

КВАЛИФИКАТОРЫ В КЛАССИФИКАЦИИ WRB-2022: СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ, ФУНКЦИИ

© 2025 г. М. И. Герасимова^{a,*} (<https://orcid.org/0000-0002-1815-4476>),
М. А. Смирнова^a (<https://orcid.org/0000-0002-5256-4348>)

^aМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119999 Россия

*e-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com

Поступила в редакцию 15.06.2024 г.

После доработки 29.07.2024 г.

Принята к публикации 30.07.2024 г.

Международная классификация почв (WRB) издавалась каждые восемь лет, начиная с 1998 г., и в каждой ее версии изменялись количество, содержание и статус квалификаторов. В соответствии с принципами WRB квалификаторы, как главные, так и дополнительные, основаны на представлениях о почвообразовательных процессах. Анализ квалификаторов (281) в последней версии 2022 г. показал приоритет диагностических горизонтов как критерии выделения обеих категорий квалификаторов, а также химических свойств почв. Среди антропогенных квалификаторов более многочисленны и разнообразны собственно техногенные. Количество квалификаторов, преимущественно дополнительных, максимально в широко распространенных почвах (Technosols, Cambisols, Gleysols) и минимально в жестко географически локализованных почвах (Nitisols). По приуроченности к почвам квалификаторы делятся на универсальные, выделяемые почти в любых почвах (по гранулометрическому составу, глееватости), и уникальные, характерные для отдельных почв. Функция главных квалификаторов – создание центрального образа Реферативной группы и формирующих ее процессов, однако их количество бывает избыточным. На основании расчета таксономических расстояний наиболее похожими по набору главных квалификаторов оказались пары Реферативных групп: Stagnosols и Planosols, Calcisol и Gypsisol, Alisols и Acrisols, что обусловлено сходством формирующих их процессов. Реферативные группы Histosols, Gleysols характеризуются наиболее неповторимым набором главных квалификаторов. В построении названий квалификаторов, кроме латинских и греческих морфем использованы элементы из 26 языков народов мира. В качестве примера подходов к анализу квалификаторов рассмотрена Реферативная почвенная группа Podzols.

Ключевые слова: реферативные почвенные группы, диагностические горизонты, признаки и материалы, таксономические расстояния, Podzols, критерии выделения квалификаторов

DOI: 10.31857/S0032180X25010012, **EDN:** BYFFRG

ВВЕДЕНИЕ

Международная реферативная база почвенных ресурсов – World reference base for soil resources, широко известная в аббревиатуре как **WRB**, активно используется во многих странах как классификация почв при проведении почвенных исследований [8, 18], составлении почвенных карт [21, 25], экологическом мониторинге [7, 16], изучении отдельных свойств почв и оценке возможных почвенных функций и сервисов [17, 23]. По строгому определению, первый уровень системы WRB называется собственно Реферативной базой и состоит из 32 реферативных почвенных групп (**РПГ**) в

последнем варианте системы; второй уровень – почти 300 квалификаторов, распределенных по РПГ, образуют классификацию WRB [24]. В отечественных публикациях приводятся названия почв в системе WRB в качестве аналогов названий в классификациях почв России [4] или СССР [5] и, судя по актуальным научным публикациям, обращение к системе WRB становится все более частым. В большинстве обращений авторы ограничиваются небольшим объемом информации, включающим 2–4 квалификатора, чаще всего соответствующих подтиповому названию почвы в отечественных классификациях.

Единицы первого уровня описываются во многих учебных и научных изданиях и относительно мало меняются со времени создания WRB в 1998 г. Напомним, что функцией первого уровня является корреляция почв в существующих классификационных системах (correlation between existing classification systems [15, с. 16]), а достаточно общее содержание его единиц обеспечивает успешное решение этой задачи (RSGs have sufficient width to facilitate harmonization and correlation with national systems [15, с. 16]). В большей части публикаций о WRB и ее предшественницах обсуждаются преимущественно Реферативные группы и предлагаются аналоги отечественных почв [1–3]. Второй уровень системы WRB представляет собой Реферативные группы с квалифиликаторами, количество которых в названии почвы не ограничено. Общие принципы выделения квалифиликаторов и разделения их на главные и дополнительные сформулированы не очень четко, и со временем в разных версиях WRB количество, положение и определения квалифиликаторов меняются. Рассмотрение состава квалифиликаторов представляет интерес с точки зрения содержания и идеологии самой системы и положения в ней почв России. Квалифиликаторы – “точка роста” системы: по мере поступления новой информации и/или изменения в концепциях, вводятся новые квалифиликаторы и исключаются имеющиеся в разных версиях системы.

История создания WRB начинается с легенды к Мировой почвенной карте ФАО/ЮНЕСКО [12], послужившей основой WRB. В 1994 г. был разработан проект WRB, в 1998 г. опубликована первая версия [10, 11]. Каждые восемь лет (1998, 2006, 2014, 2022) публиковались версии WRB, последняя – объект данного исследования [15].

Цель исследования – анализ главных и дополнительных квалифиликаторов с позиций их происхождения, представляемых ими свойств почв, таксономической функции, что характеризует как сами почвы, так и принципы классификации; анализ квалифиликаторов может быть полезным для лучшего понимания системы WRB, а также для поиска российских аналогов. Различные оценки квалифиликаторов осуществлялась путем подсчетов их количества и частоты использования в разных аспектах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом анализа являются квалифиликаторы в последней версии Международной классификации почв, называемой в дальнейшем WRB-22, современной и содержащей максимальное число квалифиликаторов – 281 [15]. Они были сгруппированы в зависимости от: (1) критериев их выделения, следовательно, содержания; (2) статуса в

разных Реферативных почвенных группах (РПГ), косвенно характеризующего сами группы; (3) происхождения их названий, построенных на основе 28 языков.

Критерии включают наличие диагностических элементов классификации, почвенных свойств, антропогенных изменений почв; под статусом понимается отнесение к главным или дополнительным квалифиликаторам, особенности использования в системе, “的独特性”, т.е. привязка к конкретной РПГ, или, напротив, “普遍性” – нахождение в нескольких группах, а также типичность для определенной РПГ. Проведенный анализ основывается на подсчетах количества и частоты встречаемости квалифиликаторов в почвах выделенных группах.

