

КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Титов Г.С.,
Прасолова А.И.*

Резюме – Эколого-географическое картографирование позволяет наглядно показать состояние окружающей среды территории. В статье рассматривается выбор источников данных, создание математической и общегеографической основ, формирование структуры базы пространственных данных и её наполнение, разработка легенды в целях комплексного эколого-географического картографирования. Дается обзор результирующих картографических произведений.

Ключевые слова – картография, экология, антропогенное воздействие, Центральный федеральный округ

THE COMPREHENSIVE ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL MAPPING OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

*Titov G.S.,
Prasolova A.I.*

Abstract – Ecological-geographical mapping provides to demonstrate the state of the environment. This paper covers the selection of information sources, the mathematical basis, the underlying geographical objects, the database design and its contents, a creation of the map's legend aims to comprehensive ecological-geographical mapping; gives a review of the resulting cartographic products.

Keywords – cartography, ecology, human impact, the Central federal district

Введение

Эколого-географическое картографирование позволяет отразить взаимодействие общества с природной средой. Важнейшим его проявлением является загрязнение природной среды, провоцирующее нарушение стабильности природных систем и снижение комфортности проживания на данной территории.

Информация о состоянии окружающей среды публикуется, например, в рамках государственных докладов. Они содержат и картографические материалы, которые, однако, носят, скорее, иллюстративный характер и не являются полноценными картографическими произведениями. Эффективным решением, позволяющим информировать население о состоянии окружающей среды, являются комплексные эколого-географические карты.

Актуальным является комплексное эколого-географическое картографирование федеральных округов. Рассмотрение состояния природной среды на уровне федерального округа предполагает увеличение обобщения данных в пользу наглядности и ориентации на широкий круг потребителей.

В данной трактовке проблемы целью исследования является обзорное комплексное эколого-географическое картографирование федерального округа на примере Центрального федерального округа (ЦФО). Он выбран, так как по данным Национального атласа, этот округ характеризуется наибольшей обеспокоенностью населения состоянием окружающей среды.

Для достижения поставленной цели было необходимо:

- изучить теоретические основы, опыт эколого-географического картографирования и источники информации для создания эколого-географических карт;
- описать картографируемую территорию;
- разработать общегеографическую основу и структуру базы данных для целей комплексного картографирования, охарактеризовать используемые данные;
- определить технологию картографического представления данных и реализовать её;
- выявить перспективы использования и совершенствования результатов работы.

Итогом исследования стало комплексное эколого-географическое картографическое произведение на территорию ЦФО.

Исходные данные и методы

Комплексные эколого-географические карты могут пониматься как произведения, наиболее полно и объективно отражающие характеристику территориальных различий в качестве среды обитания людей [3]. Такие карты отображают взаимодействие в системе общество-природа [5].

Различают констатационные, оценочные, прогнозные и рекомендательные эколого-географические карты [3, 12]. Созданная карта призвана объективно отразить антропогенное воздействие на субъекты РФ, что подразумевает её констатационный характер с локализацией данных по административно-территориальным единицам. Преобладающая же часть существующих эколого-географических карт носит оценочный характер. Минусом такого подхода может являться неочевидность авторской интерпретации исходных данных.

Был выполнен анализ 36-ти источников данных и составлена ведомость источников. Было решено использовать данные, публикуемые в рамках государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации, а именно размещённые в Интернете в виде электронных таблиц числовые и картографические данные о состоянии окружающей среды регионов РФ [11].

Субъекты, входящие в состав ЦФО, имеют схожие природные условия. Данную территорию отличают равнинный характер поверхности, расчленённость которой растёт при движении на юг; умеренно континентальный климат; разнообразный растительный и животный мир; плодородные почвы, особенно в южных регионах; месторождения полезных ископаемых, главным образом, связанные с Курской магнитной аномалией [4].

Эти природные особенности во многом предопределили то, что ЦФО — одна из наиболее освоенных и преобразованных человеком территорий России. Он является самым густонаселённым и урбанизированным округом [10]. Его отличают мощные производственный и агрокультурный комплексы с продолжительным периодом развития. Преобладающей в экономике сейчас является непроемственная сфера, но отдельные отрасли, например электроэнергетика, играют важное значение. Валовый региональный продукт округа составляет около трети российского [9].

