

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 631.472:519.256

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ БАЗЫ ДАННЫХ «ТЕПЛОВЫЕ ПОРТРЕТЫ ПОЧВ»

Т. В. Пономарева¹, К. В. Краснощеков²

¹ *Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН 660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

² *Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» 660036, Красноярск, Академгородок, 50*

E-mail: ponomareva.tv@ksc.krasn.ru, krasko@icm.krasn.ru

Поступила в редакцию 22.04.2020 г.

Рассматривается проблема классификации информации о почвах, ее структурирования и унифицирования с помощью создания баз данных (БД). Приведен обзор имеющихся глобальных и национальных почвенных БД. Отмечается актуальность создания региональных информационных почвенных систем, которые имеют большую научную и практическую значимость и позволяют систематизировать и представлять в удобном для пользователей формате имеющиеся сведения о почвенных свойствах. Представлено описание разработанной реляционной БД «Тепловые портреты почв», спроектированной в системе управления базами данных Microsoft Access, в основу которой положена концепция репрезентативных почвенных профилей. БД содержит информацию об особенностях структурной организации и тепловых свойствах естественных и техногенных почв Средней Сибири. Для создания БД использованы материалы морфологического описания, фотосъемки и наземной радиометрической съемки в тепловом диапазоне почвенных профилей, полученные авторами в ходе экспедиционных работ. Радиометрическая съемка почв выполнялась по авторской методике с помощью портативного тепловизора. Разработаны структура проектируемой БД, ее содержание и атрибуты. В настоящий момент в БД включена информация о 20 почвенных профилях основных типов почв и техногенных поверхностных образований, распространенных на территории Средней Сибири. Процедура пополнения созданной БД новой информацией отличается простотой выполнения. Особенностью предлагаемой БД является наличие прикрепленных к описанию конкретного почвенного профиля фотоизображений и тепловых портретов распределения температур и структурной организации почвенного профиля. Для каждого почвенного профиля рассчитаны температурные градиенты, характеризующие специфику теплофизических свойств органогенных и минеральных горизонтов. Перспективой развития БД является пополнение результатами радиометрической съемки, проведенной в разные сезоны года и в разных условиях почвообразования. Таким образом, содержащиеся в БД материалы могут использоваться для оценки временной и пространственной изменчивости почв в результате воздействия естественных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: *структурная организация почв, температурные градиенты, почвенный профиль, информация.*

DOI: 10.15372/SJFS20200507

ВВЕДЕНИЕ

Базовой единицей характеристики почвенных ресурсов является почвенный профиль. В настоящий момент в связи с изменениями почвенного покрова под воздействием климатических факторов и антропогенной деятельности особенно актуально создание баз данных (БД) почвенных профилей – основы для проведения мониторинга почвенных ресурсов как перспективного, так и ретроспективного типов (Хитров, 2008; Khitrov, 2008).

Для количественного описания происходящих в почве процессов необходим большой объем достоверной информации об основных ее свойствах. Появление компьютерных средств для сбора, хранения, обработки и передачи информации позволило оперативнее получать и использовать экспериментальные данные. При построении БД необходима формализация экспериментального материала: классификация информации, ее структурирование и унифицирование. Классификация материала определяет логическую схему создания файлов по отдельному признаку – территориальному, тематическому, масштабному (Шоба и др., 2010).

Почвенные БД созданы и существуют на различных региональных, национальных и континентальных уровнях. В качестве примеров можно привести национальные – канадскую NSDB (National Soil Data Base) (<http://res.agr.ca/CANSIS/NSDB>), австралийскую ASRIS (Australian Soil Resource Information System <http://www.asris.csiro.au>), в США NASIS (National Soil Information System <http://soils.usda.gov/technical/nasis>); интернациональные – FAO's Soil Database System (SDB), ISRIC's Soil Information System (ISIS), The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) и др.

В России создан Единый государственный реестр почвенных ресурсов (ЕГРПР), обеспечивающий полную, стандартную, унифицированную, цифровую инвентаризацию почв России. ЕГРПР совместим с мировой справочной базой почвенных ресурсов данных World Reference Base (WRB), базой данных организации ООН по продовольствию и сельскому хозяйству Food and Agriculture Organization (FAO). Разработана Почвенно-географическая база данных России (ПГБД РФ), направленная на решение задач инвентаризации и формализации почвенных данных страны (Колесникова и др., 2010; Kolesnikova et al., 2010). В поддержку этого про-

екта организован научно-информационный ресурс в сети: <https://soil-db.ru/>.