Некоторым методическим осложнением в анализе было нахождение квалифиликаторов в нескольких выделенных группах; например, “городской” квалифиликатор *Urbic* представляет группу “антропогенное воздействие” и одновременно входит в группу “的独特性” квалифиликаторов, т.е. свойственных только одной РПГ – *Technosols*. Группа “свойства” включает морфологические, химические и/или физические свойства. Например, квалифиликатор *Saprolithic*, выделяемый по наличию включений крупного обломочного материала, объем которого составляет не менее 75%, может быть отнесен к группе физических свойств. Однако он имеет также физико-химический критерий: емкость катионного обмена не более 24 смоль+/кг ила, следовательно, он попадает в две группы (физические и химические свойства) и в подсчетах учитывался в обеих группах.

Были посчитаны таксономические расстояния (меры сходства по стандартной методике [19]) между парами РПГ на основе упоминания в них главных квалифиликаторов (чем больше одинаковых главных квалифиликаторов в списках для рассматриваемой пары РПГ, тем меньше таксономическое расстояние между РПГ, тем больше сходства между ними). На первом этапе была создана матрица, где строки соответствовали главным квалифиликаторам, а столбцы – РПГ. В каждой ячейке матрицы было отмечено наличие (1) или отсутствие (0) в РПГ данного квалифиликатора в качестве главного. Расчет таксономического расстояния между РПГ производился согласно формуле 1 [14]:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^T (x_i - x_j)}, \quad (1)$$

где d_{ij} – таксономическое расстояние между РПГ i и j , x_i и x_j – векторы-столбцы матрицы (т.е. данные о наличии/отсутствии квалифиликаторов в РПГ), T – операция транспонирования. Значения таксономических расстояний определяются количеством

рассматриваемых квалификаторов – в данном случае 129 (только 129 квалификаторов из 281 упоминаются в WRB в качестве главных) – и варьировали от 0 до 11.36.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

История формирования квалификаторов. Число и названия квалификаторов изменялись с течением времени; их количество постоянно увеличивалось: от 38 в предшественнице WRB – Обновленной легенде 1988 г. [9] до 281 в последней версии; в 2006 г. квалификаторы были разделены на две группы [13] (табл. 1).

На Почвенной карте ФАО [12] таксономический уровень почв в двухуровневой легенде соответствовал современным РПГ с одним квалификатором; например, в почвенной единице легенды “Calcic Chernozem” характерным элементом (квалификатором) единицы Chernozem является Calcic, поскольку он представлял карбонатные черноземы. Черноземы были разделены на Нормальные¹ (Haplic), Лювиковые (Luvic) и Известковые (Calcic). В Обновленной легенде Почвенной карты ФАО [9] критерии выделения почвенных единиц еще не были сформулированы, поскольку легенда не являлась классификацией и не требовала строгих определений критериев. Она была ориентирована на ареалы, отчасти на условия почвообразования и основные почвообразовательные процессы для единиц первого уровня. Список единиц легенды показывает, что они выделялись по добавлению дополнительных процессов к основным, часто являлись переходными образованиями, учитывались также свойства почв, обычно выраженные через диагностические горизонты. Примерами почвенных единиц с дополнительными процессами, соответственно, горизонтами являются: Vertic Cambisols, Luvic Chernozems, со свойствами – Eutric Gleysols, Humic Acrisols.

Начиная с первого проекта WRB 1994 г. остаются неизменными критерии выделения таксонов на обоих уровнях. На первом ими являются основные почвообразовательные процессы, создавшие характерные особенности почв; исключением могут быть некоторые диагностические материалы, т.е. особые почвообразующие породы, например, вулканические для Andosols. На уровне квалификаторов во всех версиях учитывалось “наличие вторичного (secondary) почвообразовательного процесса, существенно изменившего результаты первоначального почвообразования; иногда принимается во внимание использование почв” [13, с. 4; 12, с. 3; 13, с. 20].

¹ Названия “формативных элементов подъединиц” даны по русской версии легенды карты.

Разделение квалификаторов на “приставки и суффиксы”, впоследствии превратившиеся в главные и дополнительные квалификаторы, было предложено О. Шпаргаареном в версии 2006 г [13]. Приставки – главные квалификаторы – перечислялись в порядке их значимости для каждой конкретной РПГ. Можно предположить, что значимость определялась педагогетическими концепциями, т.е. выраженностю основного процесса. Суффиксы – дополнительные квалификаторы, в меньшей степени были связаны с процессами. Эта линия продолжалась и дальше, со временем вводились новые квалификаторы, менялись их места в списках, совершенствовались определения, увеличивался вклад количественных критериев, морфологических и аналитических. Принцип формирования названий почв из главных квалификаторов, расположенных по их значимости, и дополнительных, перечисляемых в алфавитном порядке без какой-либо иерархии, сохраняется и в дальнейшем. В каждом последующем издании подробно описывались изменения в составе квалификаторов и в формулировках их определений.

Названия квалификаторов. В соответствии с предназначением WRB как международной системы, созданной для взаимопонимания специалистов разных стран, удобной для широкого круга пользователей и для поддержки почвенных исследований в странах Африки, Азии и Латинской Америки, много внимания уделялось терминологии. С самого начала – с разработки легенды к Почвенной карте мира ФАО Дюдаль [12] сохранил общеизвестные национальные названия почв на верхнем уровне почвенных единиц в легенде карты. Например, на карте показаны Подзолы, Черноземы, Ранкеры и Рендзины, с одной стороны, и были созданы новые термины как компромисс между названиями, принятыми в разных странах для аналогичных или близких почв, с другой стороны. Новыми терминами были Luvicols, Cambisols, Podzoluvisols, Phaeozems и другие [11, 12]. Данные термины предлагались составителями WRB не только для Реферативных групп, но даже в большей степени для обозначения квалификаторов, и по мере развития системы их количество росло, а использование формативных элементов для названий расширялось за счет обращения ко многим языкам. Первоначальный приоритет греческих и латинских морфем, принятый по аналогии с другими естественными науками, сохранялся во всех версиях WRB. Изменения почти за 25 лет (1998–2022) заключались в дополнениях греческих и латинских морфем в формативных элементах квалификаторов словами из других языков.

Проведенный дифференцированный подсчет происхождения названий квалификаторов в WRB-22 подтвердил преобладание элементов латыни и греческого языка в “чистом” виде, т.е. сочетание

Таблица 1. Квалификиаторы в разных изданиях (версиях) WRB

Издание	Квалификиаторы		
	название в версии/издании	количество	разделение на группы
Обновленная легенда (Revised Legend) Почвенной карты ФАО, 1988	Формативные элементы для почвенных подъединиц	38	Нет
WRB, проект (draft), 1994	Основные характеристики	44	Нет
WRB, 1998	Формативные элементы для единиц нижнего уровня	120	Нет, общий список в порядке “важности” + 10 “приставок” по глубине, интенсивности и пр.
WRB, 2006	Квалификиаторы	179	Приставки и суффиксы, приставки ранжированы “по важности”
WRB, 2014 (15)	Квалификиаторы	258	Главные и дополнительные, главные ранжированы по “важности”
WRB, 2022	Квалификиаторы	281	Главные и дополнительные, главные ранжированы по “важности”

латинской или греческой основы с принятым для всех квалификиаторов окончанием прилагательного в английской транскрипции – *ic*, например, *Mollis* и *Tephric*, соответственно, от латинского *mollus* и греческого *tephra*.

