Эталонной почвой в МРНУ ([Сапожников, Носов, 2012](#)) принят чернозем, сформированный на лёссе с содержанием 4% гумуса в пахотном слое, имеющий гумусовый горизонт мощностью 50 см и содержание физической глины 50%. Почвообразующий лёсс обладает оптималь-

ными тепловыми и водно-физическими свойствами (водопроницаемость 0.1–1.0 м/сут.) и хорошим внутренним дренажем. Эталонный чернозем не имеет негативных показателей почв, таких как эродированность, избыточное увлажнение, уплотнение, засоление, и др.

В исследовании также использованы данные новой цифровой региональной базы почвенно-ресурсных данных “Реестр почвенных ресурсов Владимирской области” (РПРВО), которая разработана ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева” совместно с Верхневолжским Федеральным Аграрным Центром. Данные инвентаризации неиспользуемых земель Владимирской области предоставлены ФГБУ Центр агрохимической службы “Владимирский”.

Особенности неиспользуемых земель. Основные площади неиспользованных земель входят в лесо-луговую зону подзолистых, дерново-подзолистых, бурых и серых лесных почв. Почвы сформировались под лесной растительностью в условиях промывного водного режима и ограниченной термообеспеченности. Перечисленные выше почвы характеризуются разнообразным гранулометрическим составом, включая суглинисто-глинистые и супесчано-песчаные разновидности. Для значительной части почв отмечается слоистость почвообразующих пород, которая препятствует свободному дренированию почвенного профиля. Последнее способствует формированию застойного водного режима, ухудшению аэрации, развитию переувлажнения и оглеения почв. В естественных условиях перечисленные выше почвы имеют маломощный гумусовый горизонт с низким содержанием органического вещества, ограниченные запасы питательных веществ, концентрирующихся в лесной подстилке, средне-, сильнокислую реакцию, ненасыщенность основаниями. Неиспользуемые почвы зарастают лесной кустарниково-древесной растительностью. Динамика характеристик неиспользуемых почв направлена на восстановление отмеченных выше свойств естественных почв лесолуговой зоны.

Владимирская область является одним из типичных примеров региона распространения неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Область входит в южную часть лесо-луговой зоны.

Пахотные угодья представлены текстурно-дифференцированными дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами.

По данным департамента сельского хозяйства и продовольствия Владимирской области, на 1 января 2019 г. из 560 тыс. га пашни в сельскохозяйственном обороте не используются 230 тыс. га, что составляет почти 40% пахотного фонда. Из этой площади 139 тыс. га не обрабатывались более 10 лет. В области принят ряд законодательных актов ([Закон Владимирской области..., 2019](#)) по передаче земель сельскохозяйственного назначения от 25 соток до 200 га сроком на 6 лет в безвозмездное пользование гражданам для осуществления деятельности крестьянскими фермерскими хозяйствами. Также приняты иные меры поддержки, например, погектарные выплаты на ввод в оборот неиспользуемых земель; возмещение части затрат на проведение агротехнических работ. В настоящее время создаются механизированные отряды с набором специализированной техники для оказания помощи хозяйствам по удалению древесно-кустарниковой растительности и др.

Администрация Владимирской области считает, что можно ввести в сельскохозяйственный оборот без значительных финансовых вложений около 90 тыс. га, что составляет почти 40% общей площади неиспользуемых земель. При этом основным критерием выбора участков для возвращения в сельскохозяйственный оборот рассматривается минимальная стоимость освоения неиспользуемых земель. Очевидно, что критерий себестоимости освоения не учитывает рекомендацию Правительства о выборе неиспользуемых земель лучшего качества ([Шокурова, 2020](#)). Использование критерия меньшей себестоимости освоения противоречит выполнению задачи, сформулированной МСХ РФ, состоящей в повышении экономической эффективности затрат на освоение неиспользуемых земель. Очевидно, что низкую себестоимость освоения могут иметь и неиспользованные земли худшего качества. Выбор неиспользуемых земель лучшего качества можно произвести на основе БД ПСХР (рис. 1).

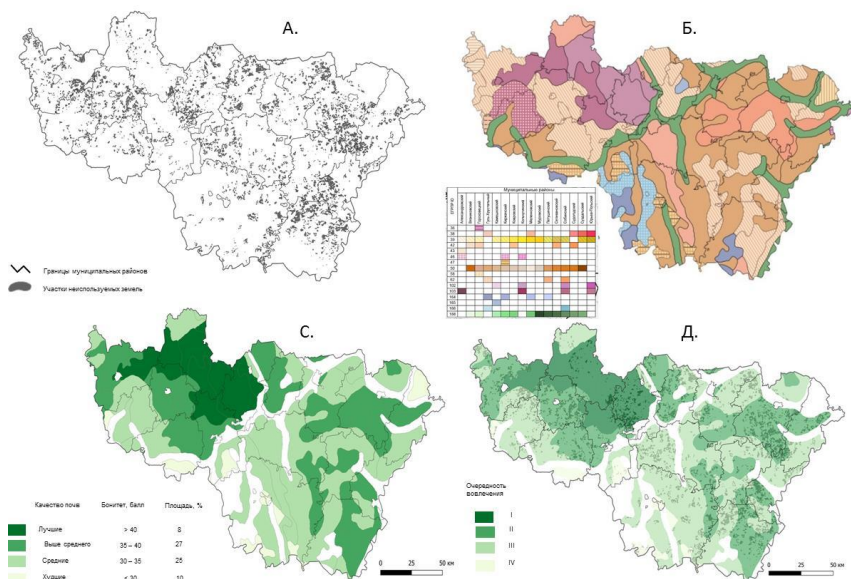


Рис. 1. Цифровые карты для оценки качества почв неиспользуемых участков Владимирской области: **А)** Пространственное распространение неиспользуемых участков; **Б)** Экспликация БД ПСХР “Картографические единицы качества почв”; **С)** Экспликация БД ПСХР “Качество почв сельскохозяйственных угодий РФ”; **Д)** Распределение неиспользуемых участков по категориям качества почв. Очередность вовлечения неиспользуемых участков в сельскохозяйственный оборот.

Fig. 1. Digital maps for assessment the soils quality on abandoned agricultural lands (AAL) in the Vladimir region: **A)** Spatial distribution of AAL; **Б)** Layout of the database Soils of agricultural lands of the Russian Federation “Mapping units of soil quality”; **С)** Layout of the database Soils of agricultural lands of the Russian Federation “Quality of soils of agricultural lands of Russia”; **Д)** Distribution of AAL by soil quality categories. Priority of AAL involvement in agricultural use.

На рисунке 1А представлена карта распределения неиспользуемых участков сельскохозяйственных земель по территории Владимирской области, согласно данным инвентаризации регионального Агрохимцентра. По нашим подсчетам, общее число неиспользуемых участков в области составляет 7 470, а средний размер одного неиспользуемого участка – 28 га. Участки неиспользованных земель распределены по территории области достаточно равномерно.

На рисунке 1Б приведена экспликация БД ПСХР “Картографические единицы качества почв” Владимирской области. На оси ординат матричной легенды карты показаны идентификационные номера (ID) ЕГРПР ([ЕГРПР, 2014](#)). На оси абсцисс приведены административные районы области. Общий взгляд на карту демонстрирует достаточно разнообразное распределение КЕКП по территории Владимирской области. Не вдаваясь в детали, заметим, что визуально рисунок пространственного распределения неиспользуемых участков не коррелирует с рисунком почвенного покрова области. Отмеченное несовпадение позволяет утверждать, что в случае Владимирской области вывод земель из сельскохозяйственного оборота не связан с почвенно-генетическим разнообразием территории.

Фрагментированный характер расположения участков неиспользованных земель, отсутствие их связи с почвенным покровом территории обосновывают необходимость проведения обследования всех неиспользуемых участков, как и предполагается государственной Программой ([Государственная программа..., 2020](#)). Существенным осложнением работы является необходимость индивидуального анализа данных каждого участка, включая сбор, обработку, хранение и представление полученных данных.

Вместе с тем увеличение расходов на фрагментированность неиспользуемых участков не предусмотрено. По данным Владимирского агрохимцентра, стоимость обследования 1 га сельскохозяйственных угодий составляет 175–179 руб.

На рисунке 1С показана экспликация фрагмента БД ПСХР, включающая раздел “Качество почв сельскохозяйственных угодий РФ” на территорию Владимирской области. Отметим, что БД ПСХР содержит характеристики относительного качества по 100-

балльной шкале бонитета для всех почв сельскохозяйственных угодий РФ. Для улучшения читаемости карты (рис. 1С) показана группировка почв сельскохозяйственных угодий области по 4 категориям качества: лучшие земли (темно-зеленый цвет), бонитет – более 40 баллов, доля площади – 8% сельскохозяйственных угодий; земли выше среднего качества (зеленый цвет), бонитет – 35–40 баллов, доля площади – 37% сельскохозяйственных угодий; земли среднего качества (светло-зеленый цвет), бонитет – 30–35 баллов, доля площади – 35% сельскохозяйственных угодий; худшие земли (желтовато-зеленый цвет), бонитет – менее 30 баллов, доля площади – 10% сельскохозяйственных угодий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наложение карты распространения участков неиспользуемых земель (рис. 1А) на карту качества почв сельскохозяйственных угодий (рис. 1С) создает карту распределения неиспользуемых участков по категориям качества почв (рис. 1Д). Результирующая карта выступает основой ранжирования неиспользуемых участков для определения очередности их возвращения в сельскохозяйственный оборот. Распределение неиспользуемых земель по категориям качества почв сельскохозяйственных угодий Владимирской области представлено в таблице 1.

Первую очередь (I) возвращения в сельскохозяйственный оборот (рис. 1С, табл. 1) составляют лучшие пахотные почвы, имеющие бонитет выше 40 баллов и нормативную урожайность зерновых культур более 20 ц/га. В эту группу входят светло-серые лесные и дерново-подзолистые преимущественно неглубоко подзолистые почвы. Перечисленные почвы занимают около 57.6 тыс. га неиспользуемых земель Владимирской области, что составляет около 25% общей площади последних. Отметим, что указанная доля неиспользуемых почв первой очереди возвращения во Владимирской области близка к запланированной МСХ РФ площади 12 млн. га из 44 млн. га (около 27%). Стоимость обследования (здесь и далее цена обследования принята 175 руб./га) составляет 10 млн 80 тыс. руб.

Таблица 1. Распределение неиспользуемых земель по категориям качества почв сельскохозяйственных угодий Владимирской области

Table 1. Ranking of abandoned agricultural lands (AAL) in terms of soil quality categories covering these lands in the Vladimir region

Очередность вовлечения / Качество	Бонитет, балл	Нормативная урожайность зерновых культур, ц/га	Неиспользуемые земли		
			Площадь, тыс. га	Доля, %	Стоимость обследования, тыс. руб.
I / Лучшие	> 40	> 20	57.6	25	10 080.0
II / Выше среднего	35–40	17.5–20	69.0	30	12 075.0
III / Средние	30–35	15–17.5	101.1	44	17 692.5
IV / Худшие	< 30	< 15	2.2	1	385.0
Сумма			229.9	100	40 232.5

Вторую очередь (II) возвращения в сельскохозяйственный оборот (рис. 1Д, табл. 1) включают почвы выше среднего качества, характеризующиеся бонитетом 35–40 баллов и нормативной урожайностью зерновых культур 17.5–20 ц/га. Почвы представлены дерново-подзолистыми преимущественно неглубоко подзолистыми и дерново-подзолистыми без разделения. Эти почвы занимают 69 тыс. га или 30% общей площади неиспользуемых земель. Стоимость обследования составляет 12 млн 75 тыс. руб.

К третьей очереди (III) возвращения в сельскохозяйственный оборот (рис. 1Д, табл. 1) отнесены дерново-подзолистые преимущественно мелко- и неглубоко подзолистые, дерново-подзолистые иллювиально-железистые, дерново-подзолистые преимущественно неглубоко подзолистые почвы. Почвы имеют бонитет 30–35 баллов и нормативную урожайность зерновых культур 15–17.5 ц/га. Перечисленные почвы занимают площадь 101.1 тыс. га (44% площади неиспользуемых земель). Стоимость обследования составляет 17 млн 695.5 тыс. руб.

Четвертую очередь (IV) возвращения в сельскохозяйственный оборот (рис. 1Д, табл. 1) составляют дерново-подзолистые поверхностно-глееватые преимущественно глубокие и сверхглубокие почвы, подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально-гумусовые. Почвы характеризуются бонитетом менее 30 баллов и имеют нормативную урожайность зерновых культур меньше 15 ц/га. Эти почвы занимают площадь 2.2 тыс. га (1% площади неиспользуемых земель). Стоимость обследования составляет 385 тыс. руб.

Анализ стоимости затрат на обследование неиспользуемых земель (табл. 1) показывает, что при условии вовлечения земель лучшего качества первой очереди (I) расходы на обследование составят 10 млн 80 тыс. руб. Эта сумма формирует производительные расходы на обследование неиспользуемых земель. Обследование неиспользуемых земель II–IV очередей проводить не следует. Эти земли относятся к следующим категориям качества почв: выше среднего, среднее и худшее, – и не подлежат освоению на этапе Программы до 2030 г. Затраты на их обследования будут непроизводительными. Таким образом, предложенный подход позволяет сократить непроизводительные расходы на обследо-

ние неиспользуемых земель в области на общую сумму 30 млн 165.5 тыс. руб.

Административные районы Владимирской области характеризуются неоднородностью неиспользуемых участков по качеству почв (табл. 2). Так Александровский, Юрьев-Польский и Меленковский районы имеют наибольшую площадь неиспользуемых участков с лучшими почвами (10 и более тыс. га). Площади неиспользуемых участков с лучшими почвами в Суздальском, Собинском, Кольчугинском и Судогодском районах находятся в пределах 2–9 тыс. га. Площади неиспользуемых участков с лучшим качеством почв в Муромском, Селивановском, Камешковском и Петушинском районах ограничиваются 100–200 га. В остальных районах области неиспользуемые участки с лучшими почвами не выявлены. Отмеченная неоднородность неиспользуемых участков по качеству почв является важным показателем планирования ресурсов на их обследование. Более точная локализация неиспользуемых участков существенно сокращает время на подготовительные работы по их обследованию. Следовательно, усиление адресности расходов на обследование выступает одним из факторов, способствующих повышению их эффективности. При этом необходимо подчеркнуть, что уровень детальности новой геоинформационной БД ПСХР позволяет не только выявлять районы перспективные для обследования неиспользуемых участков, но также анализировать неоднородность неиспользуемых участков по качеству почв.

Принимая условно затраты на обследование одного га неиспользуемых земель во Владимирской области представительными для всей территории РФ, можно приблизительно оценить, что использование геоинформационной БД ПСХР позволяет ограничить производительные расходы для обследования неиспользуемых земель до 2 100 млн руб. (12 млн га умножить на 175 руб./га). При этом общий объем сэкономленных непроизводительных средств будет равен 5 600 млн руб. (32 млн га умножить на 175 руб./га).

Таблица 2. Структура фонда неиспользованных участков по качеству почв в административных районах Владимирской области

Table 2. Structure of the fund of AAL in terms of soil quality in administrative districts of the Vladimir region

Административные районы	Очередность возвращения							
	I		II		III		IV	
	Площадь, тыс. га	%*	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%	Площадь, тыс. га	%
Александровский	12.9	6	5.9	2.6	13.9	6	-	-
Юрьев-Польский	12.2	5	0.2	0.1	3.8	2	-	-
Меленковский	10.0	4	5	2.2	-	-	-	-
Суздальский	8.7	4	1.7	0.7	5.4	2	-	-
Собинский	5.8	3	1.1	0.5	1.1	0	0.32	-
Кольчугинский	5.0	2	6.1	2.7	2.7	1	-	-
Судогодский	2.5	1	1.8	0.8	19.8	9	-	-
Муромский	0.2	0	7	3.0	-	-	-	-
Селивановский	0.1	0	5.5	2.4	-	-	-	-
Камешковский	0.1	0	4.5	2.0	14.5	6	-	-
Петушинский	0.1	0	1.9	0.8	7	3	-	-
Вязниковский	-	-	11.8	5.1	-	-	-	-
Гусь-Хрустальный	-	-	6.4	2.8	8.3	4	1.76	-
Ковровский	-	-	5.5	2.4	-	-	-	-
Киржачский	-	-	0	0.0	24.7	11	-	-
Всего	57.6	25	69.0	30.0	101.1	44	2.2	<1

Примечание. * – здесь и далее доля площади в фонде неиспользованных земель области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижение целей государственной Программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса в период 2021–2030 гг. требует проведения масштабных обследований неиспользуемых земель. Общие расходы на обследование 44 млн га неиспользуемых земель в РФ при стоимости 175 руб./га составят почти 7 700 млн руб.

На примере Владимирской области показано, что использование новой геоинформационной БД ПСХР позволяет выполнить ранжирование неиспользуемых участков по очередности их возвращения в сельскохозяйственный оборот. Критериями ранжирования, согласно предложению МСХ РФ, выбраны показатели качества почв неиспользуемых участков, включая бонитет и величину нормативной урожайности зерновых культур. В первую очередь (I) вовлечения в сельскохозяйственный оборот включены неиспользуемые участки с лучшими почвами, имеющими бонитет выше 40 баллов и нормативную урожайность зерновых культур более 20 ц/га. Стоимость обследования неиспользуемых участков первой очереди возвращения составляет 10 млн 80 тыс. руб. Вторую очередь (II) вовлечения представляют неиспользуемые участки, представленные почвами, имеющими качество выше среднего. Эти почвы характеризуются бонитетом 35–40 баллов и нормативной урожайностью зерновых культур 17.5–20 ц/га. Стоимость обследования неиспользуемых участков второй очереди возвращения составляет 12 млн 75 тыс. руб. К третьей очереди (III) вовлечения отнесены неиспользуемые участки с почвами среднего качества. Последние имеют бонитет 30–35 баллов и нормативную урожайность зерновых культур 15–17.5 ц/га. Стоимость обследования этих земель составляет 17 млн 695.5 тыс. руб. В четвертую очередь (IV) вовлечения включены неиспользуемые участки с почвами худшего качества. Эти почвы имеют бонитет менее 30 баллов и нормативную урожайность зерновых культур меньше 15 ц/га. Стоимость обследования неиспользуемых участков четвертой очереди вовлечения составляет 385 тыс. руб.

К производительным расходам на обследование предложено

отнести только те затраты, которые включают неиспользуемые участки с лучшими почвами. Такой подход отвечает задачам государственной Программы по возвращению земель в сельскохозяйственный оборот до 2030 г.

Обследование земель II–IV очередей вовлечения в сельскохозяйственный оборот предлагается не проводить в рамках Программы до 2030 г. Сокращение площади обследования неиспользуемых земель позволит сэкономить для Владимирской области 30 млн 165.5 тыс. руб. Эта сумма относится к непроизводительным расходам.

Использование новой геоинформационной базы почвенно-ресурсных данных “Почвы сельскохозяйственных угодий РФ” позволяет существенно сократить площадь обследования неиспользуемых участков, увеличить детальность предварительной локализации перспективных для обследования участков и уменьшить расходы на камеральную подготовку обследований. Суммарная экономия затрат на обследование неиспользуемых участков в сумме может составить около 5 600 млн руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамченко В.В.* Правительство планирует ввести в оборот не менее 12 млн га новых земель. 2020. URL: <https://tass.ru/ekonomika/9352425>.
2. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Владимирской области (в ред. постановления администрации Владимирской области от 27.12.2018 N 986).
3. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации 2021–2030. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=54574&dstd=100020#0025214597522799753>.
4. ЕГРПР. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография (гл. ред. Иванов А.Л. и Шоба А.С.). М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.
5. Закон Владимирской области от 11 февраля 2019 года N 1-ОЗ “Об определении муниципальных образований, на территории которых земельные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, предоставляются в безвозмездное пользование

гражданам для осуществления крестьянским (фермерским) хозяйством его деятельности”. URL: <http://docs.cntd.ru/document/550343389>.

6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003. 240 с.

7. Постановление Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1482 “О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации”. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74564078/>.

8. Приказ Министерства экономического развития РФ от 12 мая 2017 г. N 226 “Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке” (с изменениями и дополнениями). URL: <http://base.garant.ru/71686152/#ixzz6WPvL2MHE>.

9. Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Иваново: ПресСто, 2021. 260 с.

10. Сапожников П.М., Носов С.И. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. М.: ООО “НИПКЦ ВОСХОД-А”, 2012. 160 с.

11. Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглезнев А.К. и др. Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Версия 1.0. Иваново: ПресСто, 2021. 260 с. DOI: [10.51961/9785604637401](https://doi.org/10.51961/9785604637401).

12. Столбовой В.С., Шилов П.М., Петросян Р.Д. Реестр особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 4–11. DOI: [10.24411/0235-2451-2021-10101](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10101).

13. Столбовой В.С., Гребенников А.М. Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 31–67. DOI: [10.19047/0136-1694-2020-104-31-67](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67).

14. Шокурова Е. Минсельхоз внес в правительство проект программы по вовлечению в оборот сельхозземель // Агроинвестор. 2020. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/34784-minselkhov-vnes-v-pravitelstvo-proekt-programmy-po-vovlecheniyu-v-oborot-selkhozemel/>.

REFERENCES

1. Abramchenko V.V., The government plans to return in agricultural use at least 12 million hectares of abandoned lands, 2020, URL: <https://tass.ru/ekonomika/9352425>.

2. State program for the development of the agro-industrial complex of the Vladimir region (as amended by the resolution of the administration of the Vladimir region of December 27, 2018 No. 986).
3. 3. State program for the effective involvement of agricultural land in use and the development of the reclamation complex of the Russian Federation 2021–2030. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=54574&dst=100020#0025214597522799753>.
4. EGRPR. Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0. Eds: Ivanov A.L., Shoba A.S., Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2014, 768 p.
5. The law of the Vladimir region of February 11, 2019 No. 1-OZ “On the definition of municipalities on the territory of which land plots in state or municipal ownership are provided for free use to citizens for the implementation of the peasant (farm) economy of its activities”, URL: <http://docs.cntd.ru/document/550343389>.
6. Methodological guidelines for the comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands, Moscow: FGNU “Rosinformagrotech”, 2003, 240 p.
7. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 18, 2020 No. 1482 “Characteristics of abandoned agricultural lands or their use in violation of the legislation of the Russian Federation”, URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74564078/>.
8. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of May 12, 2017 No. 226 “On the approval of guidelines on state cadastral valuation” (with amendments and additions), URL: <http://base.garant.ru/71686152/#ixzz6WPvL2MHF>.
9. *Reestr indikatorov kachestva pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Rossiiskoi Federatsii* (Register of indicators of soil quality of agricultural land in the Russian Federation), Ivanovo: PresSto, 2021, 260 p.
10. Sapozhnikov P.M., Nosov S.I., *Gosudarstvennaya kadaстровaya otsenka zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Rossiiskoi Federatsii* (State cadastral valuation of agricultural land in the Russian Federation), Moscow: ООО “NIPKTS VOSKhOD–A”, 2012, 160 p.
11. Stolbovoi V.S., Grebennikov A.M., Ogleznev A.K. et al., *Reestr indikatorov kachestva pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Rossiiskoi Federatsii. Versiya 1.0.* (Register of indicators of soil quality of agricultural lands of the Russian Federation. Version 1.0), Ivanovo: PresSto, 2021, 260 p. DOI: [10.51961/9785604637401](https://doi.org/10.51961/9785604637401).
12. Stolbovoi V.S., Shilov P.M., Petrosyan R.D., *Reestr osobo tsennyykh produktivnykh sel'skokhozyaistvennykh ugodii Rossiiskoi Federatsii* (Register

of especially valuable productive agricultural lands of the Russian Federation), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, Vol. 35, No. 1, pp. 4–11, DOI: [10.24411/0235-2451-2021-10101](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10101).

13. Stolbovoy V.S., Grebennikov A.M., Soil quality indicators of arable lands in the Russian Federation, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 104, pp. 31–67, DOI: [10.19047/0136-1694-2020-104-31-67](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67).

14. Shokurova E., Minsel'khoz vnes v pravitel'stvo proekt programmy po vovlecheniyu v oborot sel'khozzemel', *Agroinvestor*, 2020, URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/34784-minselkhoz-vnes-v-pravitelstvo-proekt-programmy-po-vovlecheniyu-v-oborot-selkhozzemel/>.

UDC 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-104-136



Cite this article as:

Nurdin, Rayes M.L., Soemarno, Sudarto, Listyarini E., Agustina C., Rahman R., Rauf A., Husain J., Soils in the Bulia micro watershed of Gorontalo province, Indonesia, and their quality assessment, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 104-136, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-104-136

Acknowledgments:

We would like to pay our regards to the Faculty of Agriculture, Brawijaya University who has funded this research with a non-tax state revenue grant in accordance with the Budget Implementation List Number: DIPA-042.01.2.400919/2019.

Soils in the Bulia micro watershed of Gorontalo province, Indonesia, and their quality assessment

© 2021 Nurdin^{1*}, M. L. Rayes², Soemarno², Sudarto²,
E. Listyarini², C. Agustina², R. Rahman¹, A. Rauf³, J. Husain⁴

¹*Department of Agrotechnology, Gorontalo State University,
Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie Str., Moutong Village,
96554 Bone Bolango, Indonesia,*

**<https://orcid.org/0000-0001-5725-5694>, e-mail: nurdin@ung.ac.id.*

²*Department of Soil Science, Brawijaya University,
No. 54 Veteran Str., Lowokwaru, 65145 Malang, Indonesia.*

³*Department of Agribusiness, Gorontalo State University,
Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie Str., Moutong Village,
96554 Bone Bolango, Indonesia.*

⁴*Department of Soil Science, Sam Ratulangi University,
No. 1 Kleak Bahu Str., Kleak, 95115 Manado, Indonesia.*

Received 12.07.2021, Revised 24.08.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: Ten representative pedons from the Bulia micro watershed of Gorontalo Province, Indonesia, were characterized and classified to determine its land quality (LQ) class. Angular blocky, sticky, plastic consistencies and a hard consistency prevailed in the soil structure. In the alluvial plains the soil texture is dominated by the clay fraction, while in the hills and volcanic mountains the sand fraction is dominated. The soils in the Bulia micro watershed also have acid to neutral reaction, with the range of very low to

high OC (organic carbon) levels, the reserve of exchangeable bases was dominated by Ca^{2+} in two series patterns, namely: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$ and $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{+} > \text{K}^{+}$, cation exchange capacity (CEC) ranged from low to very high, and the base saturation varied from moderate to very high. The alluvial plain is represented by Inceptisol in P1 and Typic Humustepts (P7), also by Oxic Humustepts (P3), then Mollisol on P4 (Typic Argiudolls) and Typic Haplustolls (P6), Alfisol on P5 (Typic Paleustalfs). Entisol on P2 (Typic Ustipsamments) was found in volcanic mountains and P9 (Typic Paleustolls) P8 (Ultic Paleustalfs), P10 (Inceptic Haplustalfs) are typical of volcanic hills. On the alluvial plains the land was categorized as the LQ class II, III and IV, the volcanic mountains were the LQ class IV, while the land on the volcanic hills was categorized as the LQ class VI. River bank erosion on the land river terraces can be held by the manufacture of gabions, talud, cliff reinforcement plants and terraces. The soil temperatures and high clay content can be regulated by mulching and organic materials.

Keywords: Characterization, classification, soils of Indonesia, land quality, the Bulia watershed.

INTRODUCTION

Land is a crucial component of land resources which enables plants growth and food production. Land and plant productivity is primarily determined by soil and other land characteristics related to land quality ([Subardja, Sudarsono, 2005](#)). However, an intense tillage during agricultural cultivation and a pressure of the land use when its conservation and sustainability are ignored has resulted into a decrease of land quality. Agricultural production tends to level or even decrease ([Nurdin, 2012](#)). Corn is a traditional commercial crop in the province of Gorontalo, Indonesia, which has been intensively and massively cultivated since it was established as a prime commodity in the agropolitan program in 2001. Until 2019, hybrid corn yields in Gorontalo Province reached 1.7 million tons or increased by 9.3% compared to 2018, however, the productivity of maize was still low at only 5.0 tons/ha ([BPS Gorontalo Province, 2020](#)). In fact, the potential corn yield in Indonesia can reach 10-11 tons/ha ([Yasin et al., 2015](#)), while the achievement of the national productivity in 2018 was only 5.2 tons/ha (Indonesian Ministry of Agriculture, 2019).

The Bulia micro watershed area is a corn production centre that also supports the agricultural area below. The watershed has a vital role

because it supplies irrigation water for agriculture and other activities ([Mahapatra et al., 2019](#)). The corn cultivation in this watershed has exceeded the carrying capacity indicated for the corn planting on the slope of >25%, so that the land degradation often occurs. Soil erosion, according to the corn agropolitan program of Gorontalo, reached 1,396 tons/ha/year ([Husain et al., 2004](#)). Meanwhile, the corn productivity in this area is only 5.0 tons/ha ([BPS Gorontalo Regency, 2020](#)), which could happen due to the fact that the crop was cultivated on a non-suitable land.

Soil characterization is essential because it provides some necessary information about the soil characteristics for growing plants ([Devi et al., 2015](#)). For sustainable management of soil resources in agroecological areas we need timely monitoring of significant physical, chemical and biological soil characteristics and responses to the changes in land management ([Supriya et al., 2019](#)). These soil characteristics then form the basis for land classification. Combining soil characterization with classification is a powerful tool to develop management strategies for food security and environmental sustainability ([Satish et al., 2018](#)). However, the efforts to link land characteristics and classification with a specific land quality are still relatively rare. Land quality is a land ability to perform a specific function before the land is degraded ([Beinroth et al., 2001](#)). Understanding soil types and their distribution, its limits and potential is essential for a proper management to increase productivity and yields ([Niranjana et al., 2011](#)).