Разработаны электронные БД, содержащие не только фундаментальные почвенные данные (гранулометрический состав, плотность, содержание органического вещества и др.), но и обширную информацию о гидрофизических свойствах: европейская HYPRES, международные UNSODA (Unsaturated Soil Hydraulic Database) (Nemesa et al., 2001), американская национальная база данных USDA NRCS (United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service Soils) и др.

Почвы обладают значительной морфологической изменчивостью даже в пределах одного почвенного типа. Многие особенности структурной организации почвенного профиля не учитываются при классификационной диагностике почв. Особенно сложно могут быть устроены почвы антропогенно преобразованных экосистем, где к естественным факторам почвообразования добавляется множество техно- и агрогенных и др. В работах почвоведов показано, что за относительно короткий период времени можно наблюдать изменение строения почвенных тел (Дюкарев, 2005; Апарин, Сухачева, 2015). Это хорошо может быть запечатлено на фотоснимках.

Для всех БД характерно накопление ошибок, что особенно характерно для больших баз (Белоусова и др., 2013). Накопление ошибок происходит постоянно вследствие: а) наличия ошибок в исходных данных; б) субъективности экспертизы данных; г) унификации информации; г) перекодирования разрезов и др. В связи с этим большую научную и практическую значимость имеют разработанные региональные БД, содержащие фотографии и описания почвенных профилей, в том числе антропогенно преобразованных. В качестве примера можно привести БД «Photosoil» на сайте <http://photosoil.tsu.ru/>, БД «Почвы Башкортостана» (Давлетшина, 2011).

Широкое использование цифровой фотографии в почвоведении дает возможность исследователям на современном этапе получать объективную информацию, которую сложно передать в виде описания (<http://photosoil.tsu.ru/>). Применение дополнительно радиометрической съемки почв в тепловом диапазоне с последующей обработкой изображений позволяет получать тепловые портреты, отражающие распределение температуры и особенности строения почв

на уровне профильной, горизонтной и субгоризонтной структурной организации.

Цель работы – разработка атрибутивной БД почв, содержащей информацию о структурной организации и тепловых свойствах почв Средней Сибири.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе экспедиционных исследований с 2011 по 2019 г. авторами собран обширный материал в виде описания, фотосъемки и наземной съемки в тепловом диапазоне о морфологических и тепловых свойствах почв Средней Сибири. Для эффективной работы с полученной информацией необходимо было разработать систему хранения и обработки данных.

После определения структуры БД на основе инфологической (концептуальной) модели интерфейсную часть можно реализовать различными приложениями (Вейскас, 2006). В данной работе физический этап спроектирован в СУБД Microsoft Access, поскольку это наиболее распространенный формат, преимущества которого заключаются в доступности (является составной частью MS Office), простоте создания и управления БД. Этот программный пакет обеспечивает гибкость как при вводе, манипуляции и восстановлении данных, так и при их выводе и

взаимодействии с другими приложениями. Кроме того, MS Access имеет широкие возможности для создания пользовательских запросов.

В БД вошли данные о почвенных разрезах основных типов почв, заложенных в зонах лесотундры, северной, средней и южной тайги, лесостепи и степи, а также в антропогенно преобразованных и техногенных экосистемах на территориях, находящихся под воздействием промышленных предприятий (отвалы горнодобывающих компаний, санитарно-защитные зоны металлургических предприятий, городские экосистемы) (рис. 1).

В настоящий момент в БД входят 20 наименований почв. Типы почв естественных и антропогенных экосистем, включенные в БД, приведены в таблице. Каждый профиль диагностирован по «Классификации и диагностике почв России» (Шишов и др., 2004).

По материалам радиометрической съемки авторским методом (Пономарева, Пономарев, 2018) сформирован банк данных температурных полей почвенных профилей, представленных в формате двухмерных (2-D) массивов значений температур с пространственным разрешением 1 × 1 см. Тепловой портрет почвенного профиля построен как схематическое изображение температурных полей вертикальной стенки почвенного разреза в виде диаграммы Excel.



Рис. 1. Схема расположения ключевых участков с обследованными почвенными разрезами, включенными в БД «Тепловые портреты почв».