Кроме 91 латинского и 71 греческого названий, имеются 38 названий-гибридов из латыни, греческого и других языков. Например, к греко-латинским гибридам можно отнести квалификиаторы *Nudisodic* и *Hyperurbitc*, где первые компоненты взяты из латыни, вторые – из греческого языка. Аналогичным образом построены еще 23 названия из греческих (11) и латинских (12) словообразовательных элементов в сочетании с английскими, немецкими, русскими и другими. В итоге остается 96 названий квалификиаторов, не связанных с классическими языками, а непосредственно заимствованных из многих языков (*Kalaic*, *Muusic*, *Nechic*), причем среди них нет составных терминов.

Среди 28 языков, которые используются для названий квалификиаторов можно выделить редкие языки азиатских, североамериканских и африканских народов, которые образуют по одному квалификиатору; это якутский, японский, хинди, тамильский, кельтский, грузинский, суахили, индейцев кечуа и науатль, австралийских аборигенов – всего 10 названий. Европейские языки входят в основное в 2–3 названия за исключением резко выделяющегося английского языка – 14 квалификиаторов; ему уступают французский, арабский, немецкий и польский (4–3), по два квалификиатора приходится на испанский, турецкий и русский, по одному – на португальский и итальянский. Русские названия *Gleyic* и *Chernic*, дополняются составными русско-латинскими терминами: *Oxigleyic*, *Inclinigleyic*,

Relictigleyic, *Tonguichernic*. В названиях 32 РПГ русских названий шесть.

Содержание квалификиаторов, принципы выделения. Содержание квалификиаторов оценивается по критериям их выделения как комплекса характеристик почвы либо в виде того или иного диагностического элемента: горизонта, свойства, материала, либо в виде отдельного свойства почвы, например, цвета (морфологическое свойство), (не)насыщенности основаниями (химическое свойство), гранулометрического и минералогического состава (физическое свойство) (табл. 2, S1). Процессы (дополнительные к основным), названные в качестве причины формирования квалификиаторов, непосредственно в определениях не упоминаются: они “скрыты” в описаниях диагностических элементов. Многие квалификиаторы определены именно таким образом: “имеющий горизонт...”, или “имеющий свойство...”, или “имеющий материал...”.

Больше всего квалификиаторов основано на диагностических горизонтах, содержащих комплексную характеристику почвы, поскольку диагностика горизонтов включает много разных показателей; то же самое относится и к диагностическим свойствам, хотя их в три раза меньше, особенно если они основаны на параметрах, по количественным границам недостаточных для статуса горизонта. Таким образом, набор определенных почвенных характеристик может диагностировать как горизонты, по которым идентифицируются РПГ по ключу, так и квалификиаторы. В ключе диагностические горизонты служат критерием выделения 21 РПГ² из 32. Например, горизонт *umbric* диагностирует

² Только по одному диагностическому горизонту, без дополнительных критериев, выделено 6 РПГ.

Таблица 2. Квалификаторы разного содержания в системе WRB-22

Группы квалификаторов по критериям выделения		Количество	Пример	Примечание
Диагностические элементы	Горизонты	94	Cryic, Spodic, Argic	Всего в WRB-22 40 горизонтов
	Свойства	34	Andic, Abrupt textural change, Plaggic	Всего в WRB-22 17 свойств
	Материалы	25	Limnic, Sulfidic	Всего в WRB-22 19 материалов
Характеристики (показатели)	Морфологические	27	Columnic, Cutanic	Кроме используемых в качестве критерии в определениях диагностических элементов
	Химические и физико-химические	43	Sodic, Silandic, Eutric	
	Физические	28	Densic, Clayic, Cohesic	
Антропогенные воздействия		36	Technic, Urbic, Aric	Используются во всех РПГ
Результат деятельности живых организмов		5	Arenicolic, Vermic	В основном мезофауны

РПГ Umbrisols и одновременно входит в состав квалификаторов в нескольких РПГ, таких как Leptosols, Gleysols, Andosols.

Большое количество квалификаторов по наличию диагностических горизонтов объясняется тем, что помимо прямого использования горизонта, например, квалификатор *Albic* определяется как “имеющий горизонт albic в пределах 100 см от минеральной поверхности почвы” [15, с. 127], горизонты упоминаются в связи с какими-либо другими характеристиками. Примером может быть квалификатор *Alic*, определяемый по наличию горизонта *argic*, который имеет в этом случае относительно высокие значения ЕКО и содержания обменного алюминия. Квалификаторы – диагностические свойства разнообразны, они представляют морфологические, химические характеристики почв, особенности почвообразующих пород.

В группе отдельных характеристик почв (показателей) больше всего внимания уделено (физико-)химическим свойствам: их частота встречаемости в общем списке квалификаторов почти вдвое выше по сравнению с обращениями к морфологическим и физическим свойствам. Однако почти все (физико-)химические показатели требуют определений в лаборатории, что является ограничением в использовании системы WRB в полевых условиях, особенно при почвенной съемке: в ряде случаев полное окончательное название почвы можно дать только с учетом результатов анализов. К таковым относятся определения содержания C_{opt} , емкости катионного обмена, состава солей в солончаках, несиликатных форм железа и алюминия и другие.

Показатели физических свойств более операциональны в качестве действующих квалификаторов, поскольку большая часть их может быть определена в поле. Так, гранулометрический состав представлен четырьмя квалификаторами и традиционно определяется в разрезе на уровне, достаточном для диагностики; квалификатор по плотности – *Densic* – не содержит количественных критериев, как и по связности, по сложению – *Cohesic*, *Loxic* и тиксотропности. Они могут вводиться в полевое название почвы.

Многие морфологические свойства проявляются вполне однозначно в профиле, достоверно диагностируют процессы, имеют общепринятые и четкие определения; вероятно, число их могло бы быть больше для полноты и адекватности определения классификационного положения почвы.

