УДК 631.42+528.946

КАРТОМЕТРИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СРЕДСТВАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Н. В. КЛЕБАНОВИЧ[1)]***, С. Н. ПРОКОПОВИЧ***[1)]***, А. А. САЗОНОВ***[1)]***, А. С. КУЛИКОВА***[1)]

[1)]*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь*

Исследуются картометрические и генетико-морфологические характеристики почвенного покрова трех административных районов Беларуси – Клецкого, Пуховичского и Червенского – в масштабном ряду 1 : 10 000, 1 : 50 000 и 1 : 200 000. С помощью технологий ГИС-анализа изучена не только классификационная принадлежность почвенных контуров, но и их геометрия и морфометрия, что дает основание говорить о качественно новом уровне анализа – генетико-геометрическом. Благодаря обработке масштабного ряда почвенных карт и выделению основных генетико-геометрических характеристик (площадь, форма и степень изрезанности границ элементарных почвенных ареалов) получен значительный объем инвентаризационных и картометрических данных, последующая оценка которых показала высокий авторский субъективизм при составлении почвенных карт среднего и мелкого масштаба, в частности необоснованное завышение доли и средней площади дерново-подзолистых почв за счет массового поглощения соседних контуров, преимущественно полугидроморфных. Результаты исследования направлены на оценку точности и достоверности аналоговых почвенных карт в сравнении с цифровым представлением почвенного покрова, а также призваны способствовать разработке более точных и объективных алгоритмов составления и анализа последних.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография; элементарный почвенный ареал; земельные информационные системы; базы геоданных; ГИС-анализ.

CARTOMETRICS AND GENETIC-MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL COVER BY MEANS OF GIS-TECHNOLOGIES

N. V. KLEBANOVICH[a]***, S. N. PROKOPOVICH***[a]***, A. A. SAZONOV***[a]***, H. S. KULIKOVA***[a]

[a]*Belarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus*
Corresponding author: S. N. Prokopovich (prokopovichsn@bsu.by)

The article presents a study cartometric and genetic-morphometric characteristics of the soil cover three administrative regions of Belarus Kletsk, Puhovichi and Cherven, a scale number 1 : 10 000, 1 : 50 000, 1 : 200 000. The application of technology to the GIS analysis allowed us to analyze not only the classification belonging to the soil contours but also

Образец цитирования:
Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Сазонов А. А., Куликова А. С. Картометрическая и генетико-морфологическая характеристика почвенного покрова средствами ГИС-технологий // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 92–102.

For citation:
Klebanovich N. V., Prokopovich S. N., Sazonov A. A., Kulikova H. S. Cartometrics and genetic-morphological characteristics of the soil cover by means of GIS-technologies. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 92–102 (in Russ.).

Авторы:
Николай Васильевич Клебанович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; декан географического факультета.
Сергей Николаевич Прокопович – старший преподаватель кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.
Алексей Александрович Сазонов – лаборант научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета.
Анна Сергеевна Куликова – лаборант научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов географического факультета.

Authors:
Nikolai Klebanovich, doctor of science (agriculture), docent; dean of the faculty of geography.
n_klebanovich@inbox.ru
Sergey Prokopovich, senior lecturer at the department of soil science and land information systems, faculty of geography.
prokopovichsn@bsu.by
Aliaksei Sazonov, assistant at the scientific research laboratory of landscape ecology, faculty of geography.
alexey.szonov@gmail.com
Hanna Kulikova, assistant at the scientific research laboratory of landscape ecology, faculty of geography.
annakulikova2013@mail.ru

their geometry and morphometry, which gives grounds to speak about a qualitatively new level of analysis – genetic and geometric. Treatment of a number of large-scale soil maps and identifying the main genetic and geometric characteristics – the size, shape and degree of irregularity of the boundaries of the elementary soil areas, allowed us to obtain a significant amount of inventory and cartometrics data, subsequent evaluation of which showed a high authorial subjectivity in the preparation of soil maps of small and medium scale, in particular, unjustified overstatement of the share and average area of sod-podzolic soils due to massive absorption of neighboring contours, mainly palpitating. The results of a study aimed at assessing the accuracy and reliability of the analogue soil maps in comparison with the digital representation of the soil for the development of more accurate and objective algorithms compile and analyze the latter.

Key words: digital soil mapping; elementary soil areas; land information systems; geodatabases; GIS analysis.

Введение

Почва является одним из самых сложных объектов картографирования среди компонентов ландшафта. Она образуется в ходе почвообразовательного процесса – совокупности явлений превращения и перемещения веществ и энергии под влиянием Солнца в поверхностном слое горных пород при взаимодействии живых организмов и продуктов их распада с минеральными соединениями горных пород, воды и воздуха.

Как сложная открытая динамическая система, почва представляет собой одновременно и результат взаимодействия факторов почвообразования, и ту среду, в которой этот процесс осуществляется в настоящее время [1].

Почвенная карта – это уменьшенное в соответствии с масштабом изображение почвенного покрова (далее – ПП) определенной территории, т. е. его модель. В нее включается также описание непочвенных образований, находящихся на границе литосферы и атмосферы и выполняющих в ландшафте функции почв (выходы рыхлых или плотных пород, отвалы горных разработок и т. д.).

Картографирование ПП – это не только метод раскрытия закономерностей пространственного распределения почв. Почвенные карты являются основой для агропроизводственной оценки почв и разработки конкретных мероприятий, направленных на повышение их плодородия, охрану и наиболее эффективное использование [2].