The survey and mapping of soil resources in the Paguyaman watershed were carried out by the Soil and Agro-climate Research Centre of the Indonesian Ministry of Agriculture ([Puslittanak Research Team, 1995](#)), however, the mapping scale was 1 : 50,000. In 2010, some research was carried out on the development, classification and potential of the paddy soils on toposquence ([Nurdin, 2010](#)), however, it only focused on the rainfed paddy soils, while the dry land was only compared to the locations close to the soil pedon in the rice fields. Considering the high intensity of the land management and the massive corn cultivation in this sub-watershed, this research has become significant.

MATERIALS AND METHODS

Study location

The Bulia micro watershed is a part of the Paguyaman watershed located in the northern part, it covers Mootilango and Boliyohuto District of Gorontalo Regency of Gorontalo Province, Indonesia (Figure 1). Geographically, the research location is between 0°39'123" and 0°51'321" N, 122°35'21" and 122°43'12" S (Table 1), which is 67 km from Gorontalo City, Indonesia.

Table 1. Site characteristics of the pedons in the Bulia micro watershed

Pedon/ Villages	Location	Elevation (m msl)	Landform	Slope (%)	Drainage
P1, Tolite	0°39'44.80" N 122°35'27.20" S	24	Alluvial plain	0–3	Poorly drained
P2, Monggolito	0°40'01.20" N 122°37'57.20" S	159	Volcanic mountain	15–30	Well drained
P3, Huyula	0°42'59.9" N 122°39'43.2" S	63	Alluvial plain	0–3	Moderately drained
P4, Payu	0°44'04.4" N 122°37'48.4" S	53	Alluvial plain	0–3	Moderately drained
P5, Pilomonu	0°43'53.80" N 122°35'22.60" S	75	Alluvial plain	0–3	Moderately drained
P6, Karyamukti	0°42'20.50" N 122°41'05.50" S	109	Alluvial plain	3–8	Moderately drained
P7, Karyamukti	0°42'10.30" N 122°41'19.40" S	114	Alluvial plain	3–8	Moderately drained
P8, Sukamaju	0°44'05" N 122°40'04" S	253	Volcanic hill	8–15	Well drained
P9, Payu	0°45'12" N 122°38'08" S	285	Volcanic hill	8–15	Well drained
P10, Huyula	0°43'11.10" N 122°40'31.20" S	262	Volcanic hill	8–15	Well drained

Overall, the Bulia micro watershed has 21,456.58 ha and consists of upland amounted to 18,993.44 ha (32.59%), and paddy fields amounted to 2,991.15 ha (13.94%). Specifically, the upland agriculture covers the agricultural land areas amounted to 6,993.44 ha (37.87%), settlement areas – 461.59 ha (2.50%), and forest areas amounted to 11,010.40 ha (59.63%). The soils in this area are generally developed from volcanic material in the upper watershed and lacustrine deposits in the middle and the bottom of the watershed. The study area is locat-

ed in tropical climate with rainy and dry seasons. The average annual rainfall was only 1,478 mm with 1 wet month only and 4 dry months, so it belongs to the E2 agro-climate zone ([Oldeman, Darmiyati, 1977](#)). The average annual air temperature reaches 28.19 °C with the maximum temperature of 28.73 °C and the minimum temperature of 27.63°C. Under these conditions, the soil moisture regime is determined ustic and the soil temperature regime – isohyperthermic ([Soil Survey Staff, 2014](#)).

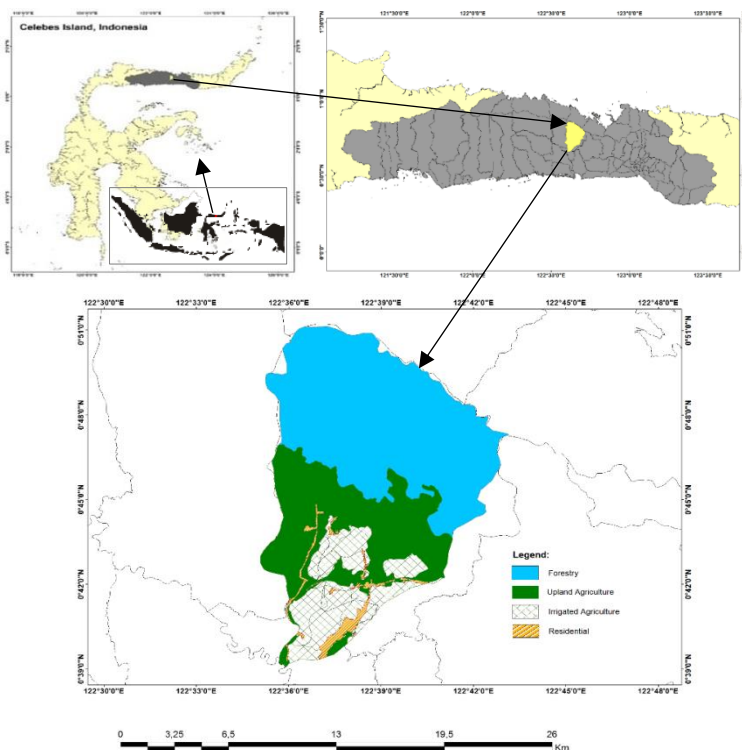


Fig 1. Location Map of the Bulia Micro watershed.

Soil surveying, characterization and classification

Ten representative pedons were selected to conduct the soil survey. The description of soil morphology refers to the Soil Survey Manual ([Soil Science Manual, 2017](#); [Sukarman et al., 2017](#)). According to standard procedures, soil samples were taken at each horizon and their physical and chemical properties were analyzed ([Jackson, 1973](#); [Eviyati, Sulaeman, 2009](#)). The morphological and the soil properties data obtained during the laboratory analysis are used for the soil characterization together with the climate and the terrain conditions data, according to Sukarman et al. ([2017](#)). The soil characteristics are used for soil classification according to the keys to soil taxonomy ([Soil Survey Staff, 2014](#)).

Land quality assessment

Land quality (LQ) class assessment follows the method according to Beinroth et al. ([2001](#)). This method has been modified based on availability of soil characteristics and classification data without including local population data. Soil pedons (P), which were classified in taxa according to the Soil Taxonomy System ([Soil Survey Staff, 2014](#)), were combined with a land unit (LU) basing on the similarity of the criteria in taxa. Soil and pedoclimate information was used to place each LU into I to IX land quality classes with class I having the most appropriate attributes and class IX having the least suitable ones for crop production. The results of the land quality analysis are widely presented and described with the help of Arc GIS.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphology and soil physical properties

The results of field studies and the laboratory characterization of ten soil pedons were presented in Table 2, Figure 2. The soils in the study area have been developed as indicated by the horizon structuring (horizons A and B), with the depth of the soil solum varying from shallow to very deep. The soil colour is only of 7.5YR and 10YR hue, where 7.5YR is dominant. P1, P2, P3, P5, P8, P9 and P10 soil colour varies from dark brown, brown to strong brown with hue 7.5YR, ranging from 3 to 5, and chroma – from 1 to 6.

Table 2. Morphological characteristics and soil physical properties in the Bulia micro watershed

Pedon and Horizon	Depth (cm)	Colour Moisture	Struc- tures	Consistence			Sand	Silt	Clay	Texture Class
				w	m	D				
P1 (Alluvial Plain)										
Ap	0–23	7.5 YR 4/4	m, 3, abk	s, p	fi	H	9	40	51	Silty Clay
Bw1	23–43	7.5 YR 4/2	m, 3, abk	ss, sp	fi	H	3	46	51	Silty Clay
Bw2	43–75	7.5 YR 4/4	m, 3, abk	ss, sp	fi	H	3	54	43	Silty Clay
Bw3	75–100	7.5 YR 4/2	m, 1, abk	ss, sp	vfi	Vh	3	46	51	Silty Clay
P2 (Volcanic Mountains)										
Ap	0–5	7.5 YR 4/4	f, 1, cr	so, po	fr	L	85	10	5	Loamy sand
Bw1	5–37	7.5 YR 4/4	f, 2, sbk	so, po	fr	L	84	2	14	Loamy sand
Bw2	37–61	7.5 YR 4/4	m, 2, p	so, po	fr	L	75	10	15	Sandy Loam
C	61+	7.5 YR 4/2	m, 3, p	so, po	fr	L	66	15	19	Sandy Loam
P3 (Alluvial Plain)										
Ap	0–14	7.5 YR 3/3	f, 1, cr	ss, sp	fi	H	33	41	26	Loam
Bw1	14–43	7.5 YR 4/4	f, 2, abk	s, p	fi	H	31	37	32	Clay Loam
Bw2	43–68	7.5 YR 4/4	f, 1, abk	ss, sp	fi	H	23	54	23	Silty Loam
Bw3	68+	10 YR 3/6	f, 1, cr	s, p	fi	H	23	48	29	Clay Loam

Pedon and Horizon	Depth (cm)	Colour Moisture	Struc- tures	Consistence			Sand	Silt	Clay	Texture Class
				w	m	D				
P4 (Alluvial Plain)										
Ap	0–14	10 YR 3/3	m, 3, abk	s, p	fi	H	27	26	47	Clay
Bw	14–50	10 YR 4/3	f, 1, abk	s, p	fi	H	32	34	34	Clay Loam
Bt1	50–81	10 YR 3/2	f, 1, abk	ss, sp	fi	H	12	24	64	Clay
Bt2	81+	7.5 YR 4/1	f, 1, abk	s, p	fi	H	16	25	59	Clay
P5 (Alluvial Plain)										
Ap	0–21	7.5 YR 4/4	f, 2, sbk	ss, sp	fi	H	23	43	34	Clay Loam
Bw	21–46	7.5 YR 4/4	f, 2, sbk	ss, sp	fi	H	23	48	29	Clay Loam
Bt1	46–84	7.5 YR 4/3	f, 2, abk	s, p	fi	H	25	35	40	Clay
Bt2	84–117	7.5 YR 4/6	m, 2, p	s, p	fi	H	24	36	40	Clay
Btg	117+	7.5 YR 5/8	m, 1, sbk	ss, sp	fi	H	8	46	46	Silty Clay
P6 (Alluvial Plain)										
Ap	0–12	10 YR 3/3	f, 1, abk	s, p	fi	H	84	15	1	Loamy Sand
Bw1	12–34	10 YR 3/4	f, 1, abk	s, p	fi	H	61	10	29	Sandy Clay Loam
Bw2	34–71	10 YR 4/6	m, 3, abk	ss, sp	fi	H	61	24	15	Sandy Loam
C	71–90	7.5 YR 5/8	f, 1, cr	so, po	fr	L	84	5	11	Loamy Sand

Pedon and Horizon	Depth (cm)	Colour Moisture	Structures	Consistence			Sand	Silt	Clay	Texture Class
				w	m	D				
P7 (Alluvial Plain)										
Ap	0–6	7.5 YR 4/6	m, 1, abk	s, p	fi	H	33	11	56	Clay
Bw1	6–17	10 YR 4/6	m, 3, sbk	s, p	fi	H	29	20	51	Clay
Bw2	17–33	10 YR 3/6	m, 1, abk	ss, sp	fi	H	21	20	59	Clay
Bt	33–49	10 YR 3/6	f, 1, p	ss, sp	fi	H	19	15	66	Clay
BC	49+	7.5 YR 4/6	f, 1, abk	ss, sp	fi	H	18	29	53	Clay
P8 (Volcanic Hills)										
Ap	0–7	7.5 YR 3/3	f, 1, abk	ss, sp	fi	H	64	10	26	Sandy Clay Loam
Bw	7–24	7.5 YR 3/3	m, 1, abk	s, p	fi	H	47	24	29	Sandy Clay Loam
Bt1	24–44	7.5 YR 4/6	f, 3, p	s, p	fi	H	45	15	40	Sandy Clay
Bt2	44–63	7.5 YR 5/6	m, 3, abk	s, p	fi	H	42	16	42	Clay
Bt3	63+	7.5 YR 5/6	m, 1, abk	s, p	fi	H	42	6	52	Clay

Pedon and Horizon	Depth (cm)	Colour Moisture	Struc- tures	Consistence			Sand	Silt	Clay	Texture Class
				w	m	D				
P9 (Volcanic Hills)										
Ap	0–16	7.5 YR 3/2	m, 3, abk	vs, vp	vfi	Vh	54	31	15	Sandy Loam
Bw	16–34	7.5 YR 3/3	m, 1, abk	s, p	fi	H	42	24	34	Clay Loam
Bt	34+	7.5 YR 4/4	m, 1, abk	ss. sp	fi	H	50	15	35	Sandy Clay
P10 (Volcanic Hills)										
Ap	0–20	7.5 YR 3/3	m, 3, abk	ss, sp	fi	H	48	26	26	Sandy Clay Loam
Bt1	20–44	7.5 YR 3/4	m, 3, abk	s, p	fi	H	41	15	44	Clay
Bt2	44–76	7.5 YR 4/6	c, 3, sbk	s, p	fi	H	42	14	44	Clay
BC	76+	5 YR 4/6	c, 3, p	vs, vp	vfi	Vh	31	2	67	Clay

Note. Structure: size: vf – very fine, f – fine, m – medium, c – coarse; *structureless grade*: 1 – weak, 2 – moderate, 3 – strong; type: cr – crumb, sg – single grain, abk – angular blocky, sbk – sub-angular blocky. Consistence: *dry* (d): s – soft, l – loose, sh – slightly hard, h – hard, vh – very hard, eh – extremely hard; *moist* (m): l – loose, fr – friable, fi – firm, vfi – very firm, efi – extremely firm, *wet* (w): so – non-sticky, ss – slightly sticky, s – sticky, vs – very sticky; po – non-plastic, ps – slightly plastic, p – plastic, vp – very plastic.

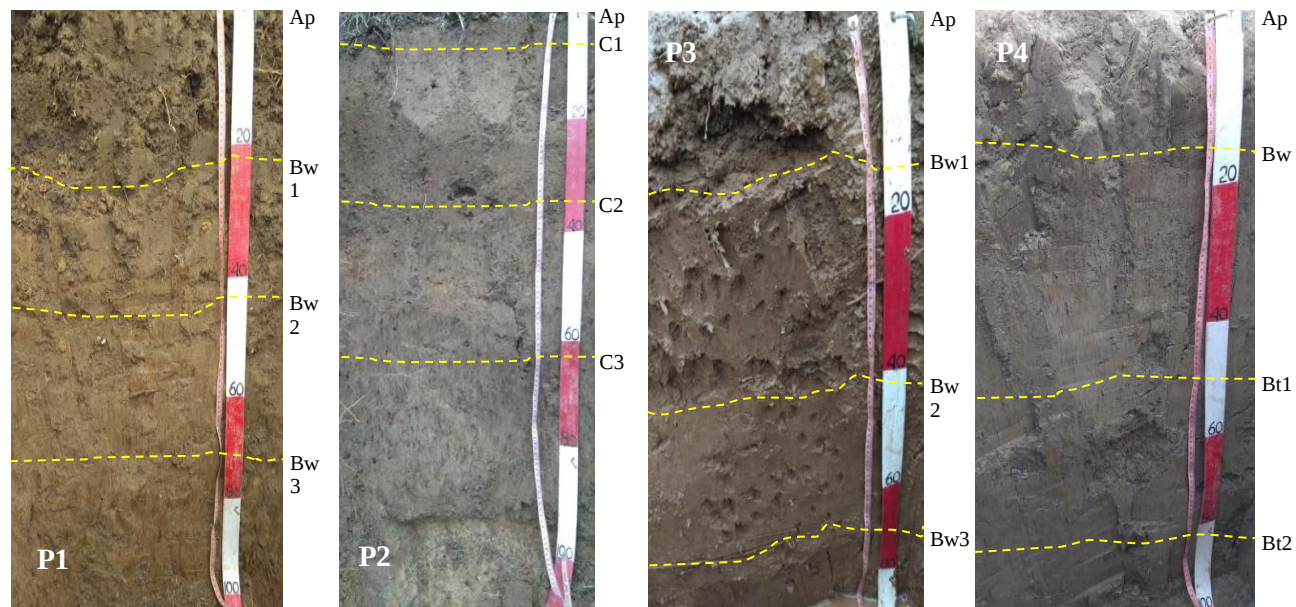


Fig. 2. Soil profile appearance of pedon 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3) and pedon 4 (P4).

While in P4, P6 and P7, soil colour varies from very dark grayish brown, dark brown to dark yellowish-brown with hue 10YR, values ranging from 3 to 4, and chroma – from 2 to 6. The colour of soil horizon A is darker than of horizon B due to the fact that the organic matter content in horizon A is higher than in horizon B ([Yatno et al., 2015](#)). The higher the organic matter content, the darker the soil colour is ([Suharta, 2007](#)). Soil colour seems to be a function of chemical and mineralogical composition ([Swarnam et al., 2004](#); [Walia, Rao, 1997](#)), and the soil texture is influenced by topographic position and humidity regimes ([Walia, Rao, 1997](#)).

The soil structure varies from crumbs, angular blocky, sub angular blocky to prismatic, with the dominant angular blocky. P1, P3, P4, P6, P7, P8, P9 and P10 were mostly of angular blocky structure with the sizes varying from fine, medium to coarse, with weak and strong structural development. While the soil structures of P2 and P5 varies between crumbs, angular blocky, sub angular blocky and prismatic with the sizes ranging from fine, medium to coarse and the level of the soil structure development varying from weak, moderate to strong. The angular blocky soil structures were strongly associated with higher clay fractions ([Devi et al., 2015](#)). Crumbly soil structure indicates newly developed soil ([Manik et al., 2017](#)). Intensive soil tillage results in soil structure disturbance ([Jambak et al., 2017](#)). The variation of soil structure will be consistently affecting the soil.

The soil consistency in wet conditions varies between non-sticky and non-plastic on Pedon 2, slightly sticky and slightly plastic, sticky and plastic in the horizon on P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 and P10, very sticky and very plastic on the surface horizon (Ap) of P9 and the subsurface horizon (BC) of P10, however, slightly sticky and slightly plastic consistencies prevail. While in moist conditions the consistencies vary from loose, firm to very firm, the firm consistencies are still dominant. P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 and P10 were dominated by hard consistencies, while P2 – by loose ones. There is a very hard consistency in P1 and P10 in the subsurface horizon (Bw and BC), while in the surface horizon (Ap) a very hard consistency can be only found in P9. The consistency in dry conditions varies from loose, hard to very hard, with a dominant hard consistency. P1, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 and P10 were dominated by a hard consistency, however, in P1 and

P10 in the subsurface horizon (Bw3 and BC) one could notice a very hard consistency, while in P9 precisely a very hard consistency was found on the surface horizon (Ap). Sticky and plastic consistency might form due to a high clay content in the soil ([Sarkar et al., 2001](#)); ([Kadao et al., 2003](#)), while non-sticky and non-plastic consistency might form due to a very little clay content ([Sireesha, Naidu, 2015](#); [Devi et al., 2015](#)).

The soil texture of all pedons varies greatly between sandy clay loam, sandy loam, loamy sand, sandy loam, silty loam, clay loam, silty clay and clay, except for P7 that was of clay texture in all horizons. Wide variations of soil texture may be caused by the variations in parent material, topography, in-situ weathering, translocation of clays by eluviation and soil age ([Satish et al., 2018](#)). Apparently, the pedons located in the alluvial group were more dominated by clay fractions, although the distribution patterns were irregular. The distribution of irregular clay fractions was typical for sediment materials ([Nuridin, 2010](#)). While a sand fraction dominated the volcanic group, the distribution of sand and clay fractions shows the opposite pattern. A decrease in the sand fraction is due to the clay illuviation and in-situ mineral destruction process, which was characterized by a decline in the absolute amount of sand in the middle of the solum ([Rachim, 1994](#)). The texture that is found in the subsurface horizon is caused by higher weathering in the subsurface layer ([Dutta, 2009](#)). The clay content in the solum middles (B-illuviation) was higher than in the upper horizon (A-eluviation) and in the lower layer horizon. This indicates the occurrence of a lessivage process with some clay skins seen, so that an argillic horizon was formed in P4, P5, P8, P9 and P10. Although the process of eluviation and illuviation occurred, the pedon remained, but the clay skins were not found, so the cambic and candic horizons were formed.

Soil chemical properties

Soil chemical properties are presented in Table 3. Soil pH varies from acid (pH 5.3) to neutral (pH 7.2). The pedons located on the upper watershed or in volcanic groups (P2, P8, P9 and P10) have a lower pH than the ones located on the lower watershed or in alluvial groups (P1, P3, P4, P5, P6, and P7).

Table 3. Soil chemical properties in the Bulia micro watershed

Pedon and Horizon	Depth (cm)	pH 1:1		OC (%)	Exchangeable cations				CEC	BS (%)
		H ₂ O	KCl 1N		K	Na	Ca	Mg		
									[cmol(+)kg ⁻¹]	
P1 (Alluvial Plains)										
Ap	0–23	6.20	5.40	2.29	0.29	1.88	18.02	1.86	42.40	52.00
Bw1	23–43	6.00	5.20	0.90	0.18	2.01	15.47	2.97	39.19	52.62
Bw2	43–75	6.40	5.50	0.74	0.14	2.19	12.36	2.50	37.85	45.42
Bw3	75–100	6.50	5.60	0.65	0.14	2.23	15.22	3.26	37.58	55.49
P2 (Volcanic Mountains)										
Ap	0–5	6.50	5.60	1.19	0.10	0.34	3.77	0.30	11.13	40.55
Bw1	5–37	6.10	5.20	0.55	0.08	0.34	4.20	0.60	7.75	67.49
Bw2	37–61	6.20	5.30	0.63	0.08	0.35	3.91	0.15	8.87	50.52
C	61+	6.20	5.30	0.56	0.08	0.36	6.51	0.76	12.29	62.79
P3 (Alluvial Plain)										
Ap	0–14	5.60	4.60	0.80	0.05	1.46	4.84	0.61	16.15	43.00
Bw1	14–43	6.00	5.10	0.41	0.09	1.57	7.72	1.70	19.78	56.00
Bw2	43–68	5.80	4.90	0.32	0.05	1.55	8.95	0.91	21.58	53.00
Bw3	> 68	6.20	5.20	0.48	0.05	1.55	10.12	0.76	20.43	61.00
P4 (Alluvial Plains)										
Ap	0–14	6.50	6.10	0.41	0.06	1.49	11.87	0.62	25.55	55.00
Bw	14–50	6.70	6.30	0.96	0.19	1.43	9.71	2.12	21.60	62.00
Bt1	50–81	7.00	6.00	0.41	0.12	1.58	16.54	2.01	35.19	58.00
Bt2	81+	5.80	5.00	0.24	0.09	1.56	13.47	6.66	33.04	66.00

Pedon and Horizon	Depth (cm)	pH 1:1		OC (%)	Exchangeable cations				CEC	BS (%)
		H ₂ O	KCl 1N		K	Na	Ca	Mg		
					[cmol(+)kg ⁻¹]					
P5 (Alluvial Plains)										
Ap	0–21	5.20	4.50	0.08	0.16	2.29	9.39	2.93	28.39	52.00
Bw	21–46	5.10	4.30	0.49	0.20	2.30	8.62	3.08	28.40	50.00
Bt1	46–84	5.70	4.90	0.57	0.12	0.26	7.69	2.00	21.56	47.00
Bt2	84–117	5.10	4.20	0.50	0.17	0.30	10.38	2.05	31.34	41.00
Btg	117+	5.10	4.10	0.42	0.25	0.34	15.37	1.90	38.58	46.00
P6 (Alluvial Plains)										
Ap	0–12	7.20	6.60	0.64	3.56	3.02	2.54	0.91	10.76	93.00
Bw1	12–34	7.10	6.60	0.32	0.28	1.72	6.03	0.30	11.79	71.00
Bw2	34–71	7.00	6.00	0.56	0.16	0.39	7.84	0.15	17.16	50.00
C	71–90	6.80	6.00	0.40	0.12	0.38	6.49	0.15	13.96	51.00
P7 (Alluvial Plains)										
Ap	0–6	6.30	5.40	0.76	0.10	0.42	5.31	2.41	18.31	45.00
Bw1	6–17	6.10	5.10	0.57	0.09	0.39	6.77	2.15	22.99	41.00
Bw2	17–33	5.90	5.00	0.57	0.07	0.44	8.55	4.04	25.45	51.00
Bt	33–49	5.60	4.80	0.33	0.08	0.45	13.64	3.72	29.79	60.00
BC	49+	5.90	5.00	0.41	0.12	2.04	13.16	0.31	33.06	47.00

Pedon and Horizon	Depth (cm)	pH 1:1		OC (%)	Exchangeable cations				CEC	BS (%)
		H ₂ O	KCl 1N		K	Na	Ca	Mg		
					[cmol(+)kg ⁻¹]					
P8 (Volcanic Hills)										
Ap	0–7	6.00	5.20	0.96	0.24	2.09	10.15	0.45	19.40	67.00
Bw	7–24	6.40	5.50	0.80	0.17	2.05	10.30	0.61	21.55	61.00
Bt1	24–44	6.70	5.80	0.48	0.24	2.21	10.07	1.83	26.06	55.00
Bt2	44–63	6.60	5.60	0.49	0.33	2.21	9.47	0.78	26.52	48.00
Bt3	63+	6.60	5.60	0.50	0.49	2.35	13.84	1.27	32.83	55.00
P9 (Volcanic Hills)										
Ap	0–16	5.30	4.50	0.80	0.13	2.15	10.15	0.61	24.80	53.00
Bw	16–34	6.20	5.30	0.57	0.10	2.30	12.44	0.77	29.51	53.00
Bt	34+	6.20	5.20	0.48	0.06	2.25	13.49	0.46	30.54	53.00
P10 (Volcanic Hills)										
Ap	0–20	5.80	4.90	0.72	0.12	0.40	5.90	1.21	18.31	41.69
Bt1	20–44	6.10	5.20	0.64	0.05	0.40	8.23	0.46	18.44	49.59
Bt2	44–76	6.30	5.30	0.48	0.05	0.39	7.26	0.76	19.36	43.66
BC	76+	5.80	5.30	0.33	0.06	0.42	11.28	2.04	25.64	53.82

Note. CEC – cation exchange capacity, OC – organic carbon, BS – base saturation.

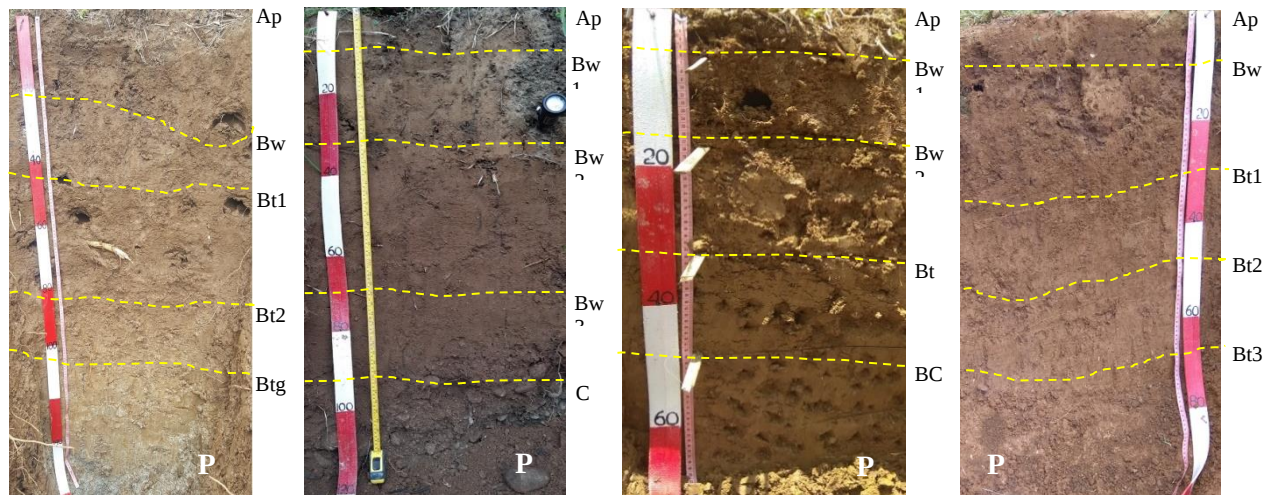


Fig. 3. Soil profile appearance of pedon 5 (P5), 6 (P6), 7 (P7) and pedon 8 (P8).

The pedon in the alluvial group represented a depressed area which is the accumulation of the bases carried by washing water from the hinterland section and the accumulation of more alkaline bases in soils with poorer drainage ([Nurdin, 2010a](#)). The pedons in the volcanic group experienced more intensive washing during the rain due to a better soil drainage. The trend of pH increasing with more depth may be explained by the release of organic acids during the decomposition of organic matter, these acids may have lowered the pH at the soil surface ([Satish et al., 2018](#)). The pH differences of KCl and the pH of H₂O of all pedons show negative values. This means that all pedons are dominated by negatively charged clay minerals ([Suharta, 2007](#)). The acid and slightly acid soil pH values in P1, P3, P5, P9 and P10 indicated that the soil had developed but the level of soil development was not yet advanced, while the neutral soil pH in P2, P4, P6, P7, and P8 shows that the soil is relatively new.

Organic carbon (OC) varies from very low to high (0.08–2.28%). The OC value was high in the surface horizon (Ap), except for P4 and P5. The OC value on the surface is higher due to the accumulation of organic materials, while its low values in P4 and P5 were due to the river flooding. The low OC value was also determined by a faster degradation of the organic material in the tropics and a low addition of farmyard manure ([Vedadri, Naidu, 2018](#)). A high OC distribution pattern on the surface and its dramatic decrease in horizon B in accordance with the depth is a general soil development pattern ([Prasetyo, 2007](#)).

