ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 528.8:551.482.6

В.И. Кравцова[1]

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

По дистанционным данным с использованием космических снимков сверхвысокого разрешения впервые составлена карта природных и антропогенных геосистем дельты Дуная. Анализ карты показал, что территория дельты активно используется в интересах сельского, рыбного, водного, лесного хозяйства, для производства промышленного сырья. Антропогенные геосистемы занимают 35,8% территории дельты, имеется потенциал для дальнейшего расширения ее хозяйственного использования. Предложена оригинальная методика тематического картографирования на основе снимков системы GoogleEarth.

Ключевые слова: карта, динамика, природные системы, антропогенное воздействие, спутниковые снимки

Введение. При исследованиях формирования дельт и их динамики сейчас, в век сильных природных колебаний, в частности климатических, и интенсивного антропогенного воздействия, необходим учет обоих этих факторов. Колебания климата меняют режим и количество осадков в бассейне реки, изменяется уровень моря как приемного водоема, его ветро-волновой режим. Многообразно проявление антропогенного воздействия – сведение лесов и сельскохозяйственное освоение территории бассейна ведет к развитию эрозионных процессов и увеличению стока наносов; строительство водохранилищ уменьшает объем твердого стока, изменяет режим заливания территории дельты; в интересах судоходства человек спрямляет извилины русел, меняет направление стока, что вызывает отмирание одних рукавов дельты и активизацию других [Михайлов, 1997].

В исследованиях динамики дельт рек, проведенных на географическом факультете МГУ лабораторией аэрокосмических методов и кафедрой гидрологии суши в последние годы, по космическим снимкам изучены различные аспекты естественной динамики дельт, в особенности влияние колебаний уровня Каспийского моря на динамику дельт Урала, Терека, Сулака, Куры [Устья …, 2013]; рассмотрены также изменения дельт в связи с антропогенным воздействием, в частности, влияние водохранилищ на режим затопления дельты р. Замбези, вызвавшее аридизацию ландшафтов [Кравцова, Михайлов, 2014]; изменения дельты р. Хуанхэ в связи с резким уменьшением твердого стока из-за работы водохранилищ и масштабных противоэрозионных мероприятий в бассейне реки; воздействие неоднократного антропогенного изменения направления стока на формирование дельты Хуанхэ, размыв старых лопастей дельты и образование новых [Кравцова, Инюшин, 2016].

Цикл выполненных исследований динамики дельт по космическим снимкам охватывает и дельту Дуная – одну из крупнейших дельт мира (третью по величине в Европе). Мониторинг изменений этой дельты выполнялся на основе анализа карт ее состояния на разные годы и составления карт динамики дельты, начиная с середины XIX в., для чего проведено сравнение впервые появившихся космических снимков 1970-х годов со старыми картами Корпуса военных топографов [Кравцова, Ушакова, Чекалина, 1979]. Для конца XX в. выполнено сопоставление разновременных космических снимков 1970–1980-х годов [Ефремова, Кравцова, 1981], и далее до 2002 г. [Михайлов с соавт., 2004]. При продолжении такого мониторинга на начало XXI в. для этого района, где в последние десятилетия не было существенных внешних воздействий катастрофического характера, но активизировалось хозяйственное использование территории дельты, представляется очень важным учет хозяйственного освоения дельты и преобразование в связи с этим природных геосистем. Поэтому поставлена задача – при продолжении мониторинга состояния дельты проанализировать по космическим снимкам характер хозяйственного освоения территории и выявить степень трансформации природных ландшафтов, составив карту природных и антропогенных геосистем. Появление в 2000-х годах доступных исследователям космических снимков высокого разрешения, включенных в информационные системы и сервисы типа GoogleEarth, с одной стороны, делает эту цель реально достижимой, а с другой – дополнительно ставит задачу разработки методики использования таких снимков в тематическом картографировании.

Характеристика района исследований. Дунай – важнейшая река Европы, главная транспортная артерия ее центральной и южной частей. Длина реки

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, вед. науч. с., докт. геогр. н.; *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

примерно 2860 км, что ставит ее в Европе на второе место после Волги. Площадь бассейна 817 тыс. км^2. Дунай образует в своем устье третью по размерам дельту в Европе (после Волги и Терека) площадью примерно 4200 км^2. Территория дельты принадлежит Румынии – 80%, Украине – 20%. Дельту формируют два основных рукава – Килийский и Тульчинский. Последний, в свою очередь, делится на Сулинский и Георгиевский рукава, а Килийский рукав в нижней части делится на Очаковский и Старостамбульский (рис. 1). Граница дельты на севере начинается около села Приморское, проходит по берегам озер Катлабух, Кугурлуй и Китай до вершины дельты – места разветвления реки на Килийский и Тульчинский рукава, а далее устремляется на юг вдоль склона плато Добруджа и по берегу озера-лагуны Разельм выходит к Черному морю.