Высокая плотность населения, мощный промышленный комплекс, интенсивное сельскохозяйственное использование земель, развитая транспортная сеть провоцируют ухудшение экологической ситуации в округе. К наиболее острым экологическим проблемам относят загрязнение воздуха и вод, неразвитость системы обращения с отходами, нарушение природных экосистем, деградация почвенного покрова [8, 9].

Комплексная эколого-географическая карта территории ЦФО и сопутствующие ей картографические произведения должны давать представление об антропогенном воздействии на территорию, которое во многом определяет её экологическое состояние, и показывать, что может быть причиной экологических проблем, характерных для региона.

Начальным этапом создания карты является разработка математической основы, включающая в первую очередь выбор проекции и масштаба, определение компоновки. Так как важно и взаимное положение объектов, и относительные площади, а территория округа размещена компактно, используется равнопромежуточная азимутальная проекция на эллипсоиде Красовского. Для уменьшения искажений положение центральной точки проекции согласовано с картографируемым объектом [2, 6]. Охват территории и формат листа при печати диктуют масштаб карты, равный 1:5 000 000, что позволяет относить карту к мелкомасштабным. Картографическая сетка показывается с шагом по широте и долготе 5°.

Помимо основной карты в картографическое произведение входит и карта-врезка на территорию России масштаба 1:75 000 000, показывающая положение ЦФО в РФ. Она составляется в равнопромежуточной конической проекции без координатной сетки. Она содержит данные индекса социально-экологической напряжённости, характеризующего обеспокоенность населения территории состоянием окружающей среды, по федеральным округам [7].

Составляющие картографического произведения, основными из которых являются комплексная карта, карта-врезка и легенда, компонуются при книжной ориентации листа.

Важной частью содержания основной карты является общегеографическая основа. В качестве исходных данных для большинства объектов основы использовались материалы цифровой географической основы геологической карты России и сопредельных государств масштаба 1:2 500 000. Границы федеральных ООПТ наносились по материалам базы данных по федеральным ООПТ РФ по состоянию на 2011 год.

Эти данные были значительно генерализованы с целью разгрузки общегеографической основы в соответствии с масштабом, тематикой и назначением карты.

Определение конкретных элементов тематического содержания, являющееся частью разработки общего содержания карты, — задача, которую необходимо решить на этапе формирования базы данных [1]. К любой базе данных выдвигаются общие требования: актуальность, полнота, точность, достоверность. Выполнение этих требований обеспечивает заявленное качество исходных данных.

Для анализа загруженные данные группируются в отдельные электронные таблицы: воздействие на атмосферу, на водные объекты, на земли, обращение с отходами, природоохранные расходы. Для каждого отдельного явления, соответствующего столбцу таблицы, составляются линейчатые диаграммы, которые помогают определить наиболее характерные интервалы значений, описывающие данную группу показателей и используемые при составлении карт. Каждый регион занимает отдельную строку таблицы.

Единая таблица на отдельный год связывается по ключевому полю — «Субъекты федерации» — с классом пространственных объектов, содержащим субъекты ЦФО. Устанавливается соответствие названий полей базы данных названиям столбцов электронной таблицы. Результатом является база пространственных данных, содержащая

информацию об антропогенной нагрузке на субъекты федерации. Использовались данные за 2010 год, так как они были представлены наиболее полно.

На основе этой базы данных в ходе работы создаются карты более мелкого масштаба 1:7 500 000, которые отображают воздействие на атмосферу, на водные объекты, на земли, обращение с отходами, природоохранные расходы в регионах ЦФО (см. таблица 1).

Таблица 1.