Материалы и методика исследования

Как объект исследований почвенный покров можно формализировать только в виде и посредством почвенной карты. Для пространственного, карто-, морфометрического, генетико-динамического и других видов анализа использование бумажных карт является излишне трудоемким, а в ряде случаев в принципе невозможно. Этим и обусловлен выбор объектов и территории исследования, представленный цифровыми картами в масштабе 1 : 10 000 Клецкого, Пуховичского и Червенского районов в виде баз геоданных «Почвы» (всего 35 882 почвенных контура).

Для исследования ПП на более низких уровнях визуализации были оцифрованы:

1) почвенные карты в масштабе 1 : 50 000 Клецкого (2004), Пуховичского (2000) и Червенского (2001) районов, составленные РУП «Белгипрозем», – всего 7478 почвенных контуров;

2) почвенная карта в масштабе 1 : 200 000 Минской области (1969), составленная Белорусским научно-исследовательским институтом почвоведения и агрохимии (ныне – РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси), – всего 27 349 почвенных контуров.

Методы исследования ПП сводятся к широкому применению геометрических, пространственных, статистических и картометрических инструментов программного продукта ArcGIS, а также возможности оперативного моделирования и визуализации почвенной и географической информации.

Являясь объектом картографирования, почва имеет ряд особенностей, определяющих специфику составления почвенных карт и связанные с этим проблемы:

- почвам, как и другим природным объектам, свойственна изменчивость в пространстве. Будучи результатом взаимодействия семи факторов почвообразования, каждый из которых подчиняется собственным закономерностям, почва в большей или меньшей степени отражает их влияние. Преобразование одного из факторов влечет за собой трансформацию свойств отдельных почвенных горизонтов и/или почвы в целом. Отклонение от центрального образа при изменении одного или нескольких факторов приводит к появлению либо «новой» почвы, либо сложных переходных зон между почвами;
- почва невидима (в отличие от растительности, гидрографической сети и многих других природных объектов). Для диагностики почвенных тел необходимо иметь описания почвенных разрезов, количество которых зависит от масштаба картографирования и сложности ПП картографируемой территории. Результат диагностики, т. е. придания имени (названия) тому или иному почвенному телу, определяется

используемой классификацией и служит основой содержания будущей карты. Невидимость почвенных тел создает весьма непростую проблему их разделения в пространстве, которая решается путем привлечения сведений о видимых факторах почвообразования – рельефе и растительности, иногда – о почвообразующей породе;

- почвенный покров на суше в целом представляет собой непрерывное образование. Его прерывают лишь водные объекты (реки, озера), природные непочвенные тела (выходы плотных пород, незакрепленные пески, ледники), техногенные поверхностные образования и конструкции (строения и промышленные объекты, карьеры и отвалы, дороги, аэродромы) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Крупномасштабное картографирование ПП. Наиболее распространенным уровнем почвенно-картографических исследований как в Беларуси, так и за рубежом являются крупномасштабные почвенные карты. В Республике Беларусь они представлены в масштабах до 1 : 50 000, причем ПП сельскохозяйственных земель описывается почвенными картами сельскохозяйственных производственных кооперативов в масштабе 1 : 10 000; земель лесного фонда – почвенными картами лесного хозяйства в масштабе 1 : 25 000. В целом почвенный покров административного района представлен генерализированной почвенной картой в масштабе 1 : 50 000. По этой причине ПП, как объект именно полевого почвенного картографирования, целесообразно рассматривать только в масштабе до 1 : 10 000 [4].

Для картирования ПП картографу-почвоведу необходимо провести боковые границы почвенного тела, но, поскольку покров суши является сплошным и почвы переходят одна в другую чаще всего постепенно, без резко выраженных линий раздела, граница между двумя разными почвами становится диффузной и трудно выделяется в натуре. Однако это не означает, что она отсутствует, – просто диффузная граница имеет некоторый рубеж неопределенности [5]. В почвоведении принято определение боковых границ почвы как вертикальных поверхностей раздела между соседствующими почвенными индивидуумами.

Поскольку почва является сложной структурной системой, она всегда имеет некую степень неоднородности. Следовательно, задача определения почвенного индивидуума сводится к поиску тех пределов почвенной неоднородности, которые позволяют говорить о самостоятельном природном теле, отличном от окружающих. Таким образом, почвенный индивидуум (или педон – по терминологии современной школы США; почвенная особь; элементарная единица почвы) – это минимальный объем почвы, горизонтальные размеры которого достаточно большие, чтобы иметь полный спектр вариабельности соотношений генетических горизонтов, и который соответствует минимальной горизонтальной неоднородности почвы по диагностическим признакам [3].

Несколько одинаковых почвенных индивидуумов в своем совместном простирании по площади дают элементарный почвенный ареал (ЭПА), под которым понимается единица ПП, относящаяся к одной классификационной категории наиболее низкого таксономического ранга, занимающая пространство, со всех сторон ограниченное другими ЭПА или непочвенными образованиями [6]. Аналогичными понятию ЭПА являются в разное время введенные в науку термины: «полипедон» (школа США, 1960); «педотоп» (Э. Эвальд, 1966); «женон» (Ж. Булей, 1969) [3].

При почвенной полевой съемке в масштабе 1 : 10 000 почвоведу-картографу необходимо установить в натуре и показать на карте не только границы перехода между типами, подтипами и видами почв, но и разновидности почв по гранулометрическому составу, генезису и характеру почвообразующих пород, т. е. единице наиболее низкого таксономического ранга в национальной почвенной классификации Беларуси.