The reserve (sum) of exchangeable bases vary between very low, low, medium, high and very high. Calcium cation is the dominating one in the exchangeable bases reserve, which ranges from 2.54–18.02 cmol(+)kg⁻¹, while magnesium (Mg⁺) ranges from 0.15–6.66 cmol(+)kg⁻¹, sodium (Na⁺) ranges from 0.26–3.02 cmol(+)kg⁻¹, potassium (K⁺) ranges from 0.05–3.56 cmol(+)kg⁻¹. Based on a number of bases, the P1, P5, P7, and P10 patterns follow the sequence: Ca²⁺ > Mg⁺ > Na⁺ > K⁺. This series pattern was the same as [Nurdin \(2011\)](#) and [Satish et al. \(2018\)](#) reported. At the same time P2, P3, P4, P6, P8 and P9 follow the sequence: Ca²⁺ > Na⁺ > Mg⁺ > K⁺. A high rate of exchangeable bases in the surface horizon (Ap) results from the fertilization during corn cultivation, while in the lower layer rainfall washing

together with good drainage conditions make it possible to wash in the soil solum.

The cation exchange capacity (CEC) varies from low ($7.7 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$) to very high ($42.40 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$). The CEC is influenced by the levels of organic carbon and soil minerals ([Prasetyo et al., 2007](#); [Suharta, 2007](#)). It seems that CEC in P1, P3, P4, P5, P7, P8, and P9 were more influenced by OC content than by soil minerals. The higher the soil OC, the higher the soil CEC is ([Suharta, 2007](#)). While P2, P6 and P10 were thought to be more influenced by soil minerals, these bases can be exchanged and this CEC will eventually affect base saturation. Base saturation (BS) varies from moderate (40.55%) to very high (93%). All pedons generally have a medium and a high BS, except P6, which has a very high BS on the surface horizon (Ap). The variations in BS may be caused by the variations in nature and/or the content of soil colloids, and a relatively high base saturation in the surface layers can be attributed to the recycling of cation base through vegetation ([Devi, Kumar, 2010](#)). In addition, if soil has a number of bases which are smaller than CEC, BS tends to be lower, whereas when the soil has a number of bases close to or higher than CEC, BS tends to be higher ([Nurdin, 2010b](#)).

Soil classification

Based on morphological and soil characteristics, the pedons are classified according to their family level and the orders of the soils found, namely Entisol, Inceptiol, Mollisol and Alfisol (Table 4, Figure 4). P1 and P7, which are located on a slope of 3% and 5%, are based on the mollic epipedon with a 23 cm thickness and a cambic horizon. These pedons did not experience aquatic conditions at the depth of 50 cm from the soil surface (humustept), the soil colour had a value of 4 with a chroma of 2 or less and the soil structure was sub angular blocky. In addition, it had more clay content than the horizons below or above it. Based on these properties, P1 was classified as Typic Humustepts, fine, isohyperthermic.

P2, located on a slope of 15%, is represented by the ochric epipedon with a 5 cm thickness and a candic horizon. In this pedon there was an increase in the percentage of clay in the fine soil fraction with a depth of 15 cm or less in the vertical distance.

Table 4. Soil classification in the Bulia micro watershed

Pedon	Soil Classification					Area	
	Order	Sub Order	Great Group	Sub Group	Family	ha	%
P1	Inceptisol	Ustept	Humustepts	Typic Humustepts	Fine, isohypertermic, Typic Humustepts	596.88	8.53
P2	Entisol	Psamment	Ustipsamments	Typic Ustipsamments	Sandy, isohypertermic, Typic Ustipsamments	472.68	6.76
P3	Inceptisol	Ustept	Humustepts	Oxic Humustepts	Fine loamy, isohypertermic, Oxic Humustepts	2,297.78	32.86
P4	Mollisol	Ustoll	Argiustolls	Typic Argiudolls	Fine, isohypertermic, Typic Argiustolls	107.35	1.54
P5	Alfisol	Ustalf	Paleustalfs	Typic Paleustalfs	Fine loamy, isohypertermic, Typic Paleustalfs	1,066.95	15.26
P6	Mollisol	Ustoll	Haplustolls	Typic Haplustolls	Coarse loamy, isohypertermic, Typic Haplustolls	1,026.23	14.67

Pedon	Soil Classification					Area	
	Order	Sub Order	Great Group	Sub Group	Family	ha	%
P7	Inceptisol	Ustept	Humustepts	Typic Humustepts	Fine, isohypertermic, Typic Humustepts	248.4	3.55
P8	Alfisol	Ustalf	Paleustalfs	Ultic Paleustalfs	Fine loamy, isohypertermic, Ultic Paleustalfs	61.87	0.88
P9	Mollisol	Ustoll	Paleustolls	Typic Paleustolls	Fine loamy, isohypertermic, Typic Paleustolls	48.35	0.69
P10	Alfisol	Ustalf	Haplustalfs	Inceptic Haplustalfs	Fine, isohypertermic, Inceptic Haplustalfs	1,066.95	15.26
Total						6,993.44	100.00

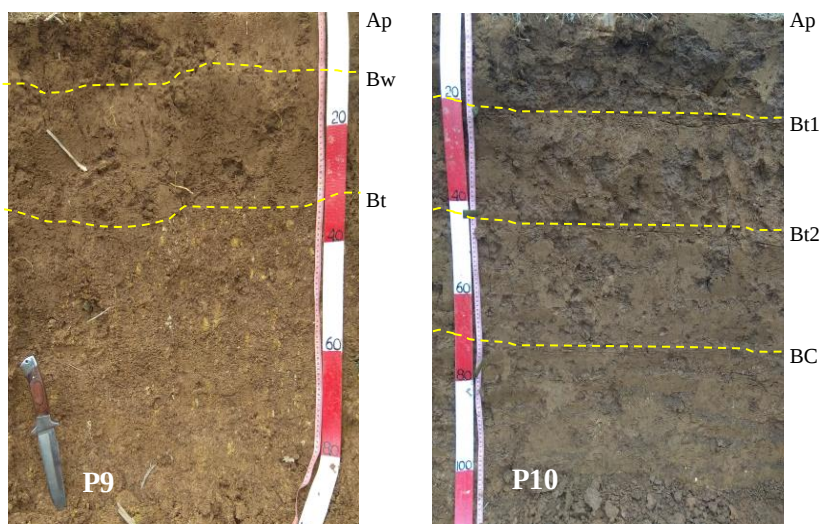


Fig. 4. Soil profile appearance of pedon 9 (P9), and pedon 10 (P10)

The clay content was 4% or more (absolute value), which is more than that of the horizon above it, which has a total clay content in the soil fine fraction less than 20%. In addition, it had a loamy sand texture (psamments) and a CEC value (NH_4OAc , pH 7) $> 16 \text{ cmol(p+)}\text{kg}^{-1}$. Based on these characteristics, P2 was classified as Typic Ustipsamments, sandy, isohyperthermic.

P3 is located on a slope of 1%, represented by the umbric epipedon with a 14 cm thickness and a cambic horizon. This pedon did not experience aquatic conditions at the depth of 50 cm from the soil surface (humustept), the soil colour had a value of 4 with a chroma of 2 or less and the soil structure is sub angular blocky. In addition, it had more clay content than the horizons below or above and its CEC (NH_4OAc 1N) value was $17.96 \text{ cmol(+)kg}^{-1}$ only (oxic). Based on these properties, P3 was classified as Oxic Humustepts, fine loamy, isohyperthermic.

P4 is located on a slope of 15%, represented by the mollic epipedon (BS 55%) with a 14 cm thickness and an argillic horizon. This pe-

don had a fine loamy class of particle size with a typical clay coating of the pore walls and the ped surface. In addition, there was 13% (> 8%) of clay on the eluvial horizon and 10YR hue with a chroma ≤ 3 , and BS > 75%. Based on these properties, P4 was classified as Typic Argiustolls, fine loamy, isohyperthermic.

P5 is located on a slope of 3%, represented by the ochric epipedon with a 21 cm thickness and an argillic horizon. According to the particle-size classification, this pedon belongs to the fine loam and clay class with an argillic horizon thickness of 25 cm (> 7.5 cm), it also has a typical clay coating of the pore walls and the ped (aggregate) surface. In addition, the clay content in the argillic horizon is 64% or it contains 2.03 times more clay than the eluvial horizon, which was only 34%, and 7.5 YR was typical of all horizons (paleustalf). Based on these properties, P5 was classified as Typic Paleustalfs, fine loamy, isohyperthermic.

P6 is located on a slope of 3%, represented by the mollic epipedon (BS 93%) with a 12 cm thickness and a cambic horizon. This pedon had a sandy clay texture and does not have the combination of aquatic conditions within 50 cm of the soil surface or artificial drainage (ustoll). The colour value was with a chroma < 6 and it had a sub angular blocky soil structure. In addition, it had more clay content than the below horizons. Based on these properties, P6 was classified as Typic Haplustolls, coarse loamy, isohyperthermic.

P8 is located on a slope of 5%, represented by the mollic epipedon with a 7 cm thickness and an argillic horizon. According to the particle-size classification, this pedon belongs to the fine loam and fine clay class with an argillic horizon thickness of 20 cm (> 7.5 cm), also it has a typical clay coating of the pore walls and the ped surface. In addition, the clay content in the argillic horizon is 69% or it contains 2.65 times more clay than the eluvial horizon, which was only 26%, and 7.5YR hue was typical in all horizons (paleustalf), with BS of 61% or > 75% only (ultic). Based on these properties, P8 was classified as Ultic Paleustalfs, fine loamy, isohyperthermic.

P9 is located on an 8% slope, represented by the mollic epipedon (BS 53%) with a 7 cm thickness and an argillic horizon. According to the particle-size classification, this pedon belongs to the fine loam class with an argillic horizon thickness of 18 cm (> 7.5 cm), it also has a typ-

ical clay coating of the pore walls and the ped surface. In addition, the clay content in the argillic horizon is 69% or it contains 4.60 times more clay than the eluvial horizon, which was only 18%, and 7.5YR hue with a chroma of ≤ 4 , and BS of $< 75\%$ of all horizons (paleustoll). Based on these properties, P9 was classified as Typic Paleustolls, fine loamy, isohyperthermic.

P10 is located on a slope of 15%, represented by the mollic epipedon (BS 57%, 50%) with a 23 cm thickness and an argillic horizon. According to the particle-size classification, this pedon belongs to the fine loam and fine clay class with an argillic horizon thickness of 24 cm (> 7.5 cm), it also has a typical clay coating of the pore walls and the ped surface. In addition, the clay content in the argillic horizon is 88% or it contains 3.38 times more clay than the eluvial horizon, which was only 24%, and 10YR hue with a chroma of ≤ 3 , and BS $> 75\%$. Based on these properties, P10 was classified as Inceptic Haplustalfs, fine, isohyperthermic.

Land quality classes

The land quality (LQ) of the Bulia micro watershed was presented in Table 5 and Figure 5. The LQ of class II with the main factor determining the land stress was high temperature and low organic matter. The high temperature factor with an isohyperthermic soil temperature regime as an indicator was found on LU 3 (P3), while the low organic matter factor with an ochric epipedon indicator was only on LU 5 (P5). The LQ of class II is determined as good and this land has few problems for sustainable production, its productivity is generally very high and as a result, the response to management is high ([Beinroth et al., 2001](#)). Land management through the addition of organic matter, including green manure, may be adopted along with the recommended fertilizer doses ([Sys et al., 1991](#); [Singh et al., 2004](#); [Mahaputra et al., 2019](#)) and mulching to stabilize temperatures and maintain soil moisture ([Odjugo, 2008](#); [Eruola et al., 2012](#); [Damaiyanti et al., 2013](#)), which is of great importance. In addition, the use of rice straw mulch and sawdust mulch influences soil properties by decreasing the value of bulk density, increasing soil porosity and soil organic matter ([Nasruddin, Hanum, 2015](#)).

Table 5. Land quality classes in the Bulia micro watershed

Land Unit	Land Quality		Land Quality Class	Area	
	Major Land Stress Factor	Determinant of Land Stress		ha	%
3	High temperatures	Isohyperthermic of soil temperature regime	II	2,297.78	32.86
5	Low organic matter	Ochric epipedon	II	1,066.95	15.26
1, 6, 7	Seasonal water excess	Recent terraces	III	1,871.51	26.76
2	Low structural stability and/or crusting	Entisols	IV	472.68	6.76
4	Low structural stability and/or crusting	Clay soils	IV	107.35	1.54
8, 9, 10	Low water holding capacity	Sandy clay loam	VI	1177.17	16.83
Total				3,628.71	51.89

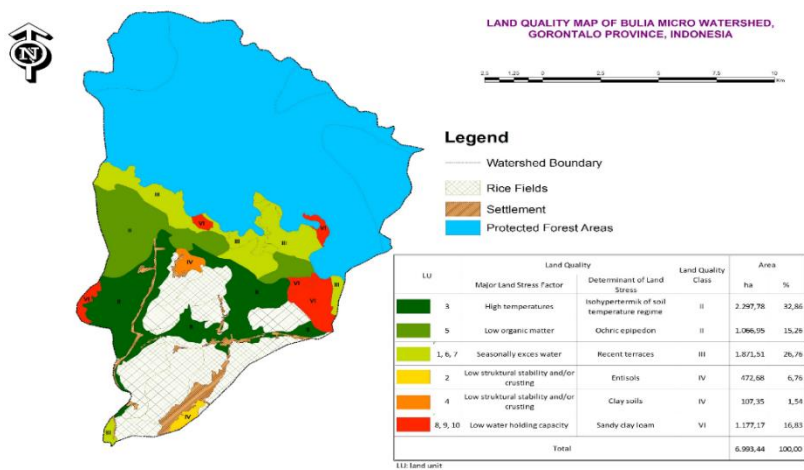


Fig. 5. Land quality map of the Bulia micro watershed.

The LQ of class III with the main factor determining the land stress was a seasonal excess of water. The indicators determining the land stress in class III were new terraces spread over LU 1 (P1), LU 6 (P6) and LU 7 (P7). These new terraces are generally located around the border or river meanders which were prone to erosion and river bank landslides. The LQ of land class III was still considered good and this land has few problems for sustainable production, but has the higher risk of low input of corn production specifically, which results in a response to high management ([Beinroth et al., 2001](#)). The land management through the manufacture of gabions and riverbanks ([Rahman, 2013](#)), planting river bank reinforcement plants and terraces ([Suyana et al., 2017](#)) was of great importance. Bioengineering methods for river bank erosion control commonly used include planting bamboo ([Noor et al., 2011](#)). Fine plant roots play a significant role in increasing the shear strength of the soil ([Ludwig et al., 2007](#)). The effectiveness of plants in reducing erosion rate is influenced by (1) the canopy or plant canopy, (2) the organic material produced, (3) the root system and the ability of plants to cover the soil ([Rachman et al., 2004](#)). Vetiver plants were useful for stabilizing river banks, irrigation canals, river erosion control and coastal embankments, excavation slopes and embankments on highways, sand dunes, erosion on sloped agricultural land ([Noor et al., 2011](#)). Vetiver grass, which has strong fibrous roots, holds the ground ([Susilawati, Veronika, 2016](#)). Soil nailing was one of the most economical techniques for slopes stabilization of retaining walls because the system works quickly and does not require large space ([Sinarta, 2014](#); [Noor et al., 2011](#)).

The LQ of class IV with the main factors determining land stress was low structural stability and/or crusting. These main factors consist of two indicators, namely clay soil and Entisol. The indicator of heavy clay (> 50%) was scattered in LU 4 (P4). This indicator of clay soil was related to soil crusting which was shown by the average sub angular blocky soil structure, and the soil consistency under wet conditions was very sticky and very plastic, while it was very hard under dry conditions. Clay and organic matter are binding agents for aggregates ([Rachim, 2007](#)). Apparently, the influence of clay is more dominant than of organic matter as an aggregate binding agent because the OC content was very low. The Entisol indicators were spread on LU 2 (P2)

only. Entisol is a soil that is still young and underdeveloped ([Rachim, 2007](#)). The results of the morphological analysis of the soil indicated that this Entisol has a granular structure (not solid), fine sized with a weak level of development, therefore the stability was relatively low. In addition, the texture of Entisol was classified as loamy sand with the sand of particle size which makes the soil structure stability relatively low. This class requires major inputs from conservation management; since a lack of plant nutrition is a major obstacle, therefore a plan to use good fertilizers should be adopted ([Beinroth et al., 2001](#)). Land management through the addition of organic matter can be applied together with recommended fertilizer doses ([Sys et al., 1991](#); [Singh et al., 2004](#); [Mahaputra et al., 2019](#)). Provision of organic matter in soils with clay texture can increase soil water content and available water capacity and reduce soil volume weight ([Intara et al., 2011](#)), increase soil porosity ([Anastasia et al., 2014](#)), increase N, P, and K uptake and crop yields in Entisol soils ([Afandi et al., 2015](#)). Addition of manure, compost and beneficial bacteria technology (custom bio) can reduce soil content weight, soil density, increase aggregate stability, soil porosity and moisture content in Entisol soil ([Zulkarnain et al., 2013](#)).

The LQ of class VI with the main factor determining the land stress was low water holding capacity. The indicators of the sandy clay loam texture were spread on LU 8 (P8), LU 9 (P9) and LU 10 (P10). The value of water available on the sandy clay loam texture was only around 20.42 mm ([Haridjaja et al., 2013](#)). The available water (pF) under conditions of field capacity (pF 2.0) on LU 8, 9 and LU 10 was indicated as 34 mm, 38 mm, and 37 mm respectively, and at permanent wilting conditions (pF 4.2) 24 mm, 17 mm and only 19 mm respectively, therefore, causing a low water holding capacity. This land should not be used for food production (i. e. corn) because this class requires major inputs from conservation management; since a lack of plant nutrition is a major obstacle, therefore a plan to use good fertilizers should be adopted or this land can be used as a biodiversity zone ([Beinroth et al., 2001](#)). However, if this land is used for agricultural cultivation, then the land management should consider the addition of organic matter along with the recommended fertilizer dosage ([Sys et al., 1991](#); [Singh et al., 2004](#); [Mahaputra et al., 2019](#)). Provision of organic material in soils with clay texture can increase soil water content

and available water capacity and reduce soil volume weight ([Intara et al., 2011](#)), increase soil porosity ([Anastasia et al., 2014](#)).

CONCLUSIONS

Angular blocky, sticky, plastic consistencies, and hard consistencies prevailed in the soil structure of the Bulia micro watershed of Gorontalo Province, Indonesia. In the alluvial plain, a sand fraction prevailed in Volkan mountains. The soils in the Bulia micro watershed also react acid to neutral, with the range of very low to high OC levels, the reserve of exchangeable bases was dominated by Ca^{2+} in two series patterns, namely: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$ and $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{+} > \text{K}^{+}$, CEC ranged from low to very high, and the base saturation varied from moderate to very high. The primary soils found were Entisol on P2 (Typic Ustipsamments), Inceptisol on P1 and P7 (Typic Humustepts), and P3 (Oxic Humustepts), Mollisol on P4 (Typic Argiudolls), P6 (Typic Haplustolls), and P9 (Typic Paleustolls), and Alfisol on P5 (Typic Paleustalfs), P8 (Ultic Paleustalfs) and P10 (Inceptic Haplustalfs). On the alluvial plains the land was categorized as the LQ class II, III and IV, the volcanic mountains were the LQ class IV, while the land on the volcanic hills was categorized as the LQ class VI. River bank erosion on the land river terraces can be held by the manufacture of gabions, talud, cliff reinforcement plants and terraces. The soil temperatures and high clay content can be regulated by mulching and organic materials.

REFERENCES

1. Afandi F.N., Siswanto B., Nuraini Y., Effect of giving various types of organic material on soil chemical properties on the growth and production of sweet potato plants in Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri, *Soil and Land Resources*, 2015, Vol. 2(2), pp. 237–244, URL: <http://jtsl.ub.ac.id>.
2. Anastasia I., Izatti M., Suedy S.W.A., The effect of giving a combination of solid organic fertilizer and liquid organic on soil porosity and spinach plant growth (*Amarantus tricolor* L.), *Biology Journal*, 2014, Vol. 3(2), pp. 1–10.
3. Beinroth F.H., Eswaran H., Reich P.F., Global assessment of land quality, sustaining the global farm, *Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting*, 2001, pp. 569–574.
4. BPS Gorontalo Province, *Gorontalo province in figure 2020*, BPS

Gorontalo Province, 2020, 1102001.75(75560.2004), pp. 1–535.

5. BPS Gorontalo Regency, Gorontalo regency in figure 2020, BPS Gorontalo Regency, 2020, 1102001.75(75020.2003), pp. 1–262.

6. Dutta M., *Land use planning of Tipukjan watershed of Sivasagar district using GIS and remote sensing technique: Ph.D. Thesis*, Assam Agricultural University, Jorhat, 2009.

7. Damaiyanti D.R.R., Aini N., Koesrihati, The study of organic mulch application on the growth and yield of red pepper (*Capsicum annuum* L.), *Crop Production Journal*, 2013, Vol. 1(2), pp. 25–32.

8. Devi P.A.V., Naidu M.V.S., Rao A.R., Characterization and classification of sugarcane growing soils in southern agro-climatic zone: A case study in eastern mandals of Chittoor district in Andhra Pradesh, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2015, Vol. 63(3), pp. 245–258, DOI: [10.5958/0974-0228.2015.00034.1](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2015.00034.1).

9. Eruola A.O., Bello N.J., Ufoegbune G.C., Makinde A.A., Effect of mulching on soil temperature and moisture regime on emergence, growth and yield of white yam in a tropical wet-and-dry climate, *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2012, Vol. 2(1), pp. 93–100, DOI: [10.5923/j.ijaf.20120201.15](https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120201.15).

10. Eviyati, Sulaeman, Analysis of soil, chemical, plants, water, and fertilizer, *Indonesia Centre of Soil Research*, 2009, pp. 1–203.

11. Husain J., Luntungan J.N., Kamagi Y.E.B., Nurdin B., Conservation-based corn farming model in Gorontalo Province. Research Report. *Research, Development and Regional Environmental Impact Control Agency Gorontalo Province*, Gorontalo, 2004.

12. Haridjaja O., Baskoro D.P.T., Setianingsih M., Different levels of field capacity by alhricks, free drainage, and pressure plate methods at different soil texture and relation for sunflower growth (*Helianthus annuus* L.), *Soil Science and Environmental Journal*, 2013, Vol. 15(2), 52 p, DOI: [10.29244/jitl.15.2.52-59](https://doi.org/10.29244/jitl.15.2.52-59).

13. Intara Y.I., Sapei A., Sembiring E.N., Djoefrie M.H.B., Affected of organic matter application at clay and clay loam soil texture on water holding capacity, *Indonesian Agriculture Sciences Journal*, 2011, Vol. 16(2), pp. 130–135.

14. Jambak M.K.F.A., Baskoro D.P.T., Wahjunie E.D., Characteristics of soil physic on soil conservation tillage system (Case study of Cikabayan Research Farm, Bogor), *Soil and Land Bulletin*, 2017, Vol. 1(1), pp. 44–50.

15. Jackson M.L., *Soil chemical analysis*, New Delhi: Prentice Hall of India (Pvt.) Ltd., 1973, 498 p.

16. Kadao S.H., Prasad J., Gajbhlye K.S., Characterization and classification of some typical banana growing soils of Wardha district of Maharashtra,

Agropedology, 2003, Vol. 13(2), pp. 28–34.

17. Ludwig A., Bradford P., David B., Anton W., Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes, *Ecology*, 2007, Vol. 86, pp. 288–297, DOI: [10.1890/03-0569](https://doi.org/10.1890/03-0569).

18. Mahapatra S.K., Nagdev R., Gopal R., Surya J.N., Meena R.K., Yadav R.P., Singh S.K., Characterization and classification of the soils of Buraka micro-watershed in Haryana for integrated development, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2019, Vol. 67(2), pp. 137–150, DOI: [10.5958/0974-0228.2019.00015.X](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2019.00015.X).

19. Manik H., Marpaung P., Sabrina T., The level of soil development based on the pattern of clay mineral distribution in Subdistric Lumbanjulu, Distric of Toba Samosir, *Agroteknologi FP USU*, 2017, Vol. 5(2), pp. 422–433.

20. Nasruddin, Hanum H., Study of mulching effects on soil temperature, soil property, and growth of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth), *Florateg*, 2015, Vol. 10, pp. 69–78.

21. Niranjana K.V., Ramamurthy V., Hegde R., Srinivas S., Koyal A., Naidu L.G.K., Sarkar D., Characterization, classification and suitability evaluation of banana growing soils of Pulivendla region. Andhra Pradesh, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2011, Vol. 59(1), pp. 1–5, URL: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:jisss&volume=59&issue=1&article=001>.

22. Noor A., Vahlevi J., Fathurrozi., Slope stabilization for erosion control with soil bioengineering using vetiver grass, *Poros Teknik*, 2011, Vol. 3(2), pp. 69–74.

23. Nurdin, *Development, classification and rainfed paddy soils potency derived from lacustrine materials in paguyaman, gorontalo*. MSc Thesis Bogor Agriculture University, 2010a. URL: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/57081>.

24. Nurdin, The morfology, physics and soil chemistry of inceptisol derived from lacustrine paguyaman of gorontalo relating to soil managements, *Jurnal Agroteknotropika*, 2010b, Vol. 1(1), pp. 13–22.

25. Nurdin, Development and rainfed paddy soils potency derived from lacustrine material in paguyaman, Gorontalo, *J. Trop. Soils*, 2011, Vol. 16(3), pp. 267–278, DOI: [10.5400/jts.2011.16.3.267](https://doi.org/10.5400/jts.2011.16.3.267).

26. Nurdin, Combination of soil conservation techniques and its effect on the yield of maize and soil erosion of dry land in biyonga sub-watershed, Gorontalo, *J. Tek. Ling.*, 2012, Vol. 13(2), pp. 245–252.

27. Odjugo P.A.O., The effect of tillage systems and mulching on soil microclimate, growth and yield of yellow yam (*Dioscorea cayenensis*) in Midwestern Nigeria, *African Journal of Biotechnology*, 2008, Vol. 7(24), pp. 4500–4507, DOI: [10.4314/ajb.v7i24.59629](https://doi.org/10.4314/ajb.v7i24.59629).

28. Oldeman L.R., Darmiyati S., *An agroclimatic map of Sulawesi scale 1 – 2.500.000*, Center Research for Agriculture, 1977, p. 1.
29. Puslitanak Research Team, *Survey and mapping of semi-detailed soil resources (scale 1 : 50,000) in the North Sulawesi of Paguyaman area for the development of irrigation and sugarcane commodities*. Final report. Book III Attachment of the Land Series. Center for Soil and Agro-climate Research, Agency for Agricultural Research and Development, Indonesian Ministry of Agriculture, Bogor, 1995.
30. Prasetyo B.H., Differentiation in Properties of vertisol from various parent materials, *Indonesian Agriculture Sciences Journal*, 2007, Vol. 9(1), pp. 20–31.
31. Rachman A., Gantzer J., Anderson S.H., Soil hydraulic properties influenced by stiff-stemmed grass hedge systems, *Soil Science Society of America Journal*, 2004, Vol. 68(4), pp. 1386–1393, DOI: [10.2136/sssaj2004.1386](https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1386).
32. Rachim D.A., *Characterization os soils with low activity clay, and the effect of iron oxides on some soil properties*, PhD thesis, Bogor Agricultural University, 1994, URL: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/2463?show=full>.
33. Rachim D.A., *The fundamentals of soil genesis*. Bogor: Departemen of Soil and Land Resources, Agriculture Faculty of Bogor Agriculture University, 2007, 41p.
34. Rahman A., Geographic information system model for estimating flow coefficient and its relationship with land cover in Riam Kanan River Basin of South Kalimantan Province, *Bumi Lestari*, 2013, Vol. 13(1), p. 1–8.
35. Sys C., Rast E.V., Debaveye J., *Land evaluation*. Part II. Principles in land evaluation and crop production calculations. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists, University of Ghent, 1991.
36. Sarkar D., Gangipodhyay S.K., Velayutham M., Soil toposequence relationship and classification in lower outlier of Chhotanagpur plateau, *Agropedology*, 2001, Vol. 11, pp. 29–36.
37. Swarnam T.P., Velmurugan A., Rao Y.S., Characterization and classification of some soils from Shahibi basin in parts of Haryana and Delhi, *Agropedology*, 2004, Vol. 14, p. 114–122.
38. Singh C., Singh P., Singh R., *Modern techniques of raising field crops*, New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 2004, pp. 1–583.
39. Satish S., Naidu M.V.S., Ramana K.V., Munaswamy V., Reddy G.P., Sudhakar P., Characterization and classification of the soils of Brahmanakotkur watershed in Kurnool district of Andhra Pradesh, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2018, Vol. 66(4), pp. 351–361, DOI: [10.5958/0974-0228.2018.00044.0](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2018.00044.0).