Дельта Дуная начала формироваться примерно 5–6 тыс. лет назад в лагуне, которая была отгорожена от моря пересыпью и заполнена речными наносами [Гидрология …, 1963; Гидрология …, 2004]. Выделяющиеся в ее рельефе древние песчаные морские гряды (гринду) – Жебриянская, Летя, Караорман, Сэрэтуриле, Красникол – являются элементами пересыпей и кос, некогда блокировавших залив-лагуну или сформировавшихся на морском крае древней дельты; они отделяют внутреннюю, «речную» часть дельты, переувлажненную депрессию с плавнями, болотами и густой сетью небольших озер. Веера бывших морских кос выходят на внешнюю, «морскую» часть дельты, менее обводненную, также с плавнями, но с редкой сетью крупных озер, и с пляжами, дюнами и косами вдоль современного морского края дельты. Разделение дельты на речную и морскую части [Петреску, 1963] поддерживается многими исследователями, хотя однозначного объяснения вопросов формирования основных геоморфологических элементов нет [Зенкович, 1956]. В дельте выделяются также остаточные коренные гряды Килийская и Стипок.

Дунай находится на втором месте в Европе (после Волги) по объему стока воды, который в среднем чуть превышает 200 км^3/год. В настоящее время Килийский рукав берет на себя 52% стока воды Дуная, а на Сулинский и Георгиевский приходится 20 и 26% соответственно. Дунай значительно опережает все реки Европы по количеству стока наносов, которое в XX в. составляло 60 млн т в год, однако в последние десятилетия сократилось до 30–40 млн т в год [Гидрология …, 2004].

Рис. 1. Район исследования – дельта Дуная. Белым тоном выделена площадь дельты

Fig. 1. Study area – the Danube River delta. The delta area is shown in white

Расположенная в зоне умеренного континентального климата с среднегодовыми температурами в Вилково 11°С (июля 22°С, января –1°С) и среднегодовым количеством осадков 450 мм, дельта Дуная характеризуется значительным биоразнообразием. Благодаря теплому и мягкому климату, обилию увлажнения и богатым почвам дельта имеет пышную и разнообразную растительность – подводную, надводную, плавневую и наземную. Огромную площадь занимает плавневая растительность – здесь находится крупнейший в мире ареал тростника. Наземная растительность, там, где она не заменена сельскохозяйственными культурами, представлена лиственными лесами – редкостойными дубовыми лесами на песчаных грядах, прирусловыми лесами из белого тополя и ивы.

Дельта Дуная активно освоена человеком, поскольку расположена на стыке морских и речных путей, имеет благоприятные природно-климатические условия и богата ресурсами. Наиболее развитые отрасли хозяйства это – сельское хозяйство, судоходство, рыбное хозяйство, выращивание и заготовка тростника, рекреация.

Материалы и методы исследований. В качестве основы для составления карты природных и антропогенных геосистем дельты Дуная служили снимки со спутника Landsat-8, которые при разрешении 30 м (а в панхроматическом канале 15 м) и при наличии 10 спектральных каналов хорошо отображают основную сеть природных контуров и участки различного хозяйственного использования. Однако определение