Карты по компонентам антропогенного воздействия

Название карты	Отображаемые явления	Средство изображения
Воздействие на атмосферу	объёмы выбросов в атмосферу из стационарных и передвижных источников	круговые диаграммы, размер которых изменяется в зависимости от суммарной величины выбросов
	доля уловленных и обезвреженных выбросов	заливка
Воздействие на воды	объёмы забранной пресной воды из подземных и поверхностных природных водных объектов для использования	круговые диаграммы
	объём использования пресной воды на хозяйственно-бытовые нужды на душу населения	ромбы разного размера
	объём оборотно-последовательного водоснабжения	заливка
Воздействие на земли	объём вносимых в землю химических веществ с подразделением на гербициды, инсектициды и фунгициды	круговые диаграммы
	объём минеральных удобрений	квадраты разного размера
	объём органических удобрений	заливкой
Обращение с отходами	доля размещения отходов и доля их использования и обезвреживания	круговая диаграмма
	баланс отходов, вычисляемый как разность объёма образования отходов и суммы размещения, использования и обезвреживания отходов	цвет окружности диаграммы
	объём образования отходов	заливка
Природоохранные расходы	объём и структура природоохранных расходов на воздействие на атмосферу, на обращение с отходами, на воздействие на воду и земли	круговая диаграмма
	ВВП региона	заливка
Природоохранные расходы на душу населения	те же показатели в пересчёте на душу населения показаны на карте природоохранных расходов на душу населения	

На картах антропогенного воздействия по компонентам используются картограммы и картодиаграммы, так как изучаемые явления локализованы по субъектам федерации, а количественные характеристики имеют как относительный, так и абсолютный характер. Интервалы значений показываются с помощью изменения размеров знаков или с помощью светлоты (насыщенности цвета) (см. рис. 1).

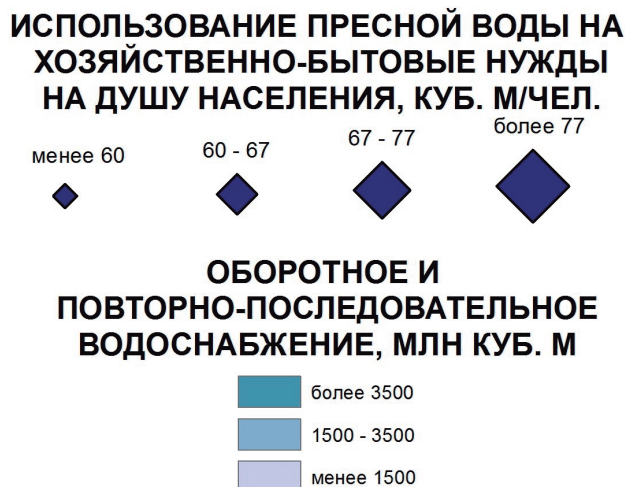


Рис. 1. Фрагмент легенды карты воздействия на водные объекты

Такие карты ориентированы на пользователей, которых может интересовать отдельная сторона состояния окружающей среды и мер по её охране, по ним можно делать некоторые выводы о пространственном распределении антропогенного воздействия. Например, в центральных субъектах наблюдаются максимальные суммарные выбросы веществ в атмосферу, при этом в этих же регионах доля уловленных веществ также наибольшая. В структуре выбросов в атмосферу в Москве и области преобладают выбросы передвижных источников, что можно связать с плотностью населения и активным использованием автотранспорта; в Липецкой области преобладают выбросы стационарных источников, ведущую роль среди которых может играть металлургический комбинат. При этом и в Липецкой области и в Москве доля уловленных и обезвреженных выбросов превышает 55%.

На основе типизации регионов, выполненной для карт антропогенного воздействия по отдельным компонентам, была разработана легенда основной карты. Показатели разделяются на группы: воздействие на атмосферу, на земли, на водные объекты, обращение с отходами. Для каждого региона показателям присваивается ранг по их принадлежности к интервалу, выделенному для карты воздействия по компонентам.

Суммарный балл (ранг) для каждого субъекта вычисляется суммированием средних значений показателей в группе:

$$\text{Суммарный балл субъекта} = \frac{\sum \text{Атм.}}{n_{\text{Атм.}}} + \frac{\sum \text{Зем.}}{n_{\text{Зем.}}} + \frac{\sum \text{Отх.}}{n_{\text{Отх.}}} + \frac{\sum \text{Вода}}{n_{\text{Вода}}},$$

где $\sum \text{Атм.}$ — сумма значений показателей в группе воздействия на атмосферу, $n_{\text{Атм.}}$ — количество показателей в группе воздействия на атмосферу, Зем. — воздействие на земли, Отх. — обращение с отходами, Вода — воздействие на водные объекты.