Существует мнение, что система WRB ориентирована на природные почвы, поскольку она часто выступает основой составления почвенных карт крупных регионов мира, а среди антропогенно-модифицированных почв учитываются только сильно измененные земледелием почвы, например, плаггены или рисовые почвы, образующие РПГ Anthrosols. Тем не менее, квалификаторы, отражающие антропогенное воздействие на почвы, оказались достаточно часто упоминаемыми в системе: 81 раз в 26 РПГ, хотя набор их относительно невелик: (всего 36), из которых только семь квалификаторов относятся к земледельческим почвам. Отметим, что почти во всех РПГ имеется “пахотный” квалификатор *Aric*. Другой агрогенный квалификатор *Anthric* относится к окультуренным почвам, определяется в поле по сложению агрогоризонта, по включениям извести, малом участии педофауны (<5% стенки разреза со следами ее

жизнедеятельности) и ровной нижней границе; по этим критериям они соответствуют окультуренным или проградированным почвам отечественных классификаций [4–6] соответственно. Само определение признака *Anthric* дано через горизонты: горизонт *umbritic* превращается в горизонт *mollic* либо органический горизонт переходит в горизонт *mollic* или *umbritic* в результате внесения удобрений и других почвоулучшающих мероприятий. Возможно, квалификаторы *Anthromollic* и *Anthroumbritic* избыточны, поскольку само определение квалификатора *Anthric* предполагает создание человеком этих гумусовых горизонтов. Учтены также целенаправленные перемещения массы почвы, результаты мелиорации (*Escalic*, *Transportic*, *Drainic*) и загрязнения разными путями, в частности аэральным (*Toxic*, *Immissic*). Особые квалификаторы отданы собственно техногенным почвам РПГ *Technosols*: почвам города, свалок бытовых и промышленных отходов, почвам, запечатанным дорожными покрытиями (*Urbic*, *Garbic*, *Spolic*, *Ekranic*). Еще одна группа антропогенных квалификаторов характеризует особенности артефактов, как современных в большом количестве (*Kalaic*), так и доисторических (*Archaic*), при том, что само наличие артефактов входит в диагностику РПГ *Technosols*. В итоге антропогенные квалификаторы оказываются более разнообразными для собственно техногенных почв, чем для почв земледельческих территорий с традиционными системами ведения хозяйства: это только *Agric* и *Anthric*.

Всего пять квалификаторов представляют участие биоты в почвообразовании. Очевидно, что наиболее заметный вклад приходится на квалификатор *Vermic* в РПГ *Chernozems* и *Phaeozems*, где дождевые черви влияют на структуру и сложение почвы. Если снизить требуемую для квалификатора *Vermic* количественную границу объема преобразованной педофауной почвы с 50 до 20–30%, то квалификатор *Vermic* мог бы использоваться

и для других почв и горизонтов, в частности для *Anthrosols*. Противоположным ему по масштабам влияния на почву может быть квалификатор *Arenicolic*, введенный для песчаных почв только приливной полосы с ходами особого рода червей. К биогенным отнесены квалификаторы *Biocrustic*, *Ornithic* для биокорок и птичьих базаров, а также квалификатор *Isopteric* для ферралитных и близких к ним почв с 30-сантиметровым верхним слоем, переработанным термитами.

Статус квалификаторов в РПГ. Разделение квалификаторов на главные и дополнительные имеет важное значение для представлений о генезисе почв – почвообразовательных процессах, и о принципах WRB. На уровне квалификаторов, как упоминалось выше, используются разные дополнительные (secondary) процессы, которые отличаются от основных процессов степенью выраженности. По определению, “Главные квалификаторы рассматриваются как наиболее важные для дальнейшего классификации почвы конкретной РПГ, они ранжированы по определенным правилам. Дополнительные квалификаторы представляют различные детали свойств почвы” [15, с. 20].

Несмотря на общее большое количество квалификаторов в WRB-22 (281), не все упоминаются в составе главных или дополнительных при характеристике почв: 61 квалификатор не упоминается в списках РПГ (рис. 1, табл. S2).

Общее количество квалификаторов в списках для РПГ колеблется от 40 до 78. На графике явно выделяется область РПГ с количествами главных квалификаторов от 10 до 25 и дополнительных от 26 до 42 (рис. 2). Меньший массив характеризуется большим количеством квалификаторов: 40–48 и 28–32 соответственно, и включает почвы, встречающиеся в разных природных зонах, прежде всего, *Cambisols* и *Gleysols*. Особое место занимают

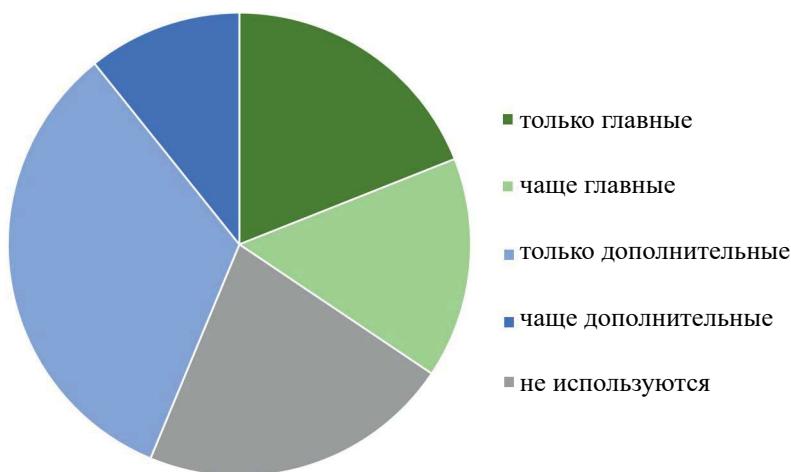


Рис. 1. Статус квалификаторов в Реферативных почвенных группах.