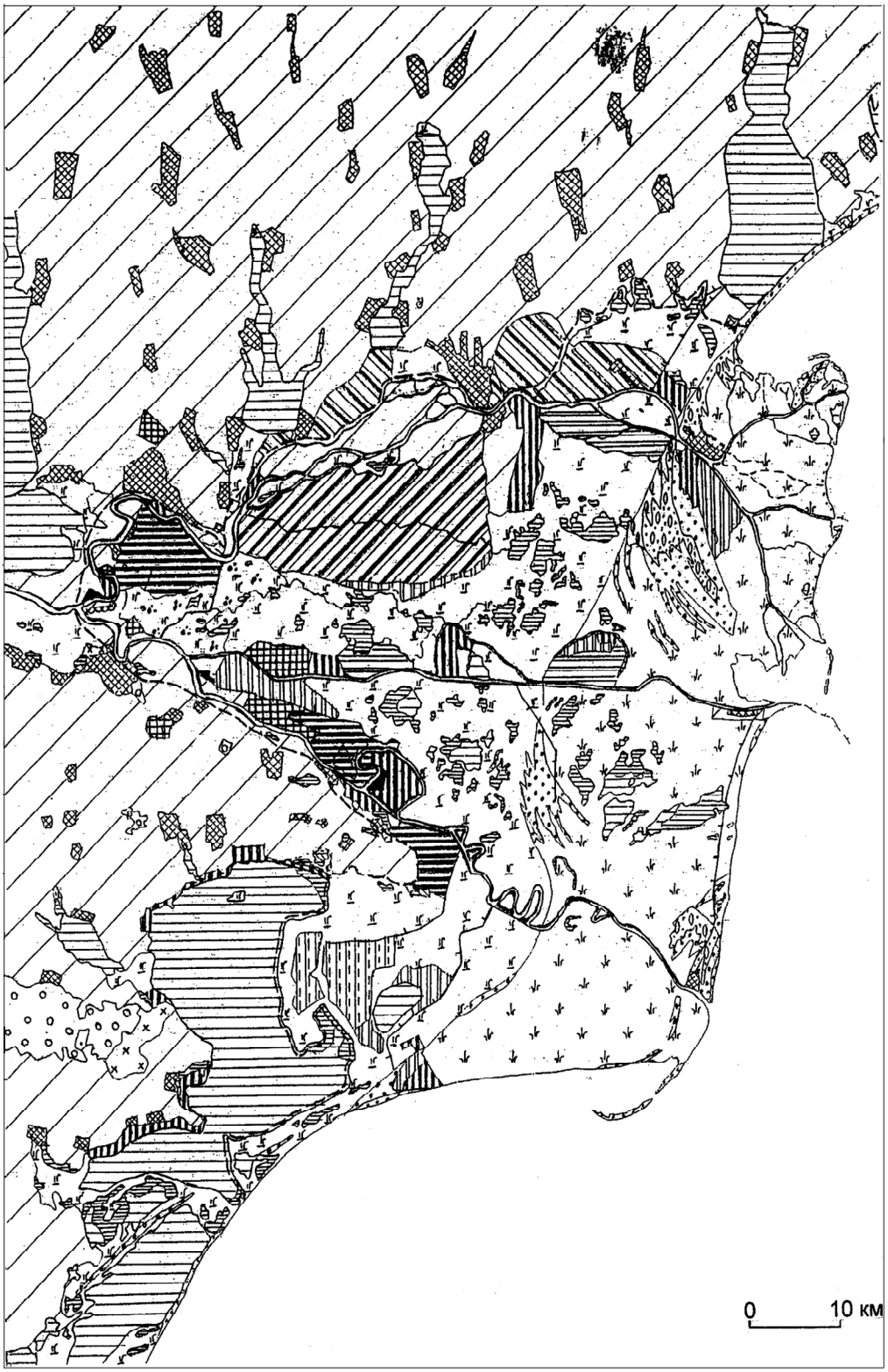
конкретного вида хозяйственной деятельности требует перехода к более детальным снимкам, что сейчас возможно при использовании информационной системы GoogleEarth, в которую в последние годы включены снимки сверхвысокого разрешения (1 м и лучше) со спутников QuickBird, GeoEye и др. Переход к наблюдению таких изображений в крупных масштабах 1:2000–1:10 000 обеспечивает распознавание различных типов хозяйственной деятельности. Результаты распознавательного дешифрирования таких детальных изображений необходимо было зафиксировать на обзорной результирующей карте масштаба 1:500 000, и в качестве основы для такой фиксации послужили снимки Landsat-8, на которых выявляются границы основных природных контуров и хозяйственных объектов. Таким образом, использовался метод распознавательного дешифрирования снимков высокого разрешения для определения типа объектов с последующей картографической фиксацией результатов дешифрирования на обзорном снимке. Этот новаторский подход представляется важным для географов и развивается нами в отношении различных видов тематического космического картографирования. В результате составлена карта, легенда которой для основных типов объектов дельты (гидрографические объекты, тростниковые плавни, пески, леса, сельскохозяйственные земли) характеризует их природные и антропогенные вариации. Карта (рис. 2) дает характеристику как природных геосистем дельты, так и их антропогенного преобразования, а ее сравнение с картографическими материалами и снимками прошлых лет позволяет выявить основные изменения в хозяйственном использовании территории.