На основе суммарного балла выделены три типа субъектов по общему уровню антропогенного воздействия на регион: относительно высокий уровень — суммарный балл выше среднего по ЦФО; средний — суммарный балл с точностью до целого равен среднему по ЦФО; относительно низкий — суммарный балл ниже среднего по ЦФО.

Многокомпонентность картографируемых явлений и относительно сложная типизация требует разработки различных вариантов оформления обобщающего картографического произведения (см. таблица 2).

Первый вариант, показывающий суммарное антропогенное воздействие на субъекты и его ведущие факторы, демонстрирует, что регионы, отличающиеся относительно низкими значениями антропогенного воздействия, располагаются на западе и на востоке округа и оттянуты к его границам. На юге выделяется группа субъектов с относительно высокими показателями антропогенного воздействия, ведущим фактором которого является обычно обращение с отходами. С движением на север влияние этого фактора как ведущего сокращается. На западе основным фактором является воздействие на земли; в северо-восточных и смежных с юга с Московской областью регионов — на водные объекты.

Из второго варианта, отображающего суммарное антропогенное воздействие и его структуру по компонентам, видно, что в западных субъектах воздействие на атмосферу играет наименьшую роль в структуре антропогенного воздействия, а в Москве, Тверской и Владимирской областях — значительную (см. рис. 2). Причиной относительно высокого антропогенного воздействия на южные регионы является совокупное влияние факторов. Средний уровень суммарного антропогенного воздействия характеризуется относительно низкими значениями одного из факторов.

Таблица 2.

Варианты обзорных карт

№	Название	Тематическое содержание	Средство изображения
1	Уровень антропогенного воздействия и ведущие факторы	уровень антропогенного воздействия	заливка
		ведущие факторы антропогенного воздействия	геометрические фигуры различного цвета
2	Структура факторов антропогенного воздействия	уровень антропогенного воздействия	заливка
		ранжированные факторы этого воздействия	геометрические фигуры различного цвета, размер которых меняется в зависимости от ранга: 1 — ниже среднего, 2 — среднее, 3 — выше среднего
3	Уровень антропогенного воздействия и классы ведущих факторов	уровень антропогенного воздействия с классами по ведущим факторам этого воздействия	заливка
4	Структура ведущих факторов антропогенного воздействия	ведущие факторы с классами по уровню антропогенного воздействия	заливка

Третий вариант, показывает структуру ведущих факторов для каждого региона, исходя из принадлежности к определенному типу по уровню антропогенного воздействия.

Четвёртый вариант на основе наборов ведущих факторов для регионов отображает субъекты с разным уровнем суммарного антропогенного воздействия (см. рис. 3). Ин-

интересно, что каждый набор ведущих факторов встречается как минимум в двух регионах с разным суммарным уровнем воздействия. При этом такие регионы не всегда расположены компактно: в случаях, если они располагаются близко, можно предположить, что на структуру ведущих факторов основное влияние может оказывать природная составляющая. На юге преобладает воздействие обращения с отходами; на севере отмечается возрастание влияния на водные объекты и земли.



Рис. 2. Легенда для тематического содержания карты структуры факторов антропогенного воздействия (вариант №2)

ВЕДУЩИЕ ФАКТОРЫ		УРОВЕНЬ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ		
		относительно низкий	средний	относительно высокий
ВОЗДЕЙСТВИЕ	на земли			
	на водные объекты			
	обращение с отходами			
	на атмосферу			
	на земли, на водные объекты			
	на атмосферу, обращение с отходами, на водные объекты			

Рис. 3. Легенда для тематического содержания карты структуры ведущих факторов антропогенного воздействия (вариант №4)