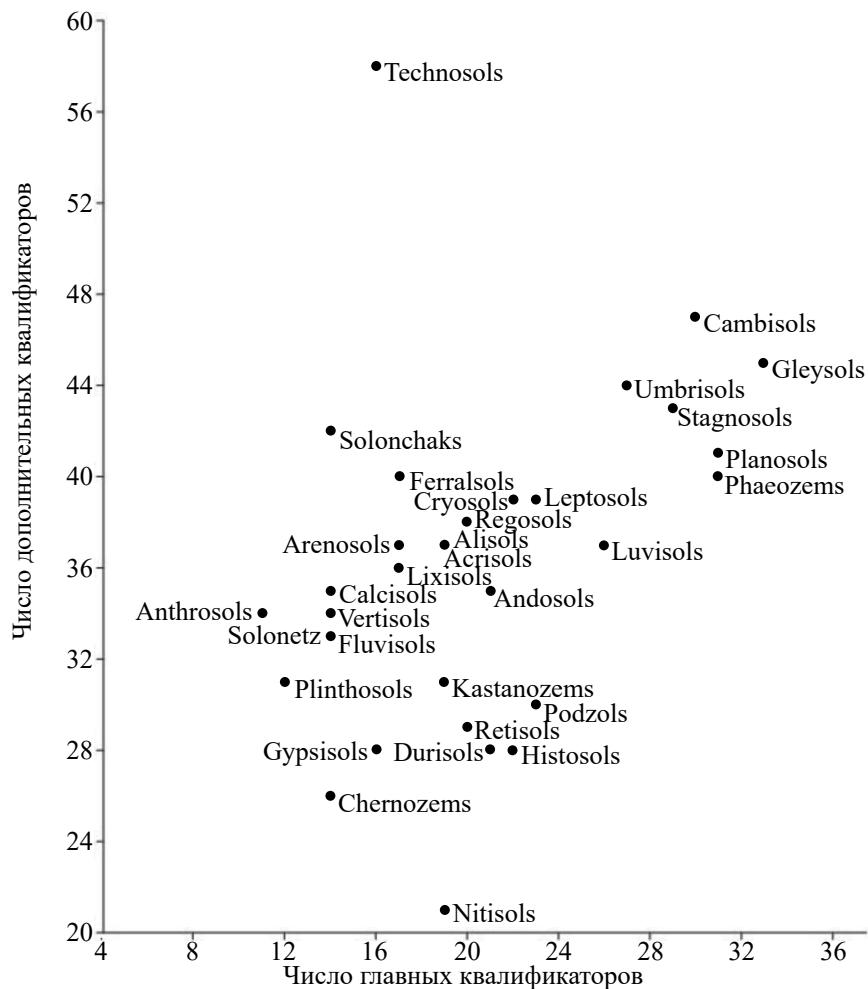


Рис. 2. Соотношения главных и дополнительных квалификаторов в Реферативных почвенных группах.

Technosols со средним (небольшим) количеством главных квалификаторов и максимальным среди всех почв количеством дополнительных, поскольку почвы городов, мест добычи полезных ископаемых и прочих техногенных объектов встречаются повсеместно. Минимальное число дополнительных квалификаторов отмечено для Nitisols – почв с определенным узким набором характеристик, малыми ареалами, ясной приуроченностью к основным породам и тропическому климату с непродолжительным сухим сезоном. Кроме того, они диагностируются в ключе по уникальному горизонту nitic, отличительной чертой которого является “блеск граней структурных отдельностей”.

Пример этих двух РПГ – Technosols и Nitisols, иллюстрирует общую закономерность: малое количество квалификаторов характерно для Реферативных групп с определенными конкретными свойствами, т.е. достаточно ясным “центральным образом” и относительно узкой экологической нишой; и наоборот: чем разнообразнее природные и

антропогенные факторы почвообразования, тем неопределеннее центральный образ РПГ и больше дополнительных квалификаторов.

Поскольку главные квалификаторы предполагают протекание основных почвообразовательных процессов, то была проведена оценка генетической близости разных РПГ, исходя из величин таксономических расстояний (TP, рис. S1). Наиболее похожими по набору главных квалификаторов оказались пары почв: Stagnosols и Planosols (TP = 1.4), Calcisol и Gypsisol (TP = 2), Alisols и Acrisols (2.4), Gypsisols и Durisols (3.6) Solonetz и Solonchak (3.7). Если три первые пары имеют сходство по общности процессов, то для двух последних оно менее очевидно. Наиболее контрастными парами являются Histrosols и Planosols (TP = 7), Histrosols и Phaeozems (TP = 7). Вообще, самыми “далеко отстоящими от других РПГ” по расчетам таксономических расстояний по главным квалификаторам являются Histrosol и Gleysols, а “наименее контрастными” (близкими другим РПГ) – Calcisols,

Gypsisols и Fluvisols. Полученные значения ТР между почвами могут быть использованы для подсчета индекса педоразнообразия Рао [22], учитывавшего степень контрастности компонентов по отношению друг к другу.

Расчет ТР между почвами был выполнен ранее авторами [19] по версии WRB 2006 г. для всех РПГ за исключением Technosols и Stagnosols. В качестве критериев использовались не главные квалификиаторы (на тот момент “приставки”), а свойства почв, выбранные авторами на основании экспертной оценки. Всего было рассмотрено 21 свойство. Сами значения ТР в работе [19] не приведены, но построен график расположения РПГ в пространстве главных компонент (рис. 3). Несмотря на то, что центральные образы РПГ в версиях 2006 и 2022 г. в целом остались прежними, сравнение положения РПГ двух версий не вполне корректно, поскольку получено на основании разных критериев. В обоих случаях две первые оси объясняют очень низкий процент изменчивости; вместе с тем, анализ графиков может дать представление о генетической близости почв, которая более очевидна в случае WRB-22.

При анализе критериев выделения главных квалификиаторов получается, что преобладают выделенные по диагностическим горизонтам (кроме РПГ Histosols и Technosols); среди квалификиаторов “по свойствам” чаще других упоминаются физические свойства. “Антропогенных” квалификиаторов больше всего имеется в Gleysols (7), что трудно объяснить; в группах Technosols, Planosols, и Stagnosols содержится по шесть таких квалификиаторов, в Podzols и Cambisols – по пять.

По частоте встречаемости главных и дополнительных квалификиаторов (табл. S3) можно построить ряды убывания. Для главных квалификиаторов: *Leptic* > *Gleyic* > *Skeletal* > *Stagnic*, они встречаются в 20 и более РПГ. Вероятно, такая высокая частота встречаемости связана с их простой и надежной диагностикой. Для дополнительных квалификиаторов частота встречаемости убывает в следующем порядке: *Pyric* > *Kalaic*, *Technic* > *Humic* > *Novic*, *Toxic* > *Transportic*, *Raptic*, а также квалификиаторы, характеризующие гранулометрический состав; таким образом, наиболее часто упоминаемыми в качестве дополнительных являются квалификиаторы, которые, как правило, связаны с антропогенными факторами (артефакты, насыпной слой, загрязнение, пожары), особенностями пород (подстилание, гранулометрический состав), повышенным содержанием органического углерода в верхнем полуметре.