40. Sinarta I., Methods of handling landslides with soil nailing', *Paduraksa*, 2014, Vol. 3(2), pp. 1–16.
41. Sireesha P.V.G., Naidu M.V.S., Clay mineralogy of soils developed from granite-gneiss of Kurnool District in Andhra Pradesh', *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2015, Vol. 63(1), pp. 16–23, DOI: [10.5958/0974-0228.2015.00003.1](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2015.00003.1).
42. *Soil survey manual*, Soil Science Division Staff, United States Department of Agriculture (USDA), 2017, pp. 1–145, URL: <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf>.
43. Soil Survey Staff, Keys to soil taxonomy, Soil Conservation Service – NRCS/USDA, 2014, Vol. 12, 360 p.
44. Subardja D., Sudarsono, The influence of land quality on productivity of maize in soils derived from volcanic and sedimentary rocks in the bogor area, *Soil and Climate Journal*, 2005, Vol. 23, pp. 38–46.
45. Suharta N., The characteristic of soil developed from felsic sediments in west kalimantan province and its implication to land management, *Soil and Climate Journal*, 2007, Vol. 25, pp. 11–26.
46. Sukarman S.R., Anda M., Suryani E., *Guidelines for soil observation in the field*, Agricultural Research and Development Agency, Ministry of Agriculture Republic of Indonesia, Bogor, 2017, pp. 1–149.
47. Supriya K., Naidu M.V.S., Kavitha P., Srinivasa M.R., Characterization, classification and evaluation of soils in semi-arid region of Mahanandi Mandal in Kurnool district of Andhra Pradesh', *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2019, Vol. 67(2), pp. 125–136, DOI: [10.5958/0974-0228.2019.00014.8](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2019.00014.8).
48. Susilawati S., Veronika V., Vetiver grass study as a continuous slope safety, *Civil Engineering Communication Media*, 2016, Vol. 22(2), p. 99, DOI: [10.14710/mkts.v22i2.12886](https://doi.org/10.14710/mkts.v22i2.12886).
49. Suyana J., Sumarno, Supriyono, Lestariningsih N.P., Mulching and strengthening of terraces in three types of plants against surface runoff, erosion, growth and yield of plants in Andisols, *Agrosains*, 2017, Vol. 19(1), p. 15, DOI: [10.20961/agsjpa.v19i1.20924](https://doi.org/10.20961/agsjpa.v19i1.20924).
50. Vedadri U., Naidu M.V.S., Characterization, classification and evaluation of soils in semi-arid ecosystem of Chillakur mandal in SPSR Nellore district of Andhra Pradesh, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 2018, Vol. 66 (1), pp. 9–19, DOI: [10.5958/0974-0228.2018.00002.6](https://doi.org/10.5958/0974-0228.2018.00002.6).
51. Walia C.S., Rao Y.S., Characteristics and classification of some soils of Trans-Yamuna plains, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 1997, Vol. 45(1), pp. 156–162.
52. Yasin M.G.H., Langgi W.F., White grain maize as an alternative for staple food, *Iptek Tanaman Pangan*, 2015, Vol. 9(2), pp. 108–117.

53. Yatno E., Mulyanto B., Characteristics of soils formed from schist and their land suitability for cocoa crop in Kolaka and East Kolaka Regencies, Southeast Sulawesi, *Soil and Climate Journal*, 2016, Vol. 39(2), pp. 109–118.
54. Zulkarnain M., Prasetya B., Soemarno, Effects of compost, manure, and custom-bio on soil properties, growth and yield of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Entisol Kebun Ngrangkah of Pawon, Kediri, *Indonesian Green Technology Journal*, 2013, Vol. 2(1), pp. 45–52, URL: <https://igtj.ub.ac.id/index.php/igtj/article/view/103>.

УДК 631.474

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-137-156



Ссылки для цитирования:

Какпо Р.С.К., Савин И.Ю. Ресурсный потенциал почв Бенина для возделывания кукурузы // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 137-156. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-137-156

Cite this article as:

Kakpo R.S.K., Savin I.Yu., Resource potential of Beninese soils for maize cultivation, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 137-156, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-137-156

Благодарность:

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ (грант № 20-67-46017).

Acknowledgments:

The studies were carried out with the financial support of the Russian Science Foundation in the framework of the scientific project No. 20-67-46017.

Ресурсный потенциал почв Бенина для возделывания кукурузы

© 2021 г. Р.С.К. Какпо¹, И.Ю. Савин^{1,2,3*}

¹Институт экологии РУДН, Россия,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6.

²ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2.

³Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Россия,
308015 Белгород, ул. Победы, 85,

*<http://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru.

Поступила в редакцию 09.09.2021, после доработки 17.09.2021,
принята к публикации 20.09.2021

Резюме: В связи с ростом населения потребность Республики Бенин в увеличении производства продуктов питания существенно возрастает. Кукуруза является основной культурой, которая возделывается в стране непосредственно для питания населения. Научное обоснование для расширения площадей посева кукурузы является важной хозяйственной

задачей. Создана база данных ГИС, включающая всю необходимую информацию о состоянии почв и земель страны для оценки их ресурсного потенциала применительно к возделыванию кукурузы (свойства почв, климата и рельефа, предопределяющие возможности возделывания кукурузы). Проведено геоинформационное моделирование пригодности почв и земель для посева кукурузы. Выявлены наиболее пригодные земли. Оценена возможность расширения площадей в стране под возделывание кукурузы. Установлено, что самыми большими ресурсами (в долях от земельного фонда) для расширения посевов кукурузы обладают следующие коммуны Бенина: Тори-Боссито (96%), Товиклин (92.41%), Матери (90.31%), Кобли (89.25%), Уэйогбе (87.99%), Параку (86.57%), Джакотомей (85.66%), Авранку (85.46%), Аллада (84.13%), Бохикон (82.24%), Сакете (81.85%), За-Кпота (78.08%), Акпо-Миссерете (77.96%), Бопа (77.15%), Кпомассе (75.82%) и Ифании (75.03%). Полученные данные позволили сделать вывод, что теоретически валовой сбор кукурузы в Бенине может быть увеличен в 5 раз (от 1 514 913 т до 5 513 947 т) только за счет увеличения площади посевов.

Ключевые слова: почвенные ресурсы, западная экваториальная Африка, оценка пригодности, кукуруза.

Resource potential of Beninese soils for maize cultivation

© 2021 R. S. K. Kakpo¹, I. Yu. Savin^{1,2,3*}

¹*Institute of Ecological Engineering of RUDN,
8/2 Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation.*

²*Federal Research Centre "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute",
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation.*

³*Belgorod State National University,
85 Pobedy Str., Belgorod 308015, Russian Federation,
<http://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru.

Received 09.09.2021, Revised 17.09.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: Due to the growth of the population, the need of the Republic of Benin to increase food production is growing significantly. Maize is the main cultivated crop in the country, being also the main item of nutrition. The scientific rationale for expanding the area of maize cultivation is an important economic task. GIS database was created, which includes all the necessary

information on soil, relief, and climate conditions in the country for assessment the resource potential of lands for maize cultivation. Geoinformation modeling of soil and land suitability for maize cultivation was performed. The most suitable lands were identified. Possibility to expand areas for maize cultivation in the country was assessed. It was found that the largest resources (in parts of the land fund) for the expansion of maize cultivation are in the following communities of Benin: Tory-Bossito (96%), Toviklin (92.41%), Materi (90.31%), Kobli (89.25%), Wayogbe (87.99%), Parakou (86.57%), Jaco-Tomey (85.66%), Avrankou (85.46%), Allada (84.13%), Bohicon (82.24%), Sakete (81.85%), Za Kpota (78.08%), Akpo Misserete (77.96%), Bopa (77.15%), Kpomasse (75.82%) and Ifania (75.03%). The findings led us to conclude that, theoretically, the gross maize production in Benin could be increased fivefold (from 1,514,913 tons to 5,513,947 tons) only by expanding the cultivation area.

Keywords: soil evaluation, soil resources, western equatorial Africa, maize.

ВВЕДЕНИЕ

В Бенине сельское хозяйство имеет большое экономическое и социальное значение. Сельское хозяйство занимает более 70% рабочей силы страны и 40% в валовом внутреннем продукте. Кроме того, сельское хозяйство приносит более 90% экспортных доходов. Объем сельскохозяйственного производства в Бенине в 2019–2020 гг. вырос на 13.2% по сравнению с предыдущим. В Бенине в 2019–2020 гг. было собрано 1 814 289 т зерна против 1 643 277 т – в 2018–2019 гг., что на 10.44% больше. В то же время объем производства корней и клубней (в основном маниок и ямс) вырос на 14.14% (6 128 288 т в 2017 г. по сравнению с 6 994 622 т в 2019 г.). При этом возделывание по-прежнему основано преимущественно на традиционных системах земледелия (например, сменное земледелие) с незначительным использованием удобрений и орошения. Урожай кукурузы в стране сильно зависит от климатических и почвенных условий. В сельскохозяйственном пользовании находится 62.5% территории страны, но лишь 20% почв возделываются эффективно ([Sohou, 2014](#)).

Основная зерновая культура Бенина – кукуруза (*Zea mays* L.). Обычно она выращивается на юге и в центре страны (департаменты Уэме, Моно, Атлантике и Зу) ([Igué, 1983](#)). Употребляется в пищу в различных формах: зеленая кукуруза для непосред-

ственного потребления населением, как мука для приготовления местных блюд, сырые зерна для производства “mawé” или “ogui” (традиционная ферментированная мука), которые служат основой для приготовления различных видов каши (акасса, акпан и др.) Согласно данным Министерства сельского развития Бенина, потребление кукурузы на душу населения в год является самым высоким в департаменте Уэме, за которым следует Моно и Атлантический (<https://agriculture.gouv.bj/documents?document=rappports>).

Спрос на кукурузу в стране постоянно увеличивается в связи с ростом населения. Поэтому актуальной задачей в Бенине является поиск участков для расширения посевов кукурузы. С этой целью предпринимаются попытки оценить пригодность земель под возделывание кукурузы. Подобная оценка была проведена в 1982 г. специалистами ФАО ([Van Diepen, 1982](#)). Однако она была сделана с использованием устаревших данных и в достаточно схематичном виде.

В настоящее время для оценки пригодности земель все чаще используются геоинформационные технологии ([Иванов и др., 2013, 2014](#); [Sohou, 2014](#)). Особенно следует отметить деятельность ФАО по созданию и развитию баз данных и ГИС в области сельского хозяйства ([FAO-UNESCO, 1988](#)).

В России применяются как традиционные подходы ([Агроэкологическая оценка..., 2005](#)), так и подходы, построенные на адаптации методологии оценок ФАО ([Иванов и др., 2014](#)).

Цель настоящих исследований состояла в оценке пригодности земель Бенина для возделывания кукурузы, основанной на обновленных данных о почвах и распространенности посевов кукурузы в стране, а также на использовании ГИС.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве методологической основы для оценки пригодности земель мы использовали подходы, основанные на идеологии оценки земли ФАО и на геоинформационных технологиях ([Иванов и др., 2013](#)).

На первом этапе построения оценочных моделей был проведен отбор свойств земель, которые потенциально могут повлиять на рост кукурузы в пределах Бенина ([Van Diepen, 1982](#); [Sys, 1984](#),

[1993](#)). Отбор свойств осуществляли в рамках трех основных блоков: почвенного, климатического и блока рельефа.

Все свойства вносились в базу данных ГИС в качестве атрибутов к растровым картам. К почвенной карте в ГИС была привязана атрибутивная таблица, содержащая информацию о выбранных свойствах для каждого почвенно-географического выдела на карте. Основными источниками наполнения информацией почвенного блока ГИС послужили традиционно составленная и обновленная по космическим снимкам почвенная карта ([Какпо, Савин, 2017](#)), научные публикации и фондовые материалы ([Igué, 1994](#); [Igué, Youssouf, 1995](#); [Mulder, 2000](#); [Saïdou et al., 2003](#); [2004](#); [Junge, Skowronek, 2007](#); [Akponikpè et al., 2010](#); [Montcho, 2015](#); [Zossou et al., 2021](#)).

Перечень использованных для анализа свойств почв представлен в таблице 1. Для всех выбранных свойств экспертно составлены оценочные шкалы, состоящие из трех градаций: оптимальное, ограничено пригодное и непригодное. Интегральная оценка почв получена на основе правила максимальной лимитации.

Дополнительно оценивалась возможность улучшения неоптимальных свойств почв путем проведения мелиоративных мероприятий. С учетом того, что в стране преобладают ферралитные и железисто-марганцевые тропические, часто лессивированные почвы, считалось, что такие свойства, как каменистость и гранулометрический состав почв, являются лимитирующими и труднее всего поддаются коррекции. Неоптимальная величина pH, слабая насыщенность основаниями устраняются посредством специфических агротехнических приемов. Коренными мелиорациями можно устранить влияние таких свойств, как дренированность почв, уровень грунтовых вод, засоленность почв, содержание гипса, карбонатов, подвижного натрия.

Далее оценивалась пригодность земель по климатическим условиям.

Таблица 1. Шкалы свойств почв для оценки пригодности земель для возделывания кукурузы в Республике Бенин

Table 1. Scales of soil properties to assess the eligibility of lands for maize cultivation in the Republic of Benin

Свойство почв	Класс пригодности		
	пригодно	ограниченно пригодно	непригодно
Затопляемость	нет	не более чем на 1 неделю	ежегодно бо- лее чем на 1 месяц
Дренарованность	хорошо дре- нированные	средне дрени- рованные	плохо дрени- рованные
Гранулометри- ческий состав	суглинистый	супесчаный	песчаный, глинистый
Каменистость (vol %)	0–15	15–55	> 55
Мощность мелкозе- мистой толщи (см)	> 75	20–75	< 20
Содержание карбо- натов кальция (%)	0–15 %	15–35 %	> 35%
Содержание гипса (%)	0–4%	4–20 %	> 20%
Емкость катионного обмена (cmol/kg)	> 16	< 16	–
Насыщенность об- менными основани- ями (%)	> 50	20–50	< 20
Сумма основных катионов (cmol/kg)	> 5	2–5	< 2
РН _{H2O}	5.8–6.6	5.2–5.8	> 6.6 и < 5.2
Содержание орга- нического углерода (%)	> 0.4	0.4–0.1	< 0.1
Удельная электро- проводность (dS/m)	0–4	4–8	> 8
Засоленность почв (%)	0–15	15–25	> 25

На первом этапе анализа была проведена общая оценка по климату за период 2010–2020 гг. на основе параметров, перечисленных в таблице 2, с учетом ограничений, приведенных в работе Sys et al. (1993), и экспертного анализа, используя следующие правила:

→ класс “s”, если 7 лет параметр попадает в класс “пригодно” и не более 1 года – “непригодно”;

→ класс “o”, если 7 лет параметр попадает в класс пригодно и не более 2 лет – в класс “непригодно”, а также если не более 7 лет попадает в класс “ограниченно пригодно” и не более 1 года – в класс “непригодно”;

→ класс “n”, если более 3 лет параметр попадает в класс “непригодно”.

Таблица 2. Граничные значения климатических свойств для оценки пригодности кукурузы в Республике Бенин

Table 2. Thresholds values of climatic parameters for assessing the suitability of maize for cultivation in the Republic of Benin

Климатические свойства	Класс пригодности		
	пригодно	ограниченно пригодно	непригодно
Количество осадков за период вегетации (мм)	500–1 200	300–500 и > 1200	< 300
Средняя температура за период вегетации (°C)	18–32	14–18 и 32–40	< 14 и > 40
Минимальная температура за период вегетации (°C)	12–24	7–12 и 24–30	< 7 и > 30

Условия рельефа также влияют на технические возможности использования земель. В результате реализации пакета программ ГИС была построена карта экспозиции склонов в градусах (для каждого пиксела карты рассчитана величина экспозиции, выраженная в виде азимутального угла). Считалось, что для кукурузы в Бенине ограничения по рельефу отсутствуют или незначительны при преобладающих уклонах местности не более 8°. При 8–12°

влияние уклона можно нивелировать путем использования специфических технологий возделывания культур. При преобладании уклонов местности более 12° возделывание кукурузы возможно лишь после террасирования склонов (но в большинстве случаев в Бенине промышленное возделывание на террасах экономически не оправдано).

На следующем этапе путем совместного анализа (наложения) карт пригодности по почвенным, климатическим и рельефным условиям были получены карты интегральной оценки пригодности ([Иванов и др., 2014](#)). Рассматривались два варианта интегральной пригодности земель. В первом варианте представлены результаты оценки земель в их фактическом состоянии без учета возможностей мелиорации. А во втором – с учетом, т. е. при максимально возможном улучшении неоптимальных свойств земель.

После проведения оценки пригодности земель была сделана попытка создать оптимальный вариант размещения посевов кукурузы в стране.

В качестве источника информации о почвах Бенина использовалась Почвенная карта, составленная в 1976 г. под эгидой Министерства кооперации и сельского развития Бенина. Карта была составлена в масштабе 1 : 200 000 на 9 листах. К каждому листу карты прилагается отдельная легенда. Наименования почв даны во французской классификации почв ([Faure et al., 1976](#)). Карта была обновлена на основе дешифрирования почв по космическим изображениям Landsat ([Какпо, Савин, 2017](#)).

Основным источником наполнения информацией блока ГИС о климате послужила база данных ERA Interim (ECMWF) (EC-JRC-MARS data, production by MeteoConsult (NL) ECWMF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) model outputs (<https://ec.europa.eu/jrc/en/mars>).

Основой блока данных о рельефе является цифровая модель рельефа (ЦМР). В качестве ЦМР для Республики Бенин использовались данные, полученные в рамках программы Национального Космического Агентства США (БАСА) SRTM (Радарная Топографическая Миссия Шаттлов) (<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>) с пространственным разрешением 90 м на местности.

Также использовались статистические данные о площадях сева и урожайности кукурузы на уровне департаментов за 2017–2018 гг. и векторные карты границ коммун и департаментов страны из базы данных GAUL (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/FAO_GAUL_2015_level1#terms-of-use).

Границы департаментов и коммун Бенина соответствуют информации, представленной на сайте https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B0.

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ Statistica 6.0. Работа со спутниковыми изображениями и почвенной картой проводилась в ГИС ILWIS 3.3. (<https://www.itc.nl/ilwis/download/ilwis33/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа построены карты пригодности земель Бенина для возделывания кукурузы по рельефу, климату и по почвам с учетом лимитирующих параметров, а также две интегральные карты оценки пригодности (рис. 1–4).

Оценка почвенных условий показала, что оптимальные земли для промышленного возделывания кукурузы встречаются в департаментах Боргу (73.50% земель оптимально), Атлантический (70.27%), Плато (62.84%), Моно (61.11%) и Коллин (52.34%). Территории с большей частью ограниченно пригодных почв располагаются на северо-западе страны. Это департаменты Алибори (77.85%), Донга (63.24%) и Атакора (52.42%). Департамент с наихудшими условиями для возделывания кукурузы – Литтораль (65.87%), где находится экономическая столица страны Котону. Суммарно 43.82% территории Бенина пригодны по почвенным условиям для возделывания кукурузы без ограничений, а около 15% – непригодны. При этом около 55% ограниченно пригодных почв и 15% почв, непригодных по почвенным свойствам, могут быть улучшены путем проведения мелиоративных мероприятий.

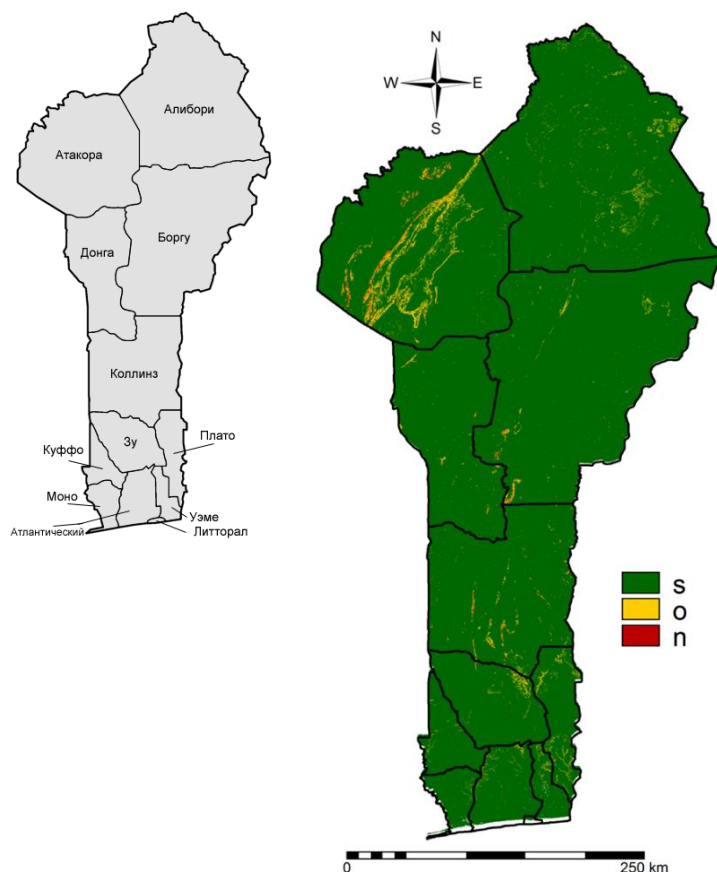


Рис. 1. Карта оценки пригодности по рельефу (s – пригодно без ограничений, o – ограниченно пригодно, n – непригодно). Слева сверху показано деление Бенина на департаменты (автор врезки Tigran Mitr am: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Benin_departments_named.png, CC BY-SA 3.0, <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?curid=1232385>).

Fig. 1. Map of lands eligibility from the aspect of relief (s – suitable without limitations, o – suitable to a limited extent, n – unsuitable). The top left shows the division of Benin into departments (by Tigran Mitr am: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Benin_departments_named.png, CC BY-SA 3.0, <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?curid=1232385>).

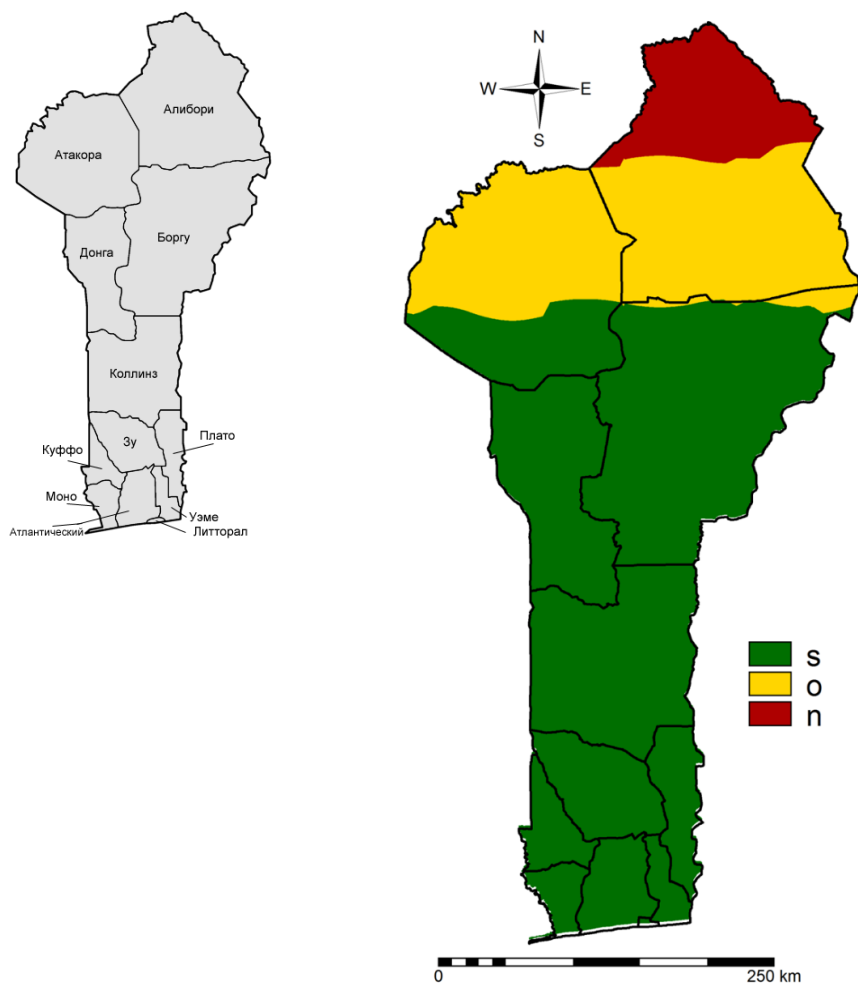


Рис. 2. Карта оценки пригодности по климату (**s** – пригодно без ограничений, **o** – ограниченно пригодно, **n** – непригодно). Пояснения по врезке см. рис. 1.

Fig. 2. Map of lands eligibility from the aspect of climate (**s** – suitable without limitations, **o** – suitable to a limited extent, **n** – unsuitable). Sidebar information is given in Fig. 1.

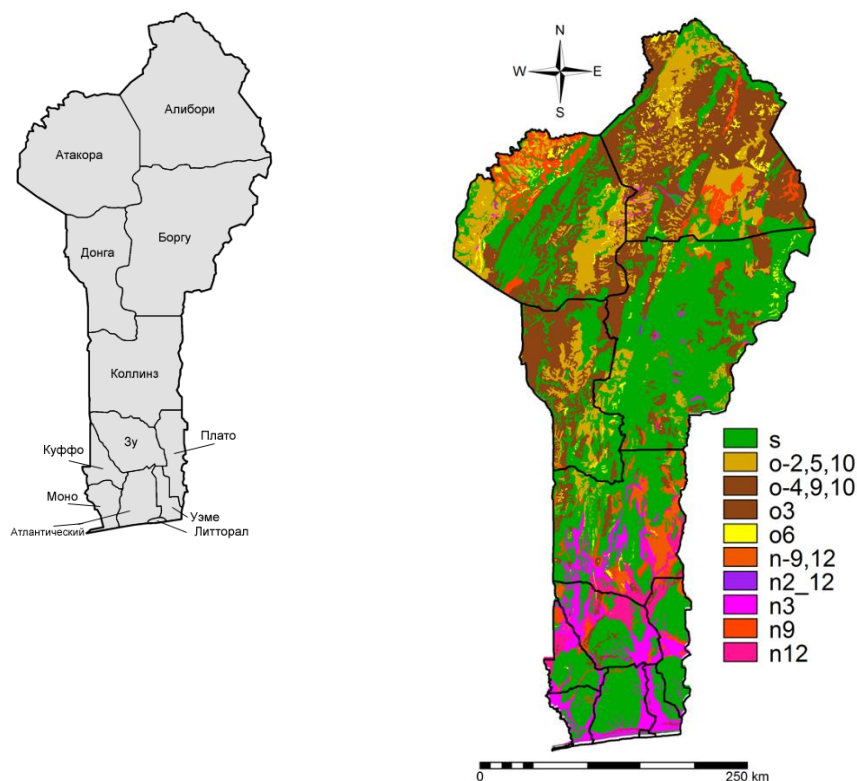


Рис. 3. Карта оценки пригодности почв (s – пригодно, o-2,5,10 – ограниченно пригодно (соответственно, по уровню грунтовых вод, мощности мелкоземистой толщи + сумме оснований), o3 – ограниченно пригодно по гранулометрическому составу, o6 – огр. пригодно по содержанию карбонатов, o-4,9,10 – ограниченно пригодно по (каменности почвы + степени насыщенности основаниями + сумме основных катионов), n-9,12 – ограниченно пригодно по (степени насыщенности основаниями + содержанию органического углерода), n2_12 – ограниченно пригодно по (уровню грунтовых вод + содержанию органического углерода), n3 – непригодно по гранулометрическому составу, n9 – непригодно по степени насыщенности основаниями и n12 – непригодно по содержанию органического углерода).

Fig. 3. Map of soils eligibility (**s** – suitable, **o-2,5,10** – suitable with limitations in ground water level + thickness of fine-grained layer + total exchangeable bases, respectively; **o3** – suitable with limitations in particle size distribution; **o6** – suitable with limitations in carbonate content; **o-4,9,10** – suitable with limitations in rockiness + base saturation degree + sum of base cations); **n-9,12** – suitable with limitations in base saturation degree + organic carbon content; **n2_12** – suitable with limitations in ground water level + organic carbon content; **n3** – unsuitable in particle size distribution; **n9** – unsuitable in base saturation degree; **n12** – unsuitable in organic carbon content.

Земли с оптимальным для возделывания кукурузы климатом находятся в департаментах: Атлантический, Куффо, Зу, Литтораль, Моно, Веме, Плато и Донга, – 100% этих территорий пригодно по климату и не имеет никаких ограничений для выращивания кукурузы. В основном это южная и северная части страны (73 447.1 км²), при этом около 37% непригодных по климату земель могут стать пригодными при использовании орошения. Доля климатически непригодных земель составляет 8.42% территории, т. е. 9 731.96 км², это самая северная часть страны вблизи зоны Сахель.

На территории Бенина преобладают земли, практически не имеющие ограничений по рельефу (уклонам местности) для возделывания кукурузы.

Так, согласно полученным результатам, около 97% территории страны пригодно без ограничений по рельефу, 100% земель пригодно по рельефу без ограничений в департаментах: Атлантический, Веме, Литтораль и Моно. Около 2% территории имеют ограничения по рельефу, и лишь 1% (244.42 км²) земель не пригоден по условиям рельефа (в северо-западной части страны с низкими глыбовыми горами Атакора).

С учетом карт оценки пригодности по почвам, климату и рельефу оказалось, что около 43% всех земель страны попадает в класс ограничено-пригодных. Большая доля оптимальных земель для возделывания кукурузы расположена в Атлантическом (69.74%), Боргу (69.65%), Моно (61.5%), Плато (59.92%), Коллин (51.89%) и Куффо (51.24%) департаментах Бенина.