Для выявления объектов картографирования ПП также важно рассматривать почвы как элемент ландшафта. Только знание связей между его компонентами, наблюдаемыми непосредственно на местности, топографических картах или аэрокосмических снимках, и почвами, определяемыми по данным, полученным непосредственно в полевых условиях при описании разрезов, позволяет вести почвенное картографирование в крупных масштабах. Содержание ЭПА обусловливается классификационным положением образующей его почвы наиболее низкого таксономического уровня.

Геометрия ЭПА описывается его площадью, формой и степенью изрезанности границ. Площадь колеблется в очень широком диапазоне. По форме ЭПА разделяются на три группы [7]:

- изоморфные;
- вытянутые;
- разветвленно-асимметроидные.

Для первой из них отношение длины наибольшей оси к длине наименьшей не превышает двух раз, для второй находится в пределах от двух до пяти, для третьей составляет более пяти раз. Границы ЭПА выявляют, наносят на карту и увязывают с соседними контурами, как правило, в поле. Место в структуре

ПП определяется положением ЭПА в почвенных комбинациях: сочетаниях, мозаике, комплексах, пятнистости, вариациях, ташетах. При создании крупномасштабной почвенной карты оценивается возможность нанесения на нее всех ЭПА, площадь которых удовлетворяет цензу отбора. Даже при построении крупномасштабных карт невозможно представить на них все встречающиеся в природе ЭПА. Эта проблема решается методом картографической генерализации [1].

Картографическая генерализация ПП – это выделение и отображение на карте наиболее существенных для целей картографирования особенностей его строения, выявление закономерностей взаиморасположения мелких почвенных контуров и определение их места в структуре почвенного покрова [8]. При обнаружении множества мелких по площади ЭПА, не поддающихся нанесению на карту в данном масштабе, вычленяются сложные почвенные контуры, где основной фон составляют преобладающие почвы, а все остальные ЭПА подвергаются геометрической или классификационной генерализации.

Цифровое представление ПП открывает новые возможности карто- и морфометрического анализа территории. Эти графоаналитические приемы, предназначенные для измерения и исчисления по картам различных количественных величин, традиционно развивались главным образом применительно к топографическим картам. Лишь в XXI в. карто- и морфометрические определения были распространены на тематические карты, в первую очередь почвенные. К основному картометрическому измерению по почвенным картам относится выявление площадей отдельных контуров. Морфометрия изучает и разрабатывает способы количественной оценки по картам форм и структур объектов. Ключевыми морфометрическими характеристиками служат показатели формы, концентрации объектов, глубина и густота расчленения. Для вычисления морфометрических показателей, как правило, используют картометрические величины.

В настоящее время карто- и морфометрия развиваются преимущественно в двух направлениях. Одно из них – разработка количественных морфометрических показателей синтетического характера, таких, например, как коэффициент общего расчленения территории, совмещающий оценку горизонтального и вертикального расчленения. Другая тенденция направлена на то, чтобы упростить известные способы измерения и исчисления количественных величин по картам с внедрением вероятностно-статистических приемов, позволяющих быстро и достаточно надежно собрать количественные показатели для обширных территорий.

Морфометрические показатели, которые вычисляются по картам, сами могут стать сюжетом для тематического картографирования. В хозяйственной практике наиболее известны морфометрические карты рельефа – уклонов местности, глубины и густоты расчленения (например, в издании «Нацыянальны атлас Беларусі»).

В процессе картометрических исследований в почвоведении на первый план выходит изучение структуры и конфигурации почвенных ареалов. Современные цифровые, в первую очередь геоинформационные (ГИС), технологии позволяют оперативно обрабатывать большие объемы данных, в автоматизированном режиме рассчитывать площадь, длину, периметр, угол наклона, экспозицию склонов и др.

Морфометрический ГИС-анализ ПП Клецкого, Пуховичского и Червенского районов выполнен в программе ArcGIS по слою «почвы» земельно-информационной системы (ЗИС) административных районов в масштабе 1 : 10 000 (табл. 1), а также по оцифрованным районным почвенным картам в масштабе 1 : 50 000 (табл. 2) и областной карте в масштабе 1 : 200 000 (табл. 3). Несмотря на то что эти районы почти полностью располагаются в одной физико-географической провинции, генетико-геометрически и морфологически ЭПА существенно контрастируют.

Анализ почвенных карт и инвентаризация ПП данных районов четко указывают на преобладание полугидроморфных почв над автоморфными в Пуховичском и Червенском районах (на 11,6 и 6,0 % соответственно) и обратную ситуацию – в Клецком районе (автоморфные почвы доминируют над полугидроморфными на 7,1 %), что объясняется простиранием северо-восточной части Клецкого района не в Предполесской, а в Центрально-Белорусской физико-географической провинции.

Площадь почвенных контуров на самом нижнем уровне картографирования, а именно почвенной разновидности, колеблется в очень широком диапазоне (см. рисунок). Для дерново-подзолистых почв типичны крупные ареалы (в среднем более 6–7 га) относительно изоморфной и асимметричной формы (коэффициенты расчлененности и изрезанности границ (формулы (1), (2)) составляют более 0,3), поскольку генетически ЭПА в основном орогенного и литогенного видов.

$$КР = P/S, \quad (1)$$

где КР – коэффициент расчлененности; P – периметр, км; S – площадь, га.

$$К_{изр} = 4\pi S/P^2, \quad (2)$$

где $К_{изр}$ – коэффициент изрезанности границ; S – площадь, км^2; P – периметр, км.