Результаты исследований и их обсуждение. В процессе предшествующих исследований динамики дельты по космическим снимкам разных лет на них уже проявлялись изменения в хозяйственном освоении дельты. Судя по картам конца XIX в., вся площадь дельты представляла собой в разной степени обводненные тростниковые плавни, среди которых выделялись сухие острова из песчаных гряд; на грядах были расположены отдельные села и хутора, соединенные дорогами, идущими по песчаным валам. Вблизи сел и хуторов размещались огороды и бахчи, но главным видом деятельности было рыболовство. Во второй половине XX в. к традиционному сельскохозяйственному и рыбохозяйственному использованию дельты в ее румынской части началась промышленная заготовка тростника, созданы хозяйства по его выращиванию, и 1960–1970-е годы были названы «тростниковым периодом» [Гидрология …, 2004]. В это время началось также интенсивное сельскохозяйственное освоение северной советской части дельты под рисосеяние. В 1970–1980-е годы большие площади дельты были обвалованы для рыбохозяйственного использования, в частности, плавни восточнее оз. Разельм («рыбный период»). В 1980–1990-е годы проведено масштабное осушение плавней северной румынской части дельты, в районе депрессии Пардина созданы обвалованные польдеры для сельскохозяйственного использования. Однако западную часть этих польдеров вблизи вершины дельты оказалось целесообразным использовать для выращивания и промышленной заготовки тростника, восстановив естественные условия обводнения. В результате современное хозяйственное использование территории дельты оказывается весьма разнообразным, что хорошо отражено на составленной нами карте природных и антропогенных геосистем дельты.

Большую часть дельты все еще занимают естественные ландшафты – тростниковые плавни с густой сетью плавневых озер и песчаные гряды на месте древних береговых валов и кос, частично покрытые лесами. Однако, значительная часть внутренней дельты охвачена антропогенными преобразованиями, отраженными на карте.

Наиболее масштабно осушение плавней северной части дельты для сельскохозяйственного использования. Оно предусматривает обвалование территории и создание осушительной (а при необходимости и оросительной) сети. В 1970-х годах на левом берегу Килийского рукава в его нижнем течении на тогда советской территории созданы Килийская и Лисковская рисовые системы (южнее Жебриановского лимана). В 1980-х годах в румынской части дельты предпринято осушение озер и плавней на правом берегу Килийского рукава в его средней части – в депрессии Пардина, и к 1990-м годам здесь уже существовал крупный массив сельскохозяйственных полей, функционирующих и теперь. Поскольку при осушении депрессии Пардина сточные воды направлялись на юг, в депрессию Шонтя-Фуртуна, и вызвали ее переувлажнение, то в этом районе плавней дельты проведена мелиорация; сеть мелиоративных каналов видна на снимках высокого разрешения. Другие, меньшие по площади участки сельскохозяйственных земель в дельте располагаются на обвалованных землях вблизи населенных пунктов – по обоим берегам Килийского рукава выше Измаила, по берегам Тульчинского и Георгиевского рукавов в районе Тульчи, по правому берегу Килийского и Старостамбульского рукавов напротив Вилково.

Значительные площади в дельте занимают территории, подготовленные для создания рыбохозяйственных объектов. Они представляют собой участки плавней разного размера и конфигурации (шириной 500–700 м), разделенные прямолинейными дамбами и каналами (шириной 5–10 м, а магистральные каналы 20–30 м), в совокупности образующие единые массивы площадью 2–3 км^2. На краю такого массива обычно имеется небольшой участок с системой строго прямоугольных разделенных дамбами небольших водоемов, размером 50×100 м каждый – рыбопитомников для выращивания рыбной молоди, выпускаемой в последующем для нагула в крупные пруды. Такие рыбохозяйственные объекты отдешифрированы в северной части дельты в районе Вилково (по восточному берегу канала Дунай–Буг южнее Жебриановского лимана и на ле-


0 10 км
А I 1 2 3 4 II 5 6 III 7 8 9
Б 10 11 12 13 14 В 15 16 17 18
Г 19 20 21 22 Д 23 24 25
Е 26 27 Ж 28

вом берегу Килийского рукава южнее Вилково) и южнее Килии (вдоль восточного уступа Килийской гряды), а также в крайней южной части дельты восточнее озера Разельм. В центральной части дельты также выявляется несколько таких участков, с подготовленными, но пока не заполненными водой водоемами. Они расположены вдоль обоих берегов Сулинского рукава и по левому берегу Георгиевского рукава. В то же время обширные, разделенные дамбами водоемы восточнее озера Разельм, функционировавшие в 1970–1990-е годы, видимо, перестали использоваться, на их месте уже в 2002 г. были видны лишь небольшие остаточные озерки; частично обсохла и котловина сократившегося по площади озера Дранов.