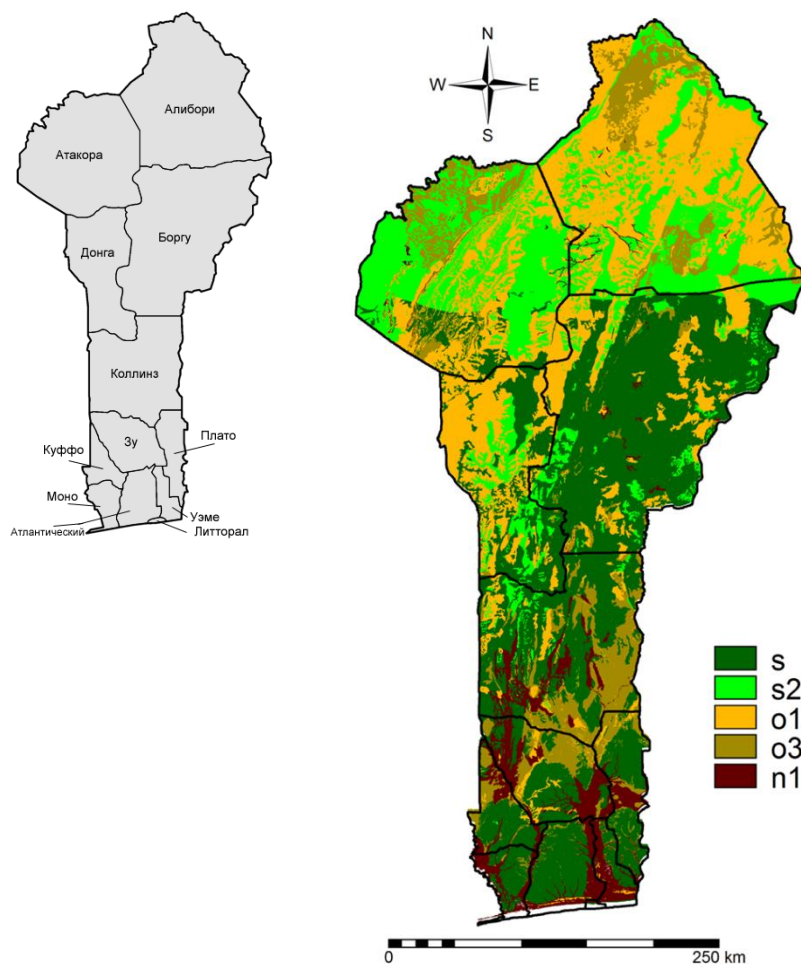


Рис. 4. Карта интегральной оценки пригодности (**s** – пригодно без ограничений, **s2** – пригодно после улучшения, **o1** – ограниченно пригодно и нельзя улучшить, **o3** – ограниченно пригодно после улучшения и **n1** – непригодно и нельзя улучшить).

Fig. 4. Map of integral evaluation of land eligibility (**s** – suitable without limitations, **s2** – suitable after melioration **o1** – suitable to a limited extent and cannot be improved, **o3** – suitable to a limited extent after melioration, **n1** – unsuitable and cannot be improved).

Практически не встречаются пригодные земли в Алибори (0.01%), а в департаменте Атакора их доля составляет лишь 7.63%.

Территории, которые становятся оптимальными по всем параметрам для возделывания кукурузы после улучшения свойств земель, занимают 54.97%. Особенно существенное прибавление пригодных земель с учетом возможности их мелиорации наблюдается в департаментах Донга (16.74%), Алибори (30.88%) и Атакора (49.38%). Суммарно на территории страны, при максимально возможном улучшении свойств земель, площади непригодных участков уменьшаются в четыре раза (с 22.95% до 5.74%). Однако при этом остается большая доля непригодных земель, которые нельзя улучшить, например, в департаменте Веме (55.79%) и департаменте Литтораль (71.91%).

В качестве основных мелиоративных мер в Бенине могут быть использованы такие как:

→ мероприятия для устранения воздействия лимитирующих факторов, связанных с недостатком влаги, например, орошение земель с использованием воды из притоков реки Нигер на севере страны;

→ внедрение специальных агротехнологий для предотвращения эрозии почв, позволяющих преодолеть ограничения по рельефу. В первую очередь, к ним относится распашка поперек склонов, а также сохранение стерни и пожнивных остатков на полях. В качестве перспективной меры можно рассматривать внедрение систем земледелия no-till, но перед их внедрением необходимы дополнительные исследования почв на локальном уровне. Местами можно рекомендовать создание небольших по площади террас;

→ специальные подобранные системы обработки почвы, удобрений, химической и биологической мелиорации почв и земель для улучшения почвенных свойств. С их помощью можно устранить влияние таких негативных факторов, как неоптимальная величина pH, слабая насыщенность основаниями, низкое содержание гумуса, повышенная плотность почв. Другие лимитирующие почвенные свойства, такие как поемность, грансостав, каменистость и щебнистость почв, вряд ли могут быть улучшены с учетом уровня экономического развития страны.

ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствуют о том, что самыми большими ресурсами (в долях от земельного фонда) для расширения посевов кукурузы обладают следующие коммуны Бенина: Тори-Боссито (96%), Товиклин (92.41%), Матери (90.31%), Кобли (89.25%), Уэйогбе (87.99), Параку (86.57%), Джакотомей (85.66%), Авранку (85.46%), Аллада (84.13%), Бохикон (82.24%), Сакете (81.85%), За-Кпота (78.08%), Акпо-Миссерете (77.96%), Бопа (77.15%), Кпомассе (75.82%) и Ифании (75.03%).

По нашим результатам, наибольший потенциал увеличения урожая за счет коррекции размещения имеют 30 коммун.

Следует отметить, что в большинстве этих коммун фактически уже размещены посевы кукурузы. То есть увеличение посевов кукурузы может идти как за счет интенсивного освоения новых земель (например, в коммунах Тангиета, Керу, Калале, Гогуну, Матери, Джугу, Куанде, Канди, Савалу), так и в более полном использовании ресурсного потенциала земель в тех коммунах, где кукуруза уже возделывается давно (Чауру, Банте, Ндали, Перере, Никки, Калале, Бембереке).

Сопоставление полученных результатов с данными валового сбора кукурузы 2017/2018 г. в стране показывает, что теоретически валовой сбор кукурузы в Бенине может быть увеличен в 5 раз (от 1 514 913 т до 5 513 947 т) только за счет расширения площади ее посевов.

Ресурсный потенциал земель Бенина для возделывания кукурузы в максимальной степени используется в коммунах Атьеме, Уаке, Агеге и Со-Ава. Посев кукурузы не рекомендуется в столице Котону (71.63% неоптимальных земель) и в коммунах Дангбо (55.77%), Гран-Попо (43.09%), Побе (35.48%) и Уида (34.01%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическая оценка земель. Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Под. ред. Кирюшина В.И., Иванова А.Л. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
2. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С. Качество почв России для сельскохозяйственного использования // Российская сельскохозяйственная наука. 2013. № 6. С. 41–45.

3. *Иванов А.Л., Савин И.Ю., Егоров А.В.* Методология оценки ресурсного потенциала земель России для сельскохозяйственного производства (на примере хмеля) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2014. Вып. 73. С. 29–94. DOI: [10.19047/0136-1694-2014-73-29-94](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-73-29-94).
4. *Какпо Р., Савин И.Ю.* Возможности распознавания почв бенина по спутниковым изображениям LANDSAT // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 4. С. 332–340. DOI: [10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340).
5. *Akponikpè P.B.I., Gérard, B., Michels, K., Biielders, C.L.* Use of the APSIM model in long term simulation to support decision making regarding nitrogen management for pearl millet in the Sahel. European Journal of Agronomy. 2010. Vol. 32. P. 144–154. DOI: [10.1016/j.eja.2009.09.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.09.005).
6. *FAO-UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend* // World Soil Ressources Report 60. Rome, 1988. 119 p.
7. *Faure P., Viennot M., Dubroecq D.* Carte Pedologique de Reconnaissance Republique Populaire du Benin. 1 : 200,000. Kandi: ORSTOM, 1976.
8. *Framework for Land Evaluation.* FAO, 1976. 28 p.
9. *Francis T.R., Kannenberg L.W.* Yield stability studies in short – season maize. A descriptive method for grouping genotypes // Canadian of plant science. 1978. Y. 58. No. 4. P. 1029–1034.
10. *Igué A.M.* Cartes topographiques du Bénin. Cotonou, Paris, 1983.
11. *Igué A.M.* Utilisation des données pédologiques pour une agriculture durable. Cas des terres de barres au sud Bénin. World Soil Resources Reports. No. 83. P. 109–127. Rome, 1994.
12. *Igué A.M., Youssouf I.* Etude au 1 : 5 000 de l'état de dégradation des sols de la station de Recherche sur les cultures vivrières d'Ina. Etude No. 317. CENAP, Cotonou, 1995.
13. *Junge B., Skowronek A.* Genesis, properties, classification and assessment of soils in Central Benin, West Africa // Geoderma. 2007. Vol. 139. Iss. 3–4. P. 357–370. DOI: [10.1016/j.geoderma.2007.02.015](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.02.015).
14. *Lambin E.F.* Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. In: Progress in Physical Geography. 1997. Vol. 21. P. 375–393.
15. *Montcho M.* Dégradation et baisse de fertilité des sols au Bénin. Working Paper, Jeunes et agriculture au Benin, Cotonou, Benin. 2015. URL: <https://agricultureaufeminin.wordpress.com/2015/01/02/degradation-et-baisse-de-fertilite-des-sols-au-benin/>.

16. *Mulder I.* Soil Degradation in Benin: Farmers' Perceptions and Responses Research Series. No. 240. Amsterdam: Tinbergen Institute, Vrije Universiteit Amsterdam, 2000. 241 p.
17. *Sohou E.B.* Disparité spatiale du couvert forestier dans la forêt classée d'Agoua. Proc. Conf. "Lauréat du Prix Meilleur Poster Scientifique IRD". 2014.
18. *Rossiter D.G.* A theoretical framework for land evaluation // *Geoderma*. 1996. Vol. 72. P. 165–202.
19. *Saïdou A., Kuyper T.W., Kossou D.K., Tossou R., Richards P.* Sustainable soil fertility management in Benin: learning from farmers // *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. 2004. Vol. 52. Iss. 3–4. P. 349–369. DOI: [10.1016/S1573-5214\(04\)80021-6](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(04)80021-6).
20. *Saïdou A., Janssen B.H., Temminghoff E.J.M.* Effects of soil properties, mulch and NPK fertiliser on maize yields and nutrient budgets on ferrallitic soils in southern Benin Agriculture // *Ecosystems and Environment*. 2003. Vol. 100. P. 265–273
21. *Sys C.* Principes de classification et d'évaluation des terres pour la Rep. Pop. du Benin. Rapport de mission de consultation FAO. Etude No. 152. CENAP, Cotonou, 1984.
22. *Sys C., van Ranst E., Debaveye I.J., Beernaert F.* Land evaluation Part iii: Crops requirements. General Administration for Development Cooperation. Brussels, 1993. 199 p.
23. *Van Diepen C.* La dégradation des sols en Rép. Du Benin. CENAP-Cotonou, 1982.
24. *Zossou S.R.C., Adegbola P.Y., Oussou B.T., Dagbenonbakin G., Mongbo R.* Modelling smallholder farmers' preferences for soil fertility management technologies in Benin: A stated preference approach // *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16(6). e0253412. DOI: [10.1371/journal.pone.0253412](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253412).

REFERENCES

1. Kiryushin V.I., Ivanov A.L. (Eds), *Agroekologicheskaya otsenka zemel'. Proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* (Agroecological land assessment. Design of adaptive landscape systems of farming and agricultural technologies), Moscow: Rosinformagrotekh, 2005, 784 p.
2. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoi V.S., Kachestvo pochv Rossii dlya sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya (Soil quality in Russia for agricultural use), *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*, 2013, No. 6, pp. 41–45.
3. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Egorov A.V., Methodology of land resources assessment for agricultural production in Russia (at the example of hop

- cultivation, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2014, Vol. 73, pp. 29–94, DOI: [10.19047/0136-1694-2014-73-29-94](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-73-29-94).
4. Kakpo R., Savin I.Y., Possibilities of detecting of soils of Benin based on LANDSAT satellite images, *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2017, Vol. 12, No. 4, pp. 332–340, DOI: [10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340).
5. Akponikpè P.B.I., Gérard B., Michels K., Bièlders C.L., Use of the APSIM model in long term simulation to support decision making regarding nitrogen management for pearl millet in the Sahel, *European Journal of Agronomy*, 2010, Vol. 32, pp. 144–154, DOI: [10.1016/j.eja.2009.09.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.09.005).
6. *FAO-UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend*, World Soil Ressources Report 60, Rome, 1988. 119 p.
7. Faure P., Viennot M., Dubroecq D., *Carte Pedologique de Reconnaissance Republique Populaire du Benin. 1 : 200,000*, Kandi: ORSTOM, 1976.
8. *Framework for Land Evaluation*, FAO, 1976, 28 p.
9. Francis T.R., Kannenberg L.W., Yield stability studies in short – season maize. A descriptive method for grouping genotypes, *Canadian Journal of plant science*, 1978, Y. 58, No. 4, pp. 1029–1034.
10. Igué A.M., *Cartes topographiques du Bénin*, Cotonou, Paris, 1983.
11. Igué A.M., Utilisation des données pédologiques pour une agriculture durable. Cas des terres de barres au sud Bénin, *World Soil Resources Reports*, No. 83, pp. 109–127, Rome, 1994.
12. Igué A.M., Youssouf I., *Etude au 1 : 5 000 de l'état de dégradation des sols de la station de Recherche sur les cultures vivrières d'Ina*, Etude No. 317, CENAP, Cotonou, 1995.
13. Junge B., Skowronek A. Genesis, properties, classification and assessment of soils in Central Benin, West Africa, *Geoderma*, 2007, Vol. 139, Iss. 3–4, pp. 357–370, DOI: [10.1016/j.geoderma.2007.02.015](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.02.015).
14. Lambin E.F., Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, In: *Progress in Physical Geography*, 1997, Vol. 21, pp. 375–393.
15. Montcho M., Dégradation et baisse de fertilité des sols au Bénin, Working Paper, *Jeunes et agriculture au Benin*, Cotonou, Benin, 2015, URL: <https://agricultureaufeminin.wordpress.com/2015/01/02/degradation-et-baisse-de-fertilite-des-sols-au-benin/>.
16. Mulder I., *Soil Degradation in Benin: Farmers' Perceptions and Responses Research Series*, No. 240, Amsterdam: Tinbergen Institute, Vrije Universiteit Amsterdam, 2000, 241 p.
17. Sohoun E.B., Disparité spatiale du couvert forestier dans la forêt classée d'Agoua, *Proc. Conf. "Lauréat du Prix Meilleur Poster Scientifique IRD"*, 2014.

18. Rossiter D.G., A theoretical framework for land evaluation, *Geoderma*, 1996, Vol. 72, pp. 165–202.
19. Saïdou A., Kuyper T.W., Kossou D.K., Tossou R., Richards P., Sustainable soil fertility management in Benin: learning from farmers, *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 2004, Vol. 52, Iss. 3–4, pp. 349–369, DOI: [10.1016/S1573-5214\(04\)80021-6](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(04)80021-6).
20. Saïdou A., Janssen B.H., Temminghoff E.J.M., Effects of soil properties, mulch and NPK fertiliser on maize yields and nutrient budgets on ferrallitic soils in southern Benin Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 2003, Vol. 100, pp. 265–273.
21. Sys C., Principes de classification et d'évaluation des terres pour la Rep. Pop. du Benin, *Rapport de mission de consultation FAO*, Etude No. 152, CENAP, Cotonou, 1984.
22. Sys C., van Ranst E., Debaveye I.J., Beernaert F., *Land evaluation Part iii: Crops requirements*, General Administration for Development Cooperation, Brussels, 1993, 199 p.
23. Van Diepen C., *La dégradation des sols en Rép. Du Benin*, CENAP-Cotonou, 1982.
24. Zossou S.R.C., Adegbola P.Y., Oussou B.T., Dagbenonbakin G., Mongbo R., Modelling smallholder farmers' preferences for soil fertility management technologies in Benin: A stated preference approach, *PLoS ONE*, 2021, Vol. 16(6), e0253412, DOI: [10.1371/journal.pone.0253412](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253412).

УДК 631.3:2

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-157-174



Ссылки для цитирования:

Бунин М.С., Коленченко И.А., Пирумова Л.Н. Информационные ресурсы по цифровому земледелию в отечественных и международных базах данных // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 157-174. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-157-174

Cite this article as:

Bunin M.S., Kolenchenko I.A., Pirumova L.N., Digital agriculture informational resources in local and international databases, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 157-174, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-157-174

Информационные ресурсы по цифровому земледелию в отечественных и международных базах данных

© 2021 г. М. С. Бунин^{*}, И. А. Коленченко^{**}, Л. Н. Пирумова^{***}

*ФГБНУ “Центральная научная сельскохозяйственная библиотека”
(ЦНСХБ), Россия,*

107140, Москва, Орликов переулок, 3Б,

^{}<https://orcid.org/0000-0001-5106-8732>, e-mail: dir@cnsnb.ru,*

*^{**}<https://orcid.org/0000-0003-0810-8561>, e-mail: dir@cnsnb.ru,*

*^{***}<https://orcid.org/0000-0003-3138-4265>, e-mail: pln@cnsnb.ru.*

*Поступила в редакцию 06.07.2021, после доработки 20.08.2021,
принята к публикации 20.09.2021*

Резюме: Рассмотрены информационные ресурсы по точному и цифровому земледелию, представленные в зарубежных мультидисциплинарных и отраслевых международной и отечественных базах данных (БД) по сельскому хозяйству. Анализовали БД Web of Science, Scopus, AGRIS (ФАО ООН), “Инженерно-техническое обеспечение АПК” (“Росинформагротех”) и “АГРОС” (ЦНСХБ) по запросам “цифровое земледелие”, “точное земледелие”. Представлена динамика поступления документов в БД “АГРОС”. Отмечен очевидный количественный рост информационного массива отечественных документов по проблематике точного земледелия, что соответствует уровню внедрения технологий точного земледелия в стране, по вопросам

цифрового земледелия отечественный документный поток зарождается и характеризуется единичными работами, которые рассеяны по различным периодическим изданиям. Выявлены журналы, наиболее часто публикующие статьи по данной теме, и установлено, что отечественные специализированные журналы по теме отсутствуют, наиболее часто материалы публиковались в журналах “Техника и оборудование для села”; “Почвоведение и агрохимия”; “Сельскохозяйственные машины и технологии”. Преимущественно материалы публиковались в специализированных зарубежных изданиях “Computers and electronics in agriculture” и “Precision agriculture”. Наибольшее количество документов по запросам получено в БД WOS и Scopus, но в результатах поиска присутствует большой процент нерелевантных документов. При поиске зарубежных документов целесообразно использовать все БД, однако наличие большого количества ссылок на полные тексты из свободного доступа выделяет БД AGRIS. При поиске отечественных документов полноту представления отечественного документопотока обеспечивает БД “АГРОС”. Отмечена высокая эффективность поиска в БД “АГРОС” и AGRIS: в результатах поиска наибольшее число релевантных документов, что объясняется использованием в них в качестве лингвистического средства тезаурусов.

Ключевые слова: цифровизация земледелия, точное земледелие, БД “АГРОС”, БД AGRIS.

Digital agriculture informational resources in local and international databases

© 2021 M. S. Bunin*, I. A. Kolenchenko**, L. N. Pirumova***

Federal State Budgetary Scientific Institution

“Central Scientific Agricultural Library”

3B Orlikov pereulok, Moscow 107140, Russian Federation,

* <https://orcid.org/0000-0001-5106-8732>, e-mail: dir@cnsnb.ru,

** <https://orcid.org/0000-0003-8110-8561>, e-mail: dir@cnsnb.ru,

*** <https://orcid.org/0000-0003-3138-4265>, e-mail: pln@cnsnb.ru.

Received 06.07.2021, Revised 20.08.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: The article reviews informational resources on precision and digital agriculture in international cross-disciplinary and sectoral international and local databases. The databases Web of Science, Scopus, AGRIS (by FAO UN) and Engineering infrastructure of Agriculture, Rosinformagrotech, AGROS (by Central Scientific Agricultural Library) with the retrieval requests “Digital

agriculture”, “Precision Agriculture” were analyzed. The authors estimated the dynamics of document flows to the AGROS database and confirmed strong growth of volume of local publications on precision agriculture to the level demonstrating technology adoption of precision agriculture. Meanwhile the level of document flow on digital agriculture is at the starting level. Analysis of most frequent publications on the topic showed that there’s no local specialized journals on precision agriculture, most frequently publications appeared in local journals such as “Machinery and equipment for rural areas”, “Soil science and agrochemistry”, “Agricultural machinery and technology”. Predominantly materials were published in specialized foreign journals “*Computers and electronics in agriculture*” and “*Precision agriculture*”. Most of the documents were obtained from WOS and Scopus databases, but a lot of them are irrelevant. While searching for foreign documents it makes sense to use all the databases available, but most of the full-size texts in open access are available in the AGRIS database. In the same way AGROS database provide a wide range of full-size texts in the Russian language. Both AGROS and AGRIS databases showed high efficiency of search with most relevant documents in search results since both databases use thesaurus as a linguistic tool.

Keywords: digital farming, precision agriculture, AGROS database, AGRIS database.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг. определяет цели, задачи и меры, направленные на развитие информационного общества, формирование цифровой экономики в целях реализации стратегических национальных приоритетов. Отличительной особенностью информационного общества будет широкое использование электронных информационных ресурсов, научных знаний и новых информационно-коммуникационных технологий в целях обеспечения доступности информации для широких слоев населения страны и решения проблем информационного неравенства. Реализация цифровой экономики в Российской Федерации осуществляется в рамках государственной Программы “Цифровая экономика Российской Федерации”, направленной на создание условий для развития общества знаний. В целях цифровой трансформации сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического про-

рыва в АПК Министерство сельского хозяйства России развивает ведомственный проект “Цифровое сельское хозяйство”, который предполагает создание и развитие национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством “Цифровое сельское хозяйство”, модуля “Агрорешения”, отраслевой электронной образовательной среды “Земля знаний”. Цифровизация затронула все отрасли АПК, в том числе земледелие. Под цифровым земледелием понимается последовательное применение методов точного земледелия и интеллектуального земледелия (применение информационных технологий для оптимизации сложных систем земледелия), внутренняя и внешняя сеть хозяйства и использование веб-платформ данных вместе с анализом больших данных. Цифровое земледелие использует всю имеющуюся информацию и экспертизу для автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве, полностью базируется на технологии точного земледелия.

Целью исследований являлся анализ информационных ресурсов по проблематике точного и цифрового земледелия, представленных как в отечественных, так и зарубежных, международных информационных системах и базах данных.

Задачи исследования – выявить БД и источники, в которых представлено наибольшее количество публикаций по проблеме цифрового земледелия.

Информационное обеспечение является обязательным условием эффективного проведения и одновременно неотъемлемой частью каждого научного исследования. Системой информационного обеспечения, существующей в ФГБНУ ЦНСХБ, охвачены все отрасли АПК и смежные с ними области знания, в том числе цифровое и точное земледелие. Материалы по точному и цифровому земледелию представлены в информационных продуктах библиотеки: БД “АГРОС”, систематических ежемесячных библиографических указателях отечественных документов – “Сельскохозяйственная литература” – и иностранной литературы – “Сельское хозяйство”. Реферативная информация представлена в реферативном журнале “Инженерно-техническое обеспечение АПК”, особенно в разделе автоматизация и электронизация сельского хозяйства.

Важной составляющей информационного обеспечения является нормативная база, поэтому исследовали *Информационное обеспечение документами технического регулирования и стандартизации*. Анализ национальных стандартов по теме цифровой экономики выявил 884 документа. Из них к области больших данных относятся 18 документов; к нейротехнологии и искусственного интеллекта – 15; квантовым технологиям – 2; промышленному интернету – 76; робототехнике – 46; технологии беспроводной связи и беспилотного транспорта – 39; технологиям виртуальной реальности и дополненной реальности – 11; новым производственным технологиям – 677; документов, относящихся к области блокчейна, нет. Однако установлено, что некоторые документы уже устарели, так как изданы более 20 лет назад (робототехнике, например). Запланирована разработка в течение 2018–2021 гг. 22 проектов стандартов, определяющих требования к оформлению, учету, хранению и обмену электронной документацией и к цифровой модели изделия на всех этапах жизненного цикла изделия, в которых должны быть установлены требования к единым форматам представления информации об изделии с учетом обеспечения требований безопасности, совместимости и технологической нейтральности. Отмечается, что средние показатели степени стандартизации областей цифровой экономики можно рассматривать как начальную стадию развития или отсутствие стандартизации в отраслях цифровой экономики. Технических регламентов ЕАЭС и национальных технических регламентов, устанавливающих ссылки на национальные и межнациональные стандарты в области цифровой экономики, имеется около 5 300, в том числе 16 – по глобальной навигационной спутниковой системе и требованиям к морскому навигационному оборудованию и 4 – по требованиям к безопасности оборудования информационных технологий. Основная доля документов относится к радионавигации (ГЛОНАСС) ([Маковеев и др., 2019](#)). Однако и здесь многие из документов устарели, так как были разработаны в 1980-х годах. Таким образом, можно сделать вывод, что отечественная стандартизация в области цифрового земледелия находится на начальном уровне развития и использования.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПО ТОЧНОМУ И ЦИФРОВОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Были исследованы базы данных (БД) по техническим дисциплинам, включающие материалы по сельскому хозяйству как смежной с основной темой дисциплины. Изучали информационные массивы отечественных электронных каталогов: ГПНТБ России, ГПНТБ СО РАН, БЕН, ВИНТИ, – а также доступных для российского пользователя зарубежных мультидисциплинарных БД Web of Science (WOS), Scopus, специализированных (по сельскому хозяйству) отечественных БД ФГБНУ “Росинформагротех”, “Инженерно-техническое обеспечение АПК” и БД ФГБНУ ЦНСХБ “АГРОС”, международной отраслевой БД AGRIS (ФАО ООН). Наибольшее количество документов выявлено в двух отечественных отраслевых БД – “АГРОС” (ФГБНУ ЦНСХБ) и “Инженерно-техническое обеспечение АПК” (ФГБНУ “Росинформагротех”), и трех международных – WOS, Scopus, AGRIS. В данной статье представлены результаты анализа этих БД.

База данных “Инженерно-техническое обеспечение АПК” (Росинформагротех) ([БД “Инженерно-техническое обеспечение АПК”](#)).

Основой создания БД “Инженерно-техническое обеспечение АПК” является аналитический мониторинг информационных ресурсов, базирующийся на следующих составляющих:

- организация входного потока информации текущего поступления;
- формирование реферативных информационных ресурсов ИТС АПК;
- разработка методологии поиска, анализа и оценки инноваций, в том числе с использованием экспертных методов;
- совершенствование системы генерации и доведения информации до потребителей с использованием обратной связи.

Общий объем БД – более 26 тыс. документов. На запрос “точное земледелие” получен результат из 2 231 документа, из них 1 633 отечественных документа и 598 иностранных. Иностранные

документы, представленные в БД, опубликованы в 22 зарубежных журналах. Отечественные документы опубликованы в 44 отечественных журналах. Наибольшее количество статей представлено из журналов “Земледелие” (321), “Техника и оборудование для села” (73), “Сельский механизатор” (51), “Тракторы и сельскохозяйственные машины” (49), “Механизация и электрификация сельского хозяйства” (23), “Сельскохозяйственные машины и технологии” (21), “Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт” (20), “Сахарная свекла” (19). Однако анализ документов, полученных в результате поиска, выявил, что в большинстве своем это документы по земледелию, но не точному земледелию, то есть результаты поиска оказались не релевантны запросу. Все они относятся к более общему вопросу, разделу 68.85.35 рубрикатора ГРНТИ (Механизация и электрификация в растениеводстве). Более точный поиск осуществить не удалось. По запросу “цифровое земледелие” получено 1 257 документов: 1 159 отечественных и 98 иностранных. Но в результате просмотра установили, что большинство документов не соответствовало теме запроса, многие относились к теме “земледелие”, “точное земледелие” (12 документов).

БД “АГРОС” – основной информационный продукт ФГБНУ ЦНСХБ ([БД “АГРОС”](#)), наиболее полно отражающий поток документов, появляющихся в российской научной и профессиональной печати по этому вопросу, так как ЦНСХБ является получателем обязательного экземпляра изданий по сельскому хозяйству. Для БД “АГРОС” ежегодно расписывается около 10 тыс. источников, в том числе более 3 000 журналов и сборников. Это дает право считать, что БД “АГРОС” достаточно полно отражает информационный поток документов по сельскому хозяйству из российской отраслевой профессиональной печати. По запросу “точное земледелие” получено 4 413 документов за период с 1996 г. по 2021 г. Формирование информационного массива в БД “АГРОС” по проблематике точного земледелия началось с поступления в 1996 г. книги на английском языке *Proceedings of the 3rd International conference on precision agriculture*, June 23–26, 1996, Minneapolis, Minnesota (Труды 3-й Международной конференции по точному земледелию (топоринформированному, с высоким уров-

нем точности выполнения работ), проходившей 23–26 июня 1996 г. в г. Миннеаполис, шт. Миннесота, США), Publ. by Amer. soc. of agronomy etc. За период до 2000 г. по данной проблематике в БД включено всего 57 статей, из них только 3 – на русском языке. По теме “точное земледелие” на июнь 2021 г. в БД представлено 136 книг (23 книги на иностранных языках, в том числе 1 с полным текстом, и 113 книг на русском языке, в том числе 14 – с полным текстом); 22 автореферата диссертаций российских авторов; 15 отчетов о научно-исследовательских работах, проведенных российскими НИУ АПК (полный текст); 4 233 статьи, в том числе 1 629 на иностранных языках и 2 604 – на русском языке. Процентное соотношение по типам документов представлено в диаграмме (рис. 1).

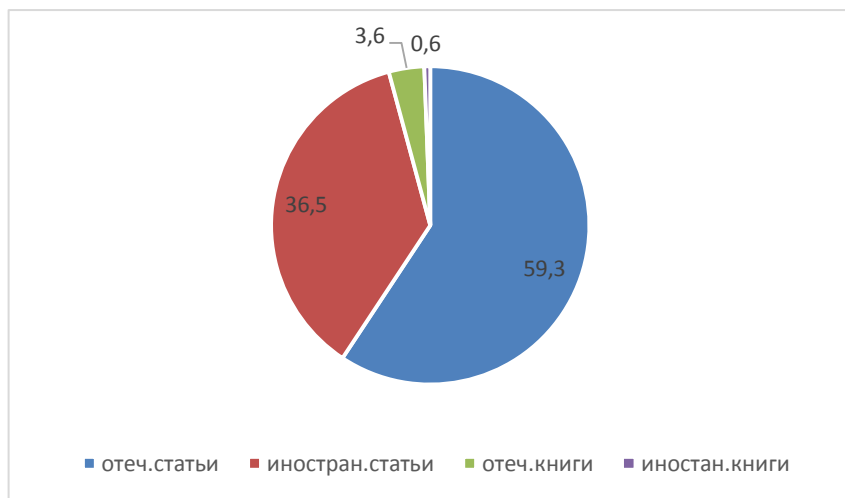


Рис. 1. Информационный массив в БД по типам документов.