Таблица 1

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова агроландшафтов в масштабе 1 : 10 000

Table 1

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 10 000

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N
ДП на суглинках	16,544	0,092	0,240	0,492	341	11,393	0,125	0,192	0,481	465	11,677	0,133	0,283	0,426	288
ДП на супесях	10,561	0,093	0,236	0,490	2144	6,453	0,130	0,286	0,526	4465	7,208	0,142	0,301	0,494	3409
ДП на песках	4,770	0,169	0,335	0,578	237	2,636	0,246	0,393	0,562	2056	3,033	0,237	0,435	0,581	1111
$ДПБ_0$	5,898	0,262	0,295	0,422	39	3,032	0,283	0,352	0,481	371	3,853	0,261	0,385	0,494	240
$ДПБ_1$	13,519	0,236	0,100	0,349	1073	6,538	0,269	0,153	0,396	4111	6,168	0,269	0,195	0,359	3425
$ДПБ_2$	7,505	0,296	0,118	0,416	855	4,436	0,299	0,162	0,396	4225	3,852	0,323	0,184	0,378	3195
$ДПБ_3$	1,527	0,355	0,399	0,720	87	1,451	0,393	0,341	0,569	350	1,413	0,437	0,317	0,527	298
$ДПБ_4$	2,351	0,198	0,099	0,369	3	1,603	0,371	0,389	0,466	159	1,894	0,345	0,477	0,410	60
$ДБ_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ДБ_2$	7,838	0,270	0,161	0,334	221	4,722	0,319	0,162	0,342	929	3,388	0,393	0,175	0,349	525
$ДБ_3$	7,006	0,307	0,122	0,361	284	2,809	0,391	0,186	0,403	1170	2,200	0,481	0,186	0,361	714
$ДБ_4$	5,413	0,221	0,477	0,477	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ТДБ_в$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ТДБ_н$	–	–	–	–	–	8,563	0,174	0,351	0,430	23	1,586	0,395	0,514	0,571	3
$ТБ_{1н}$	3,130	0,288	0,315	0,575	33	2,621	0,389	0,254	0,405	435	2,279	0,492	0,187	0,370	316
$ТБ_{2н}$	5,406	0,300	0,212	0,396	149	3,331	0,333	0,242	0,414	843	2,522	0,435	0,221	0,368	495
$ТБ_{3н}$	11,134	0,125	0,209	0,450	243	6,040	0,147	0,273	0,431	1853	5,030	0,201	0,220	0,386	1163
$ТБ_{1в}$	3,363	0,315	0,355	0,427	3	2,128	0,361	0,346	0,476	94	0,838	0,575	0,325	0,585	32
$ТБ_{2в}$	4,338	0,274	0,386	0,386	1	2,722	0,316	0,357	0,430	88	1,934	0,408	0,331	0,310	21
$ТБ_{3в}$	5,056	0,197	0,580	0,654	2	6,311	0,190	0,336	0,440	99	0,693	0,827	0,226	0,330	6
$АДБ_0$	–	–	–	–	–	0,827	0,441	0,658	0,725	7	–	–	–	–	–
$АДБ_1$	–	–	–	–	–	0,225	0,822	0,653	0,718	27	1,440	0,485	0,304	0,450	12
$АДБ_2$	5,321	0,307	0,204	0,327	46	4,544	0,295	0,127	0,386	439	2,402	0,490	0,144	0,336	148
$АДБ_3$	4,237	0,294	0,223	0,437	127	4,468	0,300	0,130	0,373	393	3,061	0,422	0,128	0,317	94

Окончание табл. 1
Ending table 1

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N
$АДБ_4$	7,208	0,397	0,113	0,295	18	1,792	0,434	0,223	0,427	124	1,843	0,322	0,350	0,367	10
АТДБ	2,647	0,466	0,212	0,312	22	1,843	0,478	0,251	0,399	62	2,891	0,433	0,166	0,317	80
$АТБ_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$АТБ_2$	6,677	0,331	0,152	0,308	115	1,551	0,449	0,257	0,376	190	4,459	0,386	0,142	0,312	153
$АТБ_3$	13,591	0,113	0,182	0,395	336	6,403	0,168	0,242	0,379	840	4,365	0,255	0,197	0,360	406
АП	4,500	0,272	0,232	0,448	511	3,342	0,240	0,306	0,438	2074	2,832	0,373	0,221	0,373	1227

Примечания: здесь и в табл. 2, 3: 1. $S_{ср}$ – средний размер контура; КР – коэффициент расчлененности; $К^1_{изр}$ – коэффициент изрезанности границ (средневзвешенное значение); $К^2_{изр}$ – коэффициент изрезанности границ (среднеарифметическое значение); N – количество контуров. 2. ДП – дерново-подзолистые; $ДПБ_0$ – дерново-подзолистые оглеенные внизу; $ДПБ_1$ – дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные; $ДПБ_2$ – дерново-подзолистые глееватые; $ДПБ_3$ – дерново-подзолистые глеевые; $ДПБ_4$ – дерново-подзолистые глееватые и глеевые с иллювиально-гумусовым горизонтом и ортштейно-глеевые; $ДБ_1$ – дерновые временно избыточно увлажненные; $ДБ_2$ – дерново-глееватые; $ДБ_3$ – дерново-глеевые; $ДБ_4$ – дерново-перегнойно-глеевые; $ТДБ_н$ – перегнойно-торфянисто-глеевые низинного типа; $ТДБ_в$ – перегнойно-торфянисто-глеевые верхового типа; $ТБ_{1н}$ – торфянисто-глеевые низинного типа; $ТБ_{2н}$ – торфяно-глеевые низинного типа; $ТБ_{3н}$ – торфяные низинного типа; $ТБ_{1в}$ – торфянисто-глеевые верхового типа; $ТБ_{2в}$ – торфяно-глеевые верхового типа; $ТБ_{3в}$ – торфяные верхового типа; $АДБ_0$ – аллювиальные дерновые оглеенные внизу; $АДБ_1$ – аллювиальные дерновые временно избыточно увлажненные; $АДБ_2$ – аллювиальные дерново-глееватые; $АДБ_3$ – аллювиальные дерново-глеевые; $АДБ_4$ – аллювиальные иловато-перегнойно-глеевые; АТДБ – аллювиальные иловато-торфянисто-глеевые; $АТБ_1$ – аллювиальные торфянисто-глеевые; $АТБ_2$ – аллювиальные торфяно-глеевые; $АТБ_3$ – аллювиальные торфяные; АП – антропогенно-преобразованные.