Важный вид хозяйственного использования дельты – выращивание и заготовка тростника, главным образом в качестве сырья для целлюлозного завода в г. Браила. По снимкам выделяется несколько таких участков, самый большой (около 50 км^2) на правом берегу Килийского рукава напротив г. Измаила, как раз там, где вначале предполагалось создать сельскохозяйственные польдеры. Другой участок расположен на левом берегу Георгиевского рукава в 15 км ниже его истока, третий на правом берегу этого рукава у подножия выступа плато Добруджа, ограничивающего дельту. Таким образом, все они привязаны территориально к берегам крупных рукавов, что обеспечивает транспортировку заготовленного материала. Их изображение на снимках отличается от земледельческих полей. Для тростниковых хозяйств характерна строгая прямолинейная планировка: участки одинаковой ширины (350–400 м) имеют большую протяженность (1200–1600 м), разделены узкими каналами (3–4 м) и ориентированы преимущественно ортогонально к берегам рукавов (обычно это соответствует направлению север–юг). Чередование делянок разного цвета (зеленых и бурых) соответствует технологическому циклу выращивания. Для создания благоприятных условий роста в период вегетации на обвалованных участках с помощью насосных станций поддерживается слой воды 1,5–2 м, а во время механизированной уборки вода сбрасывается за пределы обвалованных участков. Делянки с вегетирующим тростником изображаются зеленым цветом, а со срезанным – бурым, что и позволяет надежно определять этот вид использования плавней по снимкам. Кроме функционирующих участков выращивания и заготовки тростника, по снимку выделяются площади, подготавливаемые для такого использования, где разбита сеть узких -мелиоративных каналов, разделяющих территорию на будущие делянки с такими же параметрами, как используемые. Они расположены по левому берегу Сулинского рукава, а также на островах второй внутренней дельты Килийского рукава. Однако скашивание тростника в дельте Дуная проводится не только на специально подготовленных территориях, но и произвольно. Значительные по площади участки скошенного тростника наблю-

Рис. 2. Карта природных и антропогенных геосистем дельты Дуная. Обозначения: А – гидрографическая сеть: I – водотоки: 1 – действующие рукава дельты; 2 – отмершие рукава; 3 – внутридельтовые водотоки плавневой зоны; 4 – каналы; II – озера: 5 – с чистой водой; 6 – с водой повышенной мутности; III – рыбохозяйственные водоемы: 7 – действующие (рыбные хозяйства); 8 – подготавливаемые (участки плавней, подготавливаемые для рыбохозяйственного использования), 9 – заброшенные (участки плавней повышенного обводнения на месте заброшенных рыбохозяйственных водоемов); Б – тростниковые плавни: 10 –морской части дельты на песчаных грядах и в избыточно обводненных межгрядовых ложбинах, с разреженной сетью крупных озер; 11 – речной части дельты, избыточно обводненные, с густой сетью крупных и малых озер; 12 –вершины дельты, закустаренные; 13 – участки плавней с сетью мелиоративных каналов, подготавливаемые для заготовки тростника; 14 – плантации по выращиванию и заготовке тростника; В – пески: 15 – пляжи береговой зоны, аккумулятивные косы, береговые валы; 16 – наносы песков на приустьевых участках рукавов, слабо освоенные растительностью; 17 – серии песчаных гряд – реликтовых береговых валов и кос – подверженных эоловой переработке и осложненных дюнным рельефом, лишенные растительности, 18 – серии песчаных гряд, частично освоенных дубово-тополевым редколесьем; Г – леса: 19 – дубовые на водораздельных участках плато; 20 – дубово-тополевые на песчаных грядах реликтовых кос в дельте; 21 – ивовые на прирусловых валах; 22 – искусственные посадки леса, лесопитомники; Д – сельскохозяйственные поля: 23 – массивы полей преимущественно богарного земледелия на прилегающих к дельте территориях, 24 – массивы полей на осушенных землях дельты (польдеры), 25 – рисовые плантации на осушенных землях дельты и прилегающих территорий; Е – селитебные и промышленные объекты: 26 – города и сельские населенные пункты; 27 – промзоны, карьеры, военные полигоны; Ж – внутренние (сухопутные) границы дельты (28)