Особую функцию выполняет квалификиатор *Haplic*. Если почвы имеют определенные центральные образы, то они во многих классификациях рассматриваются как типичные. В системе WRB

этому термину соответствует главный квалификиатор *Haplic*, название которого происходит от греческого слова “простой”, что означает отсутствие у почвы особых характеристик, имеющихся у других почв в данной РПГ, т.е. почва без каких-либо особенностей, типичная. Чуть больше половины (17) РПГ имеют этот квалификиатор в числе главных, а его отсутствие может иметь разные причины (табл. 3).

Функционально близким к квалификиатору *Haplic* можно считать квалификиатор *Protic*, трактуемый как “без развития горизонтов” и относящийся к РПГ с ограниченным развитием почвообразования: Arenosols и Regosols, а также Leptosols, где он входит в список дополнительных квалификиаторов.

Кроме типичных квалификиаторов, интерес представляют “уникальные”, т.е. связанные с конкретными РПГ. В WRB-22 их 59, и они используются в 14 из 32 РПГ. “Уникальные” квалификиаторы представляют индивидуальные свойства почв и в основном имеют статус главных. К почвам с наибольшим числом уникальных квалификиаторов относятся Histosols, Technosols, Andosols, Vertisols, Solonchaks. Так, первыми в списке главных квалификиаторов в Histosols стоят подстилающие торфяный горизонт образования: лед (*Music*), сплошная плотная порода (*Rockic*) и щебень (*Mawic*). Список почв в РПГ Technosols начинается с техногенных квалификиаторов *Ekranic*, *Thyric*, *Linic*, *Urbic*.

Подзолы в WRB-2022 и классификации почв России. В качестве иллюстрации состава и соотношения главных и дополнительных квалификиаторов и перечня главных, принятых в WRB-22, приведем страницу подзолов (Podzols; рис. 4) как почв, хорошо знакомых российским почвоведам и понимаемых относительно однозначно. Она отражает различия в интерпретации почв между WRB и классификацией почв России.

Диагностика подзолов на верхних уровнях в обеих системах (отдел альфегемусовых почв и РПГ Podzols) осуществляется по наличию диагностического горизонта с очень близкими свойствами, соответственно: альфегемусового и spodic. Различия проявляются на следующем уровне: в WRB – главных квалификиаторов, в Классификации и диагностике почв России (КиДПР [4, 6]) – типов, которые включают подбуры и подзолы.

Разделение РПГ на аналоги подбуров и подзолов, т.е. Entic Podzols и Albic Podzols, приводится на третьей позиции главных квалификиаторов и считается менее важным, чем разделение на иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые (квалификиаторы *Carbic* и *Rustic*). Первым среди главных квалификиаторов (т.е. самым важным) принят *Ortsteinic*, близкий по свойствам оруденелому подтипу в КиДПР. Возможно, этим подчеркивается прикладной аспект принципов WRB: ограничение

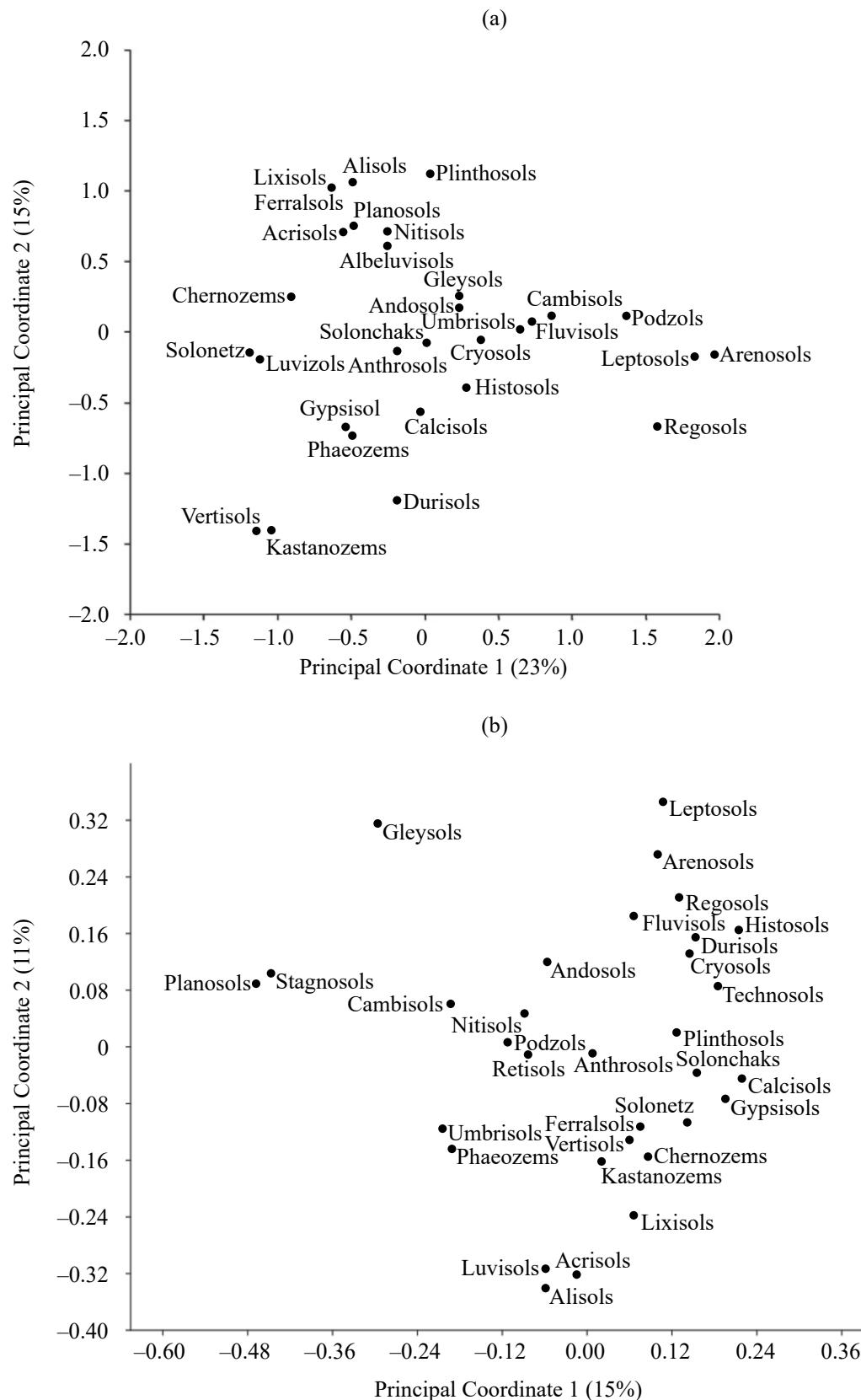


Рис. 3. Положение Реферативных почвенных групп в пространстве главных компонент: (а) – по версии WRB-2006 [13]; (б) – по версии WRB-22 [15].