Fig. 1. Database volume of information sorted by document type.

Основной информационный массив по теме составляют статьи из сериальных изданий и тематических сборников, материалов конференций и т. п. В период 1996–2000 гг. в БД включено 57 статей, в 2001–2005 гг. – 240 статей, в период 2006–2010 гг. – 585, в 2011–2015 гг. – 469, а в 2016–2020 гг. – 502 статей, 2021 г. – 47

документов. Наибольшее количество статей появлялось в 2006–2010 гг., однако принятие Программы “Цифровая экономика”, очевидно, будет способствовать активизации освещения этой темы в научной периодике.

Соотношение поступления в БД “АГРОС” иностранных и отечественных статей по периодам также меняется: если в начальный период преобладают иностранные документы, то в последние годы – отечественные. Так, в период 1996–2000 гг. поступило 92% иностранных и 8% отечественных статей, в 2001–2005 гг. – 60% на иностранных языках и 40% на русском языке. Но уже в 2006–2010 гг. это соотношение изменилось: 44.5% иностранных публикаций и 55.5% отечественных; в 2011–2015 гг. – 17.27% и 82.7%; с 2016–2020 гг. – 5.6% и 94.4% соответственно (рис. 2, 3).

Что касается отражения в информационном массиве БД “АГРОС” степени освоенности технологий точного земледелия в хозяйствах России, то, за вычетом статей теоретического и обзорного характера по общим вопросам применения точного земледелия (37.9%), наибольшее количество публикаций посвящено опыту освоения и внедрения ГИС-технологий (15.2%), ГПС-технологий (12.1%), технологий дифференцированного внесения удобрений (9.1%), телеметрии (7.6%), составления электронных карт полей (4.5%), оценки урожая (4.5%). Наименьшее применение в практике точного земледелия в настоящее время находят технологии дистанционного зондирования Земли (1.5%), что связано с неурегулированными вопросами секретности данных в этой области.

Проведенный анализ журналов из БД “АГРОС” показал, что материалы по данной теме публиковались в 107 иностранных журналах по сельскохозяйственной тематике из 44 стран мира и в 102 отечественных журналах.

Наибольшее количество работ опубликовано в изданиях ФРГ (377), США (345), Японии (110). Первые работы были опубликованы в 1996 г. в журналах Великобритании, ФРГ, США. Среди иностранных журналов 10 изданий опубликовали за этот период более 10 статей по теме “точное земледелие”.



Рис. 2. Объем массива статей по периодам исследования.

Fig. 2. Volume of publications sorted by study time range.



Рис. 3. Динамика поступления статей по годам исследования.

Fig. 3. Dynamics of publications entry by years o study.

В остальных журналах было опубликовано по 1 статье (50 журналов), 2 – (15 журналов), 3 (12 журналов), 4 (9 журналов), 5 (3 журнала), 6 (3 журнала), 7 (2 журнала), 8 статей (3 журнала).

Список отечественных журналов, опубликовавших материал по данной теме, включает 102 издания как специализированных, так и смешанной тематики по проблематике АПК. В 15 отечественных журналах было опубликовано более 10 статей. В 34 журналах было опубликовано по 1 статье, в 17 – по 2, в 11 – по 3 статьи, в 8 журналах – по 4 статьи, в 8 – по 5, в 3 – по 6 статей, в 2 журналах – по 7 статей, в 1 журнале – 8 статей, в 3 журналах – по 9 статей. Наибольшее количество статей опубликовано в 4 журналах:

Техника и оборудование для села

Почвоведение и агрохимия

С.-х. машины и технологии

Российская сельскохозяйственная наука (Доклады РАСХН)

([Информационное обеспечение...](#), 2020, с. 282).

По запросу “цифровое земледелие” в БД ЦНСХБ “АГРОС” получено 35 документов: 2 иностранных и 33 отечественных, из них 15 – материалы тематической конференции.

Итак, информационный массив по проблематике точного земледелия в отечественных БД по степени отражения мировых информационных ресурсов находится на очень низком уровне вследствие объективно существующих условий комплектования зарубежных источников информации. Вместе с тем он с возможной полнотой отражает отечественный текущий поток научных публикаций по исследуемой тематике. Наиболее полно материал представлен в БД “АГРОС”. Анализ показал, что в последнее десятилетие интерес к данному вопросу у аграриев России устойчиво растет, в публикациях этого периода отражается не столько описание зарубежного опыта, сколько результаты внедрения и использования технологий точного земледелия в российской аграрной практике. Отмечен очевидный количественный рост информационного массива отечественных документов по проблематике точного земледелия, и в целом он соответствует уровню внедрения технологий точного земледелия в стране. Что касается вопросов цифрового земледелия, то отечественный документный

поток по этой теме пока только зарождается и характеризуется единичными работами, которые рассеяны по различным периодическим изданиям.

AGRIS (Agricultural Research Information System) – международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям ([AGRIS](#)).

Система была создана странами-членами ФАО (Международной организации по сельскому хозяйству и продовольствию при ООН) с целью распространения знаний о передовых способах ведения сельского хозяйства и в настоящее время является наиболее полным источником научной и научно-практической информации в указанной предметной области со свободным доступом. По состоянию на 2021 г. AGRIS содержит более 12.1 млн записей в свободном доступе. Изначально AGRIS существовала как библиографическая БД, в которой была предусмотрена возможность включить в состав записи 2 реферата (на английском и национальном языках). В ходе разработки концепции развития AGRIS была поставлена стратегическая задача облегчить доступ к оригиналам документов, поэтому было рекомендовано включать в состав библиографической записи ссылку на полный текст статьи. В основу работы AGRIS были положены принципы доступности, полезности и применимости информации. Это означает, что участники системы поставляют свою информацию в систему бесплатно и так же бесплатно пользуются информацией, предоставленной другими участниками; поступающие сведения должны быть результатом многолетних исследований и представлять научный и практический интерес для мирового сообщества.

В БД AGRIS за период 2000–2021 гг. найдено всего 4 844 записей по теме точное земледелие (*Precision agriculture*), из них книг – 10 (5 с полным текстом), статей – 2 511 (2 032 с полным текстом), материалы конференций – 75 (45), авторефераты – 6. За 2016–2021 гг. выявлено 1 693 работы, в том числе за 2016 г. – 287 документов (253 с полным текстом), за 2017 г. – 340 (297), за 2018 г. – 412 (363), за 2019 г. – 416 (406), за 2020 г. – 323 (312), за 2021 г. – 4. Практически все документы были релевантны запросу. Документы публиковались в 120 журналах, но наиболее часто пуб-

ликовались статьи по данной теме в 35 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 5 изданиях:

Precision agriculture

Computers and electronics in agriculture

Agronomy journal

Acta horticulturae

Biosystems engineering ([Информационное обеспечение...., 2020](#), с. 288).

Китай опубликовал 108 статей, Япония – 94, Испания – 77, Швеция – 60, Бразилия – 65, Франция – 36, Нидерланды – 31, Латвия – 115 статей.

На запрос “digital + farming” (цифровое земледелие) за 2000–2021 гг. получено 1 365 документов, из них 1 245 – статьи (802 с ссылками на полный текст), а также материалы конференций (15 документов), авторефераты (2) и др. (95). Книг (монографий) на эту тему не найдено. За 2016–2021 гг. получено 1 037 документов, в том числе за 2016 г. – 102 документа (27 с полным текстом), 2017 г. – 175 (53), 2018 г. – 236 (114), 2019 г. – 294 (285), 2020 г. – 229 (222), 2021 г. – 1 (1). Все документы были релевантны запросу. Материалы на английском языке публиковались в 68 журналах, более чем 1 статья опубликована в 24 журналах.

Sustainability

Water

Agriculture

Agronomy

IJERPH 25 + International Journal of Environmental Research and Public Health ([Информационное обеспечение...., 2020](#), с. 288).

Рост количества публикаций начался в 2018 г., с максимумом в 2019 г. Однако следует отметить, что документы за 2020 г. продолжают поступать в БД и в 2021 г., поэтому цифру за 2020 г. нельзя считать окончательной.

База данных Web of Science (WOS) – политематическая, реферативная, создана в 1964 г. и является первой в мире БД научного цитирования с ретроспекцией до 1900 г. ([Web of Science](#)). Объем БД – более 50 млн записей, число ссылок – более 800 млн. В БД представлено более 15 тыс. научных журналов. В основном включены публикации на английском языке (более

95%). Доступ к базе платный. Для пользователей ЦНСХБ БД доступна в читальных залах.

По теме точное земледелие (*precision agriculture*) в БД WOS всего 7 630 документов, из них 2 349 – в открытом доступе. За 2016–2021 гг. содержится 4 156 документов (статьи и обзоры), в том числе за 2016 г. – 503 документа; 2017 г. – 606; 2018 г. – 718; 2019 г. – 1 023; в **2020 г. – 1057**, 2021 г. – 249 документов.

На английском языке – 7 292 документа, на португальском – 136, на китайском – 73, на испанском – 53, на немецком – 26.

Статьи на английском языке публиковались в 239 журналах. Наибольшее количество статей опубликовано в 5 изданиях:

Computers and electronics in agriculture

Precision agriculture

Proceedings of SPIE

Remote Sensing

Sensor ([Информационное обеспечение..., 2020](#), с.290).

В 86 журналах опубликовано 10 и более статей по теме “*precision agriculture*”. В остальных журналах опубликовано от 1 до 9 статей за весь период (2000–2019 гг.).

По запросу в “*Digital farming*” за все годы в базе Web of Science получено 2 095 документов из них в открытом доступе – 735. За 2016–2021 гг. в БД 1 187 документов: 2016 г. – 128 документов, за 2017 г. – 158, 2018 г. – 224, 2019 г. – 283, **2020 г. – 305**, 2021 г. – 89.

Однако релевантных запросу оказалось только 116 документов, из них 67 в открытом доступе (полный текст). За 2016 г. – 7, 2017 г. – 14, 2018 г. – 19, 2019 г. – 33, 2020 г. – 43 документа.

На английском языке – 2 008 документоов, на немецком – 31 на португальском – 17, на испанском – 14, на французском – 7.

Материалы публиковались на английском языке в 61 издании, более чем 1 статья – в 11 изданиях. Наибольшее количество статей опубликовано в 3 изданиях:

Computers and electronics in agriculture

Geoderma

Chemical Engineering News ([Информационное обеспечение..., 2020](#), с.293).

База данных Scopus создана в середине 1990-х годов и содержит более 50 млн записей, глубина ретроспекции – с 1823 г. (с 1823 по 1996 гг. – 21 млн записей) ([Scopus](#)). Около 82% публикаций в этой политематической реферативной БД на английском языке; 3.5% – на немецком; 2.4% – на французском; 2.2% – на китайском; 2.2% – на русском языке. Ежегодное пополнение – около 2 млн записей.

По теме точное земледелие (*precision agriculture*) за все годы в БД Scopus содержится 1 207 документов, из них 3 289 – в открытом доступе. За 2016–2021 гг. в БД включено 6 697 документов, в том числе за 2016 г. – 731, за 2017 г. – 941, 2018 г. – 1159, 2019 г. – 1630, **2020 г. – 1 695**, 2021 г. – 541 документ.

На английском языке – 11 594 документа, на китайском – 788, португальском – 202, испанском – 78, немецком – 60.

Материалы на английском языке публиковались в 209 журналах, при этом более чем 1 статья публиковались в 157 журналах. В 73 журналах опубликовано от 10 и более статей. Наибольшее количество статей опубликовано в 3 изданиях:

Computers and electronics in agriculture

Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

Precision agriculture ([Информационное обеспечение..., 2020](#), с. 294).

По запросу цифровое земледелие “*Digital farming*” в БД Scopus за все годы получено 1 497 документов, в том числе в открытом доступе – 1 103 документа. За 2016–2021 гг. получено 963 документа: за 2016 г. – 74, 2017 г. – 104, 2018 г. – 125, 2019 г. – 244, 2020 г. – 303, 2021 – 113 документов. На английском языке – 1 392 документа, на китайском – 63, немецком – 15, португальском – 14, французском – 6 документов. По типам документов: статьи – 882, доклады – 453, обзоры – 69, главы из книг – 48. Материалы публиковались в 100 журналах, более чем 1 статья – в 19 журналах. Наибольшее количество статей было опубликовано в 2 журналах:

Computers and electronics in agriculture

Njas Wageningen Journal of Life Sciences ([Информационное обеспечение..., 2020](#), с. 296).

Таким образом, наибольшее количество документов было включено в 2020 г., рост публикационной активности авторов по этой теме вероятнее всего связан с вступлением стран Запада в 4-ю технологическую революцию, что повлекло за собой ускорение развития компьютерных технологий во всех отраслях экономики, в том числе в сельском хозяйстве.

Выявлено, что из 239 журналов БД WOS и из 209 журналов БД Scopus 100 журналов присутствуют в обеих базах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа можно сделать следующие выводы:

Информационное обеспечение по темам “точное земледелие” и “цифровое земледелие” включает разнообразные источники информации и информационные ресурсы в печатной и электронной форме, которые пользователь может получить физически или виртуально. В ФГБНУ ЦНСХБ разработана и действует система сигнального, текущего и индивидуального информирования, позволяющая получить информацию в любом удобном для пользователя виде и форме. Размещение электронных ресурсов в Интернете в свободном доступе позволяет получать необходимую информацию дистанционно с сайта или из виртуального читального зала, не посещая библиотеку. Информация по заданной теме рассеяна по многим источникам и ресурсам. В разных количествах она имеется во всех рассмотренных БД, что говорит об актуальности и важности проблемы, а также большом интересе ученых и практиков к проблеме. Однако, наибольшее количество источников и документов было выявлено в отраслевых отечественных (“АГРОС”, “Инженерно-техническое обеспечение АПК”) и международной БД – AGRIS, а также в мультидисциплинарных БД WOS и Scopus.

Публикации по точному земледелию выявлены с середины 1990-х годов, по теме “цифровое земледелие” отмечен активный рост числа публикаций в зарубежных и отечественных журналах с 2018 г. В каждой из рассматриваемых в исследовании БД выявлены и представлены издания, в которых публиковались материалы по рассматриваемой теме в 2016–2021 гг. Выявлены издания, в которых наиболее часто публиковались материалы по теме, зару-

бежные журналы (представленные во всех 3 зарубежных БД): *“Computers and electronics in agriculture”* и *“Precision agriculture”*; и отечественные журналы: *“Техника и оборудование для села”*, *“Почвоведение и агрохимия”*, *“С.-х. машины и технологии”*. Установили наличие зарубежных и отсутствие отечественных специализированных изданий по теме. В отечественных публикациях отмечена тенденция перехода от обзорных статей, описывающих технологии точного земледелия, к статьям, описывающим применение технологий в конкретных условиях и хозяйствах.

Наибольшее количество документов по запросам получено в базах WOS и Scopus, но в результатах поиска присутствует большой процент нерелевантных документов. При поиске зарубежных документов целесообразно использовать WOS и Scopus, AGRIS, однако наличие большого количества ссылок на полные тексты из свободного доступа выделяет БД AGRIS. При поиске отечественных документов целесообразно использовать БД “АГРОС”, которая обеспечивает полноту представления отечественного документопотока. Следует отметить эффективность поиска в отраслевых БД “АГРОС” и AGRIS: в результатах поиска получено наибольшее число релевантных документов, что объясняется использованием в них в качестве лингвистического средства тезаурусов.

Итак, проведено исследование информационных ресурсов по проблематике точного и цифрового земледелия, представленных как в отечественных, так и зарубежных, международных информационных системах и базах данных. Выявлены БД и источники, в которых наиболее часто публиковались материалы по проблеме точного и цифрового земледелия. К этим изданиям рекомендуется обращаться прежде всего для ознакомления с публикациями или размещения публикаций по теме.

Дальнейшие исследования информационных ресурсов по данной теме могут вестись с целью выявления тенденций и перспективных направлений в научных исследованиях на основе содержательного анализа публикаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маковеев Е., Болванович А., Злыднев М., Гелетий А., Воевода Т.* Стандартизация как фактор устойчивого перехода к цифровой экономике // *Стандарты и качество*. 2019. № 1. С. 20–25.
2. База данных “Инженерно-техническое обеспечение АПК”. URL: <https://rosinformagrotech.ru/db/dokumentalnaya-bd-inzhenerno-tehnicheskoe-obespechenie-apk>.
3. База данных “АГРОС”. URL: <http://www.cnsbh.ru/artefact3/ia/ia2.asp?lv=11&un=anonymous&p1=&em=c2R>.
4. Информационное обеспечение цифрового земледелия: анализ. обзор / сост.: *М.С. Бунин, Л.Н. Пирумова, Л.К. Садовская, Е.В. Андреева, И.А. Милевская, З.М. Петранкова, Е.А. Голубева, Е.П. Кадиллина, А.Ю. Непочатых, А.Н. Дунаев*; под общ. науч. ред. докт. с.-х. наук, проф. М.С. Бунина. М.: ФГБНУ ЦНСХБ, 2020. 412 с.
5. AGRIS. URL: <http://agris.fao.org/agris-search/>.
6. Web of Science. URL: <https://www.webofscience.com/>.
7. Scopus. URL: <https://www.scopus.com/>.

REFERENCES

1. Makoveev E., Bolvanovich A., Zlydnev M., Geletii A., Voevoda T., Standartizatsiya kak faktor ustoichivogo perekhoda k tsifrovoy ekonomike (Standardization as a factor of sustainable shift to the digital economy), *Standarty i kachestvo*, 2019, No. 1, pp. 20–25.
2. Database “Engineering infrastructure”, URL: <https://rosinformagrotech.ru/db/dokumentalnaya-bd-inzhenerno-tekhni`cheskoe-obespechenie-apk>.
3. Database “AGROS”, URL: <http://www.cnsbh.ru/artefact3/ia/ia2.asp?lv=11&un=anonymous&p1=&em=c2R>.
4. Bunin M.S. (Ed.), Pirumova L.N., Sadovskaya L.K., Andreeva E.V., Milevskaya I.A., Petrankova Z.M., Golubeva E.A., Kadilina E.P., Nepochatykh A.Yu., Dunaev A.N., *Informatsionnoe obespechenie tsifrovogo zemledeliya* (Information support of digital agriculture: analytical review), Moscow: FGBNU TsNSKhB, 2020, 412 p.
5. AGRIS, URL: <http://agris.fao.org/agris-search/>.
6. Web of Science, URL: <https://www.webofscience.com/>.
7. Scopus, URL: <https://www.scopus.com/>.

УДК 631.4

DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-175-218



Ссылки для цитирования:

Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Духанин Ю.А., Козлов Д.Н. Методологические подходы формирования единой Национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 108. С. 175-218. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-175-218

Cite this article as:

Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoy V.S., Dukhanin Yu.A., Kozlov D.N., Methodological approaches to the formation of a unified national system of monitoring and accounting of carbon balance and greenhouse gas emissions on lands of the agricultural fund of the Russian Federation, Dokuchaev Soil Bulletin, 2021, V. 108, pp. 175-218, DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-175-218

**Методологические подходы формирования
единой Национальной системы мониторинга и
учета баланса углерода и выбросов парниковых
газов на землях сельскохозяйственного фонда
Российской Федерации**

© 2021 г. А. Л. Иванов^{1*}, И. Ю. Савин^{1,2**}, В. С. Столбовой¹,
Ю. А. Духанин¹, Д. Н. Козлов¹

¹ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,
*e-mail: ivanov_al@esoil.ru.

²Российский университет дружбы народов, Россия,
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6,

**<https://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru.

Поступила в редакцию 15.09.2021, принята к публикации 20.09.2021

Резюме: Рассматриваются методологические подходы формирования единой Национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и

выбросов парниковых газов, а также предназначение, типизация, требования к пространственному размещению “карбоновых” полигонов, оценка поглощающей способности углерода лесами и сельскохозяйственными экосистемами Российской Федерации, стандартная методика, рекомендованная международным сообществом для оценки запасов углерода в почвах, которая должна применяться в РФ для обеспечения сопоставимости результатов учета парниковых газов между странами, определение поглощающей способности углерода природными экосистемами и почвами. Показан потенциал поглощения углерода сельскохозяйственными почвами. Приведен перечень показателей оценки почвенного углерода по методике Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) (уровни 2 и 3). С учетом проведенного анализа результатов международной практики, а также на основе теоретического и прикладного опыта отечественной науки разработаны первоочередные меры, направленные на создание и реализацию национальной стратегии использования наземных экосистем в целях регулирования парниковых газов для смягчения изменений климата.

Ключевые слова: глобальный климат, почвенный покров, углеродсеквестрирующий потенциал почв, оценка почвенного углерода, “карбоновые” полигоны.

Methodological approaches to the formation of a unified national system of monitoring and accounting of carbon balance and greenhouse gas emissions on lands of the agricultural fund of the Russian Federation

© 2021 A. L. Ivanov^{1*}, I. Yu. Savin^{1,2**}, V. S. Stolbovoy¹,
Yu. A. Dukhanin¹, D. N. Kozlov¹

¹*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
e-mail: ivanov_al@esoil.ru.

²*Institute of Environmental Engineering of RUDN University,
8/2 Miklukho-Maklaya Str., Moscow 117198, Russian Federation,
**<https://orcid.org/0000-0002-8739-5441>, e-mail: savin_iyu@esoil.ru.*

Received 15.09.2021, Accepted 20.09.2021

Abstract: Methodological approaches to the formation of a unified national system for monitoring and accounting the balance of carbon and greenhouse gas emissions are considered. The purpose, typification, requirements for the spatial placement of “carbon” polygons, assessment of the carbon absorption capacity of forests and agricultural ecosystems in the Russian Federation, the standard methodology recommended by the international community for assessing carbon stocks in soils, which should be applied in the Russian Federation to ensure comparability of the results of greenhouse gas accounting between countries, determination of the carbon absorption capacity of natural ecosystems and soils are discussed. The potential of carbon uptake by agricultural soils is shown. The list of indicators for assessing soil carbon according to the IPCC methodology for Tiers 2 and 3 is given. Taking into account the analysis of international practice, as well as on the basis of theoretical and applied experience of national science, the priority measures have been developed, they are aimed at working out and implementation of the national strategy for the use of terrestrial ecosystems in order to regulate greenhouse gas emissions to mitigate climate change.

Keywords: global climate, soil cover, carbon sequestration potential of soils, assessment of soil carbon, “carbon” polygons.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации “О мерах по реализации Государственной научно-технической политики в области экономического развития Российской Федерации климатических изменений” от 8 февраля 2021 года № 76 и с перечнем поручений В.В. Путина по итогам Петербургского международного экономического форума от 26.06.2021 г. № Пр-1096, необходимо осуществление работ по увеличению потенциала экосистем страны в поглощении выбросов парниковых газов, в том числе за счет повышения эффективности использования лесов и земель, а также применения современных технологий лесовосстановления и агропромышленных технологий, обеспечивающих восстановление плодородия почв. В этой связи, с учетом Федерального закона “Об ограничении выбросов парниковых газов” от 2 июня 2021 г. № 296-ФЗ, назрела необходимость научного обоснования для создания и ведения единой Национальной методологии и системы наблюдения и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов с учетом специфики природных условий Рос-

сии, которая гармонично соотносится с международно признанными подходами.

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УЧЕТА БАЛАНСА УГЛЕРОДА И ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ. РОССИЙСКАЯ СПЕЦИФИКА

В настоящее время в мире в качестве основы используются методологические подходы, изложенные в Руководстве ([IPCC Guidelines...](#), 2006; 2019), составленном экспертами межправительственной панели по изменению климата. В рамках этих рекомендаций оценка и мониторинг баланса углерода и парниковых газов могут быть осуществлены в стране на одном из трех предложенных уровней.

Уровень 1. Используются зафиксированные экспертами IPCC данные о запасах углерода и коэффициенты изменения запасов для пахотных земель, стратифицированных по климату и типам почв. Таким образом, любая страна, имея информацию о площадях лесов, пашни, пастбищ, болот, а также о почвенных и климатических условиях этих угодий, может применить рекомендованные экспертами величины запасов для расчета полного баланса для страны в целом. То есть для подобных расчетов необходимы лишь сведения о почвах, климате и наземном покрове территории страны в виде карт или статистических данных (табл. 1).

Уровень 2. Используются те же основные расчеты. Но изменяются значения эталонных запасов углерода и/или коэффициентов изменения запасов, адаптированные к условиям конкретной страны и скорректированные на основе имеющейся в стране информации. Кроме того, подходы этого порядка могут включать более подробную стратификацию.

Оценка выбросов и поглощений углерода в результате изменений запасов органического углерода почв (SOC) в секторе землепользования, в результате изменения землепользования и лесного хозяйства (LULUCF) для целей учета является **обязательной** в отношении облесения, обезлесения, лесовосстановления (ARD) и управления лесами (FM); а **добровольной** она остается в отношении управления пахотными землями (CM) и паст-

бищными землями (GM), восстановления растительности (RV), а также осушения и переувлажнения водно-болотных угодий (WDR), в соответствии с Киотским протоколом. Решение 529/2013 Европейского парламента и Совета от 21 мая 2013 г. распространялось на государства-члены Европейского союза (ЕС) и подразумевало **обязательный** учет выбросов и поглощений парниковых газов от видов деятельности CM и GM в период 2013–2020 гг.

В пункте (9) Решения 529/2013 уточняется, что для сектора LULUCF правила учета должны соответствовать руководящим принципам оценки выбросов и абсорбции парниковых газов, представленным в Руководстве по национальным инвентаризациям парниковых газов Международной группы экспертов по изменению климата ([IPCC, 2006](#), [2019](#)).

Используется более точная информация о почвах, климате и наземном покрове, чем рекомендовано экспертами IPCC для Уровня 1. В России для этого наиболее пригодна почвенная карта РСФСР масштаба 1 : 2 500 000 ([Почвенная карта..., 1988](#)) и Реестры индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации ([Реестр индикаторов..., 2021](#)).

Уровень 3. Баланс углерода вычисляется на основе данных динамического моделирования выбросов и поглощения углерода. Подобные модели существуют уже достаточно долгое время, и они апробированы в разных частях мира ([Jones et al., 2005](#); [Smith et al., 2006](#)).

Ключевым критерием при выборе подходящей модели для страны является ее способность учитывать все факторы, влияющие на баланс углерода и парниковых газов и доступность входных параметров для моделирования для всей страны. Очень важно, чтобы модель была подтверждена независимыми наблюдениями, полученными в полевых условиях страны. В качестве независимых данных могут рассматриваться данные многолетних полевых опытов ([Smith et al., 1996](#); [Paul et al., 2015](#)) или, например, долгосрочные измерения потока углерода в экосистеме с использованием таких методов, как вихревая ковариация ([Baldocchi et al., 2001](#)).

Таблица 1. Запасы органического углерода в почве по умолчанию для минеральных почв (тонны С га⁻¹ на глубине 0–30 см) ([IPCC, 2019](#))
Table 1. Soil organic carbon stocks by default for mineral soils (tonnes C ha⁻¹ in 0–30 cm layer) ([IPCC, 2019](#))

Климатическая зона IPCC ¹	Классы почв IPCC ²		
	Почвы с высоко- активной глиной (HAC) ³	Почвы с низко- активной глиной (LAC) ⁴	Песчаные почвы (SAN) ⁵
Полярная сухая и влажная (Px)	59 ± 41% (24)	NA	27 ± 67% (18)
Бореальная сухая и влажная (Bx)	63 ± 18% (35)	NA	10 ± 90% (4)
Холодная умеренная сухая (C2)	43 ± 8% (177)	33 ± 90% (3)	13 ± 33% (10)
Холодная умеренная влажная (C1)	81 ± 5% (334)	76 ± 51% (6)	51 ± 13% (126)
Теплая умеренная сухая (W2)	24 ± 5% (781)	19 ± 16% (41)	10 ± 5% (338)
Теплая умеренная влажная (W1)	64 ± 5% (489)	55 ± 8% (183)	36 ± 23% (39)
Тропическая сухая (T4)	21 ± 5% (554)	19 ± 10% (135)	9 ± 9% (164)
Тропическая влажная (T3)	40 ± 7% (226)	38 ± 5% (326)	27 ± 12% (76)
Тропическая переувлажненная (T2)	60 ± 8% (137)	52 ± 6% (271)	46 ± 20% (43)
Тропическая горная (T1)	51 ± 10% (114)	44 ± 11% (84)	52 ± 34% (11)

Продолжение таблицы 1
Table 1 continued

Климатическая зона IPCC¹	Почвы с горизонтом Spodic (POD)⁶	Вулкани- ческие почвы (VOL)⁷	Пере- увлажнен- ные почвы (WET)⁸
Полярная сухая и влажная (Px)	NO	NA	NA
Бореальная сухая и влажная (Bx)	117 ± 90% (3)	20 ± 90% (4)	116 ± 65% (6)
Холодная умеренная сухая (C2)	NO	20 ± 90% (4)	87 ± 90% (3)
Холодная умеренная влажная (C1)	128 ± 14% (45)	136 ± 14% (28)	128 ± 13% (42)
Теплая умеренная сухая (W2)	NO	84 ± 65% (10)	74 ± 17% (49)
Теплая умеренная влажная (W1)	143 ± 30% (9)	138 ± 12% (42)	135 ± 28% (28)
Тропическая сухая (T4)	NA	50 ± 90% (4)	22 ± 17% (32)
Тропическая влажная (T3)	NA	70 ± 90% (4)	68 ± 17% (55)
Тропическая переувлажненная (T2)	NA	77 ± 27% (14)	49 ± 19% (33)
Тропическая горная (T1)	NA	96 ± 31% (10)	82 ± 50% (12)

Примечание.