Fig. 2. Map of natural and anthropogenic geosystems of the Danube River delta. Legend: A – hydrographic network: I – watercourses: 1 – active branches of the delta; 2 – dead branches; 3 – inner delta watercourses in the plavni zone; 4 – channels; II – lakes: 5 – with clear water; 6 – with highly turbid water; III – fishery reservoirs: 7 – operating (fish farms); 8 – under preparation (plavni areas being prepared for fishery), 9 – abandoned (inundated plavni areas in the place of abandoned fishery reservoirs); Б – reed marshes: 10 – sea part of the delta on sandy ridges and in excessively watered troughs between the ridges, with rare large lakes; 11 – river part of the delta, excessively flooded, with a dense network of large and small lakes; 12 – delta top, with bushes; 13 – areas of plavni with a network of amelioration canals prepared for reed harvesting; 14 – plantations for reed cultivation and harvesting; B – sands: 15 – coastal beaches, accumulative spits, coastal ridges; 16 – sand deposits on the mouth areas of the branches, poorly vegetated; 17 – series of sand ridges (relict coastal beaches and spits) subject to aeolian processing with dune relief, without vegetation; 18 – series of sandy ridges, partially covered with oak-poplar woodlands; Г – forests: 19 – oak, on the watershed plateau; 20 – oak-poplar, on sand ridges of relict spits in the delta; 21 – willow, on the near-river ridge; 22 – artificial forest plantations, tree nurseries; Д – agricultural fields: 23 – of predominantly rainfed agriculture in the territories adjacent to the delta, 24 – on the drained lands of the delta (polders), 25 – rice plantations on the drained lands of the delta and adjacent territories; E – residential and industrial facilities: 26 – cities and rural settlements; 27 – industrial zones, quarries, military training areas; Ж – internal (land) delta boundaries (28)

дались в Килийской дельте по снимкам 1991, 2002 гг. между рукавами Восточный и Быстрый, Очаковский и Полуденный, Акундинов и Песчаный, а также в крайней южной части дельты.

Контрастно по отношению к тростниково-плавневой дельте выглядят леса на песчаных грядах. Они характерны для северной части дельты, где обширную площадь занимает веер гряд Летя. Вдоль гряд с развеваемыми дюнными песками вытянуты узкие полосы редкостойных лесов в понижениях между грядами, а с западной подветренной тыловой части веера Летя, у древнего берегового вала, есть и полосы сомкнутых лесов. Веер песчаных гряд в южной части дельты – Сэрэтуриле – значительно менее облесен, а гряды Караорман в центре дельты почти полностью безлесны. Узкие полосы ивовых лесов идут по прирусловым валам вдоль главных рукавов дельты: они протягиваются по обоим берегам Килийского и Тульчинского рукавов в районе их разделения, вдоль Георгиевского рукава, а также в излучинах его теперь спрямленных меандр. Разрозненные пятна древесно-кустарниковой растительности характерны также для зоны плавней верхней части дельты на участке между Тульчинским рукавом и протокой, идущей от Килийского рукава на восток.

Однако кроме естественной древесной растительности в дельте удалось отдешифрировать участки лесопосадок – лесопитомники, где на четко распланированных делянках видны ровные ряды насаждений разной высоты и возраста, распознаваемых по снимкам высокого разрешения. Один из лесопитомников находится на левом берегу Сулинского рукава в 5 км ниже по течению от его развилки с Георгиевским, а второй на левом берегу Георгиевского рукава в 8 км ниже той же развилки. Участки занимают площадь по 10–15 км^2, она не изменилась с 1990 г.

Такой важный вид хозяйственного использования дельты, как судоходство, в меньшей мере отображается на космических снимках, и при обзорном картографировании мы ограничились показом на карте лишь основных направляющих дамб в устьях рукавов Сулинского и Быстрого. Важнейшие для судоходства работы по спрямлению русел нашли косвенное отражение на карте, где показаны старичные озера по левому берегу Сулинского рукава на месте излучин, спрямленных еще в XIX в. Для Георгиевского рукава карта отражает современный этап спрямления русла, когда уже созданы и действуют спрямляющие каналы, но еще продолжают функционировать отсеченные ими излучины.