Полученная серия карт позволяют подробно изучить антропогенное воздействие на регионы ЦФО. Например, Рязанская область отличается примерно равными выбросами в атмосферу стационарных и передвижных источников, которые суммарно выбрасывают 200–300 тыс. т веществ, при этом более 55 % выбросов улавливаются и обезвреживаются. В землю в данном регионе вносится относительно мало удобрений: менее 1 т/га органических удобрений и 30–60 кг действующего вещества/га минеральных удобрений. Химических веществ вносится относительно много — более 4 кг/га, около 75% от которых составляют фунгициды. Из природных водных объектов забирается 200–1400 млн куб. м. пресной воды, более 50% которой из поверхностных вод; пресной воды на хозяйственно-бытовые нужды приходится 60–67 куб. м/чел.; оборотное и повторно-последовательное водоснабжение составляет 1500–3500 млн куб. м. Эти показатели являются средними для ЦФО. В обращении с отходами преобладает размещение, а не использование и обезвреживание, объём их образования относительно низкий, наблюдается отрицательный баланс отходов. При ВВП менее 150 млрд руб. — относительно низкий показатель — природоохранные расходы составляют 1–2 млрд руб., что также относительно мало. Около 75% этой суммы расходуется на охрану вод и земель. При пересчёте на душу населения показатели ВВП и природоохранных расходов являются средними.

По карте структуры факторов антропогенного воздействия (вариант №2) видно, что при общем относительно низком уровне антропогенного воздействия наибольшее влияние оказывается на водные объекты и воздух. Карта структуры ведущих факторов антропогенного воздействия показывает, что ведущим является фактор воздействия на водные объекты, а аналогичную структуру воздействия имеют Калужская и Ивановская области с относительно низким уровнем антропогенного воздействия и Костромская область со средним уровнем.

Результаты и выводы

Полученные карты позволяют получить представление об антропогенном воздействии на территорию, которое во многом определяет экологическое состояние территории. Различные варианты представления результатов акцентируют внимание на разных сторонах картографируемого явления, что позволяет сравнить регионы по уровню антропогенного воздействия, обнаружить географические особенности и взаимосвязи, более детально изучить отдельные стороны деятельности человека.

Наиболее информативными являются второй и четвёртый вариант обзорной карты. Каждая из этих обзорных карт совместно с картами воздействия по компонентам сведена в единый файл формата PDF с возможностью интерактивного перехода к картам антропогенного воздействия по компонентам по щелчку на соответствующей позиции легенды обзорной карты и обратно. Карты ориентированы на широкий круг потребителей и размещены по адресу <https://yadi.sk/d/LC48YcEh3MMiQ7>.

Важным результатом предварительного этапа является ведомость открытых источников данных об антропогенном воздействии и экологическом состоянии территорий. Она также содержит подробную информацию о показателях, содержащихся в этих источниках.

Перспективными проблемами работы являются автоматизация процесса объединения и форматирования исходных данных; совершенствование методики ранжирования регионов с привлечением данных других годов; создание серий карт, описывающих изменения состояния регионов по годам; объединение административно-территориального и геосистемного подхода к эколого-географическим исследованиям средствами геоинформационного картографирования.

Список литературы

- [1] *Берлянт А. М.* Картография: Учебник для вузов. — М.: Аспект Пресс, 2002. — 336 с.
- [2] *Бугаевский Л. М.* Математическая картография: Учебник для вузов. — М.: 1998. — 400 с.: ил.
- [3] Комплексное экологическое картографирование (Географический аспект) / Под ред. Н. С. Касимова: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 147 с.: ил.
- [4] *Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. А.* Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. Изд. 4-е испр. и доп. Учебник для студентов географических факультетов университетов. М., «Мысль», 1976. — 448 с.
- [5] *Ротанова И. Н.* Российское экологическое картографирование на рубеже веков: анализ основных направлений и подходов и опыта // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2006. №-2 С.193—197.
- [6] *Серапинас Б. Б.* Математическая картография: Учебник для вузов. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 336 с.
- [7] Социально-экологическая напряжённость // Национальный атлас России. Том 2. Состояние окружающей среды [Электронный ресурс]. URL: <http://национальныйатлас.рф/cd2/452/452.html> (дата обращения 14.04.2017)
- [8] Стратегия социально-экономического развития ЦФО на период до 2020 года Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 сентября 2011 г. №1540-р
- [9] Федеральные округа России. Региональная экономика : учебное пособие / коллектив авторов ; под ред. В. Г. Глушковой Ю. А. Симагина. — 3-е. изд., перераб и доп. — М.: КНОРУС, 2013. — 360 с. — (Бакалавриат)
- [10] Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2016 года / Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ). — М.: РОССТАТ, 2016. — 581 с.
- [11] Числовые и картографические данные о состоянии окружающей среды: [сайт]. URL: <http://ecogosdoklad.ru/ecodata/default.aspx> (дата обращения 14.12.2016)
- [12] Эколого-географическое картографирование: учеб. пособие / Е.А. Божилина, Т.Г. Сваткова, С.В. Чистов; МГУ им. М.В. Ломоносова. Геогр. фак. — Москва : Издательство МГУ, 1999. — 84 с.