¹Климатические классы определяются согласно IPCC ([2006](#), стр. 3.39) с использованием высоты над уровнем моря, среднегодовой температуры, среднегодового количества осадков, отношения среднегодового количества осадков к потенциальной эвапотранспирации и встречаемости заморозков.

²Классы почв определены на основе классификации ФАО-1990/WRB-2006 в соответствии с IPCC (2006, стр. 3.40–3.41).

³Слабо и умеренно выветрелые почвы с преобладанием силикатных глинистых минералов в соотношении 2 : 1 (в классификации WRB: Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols; в классификации USDA: Mollisols, Vertisols, насыщенные основаниями Alfisols, Aridisols, Inceptisols).

⁴Сильно выветрелые почвы, в которых преобладают глинистые минералы 1 : 1 и аморфные оксиды железа и алюминия (в классификации WRB: Acrisols, Lixisols, Nitisols, Ferralsols, Durisols; в классификации USDA: Ultisols, Oxisols, acidicAlfisols).

⁵Почвы (независимо от классификации), имеющие > 70% песка и < 8% глины (в классификации WRB: Arenosols; в классификации USDA: Psamments).

⁶Сильно оподзоленные почвы (в классификации WRB – Podzols; в классификации USDA – Spodosols).

⁷Почвы, происходящие из вулканического пепла с аллофанической минералогией (в классификации WRB – Andosols; в классификации USDA – Andisols).

⁸Почвы с ограниченным дренажем, подвергающиеся периодическому затоплению и анаэробным условиям (в классификации WRB – Gleysols; в классификации USDA – подпорядки Aquic).

В идеале должна быть создана система инвентаризации постоянных, статистически репрезентативных участков, включающая основные климатические регионы, типы почв, системы использования земель, где можно было бы проводить повторные измерения запасов углерода в почве с течением времени.

Выбор наиболее подходящего уровня анализа зависит от:

- типа и уровня детализации доступных данных,
- наличия подходящей информации для оценки базовых запасов углерода, изменения запасов и коэффициентов выбросов,
- наличия специальных национальных систем инвентаризации, разработанных для почв, а также национальных моделей баланса углерода.

Согласно рекомендациям, все страны должны стремиться к совершенствованию подходов к инвентаризации и отчетности,

переходя постепенно на самый высокий уровень, возможный с учетом национальных условий.

Методология, предложенная экспертами ИРСС, учитывает отдельно изменения запасов органического углерода (выбросы или поглощение CO_2) для минеральных почв, выбросы CO_2 из органических (болотных, торфяных) почв и дополнительные выбросы CO_2 при известковании сельскохозяйственных почв.

По стандарту в Руководстве ИРСС запасы углерода измеряются по умолчанию в слое 0–30 см и не включают углерод в опаде и стерне (т. е. мертвых остатках) и углерод в нижележащей части почв. Но в зависимости от выбранного уровня анализа не запрещено использовать и другие глубины после соответствующего обоснования.

С учетом высокого научного потенциала России, но недостаточного количества экспериментальных полевых данных, по круговороту углерода на настоящем этапе оптимальным представляется построение методологии системного наблюдения и учета баланса углерода на сельскохозяйственных и лесохозяйственных землях России на уровне 2 с постепенным переходом в перспективе (при накоплении экспериментальных полевых данных) на уровень 3.

Организация работы по созданию Национальной системы наблюдения и учета баланса углерода на сельскохозяйственных и лесохозяйственных землях России может быть представлена в следующем виде (рис. 1).

Система должна включать в себя базовую информацию необходимую для расчета баланса углерода: это пространственные данные о почвах, растительности, специфике использования земель, рельефе, метеопараметрах, а также об источниках антропогенных выбросов парниковых газов. В масштабе страны подобная информация в данный момент доступна на уровне карт исходного масштаба 1 : 2.5 млн. Более детальная информация разрознена и неполна. Начинать построение системы рациональнее на основе этой информации, переходя к более детальной по мере накопления более подробных данных.

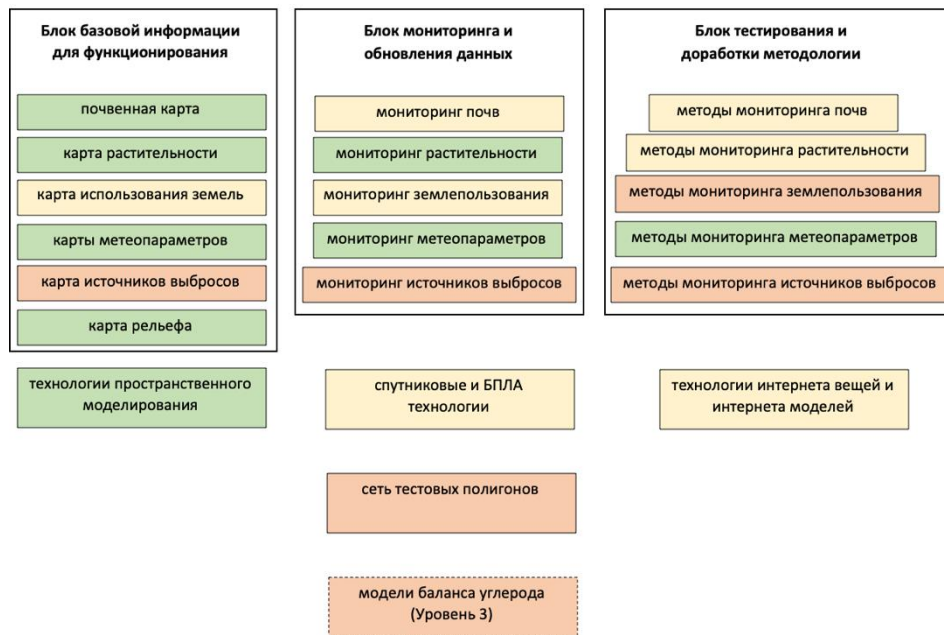


Рис. 1. Схема организации работ по созданию Национальной системы наблюдения и учета баланса углерода на сельскохозяйственных и лесохозяйственных землях России.

Fig. 1. Work management scheme for development of a National System of monitoring and accounting the carbon balance on agricultural and forestry lands in Russia.

Для непосредственного использования в системе исходная информация в любом случае нуждается в доработке – добавлении новых атрибутивных данных, необходимых для оценки баланса углерода. В наибольшей степени это касается данных о специфике использования земель и о пространственном размещении источников антропогенных выбросов. Общая информация будет положена в основу создания унифицированной базы данных ГИС. Необходимые для этого технологии существуют.

Должен быть создан блок оперативного, точного и низкозатратного мониторинга и обновления всей базовой информации. Наиболее перспективно для этих целей использование дистанционных, спутниковых технологий. Отдельные блоки спутникового мониторинга базовых данных уже существуют, но нуждаются в адаптации под цели и задачи Системы. Это технологии мониторинга растительности, частично – технологии мониторинга почв и землепользования. Но последние нуждаются в доработке и развитии так же, как и методы спутникового мониторинга источников антропогенных выбросов.

Нуждаются в развитии и технологии интернета вещей, нейросетей и моделей, которые в комбинации с технологиями пространственного моделирования будут положены в основу мониторинга метеопараметров, а также отдельных свойств почв и специфики землепользования.

Все используемые методы и технологии должны постоянно тестироваться и развиваться. С этой целью планируется организация специализированной сети тестовых полигонов. Их пространственное размещение должно базироваться как на специфике природных условий России, так и на особенностях антропогенного влияния и использования земель в сельском и лесном хозяйстве. Необходимы исследования по разработке схемы оптимального размещения тестовых полигонов и их типологий.

Тестовые (карбоновые) полигоны позволят накопить полевые экспериментальные данные, на основе которых в перспективе будет возможно осуществить переход с Уровня 2 оценки баланса углерода России на Уровень 3.

Предварительные сроки при наличии необходимых ресурсов ограничиваются одним годом:

- Создание блока базовой информации Системы (до 6 месяцев).
- Создание первого варианта Блока обновления и мониторинга данных (до 1 года).
- Создание схемы оптимального размещения тестовых полигонов и разработка Программы исследований на тестовых полигонах (до полугода).
- Оснащение полигонов необходимым оборудованием и запуск в эксплуатацию, тестирование и доработка методов сбора данных и мониторинга (постоянные, срочные).

“КАРБОНОВЫЕ” ПОЛИГОНЫ: ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ, ТИПИЗАЦИЯ, ТРЕБОВАНИЯ К ПРОСТРАНСТВЕННОМУ РАЗМЕЩЕНИЮ

Следует особо прокомментировать своевременную инициативу Минобрнауки России (приказ от 5 февраля 2021 г. № 74 “О полигонах для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса”). Документ был разработан в целях реализации национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г., утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р, в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, и Климатической доктриной Российской Федерации, утвержденной распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп, в связи с необходимостью эффективности научно-технической деятельности в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений.

В Регламенте рассмотрения Экспертным советом при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса инициативных предложений от заинтересованных организаций по созданию на базе научных организаций и образовательных организаций высшего образования карбоновых полигонов в рамках пилотного проекта Министерства науки и

высшего образования Российской Федерации в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 5 февраля 2021 г. № 74, утвержденным протоколом Экспертного совета при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса от 17 мая 2021 г. № ВФ/14-пр, представлено определение карбонового полигона: карбоновый полигон – “один или несколько участков земной поверхности с репрезентативными для данной территории рельефом, структурой растительного и почвенного покрова, на котором реализуется комплекс мероприятий, направленных на развитие научного, кадрового и инфраструктурного потенциалов в области разработки и испытаний технологий контроля баланса климатически активных газов природных экосистем. На карбоновом полигоне проводятся эксперименты по измерению эмиссии (выбросов) и поглощения парниковых газов посредством наземных и дистанционных методов для оценки пространственной и временной изменчивости потоков климатически активных газов, а также определения интегральных значений составляющих радиационного, теплового, водного и углеродного баланса. Кроме того, на полигоне осуществляется подготовка кадров высшей квалификации в области новейших методов экологического контроля, перспективных технологий для низкоуглеродной индустрии, сельского и муниципального хозяйства. Результатом деятельности карбонового полигона является отработка технологических решений контроля углеродного баланса на основе полного (завершенного) технологического цикла, а также их испытания в реальных и критических условиях. Срок работы полигона составляет не менее 15 лет.”

Весьма важным (первостепенным) является выбор участка для полигона. Согласно упомянутому Регламенту, это “земли сельскохозяйственного назначения, лесные и заболоченные территории, территории иных экосистем, находящиеся в долговременной аренде у участника программы создания и функционирования карбонового полигона, и (или) переданные собственником (собственниками) земельного(-ых) участка во временное пользование участнику программы создания и функционирования карбонового

полигона на долгосрочной основе², и (или) предоставляемые собственником (собственниками) земельного(-ых) участка во временное пользование участнику программы создания и функционирования карбонового полигона на долгосрочной основе для проведения экспериментов по разработке и испытанию наземных и дистанционных технологий измерения эмиссии (выбросов) и поглощения климатических активных веществ, оценки углеродного баланса, а также осуществления подготовки кадров высшей квалификации в области новейших методов экологического учета и контроля, перспективных технологий по контролю углеродного баланса экосистем для низкоуглеродной индустрии, сельского и муниципального хозяйства.”

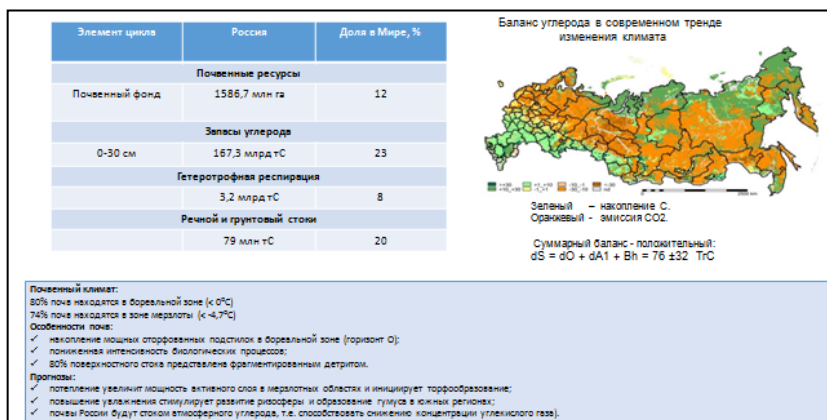


Рис. 2. Представительность С-полигонов для характеристики цикла углерода наземных экосистем России.

Fig. 2. Representativeness of C-polygons for characterizing the carbon cycle of terrestrial ecosystems in Russia.

² Под долгосрочной арендой земельного участка и правом пользования земельным участком на долгосрочной основе понимается аренда и (или) право пользования на срок не менее 15 лет с даты утверждения Программы создания и функционирования карбонового полигона Экспертным советом при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по вопросам научного обеспечения развития технологий контроля углеродного баланса.

Не менее важным является соблюдение репрезентативности полигонов для получения характеристик и учета баланса углерода. Общая, разработанная почвоведом, концепция представлена на рисунках 2–4 и в таблице 2.

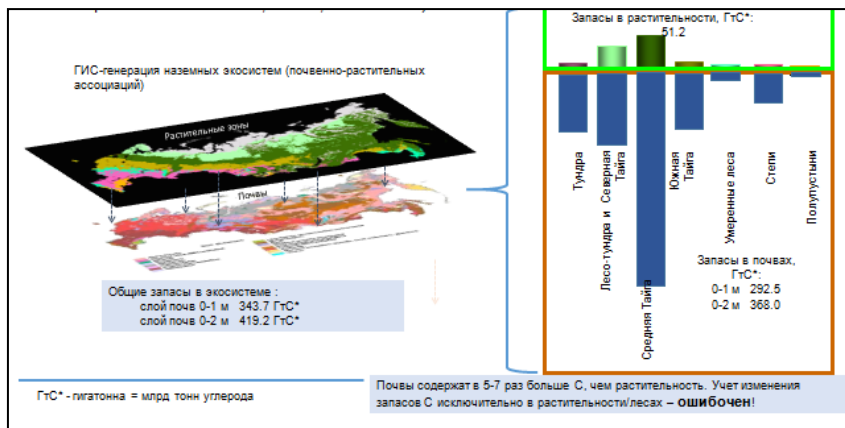


Рис. 3. Концепция структуры экосистем С-полигонов.

Fig. 3. The concept of C-polygon ecosystem structure.

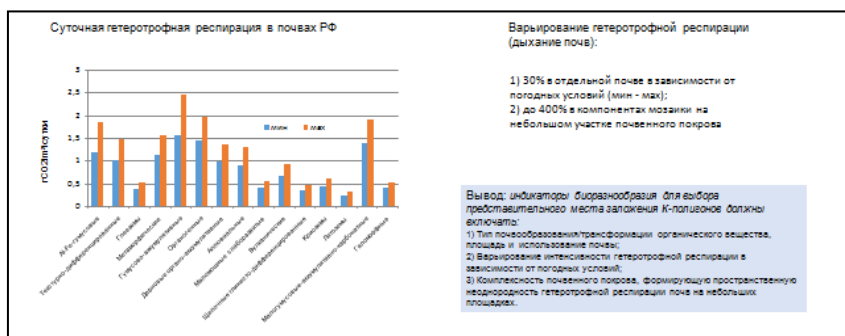


Рис. 4. Варьирование биологической активности почв – локализация С-полигонов в условиях биоразнообразия.

Fig. 4. Variation of soils biological activity – localization C-polygons depending on biodiversity.

Таблица 2. Разнообразие, площади и использование – где и какие почвы выбрать для С-полигонов

Table 2. Diversity, acreage, and land use – soil types and their localization appropriate for C-polygons organization

Тип почвообразования	Почвенный фонд России, млн га	Лесные почвы		Сельскохозяйственные почвы	
		млн га	доля почв, %	млн га	доля почв, %
Al-Fe-гумусовые	364.8	216.7	59.1	0	0
Текстурно-дифференцированные	248.6	173.1	63.5	68.0	27
Глееземы	249.9	62.4	25.8	0	0
Метаморфические	212.6	164.8	74.0	5.7	3
Гумусово-аккумулятивные	163.5	24.0	15.0	108.4	66
Органогенные	116.2	0.0	0.0	0	0
Дерновые органо-аккумулятивные	92.4	76.7	80.0	1.8	2
Аллювиальные	54.2	21.8	39.1	14.3	26
Маломощные слаборазвитые	34.5	8.4	21.0	0	0
Вулканические	14.5	9.9	61.9	0	0
Щелочные глинисто-дифференцированные	12.5	1.8	12.2	9.7	78
Криоземы	9.4	0.0	0.0	0	0
Литоземы	7.2	3.8	50.0	0	0
Малогумусовые-аккумулятивно-карбонатные	4.4	0.0	0.0	3.6	82
Галоморфные	2.0	0.2	14.3	0	0
Итого	1 586.7	763.5	46.9	211.6	13

Почвы России разнообразны по свойствам, площади распространения и использованию. Это важно для выбора представительных площадок для полигонов.

Таким образом, особо отметим, что игнорирование почв в выборе участков под “карбоновые” полигоны лишает последние географической представительности. Этот подход не позволит решить главную задачу – оценить объем секвестрированных углеродных единиц в РФ. Учет секвестрированного углерода исключительно в растительности/лесах игнорирует фундаментальные законы цикла углерода, в части его внутриэкосистемного “растительность – почва” обмена. Концепция “карбоновых” полигонов должна быть обоснована научными представлениями о роли почв в регулировании цикла углерода в наземных экосистемах, включая данные учета поглотительной способности почв и потоков углерода в жидкой и газообразной фазах, а перечень экосистем дополнен понятием “почвенные экосистемы”.

Еще более важным является экстренное принятие нормативных актов ФОИВами в части типологии карбоновых полигонов, ферм и др. вариаций тестовых площадок в Российской Федерации. Ниже представлены собственные предложения по типологии полигонов (табл. 3) и аналитическое обобщение из передовой мировой практики по целевым функциям и типам карбоновых ферм при различных вариантах землепользования (табл. 4).

ОБ ОЦЕНКЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Статья 3.4 Киотского Протокола в качестве одного из инструментов снижения концентрации парниковых газов в атмосфере предусматривает возможность изменения землепользования и лесного хозяйства. Имеется в виду, что, например, посадка леса на безлесной территории (пашни, выпасы и пр.) приведет к накоплению углерода в древесной биомассе, что засчитывается в подсчеты выполнения обязательств по протоколу страны.

Таблица 3. Карбоновые фермы

Table 3. Carbon farms

Группа акций	Действие
Изменение типа землепользования	• Конверсия пашни в луга • Агролесоводство • Консервация, восстановление болот и переувлажненных земель • Лесные плантации • Предотвращение опустынивания и вырубки лесов • Управление существующими лесами, живыми изгородями, древесными буферными полосами и деревьями на сельскохозяйственных угодьях
Изменение набора возделываемых культур	• Изменение севооборота • Минимизация обработок почвы • Сохранение стерни на поверхности почвы • Предотвращение сжигания растительных остатков и растительности • Использование покровных/промежуточных культур
Управление животноводством	• Управление здоровьем скота • Использование сексированной спермы для разведения молочных заменителей • Выбор пород с более низкими выбросами метана • Кормовые добавки для рационов жвачных животных • Оптимизированные стратегии кормления скота
Управление почвами	• Планирование управления почвами и питательными веществами • Повышение эффективности использования азота • Биологическая фиксация азота в севооборотах и в травосмесях • Повышение эффективности использования энергии на ферме

Таблица 4. Типология “углеродных полигонов”

Table 4. Typology of “carbon polygons”

Тип углеродного полигона	Целевое назначение	Размещение	Организация
1. Углеродная ферма	Решение практических задач по поглощению парниковых газов и направленного регулирования их баланса	На основе проектов АЛСЗ или оценки пригодности земель и почв под планируемые типы деятельности предприятий	Крупный и мелкий бизнес различного уклада
2. Мониторинговый полигон	Сбор необходимых данных для расчета баланса парниковых газов на региональном и федеральном уровнях (Tier 2 IPCC, 2006, 2019)	На основе специально разработанного районирования страны с учетом природных условий и специфики использования земель	Федеральные и региональные органы исполнительной власти
3. Методический полигон	Создание и тестирование методов и моделей для балансовых расчетов парниковых газов (Tier3 IPCC, 2006, 2019), научные исследования и подготовка кадров	На основе специально разработанного районирования страны с учетом природных условий, специфики использования земель и размещения научных и учебных организаций	Минобрнауки России с участием Минприроды, Минэкономразвития, Минсельхоза России
4. Полигоны смешанного назначения	Комплекс либо целевая совокупность, пп 1–3	С учетом целевого назначения, природно-климатических условий и региональной специфики	

Статья 3.4 предусматривает возможность изменения технологий сельскохозяйственного производства для накопления углерода в почвах, например, переход на гумусосберегающие севообороты, сокращение механических обработок и др. Отметим, что Киотский Протокол в своей основе рассматривает цикл углерода, который включает резервуары и потоки углерода, т. е. увеличение продуктивности, что также является инструментом смягчения климатических изменений ([Протокол совещания..., 2020](#)).

Согласно подходам, декларируемым Рослесхозом, все леса РФ относятся к управляемым, и, таким образом, отмечаемый естественный рост лесов в результате потепления климата должен рассматриваться как вклад страны в смягчение климатических изменений.

Эта позиция не принимается странами, присоединившимися к Киотскому Протоколу и Парижскому соглашению. Последнее обстоятельство связано с трудностями, а фактически с невозможностью верификации накопленного углерода в лесах РФ. Так, не представляется возможным подтвердить, что РФ выполнила какие-то работы в лесном фонде (около 650 млн га лесопокрытых территорий), которые бы привели к дополнительному приросту древесины около 680 млн т С (ежегодная сумма выбросов в тоннах CO₂-эквивалента).

Напомним, что общие запасы углерода в лесной биомассе РФ составляют около 33 млрд т С, т. е. выбросы составляют около 2% от запасов в биомассе лесов. Для компенсации выбросов необходимо, чтобы леса РФ увеличивали биомассу именно на 2% ежегодно. Позиция Рослесхоза вошла в число главных инструментов выполнения обязательств РФ по смягчению изменений климата на Парижском совещании, однако практически не выполнена. Такой виртуальный вклад РФ в смягчение изменений мировым сообществом принят не был.

Российской Федерации не следует также конвертировать неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения в леса Киото. Перспективным следует считать вовлечение этих земель в создание плантаций для производства технической биомассы. Такой вариант входит в число разрешенных Киотским Протоколом и не требует перевода сельскохозяйственных земель в лесной фонд.

Возвращение этих земель в производство продовольствия не требует никаких согласований. Это гарантирует РФ возможное преимущество в условиях нарастания продовольственного кризиса в связи с аридизацией климата и увеличением численности населения земли. Обоснование и расчеты поглощения углерода реализованы.

Важным является отстаивание позиции ФАО, заключающейся в том, что “Изменение климата угрожает сельскому хозяйству и продовольственной безопасности... Сельское хозяйство должно, с одной стороны, адаптироваться к изменению климата, а с другой – участвовать в смягчении его последствий”. Эта позиция согласуется с позицией Минсельхоза России о необходимости вовлечения до 12 млн га неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот.

Парижским соглашением предусмотрена необходимость разработки долгосрочной национальной стратегии “низкоуглеродного” развития.

Следует оговориться, однако, что применительно к сельскому хозяйству, основной целью которого является использование и получение оптимального количества органического вещества и биомассы, термин “низкоуглеродное развитие” требует уточнения. Под низкоэмиссионным развитием здесь подразумевается снижение выбросов CO_2 , CH_4 и закиси азота агроэкосистемами с использованием приемов, препятствующих спонтанной и необратимой минерализации, поддержанию и оптимальному накоплению органического вещества почв ([Парижское соглашение, 2015](#)).

На это же направлена инициатива “Четыре промилле” или 4 на 1 000, которую мы также поддерживаем в рамках международной кооперации науки. Суть ее – “компенсация выбросов парниковых газов, их поглощение почвами”, т. е. создание дополнительной почвенной органики, и использование постградационных и аккумулятивных по каналу органики агротехнологий, что отвечает низкоуглеродному развитию производства ([Иванов и др., 2021](#)).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕРОДА ПРИРОДНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ И ПОЧВАМИ

Под природными экосистемами понимаются антропогенно-преобразованные сельскохозяйственные земли. Механизмом поглощения углерода наземными экосистемами является фотосинтез, который связывает двуокись углерода (CO_2) атмосферы в наземную и подземную (корневую) биомассу. В результате метаболических трансформаций произведенной фотосинтезом биомассы (закрепление в растительности, опад, минерализация, гумификация, водный транспорт и возвратная эмиссия CO_2 в атмосферу) часть этой биомассы закрепляется в растительности (годовой прирост леса) и почвах.

В природных условиях зрелых экосистем запасы растительной биомассы и органического углерода в почвах находятся в квазиравновесном состоянии и регулируются климатическими условиями. Считается, что потепление климата и дополнительное увеличение осадков (т. е. потепление без аридизации) приведет к увеличению запасов органического вещества в почвенно-растительных экосистемах. Разница в содержании органического вещества в исходных климатических условиях и после изменения последних называется *дополнительной поглощающей способностью природных экосистем*.

Очевидно, что верификация дополнительных изменений на значительных по площади территориях практически невозможна. Поэтому используют модели зависимостей запасов углерода от климатических условий. Однако любая модель отражает лишь представления разработчиков модели и должна приниматься “на веру”. Согласно правилам Киотского Протокола, поглощение углерода должно базироваться на измеряемых данных. Поэтому предложенный РФ модельный подход измерения поглощения углерода лесами РФ не принимается международным сообществом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (ЛЕСОВ)

Поглощающая способность природных экосистем измеряется существующими запасами углерода в растительности и почвах.

К этой величине может быть добавлен углерод, накопившийся в результате применения углерод сберегающих мероприятий. В части растительности запасы углерода показаны в единицах плотности биомассы на единицу площади. Общие запасы углерода (пул) оцениваются умножением единицы плотности биомассы на площадь, занимаемую данной категорией земель.

Существуют две принципиальные возможности управления поглощением углерода наземными экосистемами, которые рассматриваются Киотским Протоколом в разделе землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство: 1) интенсификация продукционного процесса, т. е. “выкачивание углерода углекислого газа из атмосферы через фотосинтез и 2) накопление углерода в биомассе (рост лесов), т. е. создание углерод консервирующих пулов.

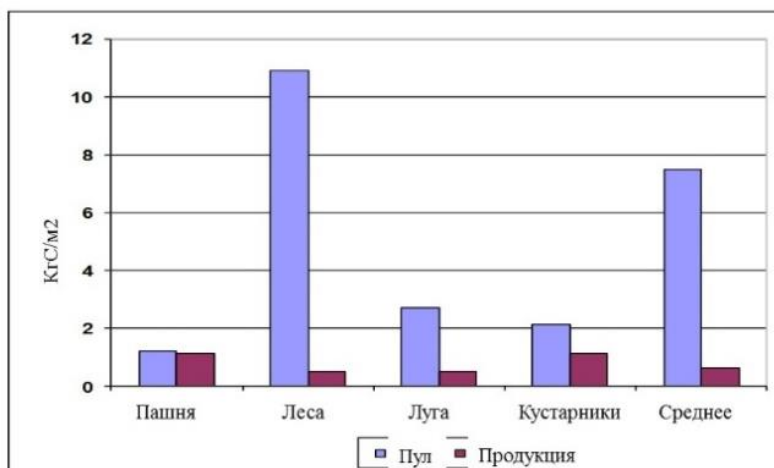


Рис. 5. Плотность биомассы (пул) и ежегодная продукция (нетто первичная продукция, НПП) в различных категориях земель в южной тайге Европейской части РФ (сухое вещество) ([Stolbovoi, 2000](#)).

Fig. 5. Biomass density (pool) and annual production (net primary production, NPP) in different land categories in the southern taiga of the European part of the Russian Federation (dry matter) ([Stolbovoi, 2000](#)).

На рисунке 5 видно, что при посадке леса на пашне накопится около 11 кг С/м^2 сухого вещества биомассы, что составит около 5.5 т С или около 20 т CO_2 -экв. единиц на м^2 . Эти запасы характерны для зрелых южнотаежных лесов Европейской территории РФ и создаются в течении 100 лет, т. е. при годичном приросте леса около 0.11 кг С/м^2 сухого вещества (запасы, деленные на время накопления).

Запасы сухого вещества на пашне (пожнивные остатки) составляют около 1 кг С/м^2 в год (около 0.5 т CO_2 -экв. единиц). Продуктивность пашни составляет около 1.2 кг С/м^2 сухого вещества в год. За 100 лет пашня свяжет около 120 кг С/м^2 сухого вещества или почти 50 т CO_2 -экв. единиц, что в 5 раз больше, чем в случае посадки углеродных лесов. *Очевидно, что наиболее эффективной стратегией вовлечения неиспользуемой продуктивной пашни для целей поглощения атмосферного углерода является ее использование под плантации для производства технической биомассы в рамках организации кустарниково-древесных насаждений.*

ПОТЕНЦИАЛ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕРОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ПОЧВАМИ

Начальный (природный) уровень почвенного органического вещества (ПОВ) в стабильных природных условиях соответствует равновесному состоянию, когда изменения (Δ) ПОВ приближаются к нулю ($\Delta\text{ПОВ} \approx 0$) (рис. 6).