Таблица 2

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова в масштабе 1 : 50 000

Table 2

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 50 000

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N
ДП на суглинках	58,600	0,064	0,283	0,454	103	53,253	0,075	0,279	0,498	170	46,968	0,059	0,412	0,555	81
ДП на супесях	54,441	0,053	0,202	0,503	495	53,471	0,074	0,415	0,590	1243	48,068	0,055	0,437	0,570	737
ДП на песках	62,378	0,050	0,275	0,529	119	64,045	0,071	0,395	0,609	606	55,694	0,064	0,475	0,627	256
$ДПБ_0$	–	–	–	–	–	10,393	0,096	0,412	0,526	285	12,892	0,078	0,432	0,511	90
$ДПБ_1$	9,944	0,101	0,086	0,263	247	9,796	0,102	0,260	0,421	1106	14,043	0,071	0,283	0,411	567
$ДПБ_2$	10,191	0,098	0,163	0,316	187	9,947	0,101	0,272	0,420	986	12,720	0,079	0,313	0,422	505

Окончание табл. 2
Ending table 2

Почва	Район														
	Клецкий					Пуховичский					Червенский				
	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N	$S_{ср}$, га	КР	$К^1_{изр}$	$К^2_{изр}$	N
$ДПБ_3$	10,856	0,092	0,333	0,433	5	10,813	0,092	0,365	0,533	43	11,296	0,089	0,500	0,552	64
$ДПБ_4$	11,617	0,086	0,240	0,483	32	9,402	0,106	0,459	0,545	86	10,007	0,100	0,534	0,607	34
$ДБ_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ДБ_2$	9,344	0,107	0,204	0,334	57	8,492	0,118	0,313	0,441	175	10,368	0,096	0,342	0,446	80
$ДБ_3$	7,304	0,137	0,211	0,291	63	8,118	0,123	0,357	0,456	267	10,413	0,096	0,379	0,483	119
$ДБ_4$	12,674	0,079	0,277	0,456	17	9,182	0,109	0,355	0,453	36	11,269	0,089	0,376	0,451	15
$ТДБ_в$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ТДБ_н$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$ТБ_{1н}$	10,038	0,100	0,286	0,418	36	8,822	0,113	0,383	0,626	357	11,059	0,090	0,344	0,518	117
$ТБ_{2н}$	12,016	0,083	0,190	0,364	47	11,243	0,089	0,270	0,561	309	14,109	0,071	0,234	0,379	92
$ТБ_{3н}$	13,494	0,074	0,366	0,474	33	15,384	0,065	0,341	0,543	157	17,877	0,056	0,375	0,496	45
$ТБ_{1в}$	9,445	0,106	0,450	0,579	43	8,552	0,117	0,524	0,623	121	10,048	0,100	0,497	0,642	49
$ТБ_{2в}$	9,830	0,102	0,344	0,563	24	12,119	0,083	0,407	0,516	189	10,449	0,096	0,490	0,628	67
$ТБ_{3в}$	15,327	0,065	0,504	0,565	16	30,921	0,032	0,326	0,461	142	22,550	0,044	0,442	0,607	55
$АДБ_0$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$АДБ_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$АДБ_2$	9,344	0,107	0,280	0,368	8	13,132	0,076	0,120	0,363	64	10,076	0,099	0,173	0,282	21
$АДБ_3$	9,347	0,107	0,234	0,421	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$АДБ_4$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
АТДБ	17,994	0,056	0,138	0,192	63	20,521	0,049	0,202	0,452	190	–	–	–	–	–
$АТБ_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11,223	0,089	0,145	0,267	15
$АТБ_2$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$АТБ_3$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14,388	0,070	0,187	0,341	29
АП	10,639	0,094	0,325	0,411	72	13,853	0,072	0,340	0,513	254	13,898	0,072	0,380	0,467	110