References

- [1] *Berlyant A. M.* Kartografiya: Uchebnik dlya vuzov. — M.: Aspekt Press, 2002. — 336 s.
- [2] *Bugaevskij L. M.* Matematicheskaya kartografiya: Uchebnik dlya vuzov. — M.: 1998. — 400 s.: il.
- [3] *Kompleksnoe ehkologicheskoe kartografirovanie (Geograficheskij aspekt) / Pod red. N. S. Kasimova: Ucheb. posobie. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1997. 147 s.: il.*
- [4] *Mil'kov F. N., Gvozdeckij N. A.* Fizicheskaya geografiya SSSR. Obshchij obzor. Evropejskaya chast' SSSR. Kavkaz. Izd. 4-e ispr. i dop. Uchebnik dlya studentov geograficheskikh fakul'tetov universitetov. M., «Mysl'», 1976. — 448 s.
- [5] *Rotanova I. N.* Rossijskoe ehkologicheskoe kartografirovanie na rubezhe vekov: analiz osnovnyh napravlenij i podhodov i opyta // Interehkspo Geo-Sibir'. 2006. №-2 S.193—197.
- [6] *Serapinas B. B.* Matematicheskaya kartografiya: Uchebnik dlya vuzov. — M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2005. — 336 s.
- [7] Social'no-ehkologicheskaya napryazhyonnost' // Nacional'nyj atlas Rossii. Tom 2. Sostoyanie okruzhayushchej sredy [EHlektronnyj resurs]. URL: <http://nacional'nyjatlas.rf/cd2/452/452.html> (data obrashcheniya 14.04.2017)
- [8] Strategiya social'no-ehkonomicheskogo razvitiya CFO na period do 2020 goda Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 6 sentyabrya 2011 g. №1540-r
- [9] Federal'nye okruga Rossii. Regional'naya ehkonomika : uchebnoe posobie / kolektiv avtorov ; pod red. V. G. Glushkovoji YU. A. Simagina. — 3-e. izd., pererab i dop. — M.: KNORUS, 2013. — 360 s. — (Bakalavriat)
- [10] Chislennost' naseleniya Rossijskoj Federacii po municipal'nym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2016 goda / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (ROSSTAT). — M.: ROSSTAT, 2016. — 581 s.

-
- [11] Chislovye i kartograficheskie dannye o sostoyanii okruzhayushchej sredy: [sait]. URL: <http://ecogosedoklad.ru/ecodata/default.aspx> (data obrashcheniya 14.12.2016)
- [12] Ehkologo-geograficheskoe kartografirovanie: ucheb. posobie / E.A. Bozhilina, T.G. Svatkova, S.V. CHistov; MGU im. M.V. Lomonosova. Geogr. fak. — Moskva : Izdatel'stvo MGU, 1999. — 84 s.

Авторы

Титов Г. С. — студент 4-го курса кафедры картографии и геоинформатики.

Прасолова А. И. — доцент кафедры картографии и геоинформатики, кандидат географических наук.

Authors

Titov G. S. — student of the 4th year of the Department of Cartography and Geoinformatics.

Prasolova A. I. — Associate Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Candidate of Geographical Sciences.