Таблица 3. Возможные причины отсутствия квалификатора *Haplic* в Реферативных почвенных группах

Высокая индивидуальность почв, образующих РПГ	Отсутствие географической привязки – большой разброс ареалов	Выделение РПГ по жесткому критерию	Прочие (без определенных причин?)
Anthrosols	Technosols	Arenosols	Retisols
Podzol	Leptosols	Durisols	
Histosols	Gleysols	Regosols	
	Fluvisols	Andosols	
	Cambisols	Planosols	
	Stagnosols		

Key to the Reference Soil Groups	Principal qualifiers	Supplementary qualifiers
Other soils having a spodic horizon starting \leq 200 cm from the mineral soil surface.		
PODZOLS	Ortsteinic Carbic/ Rustic Albic/ Entic Leptic Hortic/ Plaggic/ Pretic/ Terric Histic Gleyic Andic Vitric Stagnic Anthromollic/ Umbric Glossic/ Retic Aeric/ Alic Coarsic Skeletic	Arenic/ Loamic/ Siltic Aric Abruptic Neocambic Cordic Densic Drainic Epic/ Endic/ Dorsic Eutric Folic Fragic Gelic Novic Ornithic Oxyaquaic Placic Pyric Raptic Sideralic Hyperspodic Technic/ Kalaic Toxic Transportic Turbic

Рис. 4. Подзолы в классификации WRB: главные и дополнительные квалификаторы [15, с. 105].

для распространения корней деревьев важнее всех других свойств, в частности, наличия с осветленным горизонта или деталей горизонта spodic. Аналогичную функцию – ограничение распространения корней за счет плотной породы, выполняет квалификатор *Leptic* (плотная порода в пределах 1 м от поверхности почвы) при том, что интервал возможного залегания породы достаточно большой, и

квалификатор занимает четвертое место. В КиДПР залегание плотной породы учитывается на самом низком таксономическом уровне – разряды, что желательно изменить, учитывая широкое распространение подзолов в горах Сибири на плотных породах.

В обеих системах выделены природные почвы с разными верхними горизонтами: от торфяных до

гумусовых. *Histic/Folic Podzols* приблизительно соответствуют торфяно-подзолам или торфяно-подбурам, возможно, с перегнойным подгоризонтом, *Umbric Podzol* – дерново-подзолам или дерново-подбурам. Провести надежную корреляцию между почвами по характеру верхнего горизонта затруднительно, поскольку критерии выделения горизонтов существенно различаются.

Почвы избыточного увлажнения в обеих классификациях имеют более адекватные аналоги: собственно глеевые (*Gleyic*), глеевые (условно *Stagnic*) и оксиглеевые (*Oxaqueic*). “Вулканические” квалификации *Andic* и *Vitric* коррелируются с подтиповым признаком в КиДПР “охристый”, т.е. обладают большей значимостью при классификации в WRB, чем в КиДПР.

Частая в подзолах языковатость, особенно в криогенных подзолах севера Западной Сибири отмечена главным квалификатором *Glossic*. Однако квалификация *Glossic* обязательно связана с горизонтом *argic* [15, с. 72], что, строго говоря, должно было бы исключить его из списка для РПГ Podzols; признак “языковатый” в КиДПР тоже предполагает светлые языки, часто с (гумусово)-железистым окаймлением; кроме того, для мерзлотных подзолов в КиДПР предлагается отдельный признак криогенно-языковатый (Михайлов, личное сообщение), для которого отсутствует аналог в WRB. Целесообразность квалификации *Retic* (аналог в КиДПР “останцовский”) в РПГ Podzols вызывает некоторые сомнения по соображениям приуроченности его к суглинистым почвам с текстурным профилем (по диагностике в WRB) и по его происхождению. Дополнительные квалификации РПГ Podzols в основном “универсальные”, и их немного относительно других РПГ.

Существенно различаются подходы к почвам, используемым в земледелии. В РПГ Podzols приводится пять антропогенных квалификаций (*Plagric/Hortic/Terric/Irragric* и *Pretic*), как в РПГ Anthrosols, представляющих европейские плаггены, садовые, насыпные, орошающие почвы и амазонские “черные земли индейцев”. В КиДПР в отделе альфегумусовых почв имеются типы агродерново- и агроторфяно-подзолов.

Можно заключить, что сравнение квалификаций РПГ Podzols с признаками, предлагаемыми в КиДПР для отдела альфегумусовых почв [15, с. 82–83], показало их значительное сходство, что объясняется высокой индивидуальностью почв и яркой выраженностью характерных особенностей их профиля. Однако генетическая значимость, придаваемая тому или иному признаку, выражаемая в порядке упоминания главных квалификаций в WRB-22 и таксономическом уровне в КиДПР, существенно различается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ состава и свойств квалификаций в последней версии WRB, проведенный в отношении содержания (критериев выделения) квалификаций, их названий, значения для диагностики, а также их функций в реферативных почвенных группах выявил ряд закономерностей.

Больше всего квалификаций, главных и дополнительных, основано на использовании диагностических горизонтов. Среди конкретных свойств почв в списке квалификаций преобладают химические и физико-химические, однако в списках квалификаций конкретных РПГ намного больше квалификаций, основанных на физических свойствах почв. Среди квалификаций, представляющих антропогенные факторы, техногенные более разнообразны, чем агрогенные.

В названиях квалификаций много формативных элементов, заимствованных из языков разных народов, и число их возрастает в каждой новой версии на фоне преобладания латинских и греческих слов; русские названия представлены больше в названиях РПГ, чем в квалификациях.

По статусу больше всего “универсальных” квалификаций в списках многих РПГ, например, *Gleyic*, *Technic*, *Leptic*; “уникальные” квалификации используются в определенных РПГ, например, в РПГ Histosols для субстратов под диагностическим горизонтом *histic*: сплошная плотная порода, щебень, лед. Уникальных квалификаций больше в почвах с относительно необычными свойствами. Европейскими коллегами высказывается предложение о целесообразности ограничить число главных квалификаций индивидуальными (уникальными) для данной РПГ [20].

Оценка сходства между РПГ, основанная на списках главных квалификаций и расчетах таксономических расстояний, показывает, что по набору главных квалификаций наиболее высокой уникальностью отличаются Histosols и Gleysols, наименьшей – Calcisols, Gypsisols и Fluvisols.