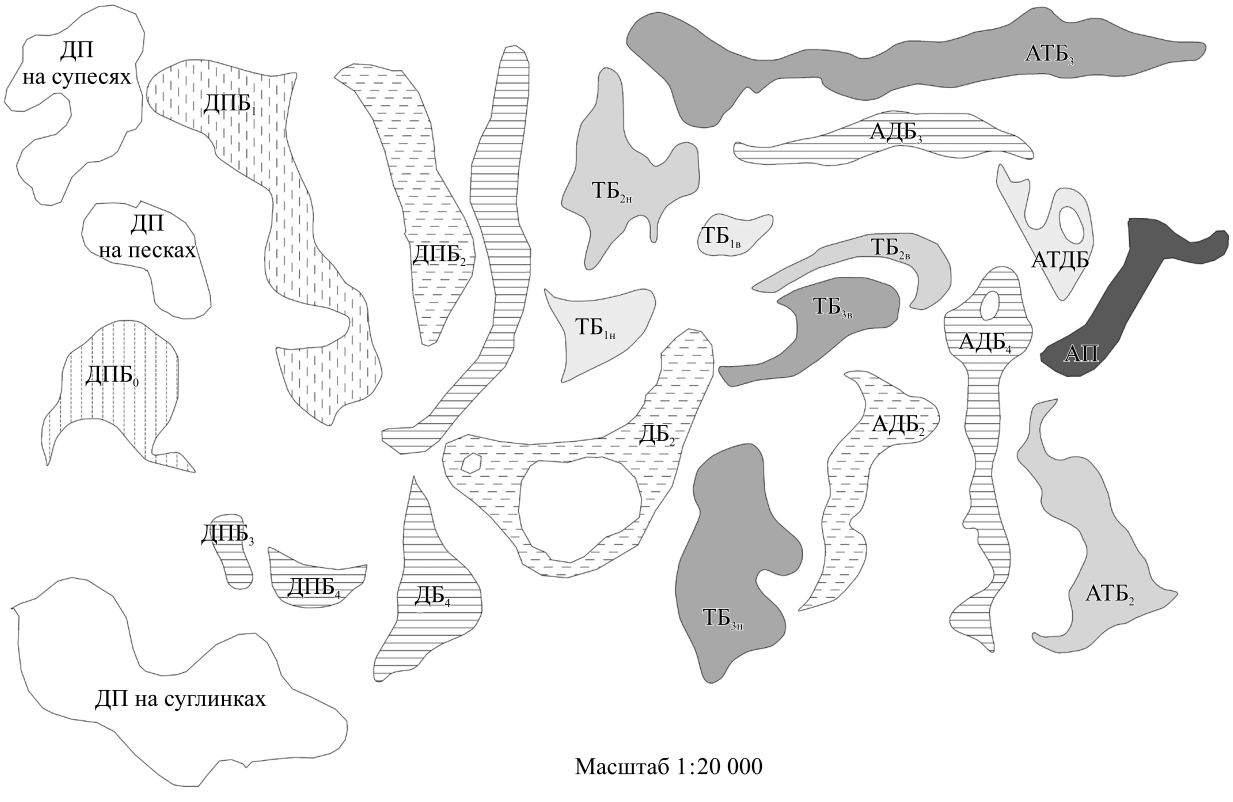
Таблица 3

Генетико-морфометрическая характеристика почвенного покрова в масштабе 1 : 200 000

Table 3

Genetic-morphometric characteristics of the soil cover of agrolandscapes of scale 1 : 200 000

Почва	Район											
	Клецкий				Пуховичский				Червенский			
	$S_{ср}$, га	КР	$К^{1}_{изр}$	*N*	$S_{ср}$, га	КР	$К^{1}_{изр}$	*N*	$S_{ср}$, га	КР	$К^{1}_{изр}$	*N*
ДП	294,227	0,029	0,488	125	153,283	0,039	0,535	455	166,724	0,038	0,538	343
$ДПБ_0$	58,414	0,061	0,573	7	74,339	0,060	0,527	37	39,217	0,074	0,592	2
$ДПБ_1$	173,281	0,049	0,389	50	96,192	0,059	0,455	111	88,758	0,054	0,522	110
$ДПБ_2$	146,173	0,050	0,414	29	112,138	0,058	0,421	111	108,596	0,051	0,500	58
$ДПБ_3$	175,959	0,055	0,234	1	94,458	0,060	0,415	12	129,401	0,051	0,414	24
$ДПБ_4$	76,925	0,043	0,899	1	43,373	0,064	0,708	1	72,340	0,051	0,665	1
$ДБ_2$	–	–	–	–	147,439	0,060	0,336	17	45,097	0,076	0,533	8
$ДБ_3$	206,710	0,055	0,297	36	105,884	0,057	0,446	93	87,753	0,062	0,452	35
$ДБ_4$	–	–	–	–	130,485	0,055	0,396	41	103,065	0,081	0,186	1
$ТБ_н$	123,959	0,049	0,454	18	169,327	0,044	0,467	153	185,034	0,043	0,411	78
$ТБ_в$	66,185	0,061	0,516	4	75,388	0,053	0,589	61	148,843	0,039	0,537	16
$АДБ_2$	–	–	–	–	388,224	0,044	0,296	9	97,995	0,067	0,289	3
$АДБ_3$	167,859	0,073	0,165	3	153,293	0,050	0,396	11	185,262	0,045	0,390	3
$АТБ_н$	313,379	0,040	0,325	22	377,885	0,036	0,341	41	358,119	0,044	0,282	19



Типичные контуры почвенных разновидностей агроландшафтов Клецкого района (согласно табл. 1)
Typical contours of soil varieties of agrolandscapes of Kletsk district (characterized by indicators from the table 1)

Наибольшую среднюю площадь имеют контуры, развивающиеся на тяжелых почвах, главным образом лессовидных суглинках. Наибольшее количество контуров и их максимальная площадь во всех трех районах представлены дерново-подзолистыми почвами супесчаного гранулометрического состава.

Уступают им по размерам контуры дерново-подзолистых заболоченных почв (в среднем около 4–5 га), в значительной степени дифференцированные в зависимости от степени увлажнения.