Типы почв и техногенные поверхностные образования (ТПО), включенные в БД

Тип экосистемы	Тип почвы
Естественные	Криоземы
	Криоземы грубогумусовые
	Криометаморфические
	Торфяно-криоземы
	Торфяно-глеоземы
	Торфяные эутрофные
	Подбуры
	Подзолы
	Подзолистые
	Дерново-подзолистые
	Дерновые
	Серые
	Темно-серые
Черноземы обыкновенные	
Аллювиальные дерновые	
Антропогенно преобразованные	Агросерые
	Абраземы
Техногенные поверхностные образования	Реплантоземы
	Литостраты
	Урбиквазиземы

На диаграмме изотермическим полям соответствуют цветовые контуры. Разница температур соседних контуров составляет 1 °С.

По интервалам глубины с шагом 1 см рассчитывали среднее значение температуры по слою. Для оценки скорости изменения температуры (градиента) с глубиной дополнительно рассчитаны разности усредненных значений температуры в каждой паре смежных слоев (почвенных горизонтов) как $\Delta T = T_i - T_{i+1}$. Здесь T_i и T_{i+1} – значения средней температуры соседних слоев (1 см). Так можно получить температурные градиенты для всех выделенных при морфологическом описании горизонтов.

Мы создали реляционную БД, поскольку она обладает наибольшей наглядностью и наиболее соответствует специфике используемых данных. Реляционная БД состоит из набора взаимосвязанных двухмерных таблиц. Для использования данного типа БД предварительно проведено проектирование ее структуры, создан набор таблиц, определены тип и количество полей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основной объект БД – конкретный почвенный разрез с присущим ему набором почвенных горизонтов, характеризующийся специфическим набором атрибутивных данных. Кроме того, в БД включены техногенные поверхностные образования (ТПО), исследованные в нарушенных экосистемах. Разработанная БД предназначена для хранения, корректировки и использования в научных и практических целях информации о тепловых свойствах и структурной организации почвы, унификации и использования данных архивных региональных почвенных обследований.

Сформированная БД состоит из файла разрешения «.accdb» под управлением СУБД Microsoft Access трех таблиц: «Горизонты», «Типы почв», «Почва горизонт» (рис. 2).

Каждому обследованному почвенному профилю в БД соответствует набор генетических горизонтов, для техногенных поверхностных образований вместо системы горизонтов использованы характерные слои 0–5, 5–10, 10–15, 15–20 см.

Для каждой связки «тип почвы – горизонт» содержится информация о глубине залегания горизонта, см, градиенте температуры ΔT , °С/см, отношении градиента температуры к температуре поверхности почвы $\Delta T/T_0$, %. Последний параметр позволяет оценивать влияние погодных условий при проведении съемки на величину градиента.

Одна из основных особенностей организации разработанной БД – возможность выполнения запросов. Наиболее простой способ создания запроса – использование графического конструктора, интегрированного в Microsoft Access. При использовании запроса на выборку можно выбрать данные из взаимосвязанных таблиц.

Результатом выполнения запроса является временная таблица, в которой отображается запрошенная информация. Путем дополнения полей в интерфейсе конструктора можно вывести информацию для типа почвы и горизонта, такую как «Глубина, см», «Фотоизображение», «Тепловой портрет» и т. д.

Ниже представлен пример визуализации атрибутов БД «Тепловые портреты почв» с введенным фотоизображением и тепловым портретом профиля дерновой почвы (рис. 3).

В настоящий момент в БД включены данные почвенных обследований (20 почвенных профилей) на территории Средней Сибири, при этом она является открытой, т. е. ее можно свободно пополнять.

Редактирование БД удобно выполнять, используя функцию «Форма», встроенную в СУБД Access и расположенную во вкладке «Создание / формы». Она позволяет также добавить новую запись, заполнив поля, предоставленные ей.

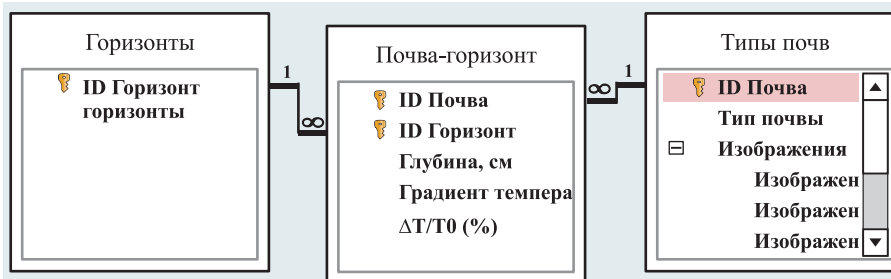


Рис. 2. Структура БД «Тепловые портреты почв».