Трансформация природной экосистемы в пахотные земли сопровождается уменьшением содержания ПОВ, т. е. $\Delta\text{ПОВ} < 0$. Длительное устойчивое использование почв приводит к квазиравновесному состоянию ПОВ ($\Delta\text{ПОВ} \approx 0$). Модификация землепользования в целях регенерации содержания ПОВ ($\Delta\text{ПОВ} > 0$) может осуществляться внедрением гумус/углерод сберегающих технологий. Их продолжительное устойчивое использование приводит к квазиравновесному состоянию ($\Delta\text{ПОВ} \approx 0$) на новом более высоком уровне содержания ПОВ. Длительность периода перехода почв к новому квазиравновесному состоянию принята равной 20 годам ([IPCC, 2007](#)).

По последним данным ([Национальный доклад, 2019](#)), использование сельскохозяйственных земель привело к потере около

4.7 Гт С из слоя почв 1.0 м (табл. 5).



Рис. 6. Динамика содержания ПОВ, вызванная трансформацией и модификацией землепользования.

Fig. 6. Dynamics of Soil Organic Matter (SOM) content caused by land use transformation and modification.

Таблица 5. Послойные запасы и потери ПОВ (Гт С) в сельскохозяйственных угодьях РФ

Table 5. Layered stocks and losses of Soil Organic Matter (Gt, C) in agricultural lands of the Russian Federation

Использование	0...0.3 м				0...1.0 м			
	нативные	используемые	потери	% от нативных	нативные	используемые	потери	% от нативных
Пашня	13.47	10.84	2.63	20	22.60	19.02	3.58	16
Пастбища	6.37	5.92	0.45	7	10.02	8.92	1.10	11
Всего	19.84	16.75	3.09	16	32.61	27.94	4.68	14

Отмеченные потери ПОВ в сельскохозяйственных угодьях России значительно меньше, чем в других странах. Так, по опубликованным зарубежным данным, в развитых странах потери достигают 50% и более. Относительно меньшие потери ПОВ сельскохозяйственными почвами России объясняются тем, что традиционно в земледелии страны использовали гумус/углерод сберегающие технологии, которые поддерживали природное плодородие почв в условиях ограниченного применения минеральных удобрений. Определенное значение в снижении потерь ПОВ сыграло и то, что все сельскохозяйственные почвы России прошли землеустройство, которое, кроме рекомендаций по гумус сберегающим технологиям производства, также включало систему противоэрозионных мероприятий, обеспечивающих сохранение верхнего насыщенного ПОВ пахотного слоя.

Анализ обобщенного вклада различных факторов в дегумификацию сельскохозяйственных почв страны свидетельствует, что потеря почвами около 2.2 Гт С, или 85% общих потерь ПОВ, связана с неудовлетворительной технологией производства, и 0.5 Гт С, или 15% потери ПОВ, – с плоскостной водной эрозией (табл. 6).

Таблица 6. Факторы снижения содержания органического вещества в пахотных почвах России

Table 6. Factors in reducing organic matter content in arable soils of Russia

Слой, м	Потери					
	общие		технологии		эрозия	
	Гт С	% от нативных	Гт С	% от нативных	Гт С	% от нативных
0...0.3	2.63	20	2.2	85	0.43	15
0...1.0	3.58	16	3.1	85	0.48	15

НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ ЛЕСОВ

Основной проблемой существующих методик определения углерод поглощающей способности российских лесов является то, что они не учитывают почвы, на которых произрастает лес. Такой подход связан с тем, что лесной кодекс РФ определяет лес как экосистему и ресурс. Однако в кодексе отсутствует термин почвы, и экосистема леса ограничивается растительностью. Принятое в РФ определение противоречит научному представлению углеродного цикла, которое выступает фундаментальной основой поглощения углерода наземными экосистемами. Кроме того, это определение противоречит подписанным РФ международным требованиям соблюдения “устойчивого лесопользования”, в котором около 40% требований касаются лесных почв. Таким образом, демонстрируется двойной стандарт – внутреннее “устойчивое лесопользование”, не включающее почвы, и внешнее “устойчивое лесопользование”, включающее почвы.

Ниже приводится стандартная методика, рекомендованная международным сообществом ([IPCC, 1996](#)) для оценки запасов углерода в почвах. Методика также должна применяться в РФ, чтобы обеспечить сопоставимость результатов учета парниковых газов между странами. Для РФ методика впервые применялась для оценки запасов углерода в почвах и позднее демонстрировалась в упомянутом Национальном докладе ([2019](#)).

Подсчеты включают несколько этапов:

- (1) определение концентрации (органического и минерального) углерода в почве (Soil Carbon Density, SCD) в кг C/м^3 :

$$SCD = C * V * H * S, \quad [1]$$

где C – содержание углерода в %;

V – объемный вес почвы в кг/м^3 ;

H – мощность почвенного генетического горизонта в м;

S – коэффициент коррекции на объемное содержание камней, который варьирует от 1.0 (отсутствуют) до < 0.1 (доминируют).

- (2) определение концентрации углерода по стандартным слоям: 0–0.3, 0–0.5, 0–1.0, 0–2.0 м, – вычисляются для всех почвенно-

генетических горизонтов и пересчитываются на стандартные слои по формуле:

$$SCD_{sd} = \left(\frac{C_i * V_i * S_i}{H_i} \right) * H_{sd}, \quad [2]$$

где SCD_{sd} – концентрация углерода в стандартном слое в м;
 C_i, V_i, S_i и H_i – параметры формулы (1) в почвенно-генетическом горизонте i почвы в м;
 H_{sd} – мощность стандартного слоя в м.

(3) определение запасов (органического и минерального) углерода в стандартном слое sd почвы j (Soil Carbon Stock, SCS_{sd}) в кг С, т С, Гт С.

$$SCS_j = SCD_{sd} * A_j, \quad [3]$$

где SCS_j – запасы (органического и минерального) углерода в стандартном слое sd почвы j в единицах веса;

SCD_{sd} – концентрация углерода в стандартном слое sd в м по формуле [2];

A_j – площадь почвы j м².

(4) Разнообразие почв (спектр) для растительной ассоциации, растительной зоне, типу леса, категории землепользования определяется операцией наложения соответствующих карт. В отношении лесной растительности операция описывается формулой:

$$VEG_j \cap S_n, \quad [4]$$

где VEG_j – тип древостоя j ;

S_n – спектр (разнообразие почв) n , характерный для древостоя VEG типа j .

(5) Определение запасов в стандартном слое sd почвы j в типе древостоя VEG_j, S_n спектр (разнообразие почв) n , характерный для древостоя VEG типа j . Удельные концентрации углерода в спектре почв под древостоем умножают на площади почв, входящих в спектр, и суммируют.

Стандартная методика, рекомендованная международным сообществом для оценки запасов углерода в почвах, может (должна) применяться в РФ, поскольку обеспечивает сопоставимость

результатов учета парниковых газов между странами и работает на международном рынке углеродных единиц.

Методика IPCC рекомендована для всех стран, подписавших Киотский Протокол. Результаты, полученные по Методике IPCC, включаются в национальные сообщения и учитываются в механизмах регулирования Киотского Протокола.

Методика IPCC применялась для определения базовых концентраций (base line concentration) содержания и запасов углерода в почвах РФ в рамках Киотского Протокола и также в предложениях Совещания в Париже ([2015](#)). Результаты определения базовых концентраций и запасов углерода в почвах РФ опубликованы в Международном журнале Climate Change ([Stolbovoi, 2006](#)), в части лесных почв – в международном журнале Mitigation and adaptation Strategies for Global Change, в части почв сельскохозяйственного назначения – в монографии Soil Organic Carbon and Agriculture: Developing Indicators for Policy Analyses ([Stolbovoy, 2002](#)).

База данных по содержанию и запасам углерода в почвах опубликована и находится в свободном доступе в совместном издании Российской Академии наук и Международного института прикладных системных исследований “Земельные ресурсы России” ([Stolbovoi, McCallum, 2002](#)).

ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА ПО МЕТОДИКЕ IPCC ДЛЯ УРОВНЕЙ 2 И 3

Органическое вещество почв после отложений мирового океана является вторым по величине запасом углерода биосферы. Его источником являются надземные и подземные органы растений, а также почвенные животные и микроорганизмы. Часть ежегодно образующегося органического вещества разлагается (почвенное дыхание), другая же часть закрепляется в почве в виде специфических органических и органоминеральных соединений со временем жизни сотни и тысячи лет, что больше, чем у древесной растительности.

Существует два подхода к оценке темпов накопления углерода в почве. Непосредственная оценка потоков (интенсивности скоростей углеродного обмена) требует использования специали-

зированного оборудования (коррелометров и камер с газоанализаторами) в полевых условиях. Перечень измеряемых параметров приведен в таблице 7 и согласован с перечнем показателей, рекомендованных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации для мониторинга на карбоновых полигонах. Второй подход связан с оценкой изменений запасов органического вещества в подземной фитомассе и почвах относительно базовой линии и принят в качестве руководящего в методике IPCC.

В методике IPCC предусмотрено три уровня оценки возрастающей детальности (см. выше). В российском почвоведении существует большой задел в отношении второго и третьего уровней оценки. Систематический сбор данных о запасах органического вещества в почвах земель сельскохозяйственного назначения осуществляет Агрохимслужба Минсельхоза России.

В таблицах 7 и 8 собраны индикаторы оценки почвенного углерода по методике IPCC для уровня 2 и 3. Приводятся российские методики оценки индикаторов и их наиболее полные и современные международные аналоги.

Перечень составлен максимально полно как в части запасов, так и дополнительных показателей, используемых в расчетах, предоставляя возможность докладывать в международное сообщество в интересах максимального поддержания российской традиции почвенной науки и генетического почвоведения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом проведенного анализа международной практики, на основе научного и прикладного опыта отечественной науки следует в срочном порядке принять следующие первоочередные (мобилизационные) меры.

1. Подготовить предложения с целью формирования позиции Российской Федерации в преддверии участия в 26-й Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (в рамках исполнения поручений Президента Российской Федерации от 12 сентября 2020 г. № Пр-1476, от 2 марта 2021 г. № Пр-323, аналогично Руководству IPCC ([2006](#) г.) с дополнениями [2019](#) г.).

Таблица 7. Перечень показателей оценки почвенного углерода по методике IPCC для уровня 2 и 3
Table 7. List of IPCC soil carbon assessment indicators for Tiers 2 and 3

Показатель	Российская методика	Зарубежная методика	Уровень методики IPCC
Методика полевого опробования (отбор проб)			
Плотность и глубина опробования, пробоподготовка образцов почв	Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования М.: “Колос”, 1973 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003 ГОСТ 28168-89, ГОСТ 17.4.3.01-2017 и ГОСТ 17.4.4.02 в зависимости от целей исследования	Stolbovoy V., Montanarella L., Filippi N., Jones A., Gallego J., Grassi G. (2005). Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soils of European Union. Office for Official Publications of the European Communities. Stolbovoy V., Montanarella L., Filippi N., Jones A., Gallego J. (2007). Field soil sampling to detect the changes of organic carbon stock in mineral soil. Carbon Sink Enhancement in Soils of Europe: Data, Modeling, Verification JRC Scientific and Technical reports Ispra (VA), Italy, 31–73. Arrouays D., Saby, N. P., Boukir, H., Jolivet, C., Ratié, C., Schrumpf, M., ... & Loustau, D. (2018). Soil sampling and preparation for monitoring soil carbon. International Agrophysics, 32(32), 633–643.	2, 3

Лизиметрические воды			3
Живые подземные органы растений			2, 3
Мертвые подземные органы растений			2, 3
Подстилка			2, 3
Опад			2, 3
Масса дождевых червей			3
Масса почвенных микроорганизмов и базальное дыхание	Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. Наука, 2003. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания. Почвоведение, 2011, (11), 1327–1333.	Anderson J.P., Domsch K.H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil biology and biochemistry, 10 (3), 215–221. Anderson T.H., Domsch K.H. (1985). Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. Biology and fertility of soils, 1(2), 81–89.	3

Аналитические методики определения углерода в различных формах			
Общее содержание органического вещества (углерода) почвы	Метод Тюринга в модификации ЦИНАО согласно ГОСТ 26213-91. ПОЧВЫ. Методы определения органического вещества.	ISO 10694:1995, Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). Gold standard for the global goals “Soil organic carbon framework methodology”, v. 1, 2020, USA	2, 3
Растворенный органический углерод		K. Kalbitz, D. Angers, K. Kaiser, M. H. Chantigny. (2008). Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition. A. Zsolnay. (2003). Dissolved organic matter: artefacts, definitions and functions. Geoderma 113, 187– 209. A. Zsolnay. (1996). Dissolved Humus in Soil Waters. Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 171–123.	3
Неорганический углерод (карбонаты) почв	Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: ВАСХНИЛ, Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1990 г. Массовая доля общего содержания карбонатов (по Козловскому), ГОСТ 26424-85. ПОЧВЫ. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке	ISO 10693:1995, Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method.	3

Методики определения условий, способствующих накоплению или эмиссии углерода			
Степень гумификации			3
Степень гидроморфизма			3
Степень разложения торфа			2, 3
Степень аэрации			3
Температура почвы	ГОСТ 25358-82	ASTM D4611 - 16 Montagnani L. (2018). Soil-meteorological measurements at ICOS monitoring stations in terrestrial ecosystems. International Agrophysics, 32(4), 619–631.	2, 3
Влажность почвы	ГОСТ 28268-89	ISO 11465:1993, Soil quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method. Montagnani, L. (2018). Soil-meteorological measurements at ICOS monitoring stations in terrestrial ecosystems. International Agrophysics, 32(4), 619–631.	2, 3

Плотность сложения (Bulk density)	Буровой метод определения плотности почв (по Вадюниной, Карчагиной, 1986)	ASTM F3013 - 13(2018) ISO 11272:2017(en) Soil quality – Determination of dry bulk density	2, 3
Гранулометрический состав почв (Текстура)	ГОСТ 12536-2014 Методика измерений гранулометрического состава в пробах почв, грунтов, донных отложений методом лазерной дифракции (2019)	ASTM D7928 - 21e1	2, 3
Агрегатный состав почв	Метод сухого просеивания (Теории и методы физики почв, 2007)	Kemper W.D., Rosenau R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In Klute (Ed.) Methods of soil analysis, Part 1. Agronomy monographs No. 9, A.S.A. Madison	3
Водоустойчивость структуры почв	Метод мокрого просеивания почв (Теории и методы физики почв, 2007)	Nimmo J.R., Perkins K.S. (2002). 2.6 Aggregate stability and size distribution. Methods of soil analysis: part 4 physical methods, 5, 317–328.	3
Зольность	ГОСТ 27784-88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв		3
Общее содержание азота	ГОСТ Р 58596-2019. ПОЧВЫ. Методы определения общего азота.	ISO 11261:1995 Soil quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method	2, 3

Метаболический коэффициент qCO_2	Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. Наука, 2003.	Anderson T.H., Domsch K.H. (1985). Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. Biology and fertility of soils, 1(2), 81–89.	3
Численность микроорганизмов в почве		Fierer N., Jackson J.A., Vilgalys R., Jackson R.B. (2005). Assessment of soil microbial community structure by use of taxon-specific quantitative PCR assays. Applied and environmental microbiology, 71(7), 4117–4120.	3
Отношение грибы / бактерии		Rousk J., Bååth E., Brookes P.C., Lauber C.L., Lozupone C., Caporaso J.G. et al. (2010). Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. The ISME journal, 4(10), 1340–1351.	3

Таблица 8. Методики измерения почвенного дыхания и скорости поступления опада

Table 8. Techniques for measuring soil respiration and the rate of litter contribution

Российская методика	Зарубежная методика
Оценка по ночным измерениям пульсационным методом (eddy covariance)	Rebmann C., Aubinet M., Schmid H., Arriga N., Aurela M., Burba G., ... Franz D. (2018). ICOS eddy covariance flux-station site setup: a review. <i>International Agrophysics</i> , 32(4), 471–494.
Оценка по методу камер (chamber technique) в ночное время	Pavelka M., Acosta M., Kiese R., Altimir N., Brümmer C., Crill P., ... Pumpanen I. (2018). Standardisation of chamber technique for CO ₂ , N ₂ O and CH ₄ fluxes measurements from terrestrial ecosystems.
Оценка по методу камер (chamber technique) в дневное время с затенением	Pavelka M., Acosta M., Kiese R., Altimir N., Brümmer C., Crill P., ... Pumpanen I. (2018). Standardisation of chamber technique for CO ₂ , N ₂ O and CH ₄ fluxes measurements from terrestrial ecosystems.
Потоки растворенного органического углерода (lysimeters)	
Определение корневого опада	
Скорость поступления надземного опада (litter traps)	Loustau D., Altimir N., Barbaste M., Gielen B., Marañón Jiménez S., Klumpp K., ... Waldner P. (2018). Sampling and collecting foliage elements for the determination of the foliar nutrients in ICOS ecosystem stations. <i>International agrophysics</i> , 32(4), 665–676.

2. В соответствии с протоколом заседания экспертного совета сформировать проект “Национальная система учета выбросов парниковых газов, включая потенциал их поглощения российскими экосистемами (лес, степь, тундра, водные пространства и др.)”, в рамках которого решить следующие задачи:

- разработать национальную стратегию использования наземных экосистем в целях регулирования парниковых газов для смягчения изменений климата;
- разработать национальную методику определения поглощающей способности наземных экосистем РФ;
- разработать методику верификации изменений поглощающей способности наземных экосистем;
- определить перспективные территории для организации проектов по поглощению углерода растительностью;
- определить перспективные территории для организации проектов по поглощению углерода сельскохозяйственными почвами.

3. В ФНТП в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 гг. (Указ Президента Российской Федерации от 08.02. 2021 г. № 76) и при формировании программы научных исследований по национальному проекту “Наука” и др. включить в качестве приоритетных следующие направления:

– научное обоснование увеличения потенциала экосистем в поглощении выбросов парниковых газов, в том числе за счет повышения эффективности использования лесов и земель, а также путем применения современных технологий лесовосстановления и агропромышленных технологий, обеспечивающих восстановление плодородия почв (п. 1 з)-3) перечня поручений Президента Российской Федерации В.В. Путина от 26.06.2021 г. № Пр-1096 по итогам Петербургского международного экономического форума);

– научное обоснование, создание и ведение единой Национальной методологии системного наблюдения и учета баланса выбросов парниковых газов с учетом специфики природно-климатических и почвенных условий России, которая гармонично сочетается с подходами IPCC;

- методология территориального размещения и создания карбоновых полигонов, актуализация данных почвенно-экологического районирования на основе нового перечня показателей цикла углерода в экосистемах и сельскохозяйственных ландшафтах;

- создание ранжированного перечня показателей (индикаторов) инструментального определения и данных дистанционного зондирования Земли и его нормативно-правовая актуализация;

- оценка отраслевых, региональных рисков и обоснование стратегии адаптации к глобальному изменению климата;

- научное обоснование создания технологий адаптации сельскохозяйственного землепользования, проградационных, почвоохранных, депонирующих углерод технологий, мероприятий агролесо- и фитомелиораций в условиях изменения климата.

4. Организовать в установленном порядке подготовку и утверждение нормативно-правовых актов в части:

- поддержания и ведения единой Национальной системы наблюдений и учета баланса углерода в различных почвенно-экологических условиях Российской Федерации, сопоставимых с международными подходами;

- создания перечня и ведения реестра индикаторов оценки и учета углеродного баланса почвенного покрова Российской Федерации, нормативной правовой актуализации использования данных дистанционного зондирования Земли;

- создания системы спутникового мониторинга в интересах “Национальной системы учета выбросов парниковых газов”;

- утверждения перечня организаций и ФООИВов, ответственных за предоставление и сбор информации ДЗЗ, ее порядок, периодичность и качество, т. ч. спутниковых конфигураций для решения различно ориентированных задач, в установленном законом порядке;

- утверждения типологии и пространственного размещения тестовых и карбоновых полигонов.

5. Организовать проведение научно-исследовательских работ и поддержку комплексных экспедиций по оценке геокриологической опасности и прогнозу естественной эмиссии парниковых

газов в зоне вечной мерзлоты и оценке опасности опустынивания в аридной зоне Российской Федерации до 2050 г.;

6. Разработать перечень квалифицированных организаций-экспертов.

7. Разработать нормативно-правовые документы по использованию данных ДЗЗ в указанных целях, а также для решения других задач экономического и научно-технологического развития Российской Федерации.

8. Организовать на постоянной основе работу по подготовке, формированию и последующему поддержанию в актуальном состоянии единого (межведомственного) информационного ресурса для целей обеспечения рационального землепользования, охраны земель сельскохозяйственного назначения и государственного управления в указанной сфере, в т. ч. учета и регулирования баланса углерода.

9. В целях обеспечения полной и объективной информации о наличии и состоянии земель сельскохозяйственного назначения, сопоставимости соответствующей ведомственной отчетности проработать организационные, финансовые и технические аспекты проведения инвентаризации указанных земель с учетом оценки баланса углерода в экосистемах и агролесоконкомплексах, организации лесовосстановительных работ.

10. Подготовить предложения по совершенствованию государственной земельной политики в области оборота земель сельскохозяйственного назначения, направленные на повышение эффективности использования земельных ресурсов в сельском хозяйстве, регулирования и организации работ по выявлению неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, вовлечения их в сельскохозяйственный оборот.

11. Определить первоочередные участки земель, подверженные опустыниванию, на которых необходимо осуществить мероприятия по фитомелиоративной реконструкции; разработать проектную документацию и нормативно-правовую базу.

12. Предусмотреть с 2022 г. финансирование мероприятий по фитомелиоративной реконструкции на участках земель, подверженных опустыниванию; восстановить работу фитолесомелиоративных предприятий Главка Черных земель и Кизлярских паст-

бищ; обеспечить разработку федеральной целевой программы по борьбе с опустыниванием территорий (земель).

13. Разработать оценки отраслевых и региональных рисков и стратегию адаптации к глобальным климатическим изменениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Духанин Ю.А., Козлов Д.Н., Баматов И.М. Глобальный климат и почвенный покров – последствия для землепользования России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. Вып. 107. С. 5–32. DOI: [10.19047/0136-1694-2021-107-5-32](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2021-107-5-32).
2. Национальный доклад “Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)” / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Т. 2. М.: ООО “Издательство МВА”, 2019. 476 с.
3. Парижское соглашение. ООН. 2015. 30 с. URL: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/Russia_n_Paris_agreement.pdf (дата обращения: 17.10.2020).
4. Почвенная карта РСФСР масштаба 1 : 2 500 000/ под ред. В.М. Фридланда, 1988.
5. Протокол совещания у Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Абрамченко от 18 сентября 2020 г. № ВА-П1-68Пр.
6. Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Иваново: ПресСто, 2021. 260 с.
7. Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer Ch., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Paw U.K.T., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., Wofsy S. FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities // Bulletin of the American Meteorological Society. 2001. Vol. 82(11). P. 2415–2434. URL: https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/82/11/1520-0477_2001_082_2415_fantts_2_3_co_2.xml.
8. IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual / J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim et al. (Eds). URL: <http://www.iea.org/ipcc/invs1.htm>.
9. IPCC Guidelines for National Green house Gas Inventories, 2006.

10. IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, Pachauri R.K, Reisinger A. (Eds). Geneva, 2007. 104 p.
11. Jones C., McConnell C., Coleman K., Cox P., Falloon P., Jenkinson D., Powlson D. Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of organic carbon in soil // *Global Change Biology*. 2005. Vol. 11. P. 154–166. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2004.00885.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00885.x).
12. Paul E.A., Kravchenko A., Grandy A.S., Morris S. Soil organic matter dynamics: Controls and management for sustainable ecosystem functioning / S.K. Hamilton, J.E. Doll, G.P. Robertson (Eds) // *The Ecology of Agricultural Landscapes: Long-Term Research on the Path to Sustainability*. New York: Oxford University Press, 2015. P. 104–134.
13. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.
14. Smith P., Smith J.U., Powlson D.S. (Ed.). Global change and terrestrial ecosystems. Soil Organic Matter Network (SOMNET): 1996 model and experimental metadata. Report no. 7, GCTE task 3.3.1. Wallingford, 1996.
15. Smith J.E., Heath L.S., Skog K.E., Birdsey R.A. Methods for calculation Forestecosystem and harvested carbon with standard estimates for Forest types of the United States. General technical report NE-343. Newtown Square, PA, USDA, 2006. URL: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/ne_gtr343.pdf.
16. Stolbovoi V.S. Kyoto Protocol: From Accounting to Regional Carbon Management Policy and Decisions. Presentation at Russian IGBP day in Moscow, Russian Academy of Science, October 4, 2000.
17. Stolbovoy V. Carbon in agricultural soils of Russia / Smith, C.A.S. (Ed.) // *Soil Organic Carbon and Agriculture: Developing Indicators for Policy Analyses*. Proceedings of an OECD expert meeting. Ottawa, Paris, 2002. P. 301–306.
18. Stolbovoi V., McCallum I. Land Resources of Russia. CD-ROM, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, the Russian Academy of Sciences, Moscow, 2002. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/russia_cd/index.htm.
19. Stolbovoi V. Soil Carbon in the Forests of Russia // *Mitigation and adaptation Strategies for Global Change*. 2006. Vol. 11. P. 203–222.

REFERENCES

1. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoy V.S., Dukhanin Yu.Y., Kozlov D.N., Bamatov I.M., Global climate and soil cover – implications for land use in

- Russia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2021, Vol. 107, pp. 5–32, DOI: [10.19047/0136-1694-2021-107-5-32](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2021-107-5-32).
2. Edelgeriev R.S.-H. (Ed.), *National report* “Global climate and soil cover in Russia: desertification and land degradation, institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry)”, Vol. 2, Moscow: LLC “Izdatel'stvo MVA”, 2019, 476 p.
3. Paris Agreement. UN. 2015. 30 p. URL: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/Russia_n_Paris_agreement.pdf.
4. Fridland V.M., *Pochvennaya karta RSFSR masshtaba 1 : 2 500 000* (Soil map of the RSFSR on a scale of : 2,500,000), 1988.
5. Minutes of a meeting with the Deputy Prime Minister of the Russian Federation V.V. Abramchenko dated September 18, 2020 No. BA-П1-68Пр.
6. *Reestr indikatorov kachestva pochv sel'skokhozyaystvennykh ugodii Rossiiskoi Federatsii* (Register of indicators of soil quality of agricultural land in the Russian Federation), Ivanovo: PresSto, 2021, 260 p.
7. Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer Ch., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., Paw U.K.T., Pilegaard K., Schmid H.P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., Wofsy S. FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2001, Vol. 82(11), pp. 2415–2434, URL: https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/82/11/1520-0477_2001_082_2415_fantts_2_3_co_2.xml.
8. Houghton J.T., MeiraFilho L.G., Lim B. et al. (Eds), *IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*, URL: <http://www.iea.org/ipcc/invs1.htm>.
9. *IPCC Guidelines for National Green house Gas Inventories*, 2006.
10. *IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, Pachauri R.K, Reisinger A. (Eds), Geneva, 2007, 104 p.
11. Jones C., McConnell C., Coleman K., Cox P., Falloon P., Jenkinson D., Powlson D., Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of organic carbon in soil, *Global Change Biology*, 2005, Vol. 11, pp. 154–166, DOI: [10.1111/j.1365-2486.2004.00885.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00885.x).
12. Paul E.A., Kravchenko A., Grandy A.S., Morris S., Soil organic matter dynamics: Controls and management for sustainable ecosystem functioning,

In: S.K. Hamilton, J.E. Doll, G.P. Robertson (Eds) *The Ecology of Agricultural Landscapes: Long-Term Research on the Path to Sustainability*, New York: Oxford University Press, 2015, pp. 104–134.

13. *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2019.

14. Smith P., Smith J.U., Powlson D.S. (Eds), *Global change and terrestrial ecosystems. Soil Organic Matter Network (SOMNET): 1996 model and experimental metadata*. Report no. 7, GCTE task 3.3.1, Wallingford, 1996.

15. Smith J.E., Heath L.S., Skog K.E., Birdsey R.A., *Methods for calculation Forest ecosystem and harvested carbon with standard estimates for Forest types of the United States*, General technical report NE-343, Newtown Square, PA, USDA, 2006, URL: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/ne_gtr343.pdf.

16. Stolbovoi V.S., *Kyoto Protocol: From Accounting to Regional Carbon Management Policy and Decisions*, Presentation at Russian IGBP day in Moscow, Russian Academy of Science, 2000.

17. Stolbovoy V., Carbon in agricultural soils of Russia, In: Smith, C.A.S. (Ed.) *Soil Organic Carbon and Agriculture: Developing Indicators for Policy Analyses*, Proc. of an OECD expert meeting, Ottawa, Paris, 2002, pp. 301–306.

18. Stolbovoi V., McCallum I., *Land Resources of Russia*. CD-ROM, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, the Russian Academy of Sciences, Moscow, 2002. URL: http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/russia_cd/index.htm.

19. Stolbovoi V., Soil Carbon in the Forests of Russia, *Mitigation and adaptation Strategies for Global Change*, 2006, Vol. 11, pp. 203–222.

Научное издание

Бюллетень Почвенного института
имени В.В. Докучаева

Выпуск 108

Главный редактор *А.Л. Иванов*

Заместитель главного редактора *И.Ю. Савин*

Редактор, компьютерная верстка *А.Ю. Романовская*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Почвенный институт имени В.В. Докучаева
119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
<https://bulletin.esoil.ru>
e-mail: bulletin@esoil.ru

Сдано в набор 25.09.2021 г.
Подписано в печать 25.09.2021 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 12,8. Тираж 75 экз. Заказ №

Цена договорная.

Отпечатано с готового макета по заказу
Почвенного института имени В.В. Докучаева
ИП Ерховой И.М. (ОГРНИП 319774600080241)
Тел. (495) 799-48-85
e-mail: apr-rpa@list.ru