Если почвы, относящиеся к дерново-подзолистым глеевым и глеевым с иллювиально-гумусовым горизонтом, в среднем занимают площадь менее 2 га и в большинстве своем имеют изоморфную форму ($К_{изр}$ превышает 0,3), то дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные и глееватые почвы соизмеримы с автоморфными (от 4 до 13 га) с вытянутыми и разветвленно-асимметроидными формами границ, что подтверждают сравнительно низкие коэффициенты изрезанности (от 0,1 до 0,15).

Такие же формы границ характерны и для дерновых заболоченных почв (см. рисунок), но в среднем по размеру данные контуры почти вдвое уступают дерново-подзолистым заболоченным почвам. Генетически контуры этих двух типов почв (в отличие от дерново-подзолистых) относятся к гидрогенному виду ЭПА.

Наиболее сложную форму имеют ЭПА аллювиальных дерновых и дерновых заболоченных и аллювиальных болотных типов почв. Их коэффициенты изрезанности границ почти во всех районах составляют менее 0,2. При этом наблюдается следующая тенденция: у временно избыточно увлажненных и глееватых почв более изрезанная граница и большая средняя площадь по сравнению с глеевыми и иловато-торфяно-глеевыми. Как следствие, первые ЭПА в большей степени имеют линейную и разветвленно-асимметроидную форму, вторые – асимметроидную. Все ЭПА данных типов генетически относятся к флювиальным видам.

Разнообразие форм ЭПА торфяно-болотных почв, которые затруднительно отнести к определенной форме, объясняется их генезисом. Их ЭПА в основном принадлежат к гидро- и топогенным видам. Средний размер контуров этих почв, в зависимости от проявления того или иного фактора почвообразования, может колебаться от 0,8 до 11,0 га с относительно усредненными значениями формы и изрезанности границ.

Районные почвенные карты Беларуси создаются в масштабе 1 : 50 000, и, хотя они и относятся к крупномасштабным, основным способом отражения ПП на них является способ генерализации

картографического материала в масштабе 1 : 10 000. Учитывая ценз отбора, традиционно принятый для почвенных карт (0,5 $см^2$), на районной почвенной карте не должно быть контуров размером менее 12 га. Согласно данным табл. 1 только два типа почв (дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные) можно отобразить на районных картах относительно достоверно. Остальные контуры в той или иной степени должны подвергнуться как геометрической, так и классификационной генерализации, что приведет к неизбежному укрупнению таксонов легенды (для аналоговых почвенных карт Клецкого, Пуховичского и Червенского районов – 68; 86 и 72 разновидности соответственно) и слиянию контуров, а следовательно, к уменьшению коэффициентов расчленения и изрезанности границ [9].

Именно по субъективным причинам на районных почвенных картах в значительной степени укрупнены контуры дерново-подзолистых почв, развивающихся на суглинках (более чем в 5 раз) и песках (более чем в 10–20 раз). Из-за значительных площадей этих контуров на картах в масштабе 1 : 10 000 картограф-почвовед при составлении районных почвенных карт подвергал контуры данных почв и более мелких соседних именно геометрической генерализации, а не классификационной. Это привело к несоизмеримому увеличению автоморфных почв за счет уменьшения почв полугидроморфного ряда. Например, $ДПБ_1$ на картах в масштабе 1 : 10 000 Клецкого района (1073 контура) имеют среднюю площадь (13 га), что позволяет сохранить данный таксон на районной почвенной карте в масштабе 1 : 50 000 без значительных изменений, однако на аналоговой районной карте данные почвы представлены только 247 контурами средней площадью 9,9 га. При соизмеримом уменьшении этих почв в Пуховичском и Червенском районах примерно в 2,0–2,5 раза на районных почвенных картах контуров $ДПБ_1$ в 4–6 раз меньше.

В целом коэффициенты расчленения и изрезанности характеризуют укрупненные и сглаженные контуры. Наибольшую извилистость границ сохранили аллювиальные дерновые заболоченные и аллювиальные болотные типы почв.

Средне- и мелкомасштабное картографирование ПП. Мелкомасштабные карты – это картографические модели ПП обширных регионов с разнообразными природными условиями: стран или групп стран, (суб)континентов и всего мира [4]. В гораздо большей степени, чем другие карты, они отражают авторскую концепцию: зональную, геохимическую, историческую. При их составлении особенно важно обращаться к анализу факторов почвообразования, преимущественно природных. Антропогенный фактор учитывается в минимальной степени. Данные по конкретным разрезам используются исключительно в целях корреляции названий почв разных регионов. Содержание мелкомасштабных, а тем более обзорных карт позволяет представить общие географические закономерности распространения почв и определить характер связей с процессами почвообразования.

На картах среднего масштаба учитываются как общие зонально-провинциальные, так и частные литолого-топографические закономерности, характеризующие региональные особенности весьма обширных территорий. Среднемасштабные почвенные карты составляются на основе крупномасштабных с корректировочными или уточняющими маршрутами и заложением разрезов в целях знакомства с почвами отдельных участков, проверки однозначности диагностики и наименований почв на исходных картах. К настоящему времени среднемасштабные (1 : 200 000) аналоговые почвенные карты созданы для территорий всех шести областей Беларуси, однако на них не представлен ПП лесных земель. Проводить пространственный анализ и рассматривать ПП как объект картографирования на данном уровне визуализации нецелесообразно, учитывая средние размеры контуров (100–200 га), коэффициенты расчлененности и предельно завышенное использование картографического сглаживания границ почвенных контуров ($К_{изр}$ стремятся к правильной округлой форме).