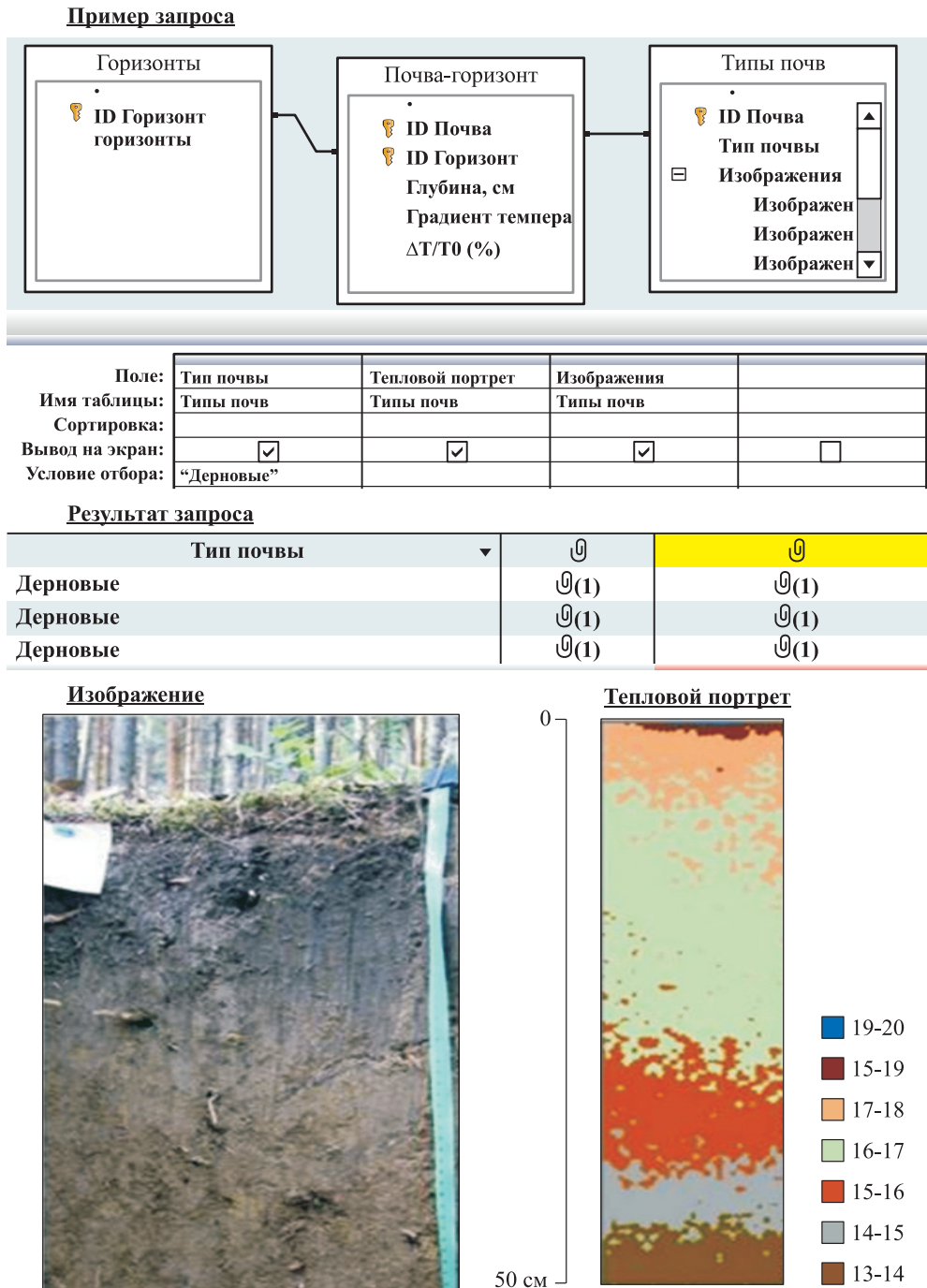


Рис. 3. Пример запроса с выведенным фотоизображением и тепловым портретом почвенного профиля.