Сравнение РПГ по числу главных и дополнительных квалификаций подтвердило наличие широкого спектра дополнительных квалификаций в РПГ с локальными разбросанными в мире ареалами и их относительно небольшое количество в РПГ с уникальными квалификациями. Из этих оценок следует, что возможны дальнейшие уточнения критериев выделения главных квалификаций, касающиеся приоритета уникальных квалификаций в соответствии с принципом WRB – приоритетом почвообразовательных процессов. Именно уникальные квалификации представляют специфику почвы, ее генезис, функции, диагностику.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке госбюджетной темы НИР кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № 1.4 “Антропогенная геохимическая трансформация компонентов ландшафтов”.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Онлайн-версия содержит дополнительные материалы, доступные по адресу
<https://doi.org/10.31857/S0032180X25010012>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглова О.С. Классификация почв. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. 128 с.
2. Геннадиев А.Н., Глазовская М.А. География почв с основами почвоведения. Классический университетский учебник. М.: Высшая школа, 2005. 461 с.
3. Добровольский Г.В., Трофимов С.Я. Систематика и классификация почв. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1996. 80 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
6. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
7. Cavalli J.P., Reichert J.M., Rodrigues M.F., de Araújo E. Composition and functional soil properties of Arenosols and Acrisols: Effects on eucalyptus growth and productivity // Soil Till. Res. 2020. V. 196. P. 104439. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104439>Get rights and content
8. Charzyński P. Testing WRB on Polish Soils, Association of Polish adult educators, 2006. 110 s.
9. FAO. Soil map of the world. Revised legend. FAO—UNESCO—ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. 1988. Rome. 109 p.
10. FAO. World Reference Base for Soil Resources. ISSS—ISRIC—FAO. World Soil Resources Report No. 84. Rome, 1998. 89 p.
11. FAO. World Reference Base for Soil Resources. ISSS—ISRIC—FAO. Draft. 1994. Rome/Wageningen, Netherlands. 162 p.
12. FAO—UNESCO. Soil map of the world 1 : 5 000 000. Paris, 1971—1981.
13. IUSS Working Group WRB. 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. World Soil Resources Report No. 103, FAO, Rome. 128 p.
14. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 2014. World Soil Resources Report No. 106. Rome. 182 p.
15. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. 2022. Vienna. 234 p.
16. Jangorzo N. S., Watteau F., Hajos D., Schwartz C. Non-destructive monitoring of the effect of biological activity on the pedogenesis of a Technosol // J. Soils Sediments. 2015. V. 15. P. 1705—1715. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-1008-z>
17. Lee D.B., Kim Y.N., Sonn Y.K., Kim K.H. Comparison of Soil Taxonomy (2022) and WRB (2022) Systems for classifying Paddy Soils with different drainage grades in South Korea // Land. 2023. V. 12. № 6. P. 1204. <https://doi.org/10.3390/land12061204>
18. Michéli E., Fuchs M., Hegymegi P., Stefanovits P. Classification of the major soils of Hungary and their correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB) // Agrokémia és talajtan. 2006. V. 55. №. 1. P. 19—28.
19. Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base // Geoderma. 2010. V. 155. P. 132—139. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.024>
20. Nachtergaele F., Dondeyne S., Deckers J. A revision of the way Principal Qualifiers are accepted, ranked and presented in WRB. <https://ees.kuleuven.be/soil-monoliths/wrb-documentation-centre/wrd-discussion-papers/PQproposalsv4.0.pdf>. (Дата обращения: 19.06.2024).
21. Napoli R., Costantini E.A.C., Castellani F., Gardin L. New Proposals toward a WRB System for Soil Cartography: The Soil Map at 1: 250000 Scale of the Tuscany Region (Central Italy) // Eurasian soil science. 2005. V. 38. P. S20.
22. Rao C.R. Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach // Theoretical Population Biology. 1982. V. 21. № 1. P. 24—43. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809\(82\)90004-1](http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809(82)90004-1)
23. Salehi M.H. Challenges of Soil Taxonomy and WRB in classifying soils: Some examples from Iranian soils // Bull. Geography. Phys. Geography Series. 2018. №. 14. P. 63—70. <https://doi.org/10.2478/bgeo-2018-0005>
24. Schad P. World Reference Base for Soil Resources—Its fourth edition and its history // J. Plant Nutrition Soil Sci. 2023. V. 186. № 2. P. 151—163. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200417>
25. Waltner I., Michéli E., Fuchs M., Láng V., Pásztor L., Bakacsi Z., Laborczi A., Szabó J. Digital mapping of selected WRB units based on vast and diverse legacy data // Global Soil Map: Basis of the Global Spatial Soil Information System. 2014. P. 313—318.

Qualifiers in the International Soil Classification System WRB-2022: Composition, Connotation, Functions

M. I. Gerasimova^a, *, and M. A. Smirnova^a

^aLomonosov Moscow State University, Moscow, 119999 Russia

**e-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com*

The International soil classification system – WRB – was published every eight years starting with 1998; in its each version, the number, essence and status of qualifiers were more or less different. In accordance with the WRB principles, qualifiers, both principal and supplementary, are based on soil forming processes implemented in “diagnostics”. Analysis of the list of qualifiers in the last WRB version of 2022 (281 qualifiers) revealed the priority of diagnostic horizons as criteria for selecting both categories of qualifiers, less numerous were soil chemical properties. Among anthropogenic qualifiers, the technogenic ones are more numerous and diverse than those related to agriculture. The number of qualifiers per Reference soil group, mainly supplementary, is the greatest in the widely spread soils: Technosols, Cambisols, and Gleysols; it is minimal in soils confined to certain geographical sites, f.i. Nitisols. In relation to the Reference soil groups, qualifiers may be separated into “universal” being in the lists of almost all groups (indicating texture, gley, plowing) and “unique”, which are inherent to specific soils. Principal qualifiers’ function is creation of a central image of a Reference soil group based on major soil forming processes, and their number should be limited. Based on the calculation of taxonomic distances, the pairs of Referential groups with the most similar set of main qualifiers were Stagnosols and Planosols, Calcisol and Gypsisol, Alisols and Acrisols, which is determined by the similarity of the processes forming them. Referential groups Histosols and Gleysols are characterized by the most unique set of main qualifiers. As for the names of qualifiers, they are constructed of formative elements taken from 26 languages, along with the dominant Latin and Greek. Qualifiers in the Podzols Reference group are discussed as an example of approaches to soil diagnostic in WRB and Russian soil classification.

Keywords: Reference Soil Groups, diagnostic horizons, diagnostic properties and materials, taxonomic distances, Podzols, criteria for identifying qualifiers