Распределение по площади основных природных и антропогенных геосистем дельты Дуная (в скобках указаны номера геосистем в соответствии с легендой карты)

Природные геосистемы	Площадь, км^2	Доля от площади дельты, %	Антропогенные геосистемы	Площадь, км^2	Доля от площади дельты, %
			Водоемы		
Озера (5, 6)	156,62	3,3	Водоемы рыбных хозяйств: Действующих (7) Подготавливаемых (8) Заброшенных (9)	 133,89 104,7 67,23	 2,9 1,6 1,4
			Тростниковые плавни		
Тростниковые плавни морской и речной частей дельты (10, 11, 12)	2451,12	52,5	Плантации выращивания и заготовки тростника: Действующие (14) Подготавливаемые (13)	 140,53 91,2	 3 2
			Леса		
Леса на песчаных грядах реликтовых кос (20), прирусловые леса (21)	22,62	0,5	Лесопитомники (22)	48,02	1
			Пески		
Пляжи береговой зоны, песчаные гряды реликтовых береговых валов и кос (15, 16, 17, 18)	208,31	4,5	–		
			Сельскохозяйственные поля		
–	–	–	Поля на обвалованных (23) и осушенных (24) землях дельты, рисовые системы (25)	988,19	21,2
			Селитебные территории		
–			Города и поселки (26)	100,18	2,1
Все природные геосистемы в целом	**2838,67**	**60,8**	**Все антропогенные геосистемы в целом**	**1673,94**	**35,8**

Примечание. Площади водотоков (3,4% от площади дельты) в таблицу не включены.

Картометрический анализ составленной по современным космическим снимкам карты природных и антропогенных геосистем дельты Дуная, результаты которого представлены в **табл.**, показывает, что природные геосистемы – водотоки дельты, тростниковые плавни с озерами, пески, прирусловые и дюнные леса – в настоящее время занимают 60,8% территории дельты, а 35,8% приходится на антропогенно преобразованные системы и хозяйственные объекты – сельскохозяйственные поля (в том числе рисовые плантации и поля, созданные на месте осушенных плавней, 21,2%); рыбные хозяйства (5,9%), включая как действующие (2,9%), так и территории, подготавливаемые для рыбохозяйственного использования (1,6%), а также заброшенные водоемы рыбных хозяйств (1,4%); хозяйства по выращиванию и заготовке тростника (5%), включая как действующие (3%), так и подготавливаемые для этих целей участки плавней (2%); лесопитомники (1%); селитебные земли (2,1%). Несмотря на сильную антропогенную трансформацию, большая часть геосистем дельты сохраняется в естественном состоянии и дельта имеет значительный потенциал для дальнейшего хозяйственного использования.

Выводы:

– по космическим снимкам, в том числе сверхвысокого разрешения, впервые составлена карта природных и антропогенных геосистем дельты Дуная;

– анализ карты показал, что более трети территории дельты активно используется в интересах сельского, рыбного, водного, лесного хозяйства, производства промышленного сырья. Имеется потенциал для дальнейшего расширения хозяйственного использования территории дельты;

– разработанная при составлении карты методика использования космических снимков, предусматривающая распознавательное дешифрирование детальных снимков высокого разрешения в системе GoogleEarth при фиксации результатов на обзорных снимках, применима и может быть рекомендована для обзорного тематического картографирования по данным дистанционного зондирования.

Благодарности. Исследование выполнено по гранту РФФИ (проект № 16-05-00288).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрология устьевой области Дуная / Под ред. Я.Д. Никифорова и К. Дьякону. М.: Гидрометиздат, 1963. 383 с.

Гидрология дельты Дуная / Под ред. проф. В.Н. Михайлова М.: ГЕОС, 2004. 448 с.

Ефремова О.Н., Кравцова В.И. Изучение динамики дельты Дуная с использованием космических снимков // Исследование Земли из космоса. 1981. № 5. С. 90–96.

Зенкович В.П. Загадка Дунайской дельты // Природа. 1956. № 3. С. 86–90.

Кравцова В.И., Инюшин А.Н. Разнонаправленная динамика современной дельты Хуанхэ: исследование по космическим снимкам в условиях приливных явлений // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2016. Т. 60. № 5. С. 105–110.

Кравцова В.И., Михайлов В.Н. Дельта Замбези и ее изменения под воздействием водохранилищ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 3. С. 48–56.

Кравцова В.И., Ушакова Л.А., Чекалина Т.И. Изучение динамики дельты Дуная с использованием материалов космической съемки // Геоморфология. 1979. № 1. С. 59–67.

Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.

Михайлов В.Н., Уваров И.А., Корнилов М.В., Михайлова М.В. Динамика морского края дельты // Гидрология дельты Дуная. М.: ГЕОС, 2004. С. 346–361.