На начальном этапе создания БД было включено по одному профилю основных типов почв. В перспективе предполагается ее пополнение данными съемок почв в разные сезоны для оценки временной динамики тепловых свойств, а также в разных типах леса, либо техногенных экосистем, отличающихся условиями почвообразования, для оценки пространственной изменчивости структурной организации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана БД «Тепловые портреты почв», которая содержит необходимую информацию при проведении работ по оценке состояния почвенных ресурсов в результате воздействия естественных и антропогенных факторов (о тепловом состоянии рассматриваемой почвы, об особенностях распределения температурного

поля в почвенном профиле, о температурных градиентах, структурной организации почв и т. д.). Кроме оценки временной изменчивости почв фотоизображения и тепловые портреты можно использовать для поиска пространственных различий в состоянии почвенных ресурсов в настоящее время.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0356-2019-0027 и при поддержке РФФИ, правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности, грант № 18-41-242003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю.* Классификация городских почв в системе Российской и международной классификации почв // Бюл. почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2015. № 79. С. 53–72 [*Aparin B. F., Sukhacheva E. Yu.* Klassifikatsiya gorodskikh pochv v sisteme Rossiyskoy i mezhdunarodnoy klassifikatsii pochv (Classification of urban soils in Russian soil classification system and international classification of soils) // Byul. Pochv. in-ta im. V. V. Dokuchaeva (Bull. Dokuchaev Soil Inst.). 2015. N. 79. P. 53–72 (in Russian with English abstract)].
- Белюсова Н. И., Мешалкина Ю. Л., Васенев И. И.* Типы почвенных атрибутивных баз данных // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1214–1221 [*Belousova N. I., Meshalkina Yu. L., Vasenev I. I.* Tipy pochvennykh atributivnykh baz dannykh (Types of soil attributive databases) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2013. N. 10. P. 1214–1221 (in Russian with English abstract)].
- Вейскас Д.* Эффективная работа с Microsoft Access. СПб.: «Питер Пресс», 2006. 856 с. [*Veyskas D.* Effektivnaya rabota s Microsoft Access (Effective work with Microsoft Access). St. Petersburg: «Piter Press», 2006. 856 p. (in Russian)].
- Давлетишина М. Р.* Вопросы разработки базы данных «Почвы Башкортостана» // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2011. № 12 (131). С. 62–64 [*Davletshina M. R.* Voprosy razrabotki bazy dannykh «Pochvy Bashkortostana» (Issues of developing the database «Soils of Bashkortostan») // Vestn. Orenburg. gos. un-ta (Bull. Orenburg St. Univ.). 2011. N. 12 (131). P. 62–64 (in Russian with English abstract)].
- Дюкарев А. Г.* Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. Томск: Изд-во науч.-техн. лит-ры, 2005. 283 с. [*Dyukarev A. G.* Landschaftno-dinamicheskie aspekty taezhnogo pochvo-obrazovaniya v Zapadnoy Sibiri (Landscape-dynamic aspects of taiga soil formation in the Western Siberia). Tomsk: Izd-vo nauch.-tekhn. lit-ry (Publ. House Sci. Tech. Lit.), 2005. 283 p. (in Russian)].
- Колесникова В. М., Алябина И. О., Воробьева Л. А., Молчанов Э. Н., Шоба С. А., Рожков В. А.* Почвенная атрибутивная база данных России // Почвоведение. 2010. № 8. С. 899–908 [*Kolesnikova V. M., Alyabina I. O., Vorobyeva L. A., Molchanov E. N., Shoba S. A., Rozhkov V. A.* Pochvennaya atributivnaya baza dannykh Rossii (Soil attribute database of Russia) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2010. N. 8. P. 899–908 (in Russian with English abstract)].
- Пономарева Т. В., Пономарев Е. И.* Способ выявления и картирования структуры почвенного профиля методом съемки в инфракрасном диапазоне спектра. Патент на изобретение RU 2660224. 2018. Бюл. № 19. 10 с. [*Ponomareva T. V., Ponomarev E. I.* Sposob vyyavleniya i kartirovaniya struktury pochvennogo profilya metodom syemki v infrakrasnom diapazone spektra. Patent na izobretenie RU 2660224 (Method for identifying and mapping the structure of the soil profile by survey in the infrared spectrum. Patent for invention RU 2660224). 2018. Bull. N. 19. 10 p. (in Russian)].
- Хитров Н. Б.* Подход к ретроспективной оценке состояния почв во времени // Почвоведение. 2008. № 8. С. 899–912 [*Khitrov N. B.* Podkhod k retrospektivnoy otsenke sostoyaniya pochv vo vremeni (An approach for a retrospective assessment of soils changes) // Pochvovedenie (Soil Sci.). N. 8. P. 899–912 (in Russian with English abstract)].
- Шишов Л. Л., Тонконозов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с. [*Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I.* Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii (Classification and diagnostics of Russian soils). Smolensk: Oykumena, 2004. 342 p. (in Russian with English summary)].
- Шоба С. А., Алябина И. О., Колесникова В. М., Молчанов Э. Н., Рожков В. А., Столбовой В. С., Урусевская И. С., Шеремет Б. В., Конюшков Д. Е.* Почвенные ресурсы России. Почвенно-географическая база данных. М.: ГЕОС, 2010. 128 с. [*Shoba S. A., Alyabina I. O., Kolesnikova V. M., Molchanov E. N., Rozhkov V. A., Stolbovoy V. S., Urusevskaya I. S., Sheremet B. V., Konyushkov D. E.* Pochvennye resursy Rossii. Pochvenno-geograficheskaya baza dannykh (Soil resources of Russia. Soil-geographical database). Moscow: GEOS, 2010. 128 p. (in Russian)].
- Хитров Н. Б.* An approach for a retrospective assessment of soils changes // Euras. Soil Sci. 2008. V. 41. N. 8. P. 793–804 (Original Rus. text © N. B. Khitrov. 2008, publ. in Pochvovedenie. 2008. N. 8. P. 899–912).
- Колесникова В. М., Алябина И. О., Воробьева Л. А., Молчанов Э. Н., Шоба С. А., Рожков В. А.* Soil attribute database of Russia // Euras. Soil Sci. 2010. V. 43. N. 8. P. 839–847 (Original Rus. text © V. M. Kolesnikova, I. O. Alyabina, L. A. Vorobyeva, E. N. Molchanov, S. A. Shoba, V. A. Rozhkov. 2010, publ. in Pochvovedenie. 2010. N. 8. P. 899–908).
- Nemesa A., Schaapb M. G., Leij F. J., Wösten J. H.* Description of the unsaturated soil hydraulic database UNSODA version 2.0 // J. Hydrol. 2001. V. 251. Iss. 3–4. P. 151–162.