Мелко- и среднемасштабные карты создаются в камеральных условиях путем обобщения картографических, аэрокосмических и литературных данных. В общем случае можно использовать две методики [5]:

1) для картографируемой территории имеются кондиционные почвенные карты более крупного масштаба, чем создаваемая. Составление мелко- и среднемасштабных карт осуществляется путем генерализации – сводки и обобщения исходных почвенных карт. К обязательным элементам построения относятся уточнение диагностики и номенклатуры почв и корректировка контурной части карты по современным космическим данным и цифровым моделям рельефа;

2) если для территории отсутствуют почвенные карты более крупного масштаба, то карта составляется на основании анализа пространственного распределения факторов почвообразования. До недавнего времени этот метод являлся главным при почвенном картографировании малоисследованных районов. На данный момент он имеет скорее вспомогательное значение и используется в тех случаях, когда возникает необходимость обновления или пересоставления существующих карт либо когда у картографа появляются новые сведения о почвах.

Выводы

Цифровое представление почвенного покрова открывает новые возможности для карто- и морфометрического анализа территории. Так, цифровое картографирование, кроме содержания (классификационных аспектов), позволяет учитывать геометрию и морфометрию почвенных контуров, которые являются следствием действия факторов дифференциации ПП и в то же время могут служить индикатором природы связей между его компонентами. Поэтому лучше говорить не о геометрической, а о генетико-геометрической характеристике почвенных контуров, которая описывается площадью, формой и степенью изрезанности границ, динамическими параметрами ЭПА.

Несмотря на то что вода, как фактор почвообразования, играет главенствующую роль в формировании рисунка границ почв полугидро- и гидроморфного ряда, наибольшими коэффициентами изрезанности границ (от 0,1 до 1,18) характеризуются временно избыточно увлажненные и глееватые почвы, на рисунок очертаний которых дополнительно влияют гипсометрическое положение и рельеф.

Ввиду высокой доли субъективизма при проведении генерализации, главным образом геометрической, на аналоговых районных почвенных картах необоснованно завышены доля и средняя площадь контуров (от 5 до 20 раз) дерново-подзолистых почв за счет массового поглощения соседних контуров, в основном полугидроморфных почв. Наибольшую сложность в отображении на районных почвенных картах (кроме ЭПА, не попадающих под ценз отбора) вызывают контуры с высокими (менее 0,2) значениями коэффициента изрезанности границ (вытянутые и разветвленно-асимметроидные контуры) дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных и глееватых, дерновых глееватых и глеевых, аллювиальных дерновых глееватых и глеевых почв.

Получить значительное количество инвентаризационных и картометрических данных было бы невозможно при использовании только лишь традиционных методов, тогда как применение ГИС-технологий позволило довольно оперативно обработать информацию по 7043 контурам Клецкого района, 18 501 – Пуховичского и 10 378 – Червенского.

Библиографические ссылки

1. *Клебанович Н. В.* Почвоведение и земельные ресурсы. Минск, 2013.
2. *Евдокимова Т. И.* Почвенная съемка. М., 1987.
3. *Ковда В. А.* Почвоведение : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М., 1988. Ч. 1 : Почва и почвообразование.
4. *Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Чаюк И. А. и др.* Интерактивная генерализация в среде ArcGIS как основной способ создания цифровых разномасштабных почвенных карт // Земля Беларуси. 2015. № 2. С. 42–47.
5. *Герасимова М. И., Богданова М. Д., Гаврилова И. П.* Мелкомасштабное почвенное картографирование. М., 2010.
6. *Белицина Г. Д., Васильевская В. Д., Гришина Л. А.* Почва и почвообразование. М., 1988.
7. *Скрябина О. А.* Структура почвенного покрова, методы ее изучения. Пермь, 2008.
8. *Строганова М. Н.* Структура почвенного покрова и почвенная картография. М., 2011. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
9. *Клебанович Н. В., Прокопович С. Н.* Использование методов автоматизированного выделения структур почвенного покрова для целей кадастровой оценки земель // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 7. С. 48–56.

References

1. Klebanovich N. V. [Soil and land resources]. Minsk, 2013 (in Russ.).
2. Evdokimova T. I. [Soil survey]. Moscow, 1987 (in Russ.).
3. Kovda V. A. [Soil science] : in 2 parts. Moscow, 1988. Part 1 : [Pochva i pochvoobrazovanie] (in Russ.).
4. Klebanovich N. V., Prokopovich S. N., Chayuk I. A., et al. [Interactive generalization based on ArcGIS as the main way to create digital different scales of soil maps]. *Zemlya Belarusi.* 2015. No. 2. P. 42–47 (in Russ.).
5. Gerasimova M. I., Bogdanova M. D., Gavrilova I. P. [Small-scale soil mapping]. Moscow, 2010 (in Russ.).
6. Belitsina G. D., Vasil'evskaya V. D., Grishina L. A. [Soil and soil formation]. Moscow, 1988 (in Russ.).
7. Scryabina O. A. [The structure of the soil, methods of study]. Perm, 2008 (in Russ.).
8. Stroganova M. N. [Soil structure and soil mapping]. Moscow, 2011. 1 CD-ROM (in Russ.).
9. Klebanovich N. V., Prokopovich S. N. [Use of methods for automated creating of soil cover patterns for for land cadastral valuation]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*. 2016. No. 7. P. 48–56 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 07.03.2017.
Received by editorial board 07.03.2017.