Петреску И.Г. Дельта Дуная. Происхождение и развитие. Перевод с румынского Н.Ф. Леонтьева / Редакция и послесловие Я.Д. Никифорова. М.: Изд-во иностр. лит-ры. 1963. 280 с.

Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. В.Н. Михайлова М.: ГЕОС, 2013. 703 с.

Поступила в редакцию 10.11.2017
После доработки 15.08.2018
Принята к публикации 08.10.2018

V.I. Kravtsova[1]

MAPPING OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC GEOSYSTEMS OF THE DANUBE RIVER DELTA BY SATELLITE IMAGERY

Basing on remote sensing data obtained from the ultra-high resolution space images, an original map of natural and anthropogenic geosystems of the Danube River delta was compiled. The analysis of the map proved that the territory is actively used for agriculture, fisheries, water industry, forestry, and for the production of industrial raw materials. Anthropogenic geosystems occupy 35,8% of the delta area; however its economic development could be further expanded. The original method of thematic mapping based on the GoogleEarth imagery has been suggested.

Key words: map, dynamics, natural systems, anthropogenic impact, space imagery

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 16-05-00288).

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Leading Research Scientist, D.Sc. in Geography; *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

REFERENCES

Efremova O.N., Kravtsova V.I. Izuchenie dinamiki del'ty Dunaja s ispol'zovaniem kosmicheskih snimkov [Study of the Danube River Delta dynamics using satellite imagery] // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 1981. № 5. S. 90–96 (in Russian).

Gidrologija del'ty Dunaja [Hydrology of the Danube River Delta] / Pod red. prof. V.N. Mihajlova M.: GEOS, 2004. 448 s. (in Russian).

Gidrologija ust'evoj oblasti Dunaja [Hydrology of the Danube River mouth area] / Pod red. Ja.D. Nikiforova i K. D'jakonu. M.: Gidrometizdat, 1963. 383 s. (in Russian).

Kravtsova V.I., Injushin A.N. Raznonapravlennaja dinamika sovremennoj del'ty Huanhe: issledovanie po kosmicheskim snimkam v uslovijah prilivnyh javlenij [Variable dynamics of modern Huanghe River delta: study by satellite images under tidal processes] // Izvestija Vuzov. Geodezija i ajerofotosemka. 2016. T. 60. № 5. S. 105–110 (in Russian).

Kravtsova V.I., Mihajlov V.N. Del'ta Zambezi i ee izmenenija pod vozdejstviem vodohranilishh [The Zambezi River delta and its changes under the reservoirs influence] // Vestnik Mosk. un-ta. Serija 5. Geografija. 2014. № 3. S. 48–56 (in Russian).

Kravtsova V.I., Ushakova L.A., Chekalina T.I. Izuchenie dinamiki del'ty Dunaja s ispol'zovaniem materialov kosmicheskoj s#emki [Study of the Danube River delta dynamics using materials of space survey] // Geomorfologija. 1979. № 1. S. 59–67 (in Russian).

Mihajlov V.N. Ust'ja rek Rossii i sopredel'nyh stran: proshloe, nastojashhee i budushhee [Rivers mouths of Russia and neighboring countries: past, present and future]. M.: GEOS, 1997. 413 s. (in Russian).

Mihajlov V.N., Uvarov I.A., Kornilov M.V., Mihajlova M.V. Dinamika morskogo kraja del'ty [Dynamics of the delta sea edge] // Gidrologija del'ty Dunaja. M.: GEOS, 2004. S. 346–361 (in Russian).

Petresku I.G. Del'ta Dunaja. Proishozhdenie i razvitie [The Danube River delta. Genesis and evolution]. Perevod s rumynskogo N.F. Leont'eva. Redakcija i posleslovie Ja.D. Nikiforova. M.: Izd-vo inostr. literatury, 1963. 280 s. (in Russian).

Ust'ja rek Kaspijskogo regiona: istorija formirovanija, sovremennye gidrologo-morfologicheskie processy i opasnye gidrologicheskie javlenija [River mouths of the Caspian region: history of forming, modern hydrological-morphological processes and dangerous hydrological phenomena] / Pod red. V.N. Mihajlova M.: GEOS, 2013. 703 s. (in Russian).

Zenkovich V.P. Zagadka Dunajskoj del'ty [Mystery of the Danube River delta] // Priroda. 1956. № 3. S. 86–90 (in Russian).

Received 10.11.2017
Revised 15.08.2018
Accepted 08.10.2018