DEVELOPMENT OF THE DATABASE «HEAT SOIL PORTRAITS»

T. V. Ponomareva¹, K. V. Krasnoshchekov²

¹ *V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

² *Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: ponomareva.tv@ksc.krasn.ru, krasko@icm.krasn.ru

The paper considers the problem associated with the creation of databases. The review of available global, traditional soil databases is given. It is noted that they are of great scientific and practical importance. The description of the developed relational database «Heat Soil Portraits» in Microsoft Access is presented, based on the positive concept of representative soil profiles. The database contains information about the structural organization and thermal properties of natural and technogenic soils in Central Siberia. To create the database, we used materials from a morphological description, photographing, and ground radiometric survey in the thermal range of soil profiles obtained by the authors during the expeditionary work. Radiometric survey of soils was carried out according to the author's method using a portable thermal camera. The structure of the designed database, its content and attributes are developed. Currently, the database includes information on 20 soil profiles of the main soil types and technogenic surface formations that are common in Central Siberia. The procedure for replenishing the created database with new information is simple to perform. A feature of the proposed database is the presence of photographs and thermal portraits attached to the description of a particular soil profile, which display the temperature distribution and structural organization of the soil profile. For each soil profile, temperature gradients are calculated that characterize the specific thermophysical properties of organogenic and mineral horizons. The prospect of DB development is replenishment with the results of radiometric surveys carried out in different seasons of the year and in different conditions of soil formation. Thus, the materials contained in the database can be used to assess the temporal and spatial variability of soils as a result of exposure to natural and anthropogenic factors.

Keywords: *soil, structural organization of soils, temperature gradients, soil profile, information.*

How to cite: *Ponomareva T. V., Krasnoshchekov K. V. Development of the database «heat soil portraits» // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2020. N. 5. P. 66–72 (in Russian with English abstract and references).*